

# Yönlendirme Temelleri (Routing Basics)

Katman 3'te (Ağ Katmanı) çalışan Router (Yönlendirici) cihazları, farklı IP ağlarını (Subnet'leri) birbirine bağlayan ve veri paketlerinin kaynaktan hedefe ulaşması için en iyi yolu (Best Path) seçen donanımlardır. Switch'ler aynı ağdaki cihazları konuştururken, Router'lar farklı ağları konuşturur.

## 1. Router'ın Temel Görevleri

- Yol Seçimi (Path Selection):** Bir paketin hedefine ulaşması için geçebileceği birden fazla yol varsa, yönlendirme tablosuna (Routing Table) bakarak en uygun yolu seçer.
- Paket Anahtarlama (Packet Switching):** Gelen paketi bir arayüzden (Interface) alır, Katman 2 başlığını (MAC) söker, hedef IP'ye bakar, yeni bir Katman 2 başlığı ekler ve uygun çıkış arayüzünden yollar.
- Ağları Segmentlere Ayırma:** Router'ın her bir portu (bacağı) ayrı bir **Yayın Alanıdır (Broadcast Domain)**. Router'lar, Switch'lerin aksine Broadcast (bire-tüm) mesajlarını geçirmezler. Bu sayede ağdaki gürültüyü engellerler.
- Paket Filtreleme:** Erişim Kontrol Listeleri (ACL) kullanarak hangi paketlerin geçip hangilerinin engelleneceğine karar verir.

## 2. Yönlendirme Tablosu (Routing Table)

Router'ın beynidir. Router, aldığı paketin hedef IP adresine bakar ve bu adresi yönlendirme tablosundaki kayıtlarla eşleştirmeye çalışır.

Bir ağın yönlendirme tablosuna girebilmesi için Router'ın o ağı 3 farklı yoldan biriyle öğrenmiş olması gerekir:

- Connected (C - Doğrudan Bağlı):** Router'ın kendi portlarına fiziksel olarak bağlı olan ve IP atanmış ağlardır. En güvenilir yoldur.
- Static (S - Statik Rota):** Ağ yöneticisinin manuel olarak elle girdiği rotalardır.
- Dynamic (D, O, R - Dinamik):** OSPF, EIGRP gibi yönlendirme protokolleri aracılığıyla diğer Router'lardan otomatik olarak öğrenilen rotalardır.

**Eşleşme Kuralı (Longest Match Rule):** Router'ın tablosunda bir hedef için birden fazla rota varsa, Router her zaman **alt ağ maskesi en uzun (en spesifik) olan** rotayı seçer. *Örneğin: Hedef IP 192.168.1.5 ise ve tabloda hem 192.168.1.0/24 hem de 192.168.1.0/26 varsa, Router daha spesifik olduğu için /26 rotasını tercih eder.*

## 3. Yönetimsel Mesafe (Administrative Distance - AD)

Bir Router aynı hedef ağı iki farklı yönlendirme protokolünden (Örneğin hem OSPF hem de EIGRP'den) öğrenirse hangisine güveneceğini **AD (Administrative Distance)** değerine bakarak seçer.

**Kural:** AD değeri **en düşük** olan rota en güvenilirdir ve yönlendirme tablosuna (Routing Table) sadece o yazılır.

Rota Kaynağı (Route Source)	AD Değeri (Güvenilirlik)
Connected (Doğrudan Bağlı)	0
Static Route (Statik Rota)	1
EIGRP Summary Route	5
eBGP (External BGP)	20
EIGRP (İç - Internal)	90
OSPF	110
IS-IS	115
RIP	120
EIGRP (Dış - External)	170
iBGP (Internal BGP)	200

## 4. Metrik (Metric) Nedir?

AD değeri *farklı* protokoller arasında seçim yaparken kullanılır. Eğer Router aynı hedef ağı **aynı protokolden** (Örn: OSPF kullanarak) iki farklı yoldan öğrenirse, bu kez **Metrik** değerine bakar. Metrik, hedefe giden yolun "maliyetidir". Metriği düşük olan yol seçilir.

