

James F. Kurose | Keith W. Ross

# COMPUTER NETWORKING

A TOP-DOWN APPROACH

Eighth Edition



## Bölüm 1 Bilgisayar Ağları ve İnternet

Dr. Öğretim Üyesi A. Erhan AKKAYA

# Bölüm 1: Bilgisayar Ağları ve İnternet

## *Bölüm hedefi:*

- "Hissetmek", "büyük resim", terminolojiye giriş
  - Daha fazla derinlik, detaylar dersin ilerleyen bölümlerinde
- Yaklaşım:
  - İnterneti örnek olarak kullanın

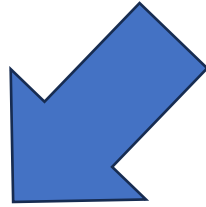


## *Genel bakış/yol haritası:*

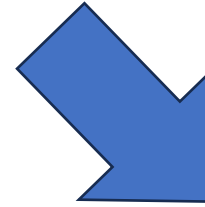
- İnternet nedir?
- Protokol nedir?
- Ağ kenarı: ana bilgisayarlar, erişim ağı, fiziksel medya
- Ağ çekirdeği: paket/devre anahtarlama, internet yapısı
- Performans: kayıp (loss), gecikme (delay), iş hacmi (throughput)
- Güvenlik
- Protokol katmanları, servis modelleri
- İnternet'in tarihi

# İnternet nedir?

## İnternet'in tanımı



Donanım ve yazılım  
bileşenleri ile ağın  
temel taşı



Dağıtık uygulamalara  
servis sunan bir ağ  
altyapısı

# "Eğlenceli" İnternet bağlantılı cihazlar



Amazon Echo



İnternet  
buzdolabı



İP resim çerçevesi



Kalp Pili ve Monitör



Tweet-a-watt:  
Enerji kullanımını izleyin



Güvenlik Kamerası



Slingbox: uzaktan  
kumandalı kablolu TV



Web özellikli ekmek kızartma makinesi +  
Hava tahmincisi



AR cihazları

İnternet telefonları



sensörlü,  
yatak  
döşek



Fitbit Teknolojisi

*Diğer?*



# "Temel ayrıntılara" dayalı tanım



Milyarlarca bağlı bilgi işlem  
**cihazı:**

- *host* = Uç Sistem
- ağ uygulamalarını İnternet'in "kenarında" çalıştırma



**Paket anahtarları:** paketleri iletir (veri yığınları)

- *Routers* (yönlendiriciler),  
*Switches* (anahtarlar)

