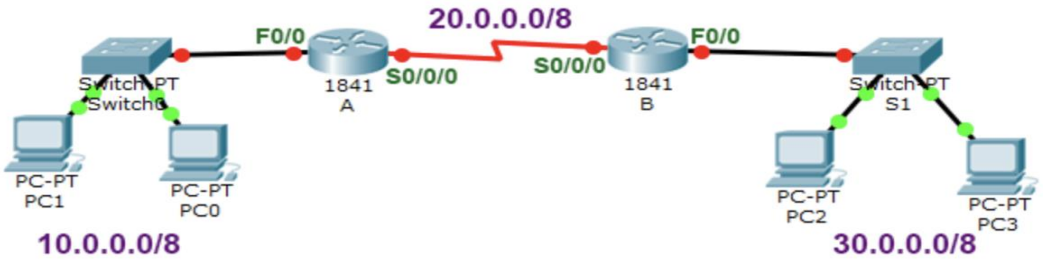
Routing Fundamentals - 2

Bir istemci farklı bir istemciye Ping atmak istediğinde öncelikle hedef istemcinin ip adresiyle kendi ip adresini karşılaştırarak hedefin aynı networkte olup olmadığına karar verir. Hedef aynı network içerisinde bulunuyorsa (ARP tablosunda hedef istemcinin MAC adresi yoksa) ARP sorgusu yaparak hedefin MAC adresini öğrenir ve paketi hedefe iletir. Eğer ki hedef farklı bir network üzerindeyse bu durumda Gateway adresinin MAC adresini öğrenmek üzere ARP sorgusu yapar ve hedefi Gateway adresine gönderir.

Paket routera ulaştığında öncelikle hedef ip adresinin yönlendirme tablosunda kayıtlı olup olmadığı kontrol edilir. İp adresi yönlendirme tablosunda bulunuyorsa yönlendireceği arayüzü belirler. Paketi yönlendireceği arayüzde L2'e kullanılan protokole göre işlem yapar (örnek olarak kullanacağı arayüzde L2'de Ethernet protokolü kullanılıyorsa ARP ile Next Hop ip adresinin MAC adresini öğrenir. PPP/Serial bağlantı kullanılıyorsa herhangi bir L2 adres kullanılmadığı için buna gerek kalmaz). Next Hop Mac adresi öğrenildikten sonra paketin TTL değerini 1 düşürür ve Header Checksum değerini yeniden hesaplar (TTL değeri değiştiği için Header Checksum değerini yeniden hesaplanması gerekiyor). Bu işlemlerin ardından paketi Next Hop ip adresine yönlendirir. Bu şekilde paket routerlar üzerinden hedef networke ulaştırılır.

Gateway üzerinde yönlendirme tablosu kullanılarak paket hedef networke yönlendirilir. Hedef networke ulaştırıldığında yeniden ARP sorgusu yapılarak paketin hangi istemciye iletileceği belirlenir ve paket hedef istemciye ulaştırılır. Bu süreç hedef istemci yanıtını gönderirken tekrar uygulanır (bu nedenle Ping paketlerinin ilki bu süreçte birçok kez yapılan ARP sorgularından kaynaklı olarak zaman aşımına uğrar).



İki istemci arasındaki haberleşme süreci genel anlamda bu şekilde gerçekleşmektedir. Paket router üzerine geldiğinde router paketin hedef ip adresini yönlendirme tablosunda aramaya başlayacaktır. Yönlendirme tablosunda aynı ip adresine sahip birden fazla rota tanımı bulunduğu durumda kullanılacak rotaya karar verirken göz önünde bulunduracağı kriterler sırasıyla;

- Hedef ip adresiyle eşleşen en Max Match/Best Match Prefix Length uzunluğuna sahip rota tanımı
- En düşük AD değerine sahip rota tanımı (Kullanılan yönlendirme protokolünün kalitesini gösteriyor).
- En düşük Metrik değere sahip rota tanımı olacak şekilde paketin gönderileceği rotaya karar verecektir (Kullanılan yönlendirme protokolünde belirtilen rotaların maliyetini ifade ediyor).