- **RIP Metriği:** Sıçrama Sayısı (Hop Count). Sadece kaç Router geçeceğine bakar.
- **OSPF Metriği:** Maliyet (Cost). Yolun Bant Genişliğine (Bandwidth) bakar. Hızlı kabloyu tercih eder.
- **EIGRP Metriği:** Kompozit (Bant genişliği ve Gecikme - Delay).

## 5. Dinamik Yönlendirme Protokolleri Sınıflandırması

Ağların büyüklüğüne ve yönetim sınırlarına göre yönlendirme protokolleri iki ana kategoriye ayrılır:

### A. Interior Gateway Protocols (IGP) - İç Ağ Protokolleri

Tek bir kurumun kontrolü altındaki otonom sistemler (Autonomous System - AS) içinde kullanılır.

1. **Distance Vector (Uzaklık Vektörü):** Ağın tam haritasını bilmezler, sadece komşularının onlara anlattıklarına güvenirler ("Routing by rumor"). Yönlendirme tablolarını periyodik olarak tamamen gönderirler. *Örnek: RIPv2, EIGRP (Gelişmiş Uzaklık Vektörü).*
2. **Link State (Bağlantı Durumu):** Ağın tam bir haritasını (Topoloji tablosu) çıkarırlar. Tüm yolları bilir ve Dijkstra'nın SPF (Shortest Path First) algoritmasını kullanarak en kısa yolu kendileri hesaplarlar. Sadece bir değişiklik olduğunda güncelleme gönderirler. *Örnek: OSPF, IS-IS.*

### B. Exterior Gateway Protocols (EGP) - Dış Ağ Protokolleri

Farklı otonom sistemleri (Farklı şirketleri veya İnternet Servis Sağlayıcılarını - ISP) birbirine bağlamak için kullanılır.

- **Path Vector (Yol Vektörü):** *Örnek: BGP (Border Gateway Protocol).* İnternetin omurgasını oluşturan protokoldür.

## 6. Rota Özetleme (Route Summarization)

Router'ların yönlendirme tablosunun şişmesini (çok fazla satır olmasını) engellemek ve işlemci/bellek kullanımını azaltmak için yapılan işlemdir.

- Ardışık IP blokları (Örneğin **192.168.1.0/24**, **192.168.2.0/24** ve **192.168.3.0/24**) binary (ikilik) sisteme çevrilir.
- Ortak olan bitler (eşleşen kısımlar) yeni Subnet Maskesi olarak belirlenir.

- Geriye kalan bitler 0 yapılarak tek bir özet rota (Supernet) elde edilir ve diğer Router'lara sadece bu tek satır anons edilir (Örn: **192.168.0.0/22**).
- Bu işlem, bant genişliğini verimli kullanmanın ve yönlendirme kararlarını hızlandırmanın en iyi yoludur.

## VLAN'lar Arası Yönlendirme (Inter-VLAN Routing)

VLAN'lar (Sanal Yerel Ağlar), ağdaki cihazları Katman 2 (Veri Bağlantı Katmanı) seviyesinde birbirinden izole eder. Bu güvenlik ve performans için harikadır, ancak bazen farklı VLAN'lardaki cihazların (Örn: Muhasebe VLAN'ı ile Yönetim VLAN'ının) birbiriyle iletişim kurması gerekir.

VLAN'lar arası trafiğin geçebilmesi için mutlaka bir **Katman 3 (Ağ Katmanı)** cihazına, yani bir Router'a (Yönlendirici) veya Multilayer Switch'e (L3 Switch) ihtiyaç vardır. Günümüzde bu işlem için iki temel yöntem kullanılır:

### 1. Router-on-a-Stick (Çubuktaki Yönlendirici) Yöntemi

Küçük ve orta ölçekli ağlarda en çok kullanılan, maliyet açısından en uygun çözümdür.

- Router'ın tek bir fiziksel portu, Switch'e giden tek bir kablo (Trunk) üzerinden birden fazla VLAN'ın trafiğini taşır.
- Router'ın bu fiziksel arayüzü mantıksal olarak **Alt Arayüzlere (Sub-interfaces)** bölünür.
- Her bir alt arayüz, ilgili VLAN için **Varsayılan Ağ Geçidi (Default Gateway)** görevi görür.

