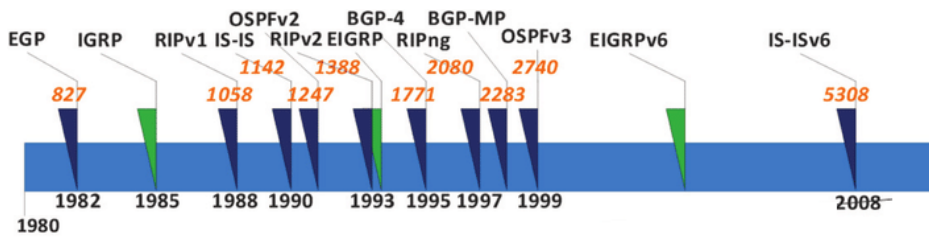


## Routing Concepts

Routerların asli amacı kendilerine gönderilen paketlerin nereden gideceğine karar vermek ve yönlendirmektir. Bu işlem için router ilk olarak paketi hedefe ulaştırabileceği en iyi rotayı seçmelidir. En iyi rota seçimi yapıldıktan sonra karar verilen rotaya paketi 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 paketin gönderileceği hedef network router arayüzlerine doğrudan bağlı değilse (remote network) paketin yönlendirilebilmesi için hedef networkün statik veya dinamik olarak routera öğretilmesi gerekiyor.

- Static Routing, Remote network adreslerinin routerlarda manuel olarak tanımlanmasına verilen isimdir. Günümüzde Statik Routing, Stub networklerde, network sayısının az olduğu topolojilerde veya paketler farklı bir rotadan gönderilmek istediği durumlarda kullanılıyor.
  - o Default Static Routing, hedef network adresi routerun yönlendirme tablosunda bulunmadığı durumlarda paketleri belirli bir adrese yönlendirmek için tanımlanan rotadır. Routerlarda Default rota tanımı yapılmadığı durumlarda yönlendirme tablosunda hedef network adresi bulunmayan paketler drop edilir.
- Dynamic routing, her routerun kendine doğrudan bağlı veya komşu routerlardan öğrendikleri (kendi üzerinden gidilebilecek networkleri) network bilgilerini komşu routerlarla paylaşarak öğrendikleri/öğrettikleri yöntemdir. Dynamic Routing, network sayısı yüksek olan ve yedeklilik içeren topolojilerde kullanılmaktadır.  
| → Static Routing'e kıyasla Dynamic Routing'de networklerin öğrenilmesi, en iyi rotanın hesaplanması gibi işlemler yapıldığı için routerların kaynaklarını (CPU , memory , bandwidth) daha fazla tüketmektedir.



	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

Dynamic Routing protokollerinde en iyi rota seçiminin temelinde Distance Vector ve Link State olmak üzere iki farklı algorithmadan biri kullanılmaktadır. Bu algoritmalar;

- **Distance Vector**, topolojideki her router öğrendiği network bilgilerini ve bu networklere ulaşmak için kullandığı en kısa rotaların Distance Vector değerlerini komşu routerlarla paylaşır (Yani routing konusunda sadece komşu routerlardan alınan bilgilere güveniliyor). Komşu router ise aldığı routing bilgiler içerisinde kendisine en uygun rotaları seçerek yönlendirme tablosuna ekler. Distance Vector algoritması BGP, RIPv2 ve EIGRP protokollerinde kullanılmaktadır.
- **Link-State**, Her router kendisine bağlanan networklere ait link bilgilerini içeren bir paket oluşturur ve bunu (OSPF -> Link-State Advertisement (LSAs) , IS-IS -> Link-State Packets (LSPs) kullanılıyor) topolojideki her routerla paylaşır. Alınan bu paketler toplanarak her routerda Topology Table (Link-State Database içerisinde) adında bir tablo oluşturulur. Bu sayede topolojideki her routerda tüm topoloji haritası oluşturulmuş olur. Oluşturulan Topology Table kullanılarak her router kendi üzerinde belirli algoritmalar (SPF – Dijkstra Algorithm) çalıştırır. Bu algoritmalar sonucunda her router, networklere ulaşmak için kendisine en uygun/en iyi rotaları tespit eder ve bu rotaları yönlendirme tablosuna işler. Link State algoritması OSPF ve IS-IS protokollerinde kullanılmaktadır.