- Metrik değeri dahi eşit olan rota tanımları arasında Load-Balance yapılarak paketler iletilecektir.

S	Pro	Netowrk	[A.D / Metr]	Int
1	R	10.0.0.0/24	[120 / 3]	IntX1
2	D	10.0.0.0/16	[90 / 6000	IntX2
3	S	10.0.0.0/8	[1 / 0]	IntX3
4	O	10.0.0.0/24	[110 / 600]	IntX4
5	O	10.0.0.0/24	[110 / 600]	IntX5
6	O	10.0.0.0/24	[110 / 700]	IntX6

Yukarıdaki tabloya istinaden 10.0.0.1 ip adresine paket gönderilmek isteniyorsa bu durumda uygulanacak karar mekanizmasında;

- En uygun Prefix Length değerine sahip olan 1,4,5 ve 6. Satır dışındaki satırlar elenecektir.
- Bu satırlar arasında AD değeri en düşük olanlar, yani 4,5 ve 6. satır dışındakiler elenecektir.
- Son adımda Metrik değeri düşük olan 4 ve 5. satırlar dışındaki satırlar elenecektir. Bu satırlar arasında da Load-Balance yapılarak paketler iletilmeye başlanacaktır.

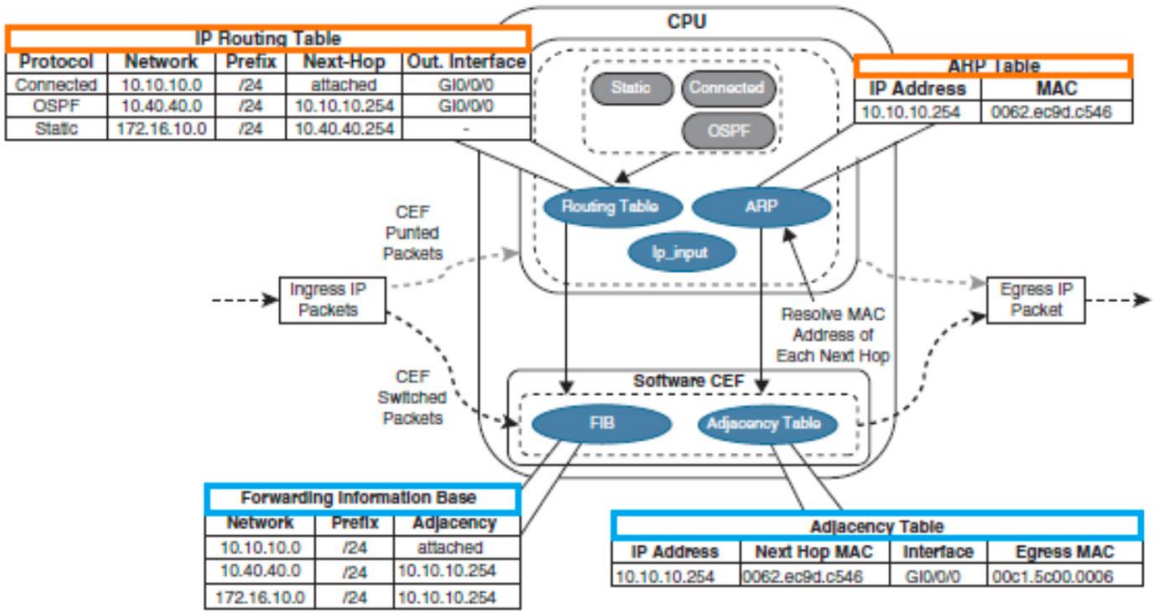
Farklı bir örnek olarak 10.0.1.1 adresine bir paket gönderilmek istendiğinde en uygun Prefix Length olan 2. satır üzerinden paketler gönderilmeye başlanacaktır.