#### Yapılandırma Adımları

**Adım 1: Switch Tarafında Trunk Yapılandırması** Router'a giden portun tüm VLAN'ları taşıyabilmesi için Trunk modunda olması şarttır.

```
Switch(config)# interface gigabitEthernet 0/1
Switch(config-if)# switchport mode trunk
Switch(config-if)# switchport trunk allowed vlan 10,20
Switch(config-if)# exit
```

**Adım 2: Router Tarafında Alt Arayüz (Sub-interface) Yapılandırması** Fiziksel arayüze IP verilmez. Fiziksel arayüz sadece açılır (**no shutdown**). (Not: Alt arayüz numarasının VLAN ID'si ile aynı olması zorunlu değildir ancak yönetim kolaylığı için Best Practice olarak aynı verilir.)

! Önce fiziksel arayüzü ayağa kaldırıyoruz  
Router(config)# interface gigabitEthernet 0/1  
Router(config-if)# no shutdown  
Router(config-if)# exit

! VLAN 10 için Alt Arayüz Yapılandırması  
Router(config)# interface gigabitEthernet 0/1.10  
Router(config-subif)# encapsulation dot1Q 10 ! Gelen paketlerin VLAN 10 etiketli olduğunu belirtiriz  
Router(config-subif)# ip address 192.168.10.1 255.255.255.0 ! VLAN 10'un Gateway IP'si  
Router(config-subif)# exit

! VLAN 20 için Alt Arayüz Yapılandırması  
Router(config)# interface gigabitEthernet 0/1.20  
Router(config-subif)# encapsulation dot1Q 20  
Router(config-subif)# ip address 192.168.20.1 255.255.255.0 ! VLAN 20'nin Gateway IP'si  
Router(config-subif)# end

## 2. Multilayer Switch (L3 Switch) ile Yönlendirme Yöntemi

Büyük kurumsal ağlarda, omurga (Core) ve dağıtım (Distribution) katmanlarında Router-on-a-Stick kullanmak performansı düşürür (Tek kablodan tüm trafiğin geçmesi darboğaz yaratır). Bunun yerine yönlendirme yeteneğine sahip (Layer 3) Switch'ler kullanılır.

- Yönlendirme işlemi donanımsal (ASIC çipleriyle) yapıldığı için Router'lardan **çok daha hızlıdır**.
- Her VLAN için fiziksel bir porta veya alt arayüze gerek yoktur; bunun yerine sanal arayüzler olan **SVI (Switched Virtual Interface)** oluşturulur.

### Yapılandırma Adımları

**Adım 1: SVI'ları (Sanal Ağ Geçitlerini) Oluşturma** Switch üzerinde VLAN'ları oluşturduktan sonra, her VLAN için bir SVI arayüzü açıp IP atarız.

! VLAN 10 için Gateway Oluşturma  
L3\_Switch(config)# interface vlan 10  
L3\_Switch(config-if)# ip address 192.168.10.1 255.255.255.0  
L3\_Switch(config-if)# no shutdown  
L3\_Switch(config-if)# exit

! VLAN 20 için Gateway Oluşturma  
L3\_Switch(config)# interface vlan 20  
L3\_Switch(config-if)# ip address 192.168.20.1 255.255.255.0  
L3\_Switch(config-if)# no shutdown  
L3\_Switch(config-if)# exit

**Adım 2: IP Yönlendirmeyi Etkinleştirme (KRİTİK ADIM!)** L3 Switch'ler kutudan çıktıklarında Layer 2 modunda (normal switch gibi) çalışırlar. Yönlendirme yapabilmeleri ve SVI'ların birbiriyle konuşabilmesi için IP Routing özelliğinin **mutlaka** açılması gerekir.

```
L3_Switch(config)# ip routing
```

(Ek Bilgi: Bir L3 Switch'in fiziksel portunu normal bir Router portu gibi kullanmak, yani Switch portu olmaktan çıkarıp doğrudan IP atamak isterseniz, o portun içine girip **no switchport** komutunu yazabilirsiniz.)