Bir paketi hedef networke yönlendirmek için birçok alternatif seçenek bulunabilir. Bu durumda ilk olarak hedef networke giden rotaların prefix uzunluklarına bakılır. Kullanılacak rota için hedef network adresiyle eşleşen en uzun prefix değerine sahip rota üzerinden paketler gönderilir. Buna **Longest Prefix Match** denilmektedir.

Prefix değerleri aynı olan birden fazla rota tanımı varsa bu durumda rotalar için **Administrative Distance** değerlerine bakılır. Administrative Distance, routerda tanımlı rotaların öğrenilme şekline bağlı tanımlanan öncelik değerleridir (Rotaların öğrenilme şekillerine göre kalitesini temsil ediyor da denilebilir – En iyi yönlendirme protokolü tespit ediliyor da denilebilir). Öğrenilen rotalar arasında en küçük A.D değerine sahip rota kullanılarak paketler gönderilmeye başlanır.

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

Administrative Distance değeri aynı olan rotalar arasında **Metrik** değerlerine bakılarak karar veriliyor. Metrik, dinamik yönlendirme protokollerinin rota kalitesini belirlemek için kullanılan özelliklere denilmektedir (RIP -> Hop Count, OSPF -> Bandwidth kullanır - Yani rotalar aynı protokol kapsamında karşılaştırılıyor). Düşük Metrik değerine sahip rota seçilerek paketler iletmeye başlanır.

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

- 1- **Longest Prefix Match**, hedef rota seçiminde öncelikle eşleşen en uzun prefix değerine sahip rotalara bakılıyor.
- 2- **Administrative Distance**, eşleşen en uzun prefix uzunluğuna bakıldıktan sonra eşleşen en uzun prefix uzunluğuna sahip rotalar arasında Administrative Distance değeri en düşük olan rota seçiliyor.
- 3- **Metrik**, eğer ki Administrative Distance değerleri aynı olan birçok rota varsa son olarak da Metrik değerleri göz önünde bulundurularak hedef rota seçimi yapılıyor.
- 4- **Load Balance**, son durumda Metrik değerleri de aynı olan rotalar arasında ise yük paylaşımı (Load Balancing) yapılmaktadır.

Örnek verecek olursak; Yönlendirme tablosu aşağıdaki gibi bir router'a 10.0.0.1 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 tanımlanan rotaları ifade ediyor.
- **O**, OSPF protokolü ile öğrenilen rotaları ifade ediyor.
- **D**, EIGRP protokolü ile öğrenilen rotaları ifade ediyor.
- **R**, Rip protokolü ile öğrenilen rotaları ifade ediyor.
- **S\***, default statik 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

