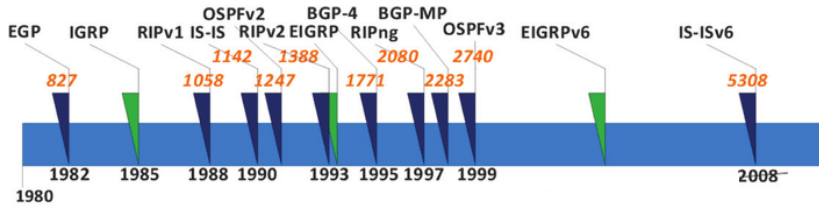


Routing Concepts

Routerlar kendisine gönderilen bir paketlerin nereden gideceğine karar veren cihazlardır. Bu işlem için routerda ilk olarak paketin hedefe ulaştırılacak için en iyi rotaya karar verir. Ardından karar verilen rotaya paket yönlendirilir.

Routera bir paket geldiğinde, öncelikle paketin gönderileceği hedef network adresine bakılarak hedef networkün yönlendirme tablosunda tanımlı olup olmadığı kontrol edilir. Hedef network router arayüzüne doğrudan bağlıysa yönlendirme tablosunda kaydı bulunacağı için paket hedefe doğrudan yönlendirilecektir. Eğer ki hedef network router arayüzlerine doğrudan bağlı değilse (remote network) paketin yönlendirilebilmesi için hedef networkün statik veya dinamik olarak routera öğretilmesi gerekmektedir.

- Static routing, remote network adreslerinin routerlarda manuel olarak tanımlanmasına verilen isimdir. Statik routing, Stub networklerde, network sayısının az olan topolojilerde veya paketler farklı bir rotadan gönderilmek istediğinde kullanılabilir.
 - Dynamic routing, her routerun kendine doğrudan bağlı veya komşu routerlardan öğrendikleri (kendi üzerinden gidilebilecek networkleri) network bilgilerini komşu routerlarla paylaşarak öğrendikleri yöntemdir. Dynamic routing, network sayısı yüksek olan ve yedeklilik içeren topolojilerde kullanılmaktadır.
- Static routing'e kıyasla dynamic routing'de network lerin öğrenilmesi, en iyi rotanın hesaplanması gibi işlemler yapıldığı için routerların kaynaklarını (CPU , memory , bandwidth) daha fazla tüketmektedir.



Dinamik routing protokollerinde en iyi rota seçiminin temelinde Path Vector, Distance Vector ve Link State olmak üzere üç farklı algorithmadan birini kullanmaktadır.

	Dynamic Routing	Static Routing
Configuration Complexity	Generally independent of the network size	Increases with network size
Topology Changes	Automatically adapts to topology changes	Administrator intervention required
Scaling	Suitable for simple and complex topologies	Suitable for simple topologies
Security	Less secure	More secure
Resource Usage	Uses CPU, memory, link bandwidth	No extra resources needed
Predictability	Route depends on the current topology	Route to destination is always the same

- Default routing, hedef network adresi routerun yönlendirme tablosunda bulunmadığı durumlarda paketleri belirli bir adrese yönlendirmek için tanımlanan rotadır. Default rota tanımı yapılmadığı durumlarda yönlendirme tablosunda hedef network adresi bulunmayan paketler drop edilmektedir.

Bir paketi hedef networke yönlendirmek için birçok alternatif seçenek bulunabilir. Bu durumda hedef networke giden rotaların Administrative Distance değerlerine bakılır. Administrative Distance, routerda tanımlı rotaların öğrenilme şekline bağlı tanımlanan öncelik değerleridir. Öğrenilen rotalar arasında en küçük A.D değerine sahip rota kullanılmaktadır.

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

Routerun yönlendirme tablosunda aynı ip adresine farklı prefix değerlerine sahip birden çok adres bulunabilir. Bu durumda router kendisine gelen paketi eşleşen en uzun prefix uzunluğuna sahip rota üzerinden gönderecektir. Buna Longest Match denilmektedir.