### 3. Doğrulama ve Sorun Giderme (Troubleshooting)

VLAN'lar arası yönlendirmenin çalışıp çalışmadığını kontrol etmek için şu komutlar kullanılır:

- **show ip route** : Router'ın veya L3 Switch'in yönlendirme tablosunu gösterir. SVI'ların veya Alt arayüzlerin **Connected (C)** olarak tablodan görünüyorsa olması gerekir.
- **show ip interface brief** : Tüm arayüzlerin (Sub-interface'ler veya VLAN SVI'ları dahil) IP adreslerini ve Up/Down durumlarını özet halinde gösterir.
- **ping [hedef\_ip]** : Uç cihazlardan (PC'lerden) önce kendi Gateway'lerine, ardından diğer VLAN'daki bir cihaza Ping atılarak bağlantı test edilir.

#### Sık Karşılaşılan Hatalar:

1. Switch ile Router arasındaki bağlantının Trunk yapılmasının unutulması.
2. Uç cihazların (Bilgisayarların) IP ayarlarında Default Gateway (Varsayılan Ağ Geçidi) adresinin yanlış girilmesi veya boş bırakılması.
3. L3 Switch'te **ip routing** komutunun unutulması

## Dinamik Yönlendirme Protokolleri (Bölüm 1: RIPv2 ve EIGRP)

Dinamik yönlendirme protokolleri, yönlendiricilerin (Router) ağdaki değişiklikleri otomatik olarak algılamasını, uzak ağlar hakkında birbirleriyle bilgi alışverişini yapmasını ve hedefe giden en iyi yolu yönlendirme tablosuna (Routing Table) yazmasını sağlar. Ağda bir bağlantı kopduğunda, dinamik protokoller alternatif bir yol bularak trafiği kesintisiz akıtmaya devam eder (Bu sürece **Yakınsama - Convergence** denir).

Dinamik protokoller temel olarak ikiye ayrılır: **Uzaklık Vektörü (Distance Vector)** ve **Bağlantı Durumu (Link State)**. Bu belgede Uzaklık Vektörü mantığıyla çalışan IGP (İç Ağ Protokolleri) türlerini inceleyeceğiz.

# 1. RIPv2 (Routing Information Protocol Version 2)

RIP, günümüzde büyük ağlarda kullanılsa da temel yönlendirme mantığını anlamak için CCNA eğitimlerinde yer alan, kurulumu en basit protokoldür.

- **Algoritma:** Uzaklık Vektörü (Distance Vector).
- **Metrik:** Sıçrama Sayısı (Hop Count). Bant genişliğine (kablo hızına) bakmaz; hedefe giderken kaç adet Router geçeceğine bakar.
- **Sınır:** Maksimum sıçrama sayısı 15'tir. 16. sıçrama "Ulaşılamaz (Unreachable)" kabul edilir. Bu yüzden sadece çok küçük ağlarda çalışır.
- **Güncelleme:** Tüm yönlendirme tablosunu her 30 saniyede bir komşularına (Multicast **224.0.0.9** adresine) gönderir.

## RIPv2 Yapılandırması ve Best Practice'ler

```
Router(config)# router rip
```

```
Router(config-router)# version 2
```

```
Router(config-router)# no auto-summary ! (ÖNEMLİ: Sınıfsız yönlendirme için ağların otomatik özetlenmesini kapatır)
```

! Tanıtılacak (Anons Edilecek) Ağları Belirleme

! Not: Sadece Router'a doğrudan bağlı olan ağlar (Connected) yazılır. Subnet mask yazılmaz.

```
Router(config-router)# network 192.168.10.0
```

```
Router(config-router)# network 10.0.0.0
```

! Pasif Arayüz (Passive Interface)

! LAN'a (Switch'e) giden porttan gereksiz yere RIP güncellemeleri gönderilmesini engeller.