CEF (Cisco Express Forwarding)

Yazının başında da bahsedildiği üzere routerlar kendilerine gönderilen paketler için pek çok işlem gerçekleştiriyor. Bu işlemleri (özellikle de bant genişliğini yüksek olması durumunda) normal bir CPU ve RAM donanımıyla gerçekleştirmek pek mümkün olmuyor. Çünkü bu işlemlerin yanında routerlar üzerinde devreye alınan SNMP, SSH, DHCP gibi özelliklerle beraber routerun asli görevi olan paket yönlendirme işlemine ayıracağı kaynak miktarı azalacaktır. Bu nedenle süreci daha etkin işletebilmek routerların yapısı Control Plane ve Data Plane olarak iki kısma ayrılıyor. Bu kısımlar (Detaylı bilgi için **CCNP - 01 - Packet Forwarding** notlarını inceleyebilirsin);

- **Control Plane**, CPU ve RAM donanımlarından oluşan bölümdür. Yönlendirme tablolarının oluşturulması, SSH, DHCP Server. ACL tanımları gibi yönetimsel süreçler burada gerçekleştirilir.
- **Data Plane**, paket yönlendirme/anahtarlama işlemine yönelik özel oluşturulan ASIC ve TCAM donanımlarından oluşan bölümdür. Control Plane üzerinde alınan kararlara istinaden (yönlendirme tablosu, ACL tanımları gibi) paketlerin yönlendirme/anahtarlama işlemi bu alanda gerçekleştirilir (Yani bir anlamda routerların asıl performansını belirleyen donanımların bulunduğu alandır).
    - Control Plane'de yönlendirme tablosu oluşturulduktan sonra bu tablo RAM'dan TCAM üzerine kopyalanır. Bu sayede ASIC ve TCAM kullanılarak paket yönlendirme/anahtarlama işlemi yapılabilir.

- **Control Plane'de oluşturulan yönlendirme tablosu Data Plane'de CEF FIB (Forwarding Information Base) olarak kopyalanır.**
- **Control Plane'de oluşturulan Layer 3-to-Layer 2 Mappings tablosu Data Plane'de CEF Adjacency Table olarak kopyalanır.**
    - L2'de Etheret protokolü kullanılıyorsa Layer 3-to-Layer 2 Mapping olarka isimlendirilen tablo ARP tablosu oluyor. Cisco cihazlarda ARP tablosuna eklenen bir Ip-MAC bilgisi 4 saat boyunca silinmiyor (ARP tablosu switchlerdeki MAC adres tablosuyla karıştırılmamalıdır. MAC adres tablosu yani MAC-Port eşleniği 300 saniye sonunda trafik oluşturulmadığı takdirde siliniyordu).



Bu çalışma yapısı (yönetimsel kararların Control Plane tarafından verilmesi, paketlerin Data Plane üzerinden (ASIC ve TCAM kullanılarak) anahtarlanması) **CEF (Cisco Express Forwarding)** olarak bilinmektedir. Bu özellik Cisco cihazlarda varsayılanda açık gelmektedir. İsteğe bağlı olarak bu özellik "**no ip cef**" komutu kullanılarak kapatılabiliyor (kapatılması durumunda tüm süreç CPU ve RAM üzerinden gerçekleştirileceği için cihazın kapasitesinin büyük oranda düşecektir).

- CEF çözümünün ilk zamanlarda desteklemediği durumlar olmasından dolayı devre dışı bırakılabiliyormuş ama günümüze kadar yapılan geliştirmeler sayesinde artık devre dışı bırakmaya ihtiyaç duyulmuyor.
- Her markada muadili çözümler vardır. Sadece isim değişikliği görülüyor.

Routerların Control Plane ve Data Plane olmak üzere iki kısımdan oluştuğu açıklamıştır. Control Plane'de bulunan CPU ve RAM birimleri bilgisayarlarda da bulunmaktadır. Bunun üzerine **OpenFlow** adı verilen protokol kullanılarak Control Plane'in yapması gereken süreçlerin/hesaplamaların bir bilgisayar üzerinden gerçekleştirilerek routerların Data Plane'ine kopyalanması sağlanabiliyor (yani routerların yönetim süreci bir bilgisayar üzerinden kontrol edilebiliyor). Bu yönetim sürecini bilgisayar üzerinden sağlayabilmek için kullanılan yazılıma da **SDN (Software Define Network)** deniliyor.