SORU : Konu başında router paketi yönlendirirken, yönlendirme tablosunda hedef networke gidebilmek için birçok seçenek bulunabiliyordu. Bu durumda yönlendirme tablosunda bulunan adresler arasından Administrative Distance değeri düşük olan rotadan gönderdiğinden bahsedilmişti. Aynı zamanda rota seçiminde Metrik değerlerinin de göz önünde bulundurulduğundan bahsedilmişti. Burada ise yönlendirme tablosunda hedef network adresi eşleşen en uzun prefix uzunluğundan gönderdiğinden bahsediliyor. Peki rota seçiminde hangi özelliğe öncelik veriyor?

- Hedef rota seçiminde öncelik longest prefix uzunluğuna bakılmaktadır.
- Eşleşen en uzun prefix uzunluğuna bakıldıktan sonra eşleşen en uzun prefix uzunluğuna sahip rotalar arasında Administrative Distance değeri en düşük olan rota seçiliyor.
- Eğer ki Administrative Distance değerleri aynı olan birçok rota varsa son olarak da Metrik değerleri göz önünde bulundurularak hedef rota seçimi yapılıyor.
- Son durumda Metrik değerleri de aynı olan rotalar arasında ise yük paylaşımı (load balancing) yapılmaktadır.

Örnek verecek olursak; Yönlendirme tablosu aşağıdaki gibi bir router 10.0.0.1/32 adresine gönderilmek üzere bir paket gönderildiğinde router öncelikle hedef ip adresi için hedef network ile eşleşen en uzun prefix uzunluğuna bakacaktır (/24 olanlar - 1,4,5,6. satırlar). Ardından gönderilecek arayüzü belirlemek için Administrative Distance değerleri düşük olan rotalar göz önünde bulundurulacaktır (4,5,6. satırlar). Administrative Distance değerleri aynı olan rotalar arasında Metrik değeri en düşük olan rota seçecektir (4,5. satırlar). Burada metrik değerleri aynı olan birden çok rota olduğu için trafiği iki rota arasında dengelenerek/paylaştırılarak gönderecektir.

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

Yönlendirme tablosunda tanımlı network bilgilerinin nasıl öğrenildiğini belirten semboller bulunmaktadır. Bu sembollerin anlamlarına bakıldığında;

- C, routerun kendisine doğrudan bağlı networkleri temsil etmek için kullanılıyor.
- L, doğrudan bağlı networkün arayüzünde kullanılan/hizmet verdiği ip adresini gösteriyor.
- S, statik tanımlana rotaları ifade ediyor.
- O, OSPF protokolü ile öğrenilen rotaları ifade ediyor.
- D, EIGRP protokolü ile öğrenilne rotaları ifade ediyor.
- R, Rip protokolü ile öğrenilne rotaları ifade ediyor.
- S*, default rota tanımını ifade ediyor.

```

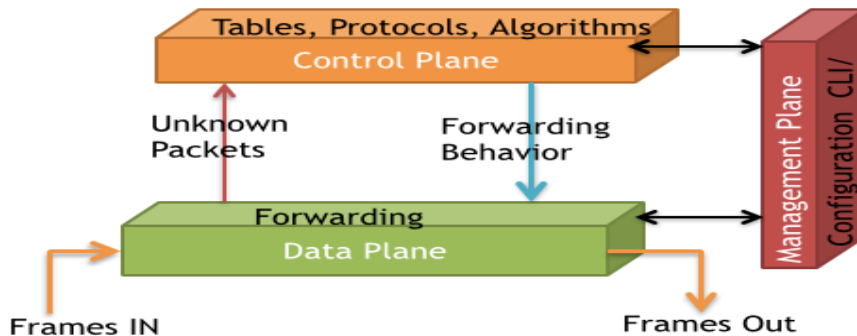
D   192.168.0.0/24 [90/5376] via 172.16.16.1, 00:16:45, GigabitEthernet0/0
D   192.168.10.0/24 [90/2172672] via 10.200.100.2, 00:16:38, Serial0/3/0
S*  0.0.0.0/0 is directly connected, GigabitEthernet0/1