! Bant genişliği tasarrufu ve güvenlik sağlar.

```
Router(config-router)# passive-interface gigabitEthernet 0/0
```

! Varsayılan Rotayı (Default Route) Dağıtma

! İnternete çıkış rotasını (0.0.0.0) öğrenen Router, bunu RIP içindeki diğer tüm Router'lara anons eder.

```
Router(config-router)# default-information originate
```

```
Router(config-router)# end
```

## 2. EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol)

Cisco tarafından geliştirilmiş (günümüzde açık standart haline gelmiş), Uzaklık Vektörü ile Bağlantı Durumu protokollerinin en iyi özelliklerini barındıran **Gelişmiş Uzaklık Vektörü (Advanced Distance Vector / Hybrid)** protokolüdür.

- **Algoritma:** DUAL (Diffusing Update Algorithm). En iyi rotayı bulduğu gibi, anında devreye girebilecek döngüsüz **yedek rotalar** da hesaplar. Bu yüzden ağ toparlanma süresi (Convergence) mükemmeldir.
- **Güncelleme:** RIP gibi sürekli tüm tabloyu göndermez. Sadece ağda bir değişiklik olduğunda (kısmi) ve sadece ilgili Router'lara (Multicast **224.0.0.10** adresine) güncelleme yollar.

## EIGRP Temel Kavramları ve Tabloları

EIGRP'nin beyni 3 farklı tablodan oluşur:

1. **Komşuluk Tablosu (Neighbor Table):** Hello paketleriyle keşfedilen doğrudan bağlı EIGRP komşularını tutar. (**show ip eigrp neighbors**)
2. **Topoloji Tablosu (Topology Table):** Ağdaki tüm komşulardan öğrenilen tüm yolları tutar. DUAL algoritması bu tablo üzerinde çalışır. (**show ip eigrp topology**)
3. **Yönlendirme Tablosu (Routing Table):** Topoloji tablosundan seçilen "En İyi Yol" buraya yazılır. (**show ip route**)

### Yol Seçimi (DUAL Terminolojisi):

- **FD (Feasible Distance):** Hedef ağa ulaşmak için hesaplanan toplam metrik (maliyet).
- **RD/AD (Reported/Advertised Distance):** Komşu Router'ın o ağa olan kendi mesafesi.
- **Successor (Halef):** FD'si en düşük olan ana yol (Routing tablosuna yazılır).
- **Feasible Successor (Yedek Yol):** Ana yol çöktüğünde hiçbir hesaplama yapmadan anında devreye giren yedek yoldur.

## EIGRP Metrik Hesaplanması

AD (Yönetimsel Mesafe) değeri İç (Internal) EIGRP için **90**, Dış (External - başka protokolden EIGRP'ye aktarılanlar) için **170**'tir.

EIGRP metrik hesaplarırken varsayılan olarak **K1 (Bant Genişliği - Bandwidth)** ve **K3 (Gecikme - Delay)** değerlerini kullanır. İstenirse K2 (Yük), K4 ve K5 (Güvenilirlik) de formüle dahil edilebilir ancak komşuluk kurulabilmesi için bu "K" değerlerinin iki Router'da da aynı olması şarttır.



Tam metrik formülü:

**TAM METRİK FORMÜLÜ**

$$\left( K1 \cdot \text{bandwidth} + \left[ \frac{K2 \cdot \text{bandwidth}}{256 - \text{load}} \right] + K3 \cdot \text{delay} \right) \cdot \left( \frac{K5}{\text{reliability} + K4} \right)$$

**DEĞİŞKENLER VE KATSAYILARIN AÇIKLAMASI**

**Katsayılar (Ağırlıklar):**

- K1, K2, K3, K4, K5: Metrik Ağırlık Katsayıları (Ölçekleme faktörleri)

**Metrikler (Ağ Değerleri):**

- **bandwidth:** Bant Genişliği (Minimal yol genişliği)
- **load:** Yük (Bir hattaki trafik yoğunluğu, 1-255 arası)
- **delay:** Gecikme (İren (Paket iletim süresi, mikrosaniye/10))
- **reliability:** Güvenilirlik (Bir bağlantının kalitesi, 1-255 arası)

EIGRP Kompozit Metrik

## EIGRP IPv4 Yapılandırması ve Sorun Giderme

Router(config)# router eigrp 100 ! (100: Otonom Sistem Numarası - AS. Komşularla AYNI olmalıdır!)