Routing Information Sources

Yönlendirme tabloları oluşturulurken tabloya eklenen rota bilgileri birkaç farklı şekilde elde edilebiliyor. Bunlar;

- **Directly Connect**, router arayüzüne doğrudan bağlı network adreslerinin yönlendirme tablosuna doğrudan dahil edilmesidir.
- **Static Route**, network yöneticisinin bir network adresini manuel/statik olarak tanımlayarak yönlendirme tablosuna dahil etmesidir.
- **Dynamic Route**, dinamik yönlendirme protokollerinin kullandığı veri yapıları (örnek olarak OSPF protokolünde Link-State Database verilebilir) üzerinde hesaplamalar yapılarak uygun rotaların yönlendirme tablolarına dahil edilmesidir.
- **Redistributed Route**, farklı yönlendirme protokolleri üzerinden öğrenilen rota bilgilerinin yönlendirme tablosuna dahil edilmesidir.

Öğrenilen rota bilgilerinin öğrenildiği kaynağa göre kalitesini belirlemek amacıyla **Administrative Distence** değeri kullanılıyor. Öğrenilen bir rota tanımının AD değerlerinin küçük olması öğrenilen rotanın kalitesinin yüksek olduğunu gösterir. AD değerlerine bakıldığında;

Route Source	Default Distance Values
Connected interface	0
Static route	1
Enhanced Interior Gateway Routing Protocol (EIGRP) summary route	5
External Border Gateway Protocol (BGP)	20
Internal EIGRP	90
IGRP	100
OSPF	110
Intermediate System-to-Intermediate System (IS-IS)	115
Routing Information Protocol (RIP)	120
Exterior Gateway Protocol (EGP)	140
On Demand Routing (ODR)	160
External EIGRP	170
Internal BGP	200
Unknown*	255

Normalde statik rota tanımlarında AD değeri 1'dir. Aynı rota için birden fazla statik rota tanımı yapıldığında ise varsayılanda AD değerleri aynı olacaktır. Burada aynı network için yapılan iki statik rota tanımını kıyaslayabilecek bir Metric değere sahip olunmadığı için (Dinamik yönlendirme protokollerinde Metric değerler göz önünde bulunduruluyordu) Load-Balance işlemi yapılacaktır.

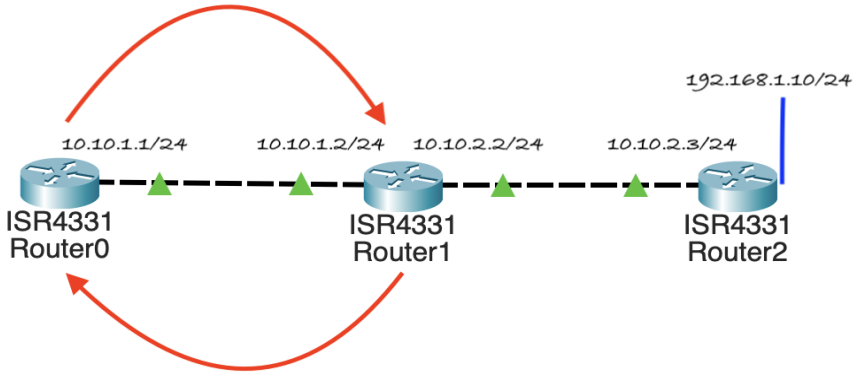
- Load-Balance yapılacak statik rota tanımları arasında kullanılan bant genişlikleri eşit olmayabilir. Bu durumda bant genişliği düşük olan rota tanımı yüksek olan rota tanımını sekteye uğratacaktır (örnek olarak TCP kullanılan bir trafik akışında Session'ların tamamlanması için bant genişliği düşük olan rota tanımından gönderilen paketler beklenecektir). Bu nedenle statik rota tanımları arasında da önceliklendirme işlemi yapılması gerekecektir. Bu öncelik değeri statik rota tanımlarının AD değerleri üzerinde değişiklikler yapılarak gerçekleştiriliyor. Bu işleme **Floating Static Route** deniliyor. Bu sayede düşük bant genişliğine sahip rota tanımı yedek rota tanımı olarak bekletilmeye başlanıyor (aynı statik rota tanımları arasında öncelikli rota (AD değeri

düşük olan) tanımında bir problem yaşanmadığı sürece öncelik değer düşük olan statik rota tanımı/yedek yönlendirme tablosuna eklenmez).