```

Öğrenilen Protokol Network Adresi A.D. Metrik Hangi network üzerinden öğrenildiği Öğrenildiği süre Exit Interface

Packet Forwarding Mechanisms

Routerların paketleri daha hızlı yönlendirebilmeleri için routerlarda varolan CPU ve RAM donanımlarının yanına ek olarak ASIC adında özel bir işlemci ve bu işlemci için de TCAM adında donanımsal bir RAM eklenmiştir. Yönlendirme işleminde CPU kullanılarak yönlendirme tablosu oluşturulur. ASIC donanımı ise CPU'nun oluşturduğu yönlendirme tablosunu kullanarak sadece routera gelen paketleri yönlendirmektedir (ASIC, sadece paket anahtarlama işlemine özel oluşturulmuş bir işlemcidir). Bu sayede routerların paketleri daha hızlı yönlendirebilmeleri sağlanmıştır.



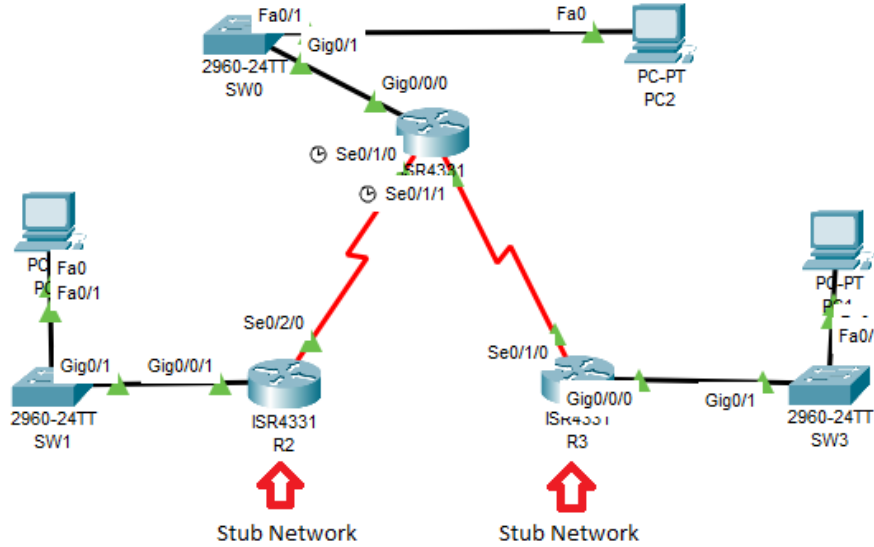
- Routerlarda yönlendirme işleminin CPU ve RAM birimlerine (Control Plane) yaptırılmasına Process Switching denilmektedir.
- Yönlendirme işleminin ASIC ve TCAM birimlerine (Data Plane) yaptırılmasına Fast Switching denilmektedir. Fast Switching yönteminde, Data Plane'e gelen paketin nereye yönlendirileceğini bilmediği durumlarda Data Plane paketi Control Plane'e gönderiyor ve paketin hangi arayüze yönlendirileceğini öğreniyor. Öğrendiği bu bilgiyi aynı zamanda kendi buffer'ına da kaydediyor (öğreniyor da denilebilir). Daha sonra aynı hedef adrese giden farklı bir paket geldiğinde Data Plane'in buffer'a kaydettiği bilgiye bakılarak paket doğrudan hedef arayüze yönlendiriyor.
 - |→ Buradaki asıl sorun her farklı adreste paket gönderildiğinde paketin gönderileceği arayüzü belirleyebilmek için paketin Control Plane'e çıkarılmasıdır. Bu durum arka arkaya farklı adrese sahip paketler gönderildiğinde CPU'nun çatalmasına neden olabilmektedir (Bu tür network cihazların CPU'ları çok hassastır).
- CEF (Cisco Express Forwarding), Cisco'ya özeldir ama muadili markalar da benzer algoritmalar kullanılmaktadır. CEF yönteminde, yönlendirme tablosu Control Plane tarafından oluşturulduktan sonra Data Plane'de FIB (Forwarding Information Base) adı verilen bir tabloya kopyalamaktadır. Benzer şekilde oluşturulan ARP tablosunu da DataPlane'de Adjacent Table adında bir tabloya kopyalamaktadır. Data Plane ise bu noktadan sonra FIB ve Adjacent Table tablolarını kullanarak yönlendirme işleminin tamamını kendisi gerçekleştirmektedir
 - |→ Bu sayede Data Plane kendisine gelen paketi nereye yönlendireceğini öğrenebilmek için paketi Control Plane'e göndermek zorunda kalmayacaktır. Control Plane'e paket gönderilmediği için CPU'nun çatlama ihtimali ortadan kaldırılmıştır.
 - |→ Aynı zamanda nereye yönlendirileceği bilinmediğinde ilk paket Data Plane'de Control Plane'e gönderilirken zaman kaybına uğruyordu. Bunun da önüne geçilmiştir.