Router(config-router)# eigrp router-id 1.1.1.1 ! Router'a özel bir kimlik atama

Router(config-router)# no auto-summary

! Ağları Duyurma (Wildcard Mask kullanımı ile)

! OSPF'deki gibi Wildcard Mask kullanmak EIGRP'de opsiyoneldir ancak hedefi kesinleştirdiği için önerilir.

Router(config-router)# network 192.168.10.0 0.0.0.255

Router(config-router)# network 10.1.1.0 0.0.0.3

Router(config-router)# passive-interface gigabitEthernet 0/0 ! LAN portunu susturma

Router(config-router)# end

**EIGRP Sorun Giderme (Troubleshooting) Adımları:** Eğer iki Router komşu olamıyorsa şunları kontrol edin:

1. Otonom Sistem Numaraları (AS Number) eşleşiyor mu?
2. Fiziksel portlar açık mı ve IP yapılandırmaları doğru mu?
3. K Değerleri (Metrik ağırlıkları) değiştirilmiş mi?
4. Yanlışlıkla birbirlerine bakan arayüzler **passive-interface** yapılmış mı?

5. ACL (Erişim Kontrol Listesi) Multicast trafiğini (224.0.0.10) engelliyor mu?

## EIGRP IPv6 Yapılandırması

IPv6'da yönlendirme protokolleri Global Configuration modunda **network** komutuyla değil, doğrudan **arayüzün (interface) içine girilerek** aktifleştirilir.

```
Router(config)# ipv6 unicast-routing    ! (ÖNEMLİ: IPv6 yönlendirmeyi global olarak açar)
Router(config)# ipv6 router eigrp 100    ! EIGRP işlemini başlatır
Router(config-rtr)# eigrp router-id 1.1.1.1
Router(config-rtr)# no shutdown          ! (IPv6 EIGRP varsayılan olarak kapalı gelir,
açılmalıdır)
Router(config-rtr)# exit
```

! Arayüzlere girip EIGRP'ye dahil etme

```
Router(config)# interface gigabitEthernet 0/0
Router(config-if)# ipv6 eigrp 100        ! Bu arayüzdeki IPv6 ağını anons etmeye başlar
Router(config-if)# exit
```

# Dinamik Yönlendirme Protokolleri (Bölüm 2: OSPF ve BGP)

Bu bölümde, ağın tam haritasını çıkararak en kısa yolu matematiksel olarak hesaplayan Bağlantı Durumu (Link State) protokolü OSPF ile, farklı otonom sistemleri (İnternet Servis Sağlayıcıları) birbirine bağlayan Yol Vektörü (Path Vector) protokolü BGP'yi inceleyeceğiz.

## 1. OSPF (Open Shortest Path First) Temelleri

Büyük kurumsal ağlarda en çok tercih edilen, açık standartlı (her marka cihazda çalışan) bir İç Ağ (IGP) protokolüdür.

- **Algoritma:** Bağlantı Durumu (Link State). Ağın sadece bir yönünü değil, tüm topolojisini (haritasını) bilir. Hedefe giden en iyi yolu bulmak için Dijkstra'nın **SPF (Shortest Path First)** algoritmasını kullanır.
- **Sınıfsız (Classless):** Yönlendirme güncellemelerinde Alt Ağ Maskesini (Subnet Mask) de gönderir (VLSM desteği vardır).
- **Tetiklenmiş Güncellemeler:** RIP gibi sürekli tablo göndermez. Sadece ağda bir kopma veya yeni bir bağlantı olduğunda güncelleme gönderir.
- **Yönetimsel Mesafe (AD):** Cisco cihazlarda OSPF'in AD değeri **110**'dur.
- **Güvenlik:** Yönlendirme paketlerinin arasına sahte paket sızmasını engellemek için MD5 kimlik doğrulaması destekler.