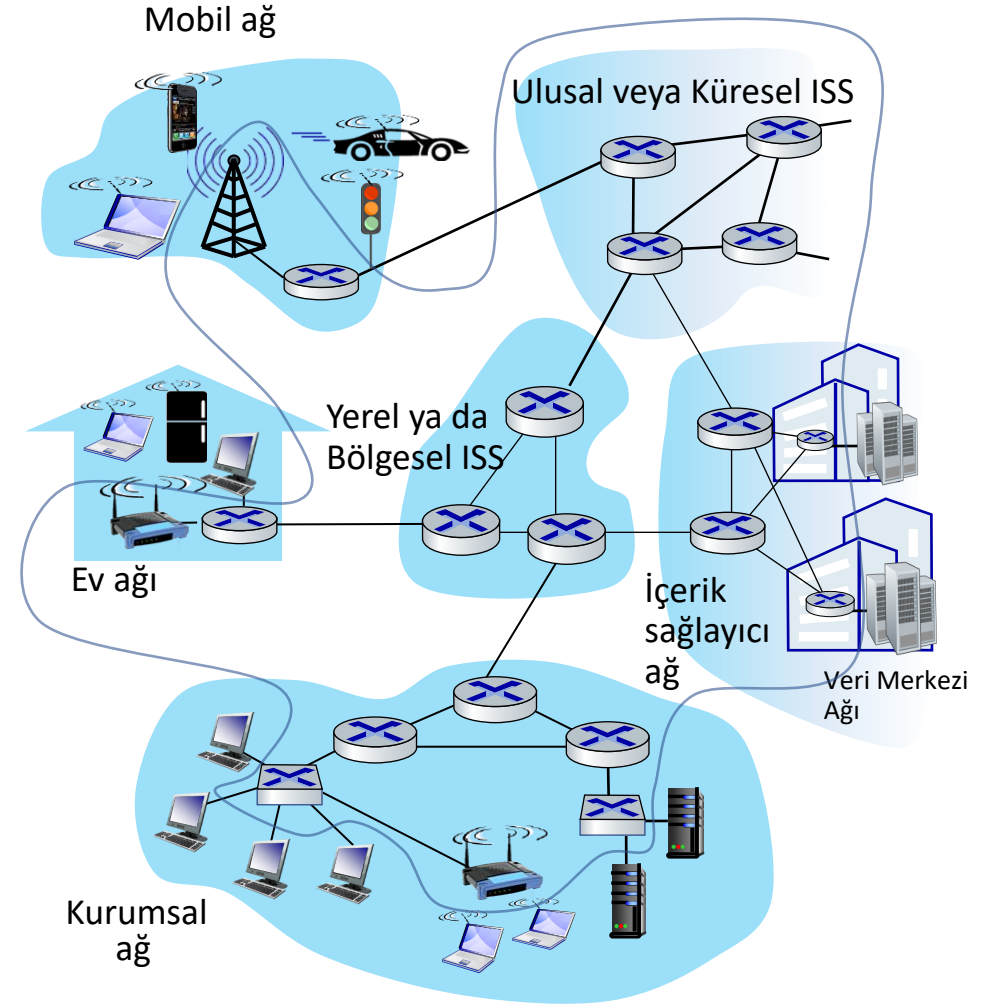


**İletişim bağlantıları**

- fiber, bakır, radyo, uydu
- İletim oranı: Bant genişliği

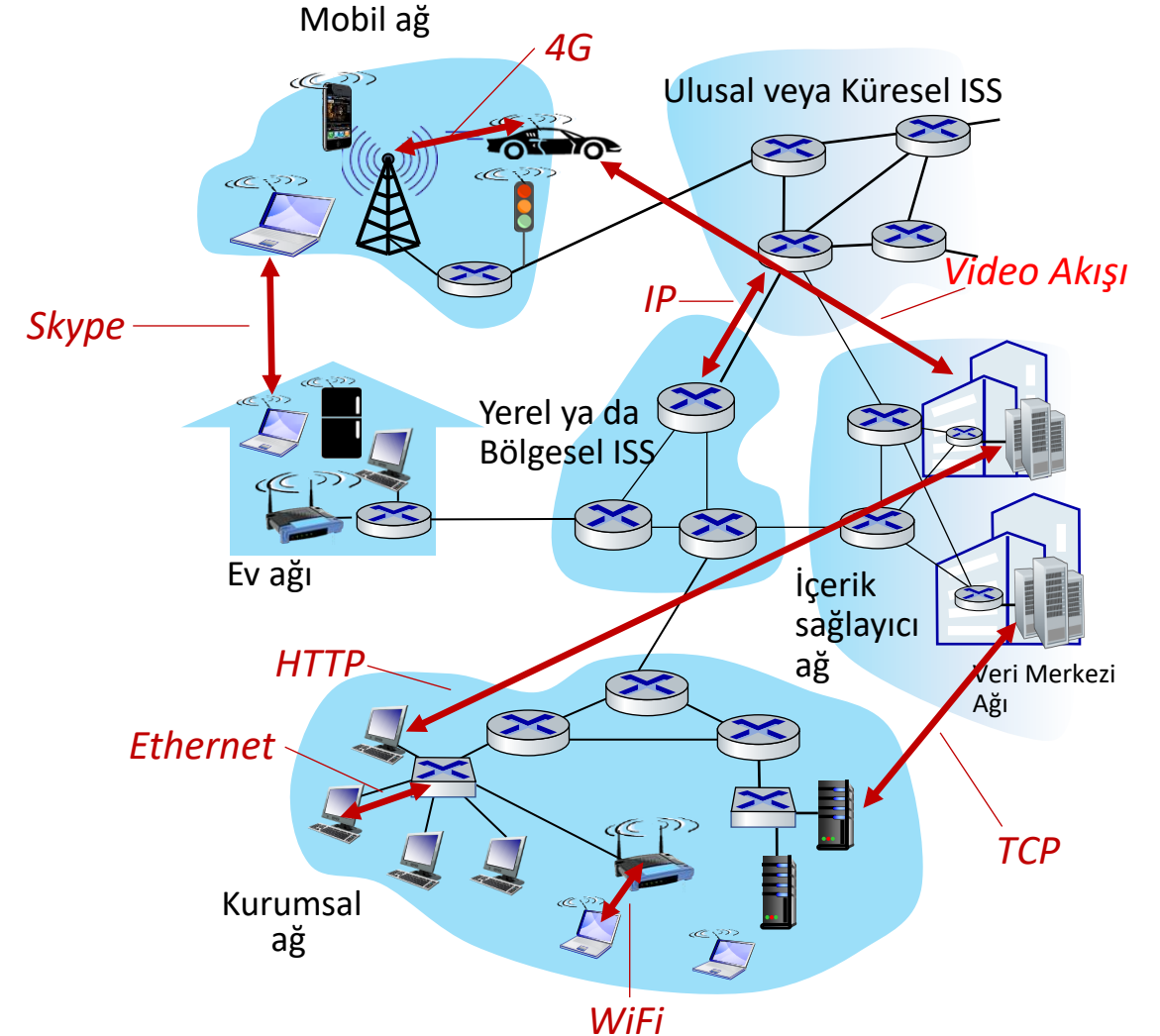
**Ağlar**

- cihazların, yönlendiricilerin, bağlantıların toplanması: bir kuruluş tarafından yönetilir