NOT :

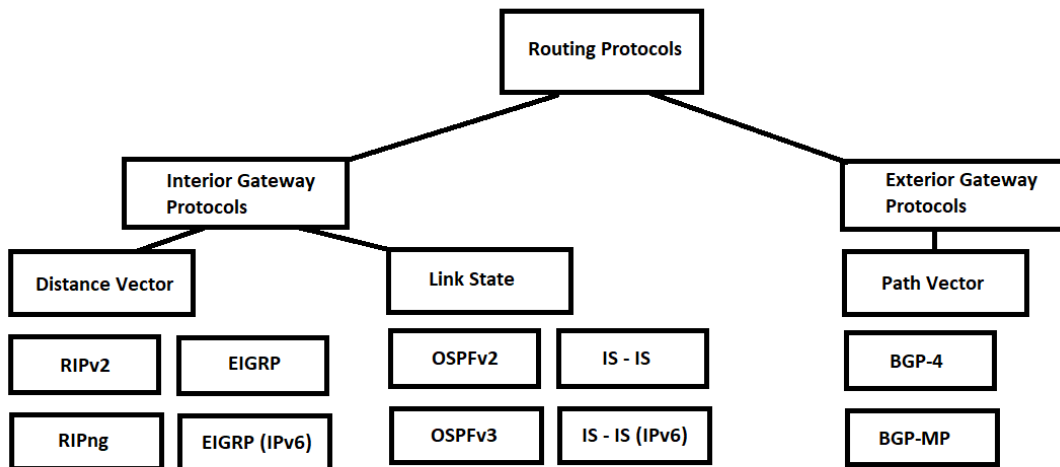
- Router araüzlerine ip adresi atandığında router bunu yönlendirme tablosuna doğrudan bağlı network olarak ekler. Eğer ki bu networke erişim kesilirse artık networkten erişim kalmadığı için routerun yönlendirme tablosunda tanımlanan satır doğrudan kaldırılır.
 - |→ Yönlendirme tablosunda doğrudan bağlı networkler "C" sembolüyle gösterilirken, bu arayüze atanan ip adresi "L" sembolüyle gösterilmektedir.
 - |→ Bu durum sadece doğrudan bağlı networkler için geçerli değildir. Statik veya dinamik olarak öğretilen networklere erişim kesildiği anda da tanımlanan satırlar yönlendirme tablosunda kaldırılır.
- **Sadece EIGRP protkolünde** network admini isterse metrik değerleri eşit olmasa bile load balancing yaptırılabilir.
- Network ara cihazlarının Control Plane'leri (CPU+RAM) hassastır. Bu nedenle DHCP sunuculuğu **yaptırılmaması** tavsiye edilir. Çünkü DHCP servisi routerun CPU'sunu kullanır ve DHCP paketleriyle manipülasyonlar yapılarak cihazın CPU'su çatlatabilir.