## OSPF Maliyet (Cost) Metriği

OSPF, hedefe giden en iyi yolu seçerken **Bant Genişliğini (Bandwidth)** temel alan bir "Cost" (Maliyet) metriği kullanır. Hedefe giden yoldaki tüm arayüzlerin (interface) maliyetleri toplanır. En düşük maliyetli yol seçilir.

- **Formül:** \$Maliyet =

**OSPF MALİYET FORMÜLÜ**

$$\text{Maliyet} = \frac{10^8 \text{ bps}}{\text{Arayüz Bant Genişliği}}$$

**DEĞİŞKENLERİN AÇIKLAMASI**

- **Maliyet:** OSPF Maliyeti  
• (Hesaplarıyan yol değeri)
- **Referans Bant Genişliği (10<sup>8</sup> bps):**  
• Sabit Değer (Varsayılan olarak 100 Mbps veya 100,000,000 bps)
- **Arayüz Bant Genişliği:**  
• Arayüzün Hızı (bps cinsinden)

**İOS**

**OSPF Metrik Hesaplama**

- **Önemk 1 (Fa0/0 - 10 Mbps)**  
 $\text{Cost} = \frac{10^8}{10^7} = 10$
- **Önemk 2 (Gi0/0 - 100 Mbps)**  
 $\text{Cost} = \frac{10^8}{10^8} = 1$

- **Örnek Maliyetler:** 10 Mbps (Ethernet) = 10 | 100 Mbps (FastEthernet) = 1 | 1 Gbps (Gigabit) = 1 (Not: Modern ağlarda Gigabit ve üstü bağlantıları birbirinden ayırmak için Referans Bant Genişliği değeri manuel olarak artırılmalıdır).

## 2. OSPF Komşuluk Kurulumu ve Paket Türleri

OSPF çalıştıran Router'lar birbirlerini tanımak ve veritabanlarını eşitlemek için 5 farklı paket türü kullanır:

1. **Hello:** Komşuluk kurmak ve komşuluğu sürdürmek için kullanılır.
2. **DBD (Database Description):** Router'ların birbirlerine LSDB (Bağlantı Durumu Veritabanı) özetlerini gönderdikleri pakettir.
3. **LSR (Link State Request):** DBD paketini inceleyen Router, kendisinde eksik olan ağları komşusundan bu paketle talep eder.
4. **LSU (Link State Update):** İstenen talebe yanıt olarak veya ağda bir değişiklik olduğunda gönderilen detaylı güncelleme paketidir (İçinde LSA'lar barındırır).
5. **LSAck (Link State Acknowledgment):** Alınan paketleri onaylamak için gönderilir.

**ÖNEMLİ: OSPF Komşuluk Kurma Şartları** İki Router'ın OSPF komşusu olabilmesi için Hello paketlerindeki şu bilgilerin **birebir aynı** olması zorunludur:

1. Area ID (Alan Numarası)
2. Hello ve Dead Süreleri (Varsayılan: 10 ve 40 saniye)
3. Kimlik Doğrulama (Authentication) türü ve parolası
4. Subnet Maskesi

## DR ve BDR Seçimi (Designated Router)

Çoklu erişim ağlarında (Örneğin ortada bir Switch'e bağlı çok sayıda Router varsa), her Router'ın birbiriyle ayrı ayrı komşuluk kurması ve güncelleme yollaması ağı felç eder.

- **DR (Designated Router):** OSPF ağının başkanıdır. Tüm güncellemeler (LSA'lar) DR'a gönderilir, DR da bu güncellemeleri diğer tüm Router'lara (DROther) dağıtır.
- **BDR (Backup DR):** DR'ın yedeğidir.
- **Seçim Kriteri:** OSPF arayüz önceliği (Priority) en yüksek olan (Varsayılan 1'dir) DR seçilir. Öncelikler eşitse, **Router-ID'si (IP Adresi) en yüksek olan** cihaz DR olur.