- Floating Static Route tanımı sadece statik rota tanımları arasında önceliklendirme işlemi için kullanılmıyor. Aynı zamanda Dinamik yönlendirme protokolleriyle hesaplanan rota tanımlarına müdahale edebilmek için de kullanılıyor. Dinamik yönlendirme protokolleri kullanılarak hesaplanan rota bilgilerinin AD değerlerinden daha düşük veya yüksek statik rota tanımları yapılarak yönlendirme tablolarına müdahale edilebiliyor.
- Statik rota tanımında AD değerini değiştirmek için "**ip route <Destination Network Address> <Destination Subnet Mask> <Next Hop Ip Address> <Administrative Distance Value>"** komutu kullanılıyor.

Statik rota tanımı yapılırken dikkatli olunmadığı takdirde Loop oluşumuna neden olunabilir. Örnek olarak Router1 üzerinden 192.168.1.10 adresine gidebilmek için bir rota tanımı yapılırken "**ip route 192.168.1.10 255.255.255.0 10.10.2.3**" tanımı yerine "**ip route 192.168.1.10 255.255.255.0 10.10.1.1**" tanımı yapılırsa paketler Router0'a gönderilecektir. Router0 üzerinden de 192.168.1.10 adresine ulaşmak için "**ip route 192.168.1.10 255.255.255.0 10.10.1.2**" tanımı bulunuyorsa paketler Router1 ve Router0 arasında Loop oluşturacaktır (paketlerin TTL değeri 0 olana kadar). Bu durumda Router0 ve Router1 arasındaki bağlantının bant genişliği de Loop nedeniyle meşgul edilecektir/dolduracaktır (kesintiye neden olacaktır). **Dolayısıyla Router0, Router1 üzerinden erişim sağladığı diğer networklere de erişimini kaybedecektir.**

- Loop oluşumunda paketler belirli routerların üzerinden tekrar tekrar geçeceği için böyle bir durum **Traceroute** komutuyla tespit edilebilmektedir.



Recursive LookUp

CEF kullanmayan routerlar kendilerine gönderilen paketleri yönlendirebilmek için öncelikle hedef network adresinin yönlendirme tablosunda olup olmadığını kontrol eder. Yönlendirme tablosunda hedef network için adres kaydıyla birlikte paketin gönderileceği Next Hop ip adres bilgisi bulunur. Next Hop Ip adres bilgisi paketin hangi arayüzden gönderileceğini belirlemek için yeterli değildir. Bu nedenle ikinci kez/tekrar yönlendirme tablosuna bakılarak paketin hangi arayüz üzerinden gönderileceği/Exit Interface bilgisi belirlenir. Bu şekilde yönlendirme tablosunun iki kez kontrol edilmesine **Recursive LookUp** deniliyor.