Terminolojiler :

- Exit Interface, paket hedefe yönlendirirken paketin routerda çıkış yaptırdığı arayüze denilmektedir.
- Remote Network, router arayüzlerine doğrudan bağlı olmayan networkler için kullanılan terimdir.
- Reversing Lookup, router yönlendireceği paketin hedef network adresini yönlendirme tablosunda tanımlı olup olmadığını kontrol ettikten sonra hangi arayüzünden göndereceğini öğrenebilmek için tekrar yönlendirme tablosuna bakmasına denilmektedir.
- Stub network, tek çıkışı olan (yedek hattı olmayan) networkler için kullanılıyor.



- Topoloji Adaptation, topolojideki değişimleri routerların tespit ederek gerekli aksiyonları almasına denilmektedir.
- Interior Gateway Protocols, kurum içerisindeki networkleri birbirine öğretmek için kullanılan protokollere verilen isimdir. Yani kurum için çalışan routing protokollerine denilmektedir.
- Exterior Gateway Protocols, kurumlar arası networkleri birbirine öğretmek için kullanılan protokollere verilen isimdir.



- Metrik, dinamik yönlendirme protokollerinde en iyi rotayı belirlemek için kullanılan kriterle verilen genel isimdir. Yani en iyi rotayı tarif etmek için kullanılan parametredir. Bu parametreler hop count, path cost (bant genişliği) gibi özellikler olabiliyor.
- Her routerun yönlendirme tablosu birbirinden farklıdır. Bu durumda her rota için yönlendirme tablolarındaki A.D ve metrik değerleri farklılık göstermektedir. Yani bir paket hedefine ulaştırıldığında kullandığı rotayı dönüş paketi gönderirken kullanmayabilir. Buna asimetrik routing denilmektedir. Bu durum çok istenen bir durum değildir. Nedeni paketlerin iletiminde ve dönüşünde farklı rotalar kullanıldığı için troubleshooting yaparken kullanılan rotaların ve bu rotalar üzerindeki hataların tespit edilmesi güçleşecektir.
- Subnet kullanılmayan zamanlarda ip adreslerinin sınıfına bakılarak network bilgileri tespit edilebiliyormuş. Buna "Classfull" adres deniliyormuş. Örnek olarak 172.20.0.1 ip adresi için network bilgisinin ilk 2 baytından oluştuğu anlaşılmış (yani subnet karşılığı /16 oluyor). Günümüzde ise network bilgisini belirlemek için subnet kullanılıyor. Buna ise "Classless" denilmektedir
- Parrent route - Child route, routerun yönlendirme tablosunda Classless tanımlanan network bilgilerini kapsayan bir Parrent route adı altında listelenmektedir. Parrent rout altında listelenen network bilgileri ise Child route olmaktadır. Bu durumun yönlendirmeye herhangi bir etkisi yoktur.

```

R2#show ip route
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
        D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
        N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
        E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
        i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area
        * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR
        P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 0.0.0.0 to network 0.0.0.0

      Parent Route
172.17.0.0/16 is variably subnetted, 9 subnets, 4 masks
O       172.17.0.0/24 [110/782] via 172.17.123.6, 00:09:26, Serial0/0/1
O IA    172.17.1.1/32 [110/7501] via 172.17.123.1, 00:09:26, Serial0/0/0
O IA    172.17.2.1/32 [110/7501] via 172.17.123.1, 00:09:26, Serial0/0/0
O IA    172.17.3.1/32 [110/7501] via 172.17.123.1, 00:09:26, Serial0/0/0
O IA    172.17.4.0/22 [110/782] via 172.17.123.6, 00:09:26, Serial0/0/1
C       172.17.123.0/30 is directly connected, Serial0/0/0
L       172.17.123.2/32 is directly connected, Serial0/0/0

```

- Control Plane -> CPU+RAM biriminin bütününe
- Data Plane -> ASIC+TCAM biriminin bütününe verilen isimlerdir.
- SDN (Software Defined Network), Open Flow protokolü kullanılarak routerlardaki Control Plane'i kullanmak yerine bir bilgisayar yardımıyla routerların yani bir anlamda da networklerin oluşturulmasına/yönetilmesini sağlayan yazılımlara denilmektedir. – **ÜZERİNDE DURULMASI GEREKEN KONULardan** – (Çalışma için Mininet yazılımına bakılabilir)