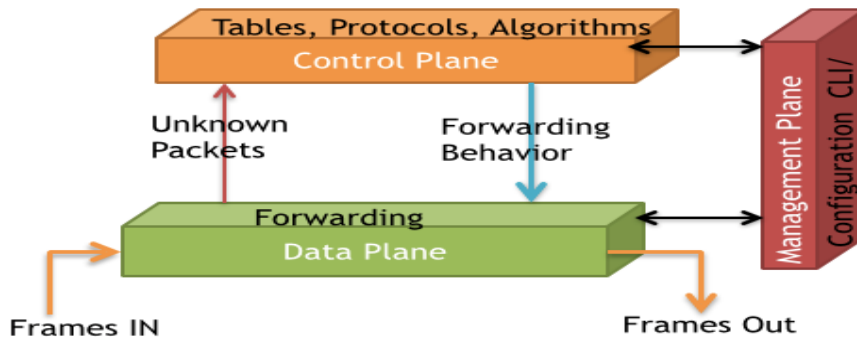
```

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 çıkarılıyor olmasıdır. Bu durum arka arkaya farklı adrese sahip paketler gönderildiğinde CPU'nun çatalmasına neden olacaktır (Bu tür network cihazların CPU'ları çok hassastır).
- **CEF (Cisco Express Forwarding)**, Cisco'ya özeldir ama muadili markalarda 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.

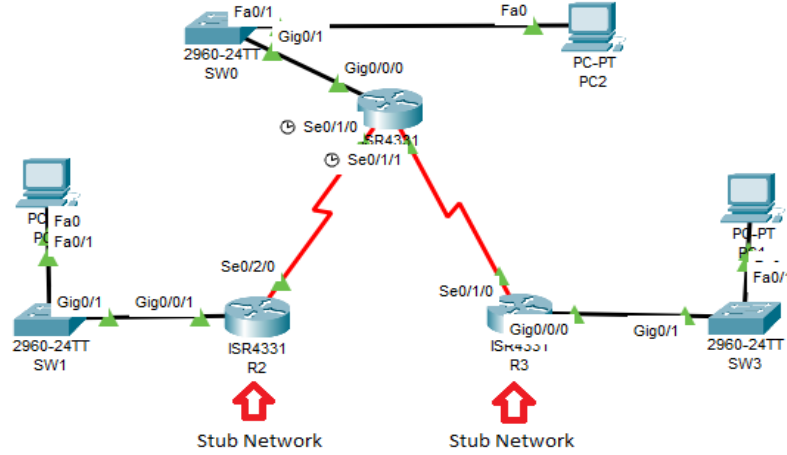
| → Aynı zamanda nereye yönlendirileceği bilinmediğinde ilk paket Data Plane'de Control Plane'e gönderilirken zaman kaybına uğruyordu. Bunun da önüne geçilmiştir.

#### NOT :

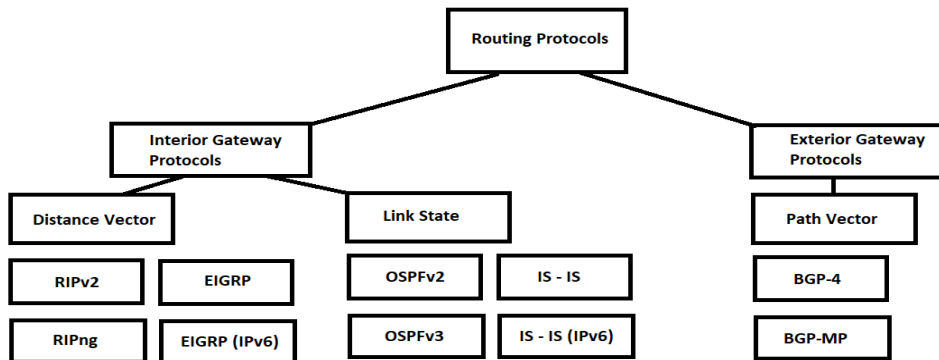
- Router araüzlerine ip adresi atandığında router bunu yönlendirme tablosuna doğrudan bağlı network olarak ekler. Eğer ki bu networke erişim kesilirse artık networkten erişim kalmadığı için routerun yönlendirme tablosunda tanımlanan satır doğrudan kaldırılır.  
| → Yönlendirme tablosunda doğrudan bağlı 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 protokolünde** network admini isterse metrik değerleri eşit olmasa bile Load Balancing yaptırılabilir.
- Router ve seitchlerin 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.
- 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 baytıdan oluştuğu anlaşılmış (yani subnet karşılığı /16 oluyor). Günümüzde ise network bilgisini belirlemek için subnet kullanılıyor. Buna ise "**Classless**" denilmektedir.

#### 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.



- Topology 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 parametrelere verilen genel isimdir. Yani en iyi rotayı tarif etmek için kullanılan parametredir. Bu parametreler hop count, path cost (bant genişliği) gibi özellikler olabiliyor.
- Parrent route - Child route, routerun yönlendirme tablosunda Classless tanımlanan network bilgilerini kapsayan bir Parrent Route adı altında listelemektedir. 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
    Child Route
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)