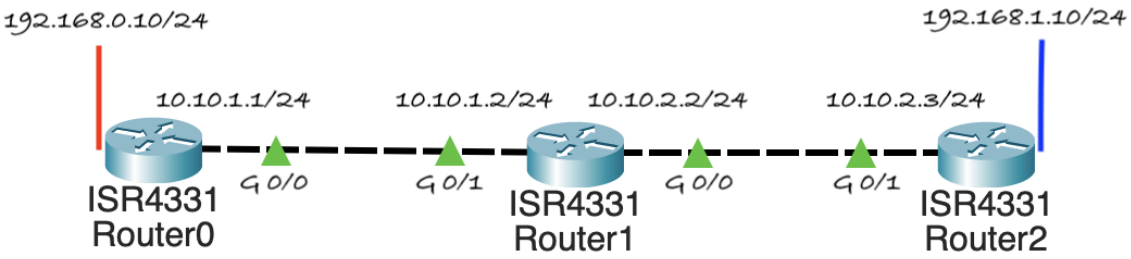
- CEF çözümünde bu bilgiler Data Plane üzerinde tek bir satırda eşleşmiş şekilde depolandığı için Recursive LookUp yapılmasına gerek kalmıyor.
- Alternatif olarak Recursive LookUp yapılmasının önüne geçebilmek için statik rota tanımlarında "**ip route <Destination Network Address> <Destination Subnet Mask> <Exit Interface Id> <Next Hop Ip Address> <Administrative Distance Value>"** şeklinde Exit Interface bilgisi de verilebiliyor. Bu tanım şekline **Fully Qualified IPv4 Static Route** deniliyor.
    - L2'de PPP gibi Multi Access olmayan bir protokol kullanılıyorsa "**ip route <Destination Network Address> <Destination Subnet Mask> <Exit Interface Id> <Administrative Distance Value>"** şeklinde sadece Exit Interface tanımının yapılması yeterli oluyor. Buna **Directyl Connected Static Route** deniliyor. Eklenen rota tanımı yönlendirme tablosuna Directly Connected olarak kaydediliyor (AD değeri 1 olarak kalmaya devam ediyor. Tanımda sadece Exit Interface bilgisi verildiği için bu şekilde kaydediliyor).
    - L2'de Ethernet protokolü gibi Multi Access bir protokol kullanılıyorsa statik rota tanımında sadece Exit Interface bilgisinin verilmesi yeterli olmuyor. Sadece Exit Interface tanımı yapıldığında paketin gönderileceği arayüzde Next Hop Ip adres bilgisi bilinmediği için ARP sorgusu yapılamayacaktır. Dolayısıyla Next Hop Ip bilgisinin MAC adresi öğrenilemeyeceği için paket yönlendirilemeyecektir (**Proxy ARP** özelliği devrede değilse).

Proxy ARP

Statik rota tanımında Next Hop Ip adresi yerine Exit Interface tanımı yapıldığında komşu routerun ip adresi bilinmediği için ARP sorgusuyla MAC adresinin öğrenilemediğinden bahsedilmişti. Statik rota tanımında Exit Interface tanımı yapıldığında Next Hop Ip adres yerine hedef network bilgisi yönlendirme tablosunda Directly Connected olarak kaydediliyor. Bu durumda hedef networke iletilmek üzere paket gönderildiğinde router komşu routerun ip adresi bilinmediği ama yönlendireceği paketin hedef network adresi Directly Connected olarak göründüğü için Exit Interface üzerinden hedef ip adresi için ARP sorgusu başlatır. Komşu router bu paketi aldığında hedef network bilgisinin kendi yönlendirme tablosunda tanımlı olup olmadığını kontrol eder. Eğer ki ARP sorgusunda kullanılan hedef ip adresine erişebiliyorsa ARP sorgusu başlatan routera kendi MAC adresini öğreterek hedef ip adresine kendisi üzerinden erişebilmesini sağlar (Özetle routerun ARP sorgusu başlatan cihazın Default Gateway adresini bilmediğini düşünerek vekillik yaptığı durumudur). Bu özelliğe **Proxy ARP** denilmektedir. Proxy ARP özelliğini aşağıdaki görsel üzerinden açıklamak gerekirse;

192.168.0.10 adresinden 192.168.1.10 adresine erişebilmek için Router0 üzerinde "**ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 gig 0/0**" şeklinde bir statik rota tanımı yapıldığı takdirde 192.168.1.0/24 neworkü Router0'ın yönlendirme tablosuna Directly Connected olarak kaydedilecektir. Router0, Router1'in G0/1 arayüzündeki ip adresini (Next Hop Ip adresini) bilmediği için ARP sorgusu yapamayacaktır. Bunun yerine Router0 üzerinde 192.168.1.0/24 networkü G 0/0 arayüzüne Directly Connected olarak göründüğü için G 0/0 arayüzünden 192.168.1.10 ip adresi için ARP sorgusu (broadcast yayınla yapılıyordu) başlatacaktır. Router1, Router0'ın başlattığı ARP sorgusunu aldığında yönlendirme tablosunu kontrol ederek 192.168.1.0/24 networküne erişimi olup olmadığını kontrol eder. Erişimi olması durumunda

Router0'ın 192.168.1.0/24 networküne kendisi üzerinden erişebileceğini görüp Router0'a kendi G 0/1 arayüzündeki MAC adresini öğretir.