# "Temel ayrıntılara" dayalı tanım

- *İnternet: "ağlar ağı"*
  - Birbirine bağlı ISS'ler
- *Protokoller her yerde*
  - mesaj göndermeyi, almayı kontrol eder
  - örneğin, HTTP (web), video akışı, Skype, TCP, IP, WiFi, 4G, Ethernet
- *İnternet standartları*
  - RFC: Request for Comments
  - IETF: Internet Engineering Task Force



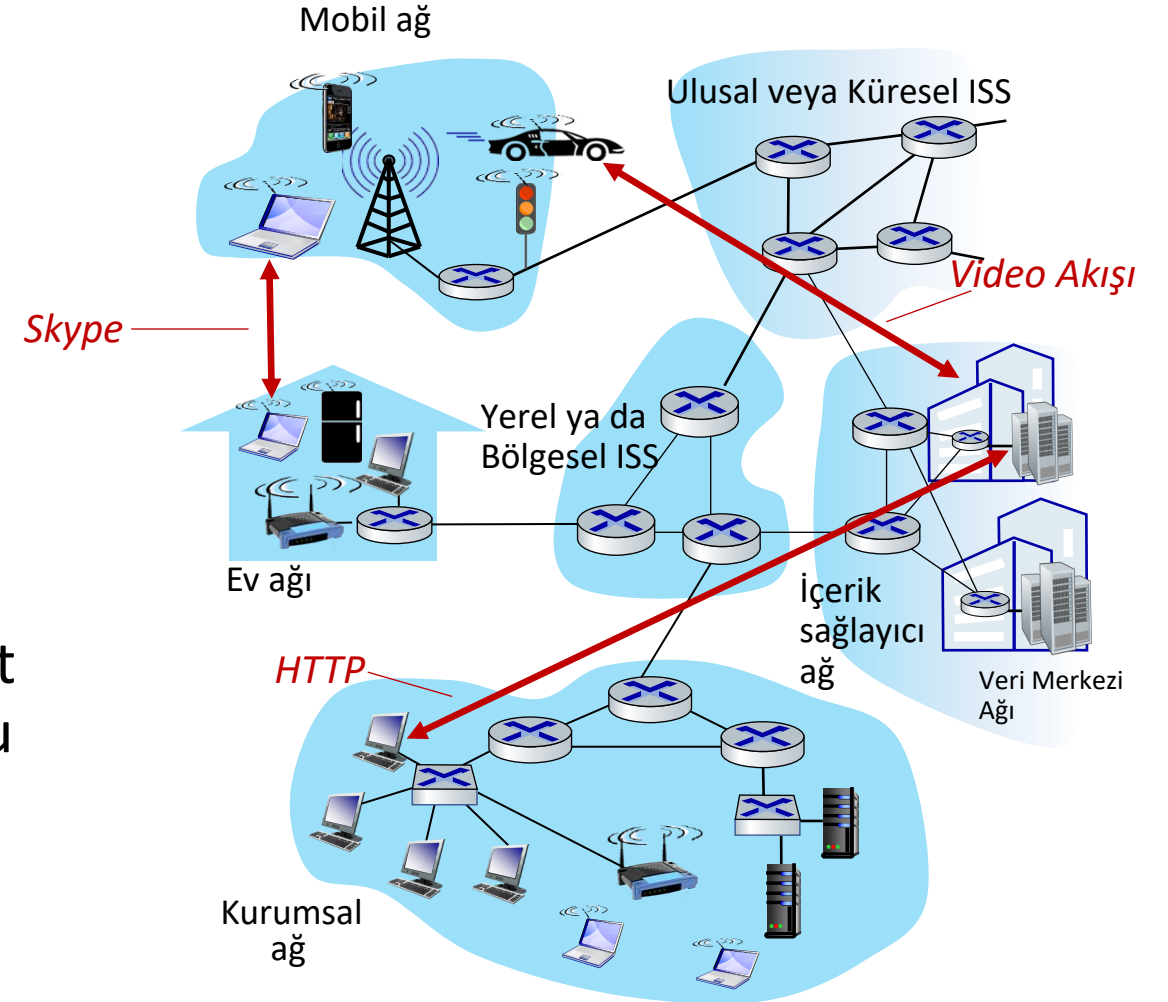
# "Servislere" dayalı tanım

- *Uygulamalara servis sağlayan altyapı:*

- Web, video akışı, multimedya telekonferans, e-posta, oyunlar, e-ticaret, sosyal medya, birbirine bağlı cihazlar, ...