## 3. OSPFv2 (IPv4) Yapılandırması

OSPF veritabanlarının şişmesini engellemek için ağlar **Alanlara (Area)** bölünür. Tüm alanlar merkezdeki **Backbone Area'ya (Area 0)** doğrudan bağlı olmak zorundadır.

! Tek Alanlı (Single-Area) OSPF Yapılandırması

Router(config)# router ospf 1 ! (1: Process ID, komşularla aynı olmak zorunda değildir, sadece o cihaza özeldir)

Router(config-router)# router-id 1.1.1.1 ! (Zorunlu değil ama stabilite için önerilir)

! Ağları Duyurma (Wildcard Mask ve Area ID kullanımı zorunludur)

Router(config-router)# network 192.168.10.0 0.0.0.255 area 0

Router(config-router)# network 10.1.1.0 0.0.0.3 area 0

Router(config-router)# passive-interface gigabitEthernet 0/0 ! İç ağı Hello paketi göndermeyi kapatır

Router(config-router)# end

**Arayüz (Interface) Bazında OSPF Etkinleştirme:** Yeni nesil yapılandırmalarda

**network** komutu yerine doğrudan arayüzün içine girilerek OSPF açılması

tavsiye edilir: **Router(config-if)# ip ospf 1 area 0**

### Doğrulama Komutları:

- `show ip ospf neighbor` : Komşuları ve DR/BDR durumlarını (State: FULL) gösterir.
- `show ip ospf interface gigabitEthernet 0/0` : Arayüzün maliyetini (Cost), Hello sürelerini ve ait olduğu Area'yı detaylı gösterir.

## 4. OSPFv3 (IPv6) Yapılandırması

IPv6 için OSPFv3 arayüz bazında yapılandırılır ve çalışması için mutlaka bir 32-bit (IPv4 formatında) Router-ID atanması gerekir.

```
Router(config)# ipv6 unicast-routing
Router(config)# ipv6 router ospf 10
Router(config-rtr)# router-id 2.2.2.2 ! (IPv6 olmasına rağmen Router-ID IPv4 formatındadır)
Router(config-rtr)# exit
```

```
Router(config)# interface gigabitEthernet 0/0
Router(config-if)# ipv6 ospf 10 area 0 ! OSPFv3'ü arayüzde başlatır
Router(config-if)# exit
```

## 5. BGP (Border Gateway Protocol) Temelleri

İnternetin omurgasıdır. Farklı Otonom Sistemleri (AS) - örneğin iki farklı şirketi veya ISP'yi (İnternet Servis Sağlayıcı) - birbirine bağlayan tek Exterior Gateway Protocol'dür (EGP).

- **Algoritma:** Yol Vektörü (Path Vector).
- Otonom Sistem Numaraları (AS Number) kullanır.
- Güncellemelerini güvenilir bir şekilde iletmek için **TCP Port 179**'u kullanır.
- OSPF veya EIGRP gibi hızı değil, ölçeklenebilirliğe ve katı güvenlik politikalarına odaklanır.

### eBGP (External BGP) Yapılandırması

İki farklı AS (Örneğin Şirketiniz ile ISP) arasındaki BGP yapılandırması:

```
! R1 (Şirket Router'ı - AS 100)
Router(config)# router bgp 100
Router(config-router)# neighbor 209.165.201.106 remote-as 200 ! (Komşunun IP'si ve Otonom Sistem Numarası)
Router(config-router)# network 10.10.10.0 mask 255.255.255.0 ! (Anons edilen ağ. Subnet mask BİREBİR aynı yazılmalıdır)
Router(config-router)# end
```

```
! R2 (ISP Router'ı - AS 200)
```

```
Router(config)# router bgp 200
Router(config-router)# neighbor 209.165.201.105 remote-as 100
Router(config-router)# network 192.168.10.0 mask 255.255.255.0
Router(config-router)# end
```

### **BGP Doğrulama Komutları:**

- `show ip bgp summary` : BGP komşuluk durumunu gösterir (En sağdaki State/PfxRcd sütununda sayı yazmalıdır, Active/Idle yazıyorsa komşuluk kurulamamıştır).
- `show ip bgp` : BGP tablosunu gösterir