|→ Cisco routerlarda Proxy ARP özelliği varsayılanda açık gelebiliyor. İsteğe bağlı olarak Global konfigürasyon modunda "**no ip proxy-arp**" komutuyla devre dışı bırakılabiliyor.
|→ Proxy ARP özelliği devrede olmaması durumunda statik rota tanımlarında sadece Exit Interface belirtilirse hedefe erişim sağlanamayacaktır. Bu nedenle Ethernet protokolü gibi Multi Access protokol kullanılan bağlantılarda sadece Exit Interface bilgisi kullanılarak statik rota tanımları yapılmamalıdır.
|→ Proxy ARP özelliği çok eski cihazları desteklemek için varsayılanda devrede geliyor. Günümüzde varsayılanda devrede gelmeyebiliyor.

PROXY ARP AYRICA ARAŞTIRILACAK.

1.40.00

Script yazılarak routerlardaki tablolar üzerinden verilerin nasıl çekildiği araştırılacak.
https[:]//web.itu.edu.tr/akingok/ulakcalistay09/Aranan_Kullanici_TespitiV11.pdf
http[:]//www.gokhanakin.net
https[:]//web.itu.edu.tr/akingok/ulakcalistay09/Aranan_Kullanici_TespitiV11Sunum.pdf

Notlar

- ARP tablosuyla MAC Address tablosu karıştırılmamalıdır.
    - **ARP tablosunda** Ip-MAC adres eşlemesi tutulmaktadır.

    - **MAC Address tablosunda** MAC-Port bilgisi tutulmaktadır.
- ARP tablosunu temizlemek için “clear arp-cache” komutu kullanılıyor.

Terminolojiler

- HDLC
- PPP
- Multihop Frame Relay
    - DLCI,
    - https[:]//www.sysnettechsolutions.com/frame-relay-nedir/
    - https[:]//emre-ozeel-2245.medium.com/frame-relay-4702cb423e35
    - https[:]//bidb.itu.edu.tr/seyir-defteri/blog/2013/09/07/frame-relay
- IS-IS
- RIP
- **Layer 3-to-Layer 2 Mapping Table**, bu tanım ARP tablosu gibi L2 adreslerin L3 adreslerle eşleştirildiği tablolar için kullanılıyor. Tabiki de bu tanım sadece ARP tablosu için geçerli değil. Frame Relay teknolojisinde kullanılan DLCI tablosu veya DMVPN (Dynamic Multipoint Virtual Private Network) teknolojisinde kullanılan tablosu gibi farklı çözümlerde de Layer 3-to-Layer 2 Mapping tablolar kullanılıyor.
- PBR,

Kontrol Komutları

- Sh ip route <Ip Address>
    - Sh ip cef <Ip Address>
        - Data Plane’deki detaylarını görüntülemek için kullanılıyor
- Sh ip cef exact-route <Source Client Ip Address> <Destination Client Ip Address>
    - Kaynak ve hedef istemci arasında iletişim kurulabilmesi için CEF FIB tablosunda kayıt olup olmadığını kontrol etmek için kullanılıyor.
    - Yönlendirme tablosunda sadece hedef networklere ilişkin bilgiler tutulduğu için bu tür kaynak ip adresine yönelik sorgular yapılamaz.
- Sh ip arp
    - Sh adjacency detail
        - Data Plane’deki detaylarını görüntülemek için kullanılıyor
    - Routera bağlı bütün networkler router üzerinden internete çıkacağı için networklerde bulunan her istemcinin ip ve MAC bilgisi router üzerinde mutlaka bulunur.
    - Bir anlamda routera bağlı networklerin toplamda kaç istemciye sahip olduğu görüntülemek için de kullanılabilir.

    - Cisco cihazlarda ARP tablosuna eklenen bir Ip-MAC bilgisi 4 saat boyunca silinmiyor (ARP tablosu switchlerdeki MAC adres tablosuyla karıştırılmamalıdır. MAC adres tablosu yani MAC-Port eşleniği 300 saniye sonunda trafik oluşturulmadığı takdirde siliniyordu).
- Sh ip route {static | ospf | connected| bgp | …}