- Dağıtılmış uygulamalara **programlama arayüzü** sağlar:

- Gönderen/alan uygulamaların İnternet taşıma servisine “bağlanmasına” ve bu servisi kullanmasına olanak tanıyan “kancalar”
- Posta servisine benzer servis seçenekleri sunar



# Protokol nedir?

## *İnsan protokolleri:*

- "saat kaç?"
- "Bir sorum var"
- tanışma

... gönderilen belirli mesajlar

... mesaj alındığında gerçekleştirilen belirli eylemler veya diğer olaylar

## *Ağ protokolleri:*

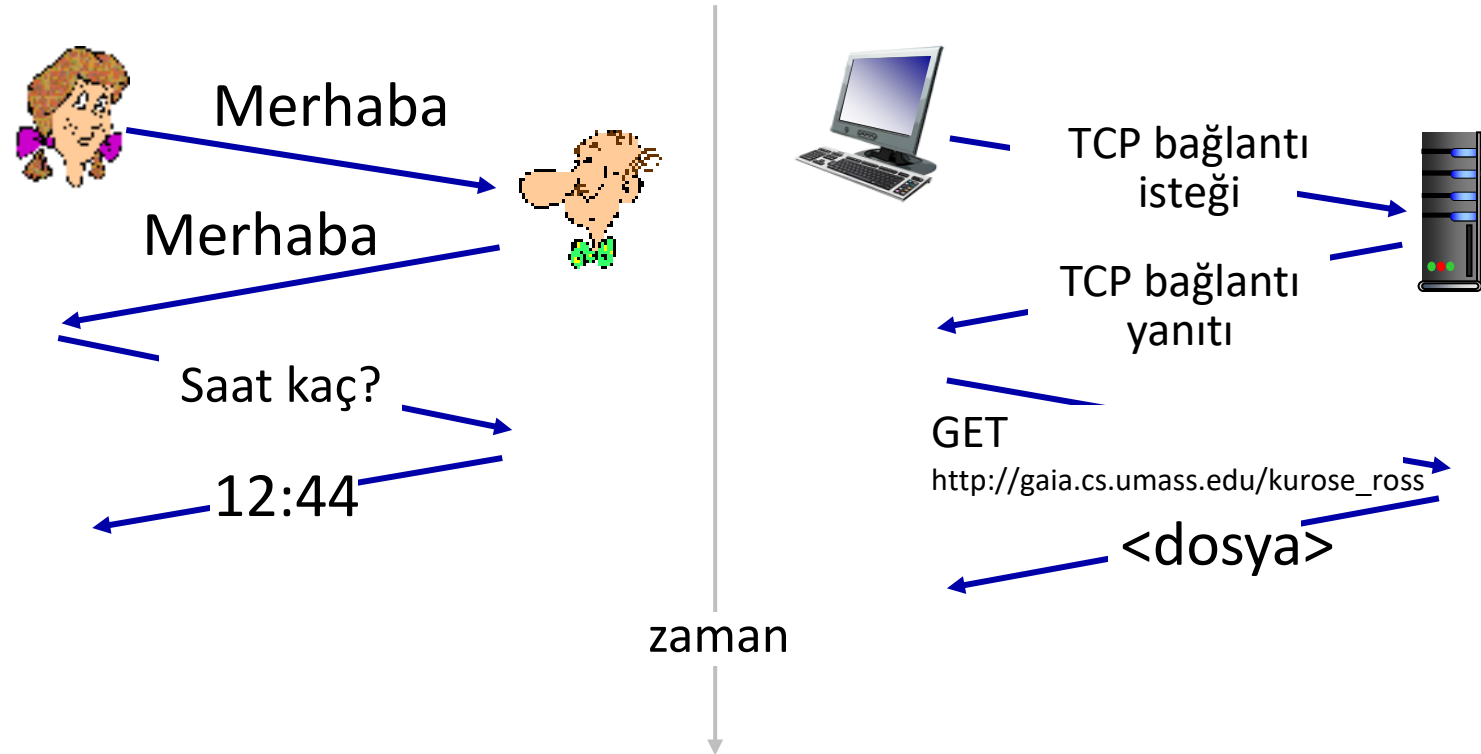
- insanlardan ziyade bilgisayarlar (cihazlar)
- protokollerle yönetilen İnternet'teki tüm iletişim faaliyetleri

*Bir **protokol**, iletişim kuran iki veya daha fazla varlık arasında **gönderilen ve alınan mesajların formatını ve sırasını**, bir mesajın veya başka bir olayın gönderilmesi ve/veya alınmasıyla ilgili olarak **gerçekleştirilen eylemleri** tanımlar.*



# Protokol nedir?

Bir insan protokolü ve bir bilgisayar ağı protokolü:



*S: Diğer insan protokolleri nelerdir?*

# Bölüm 1: Yol Haritası

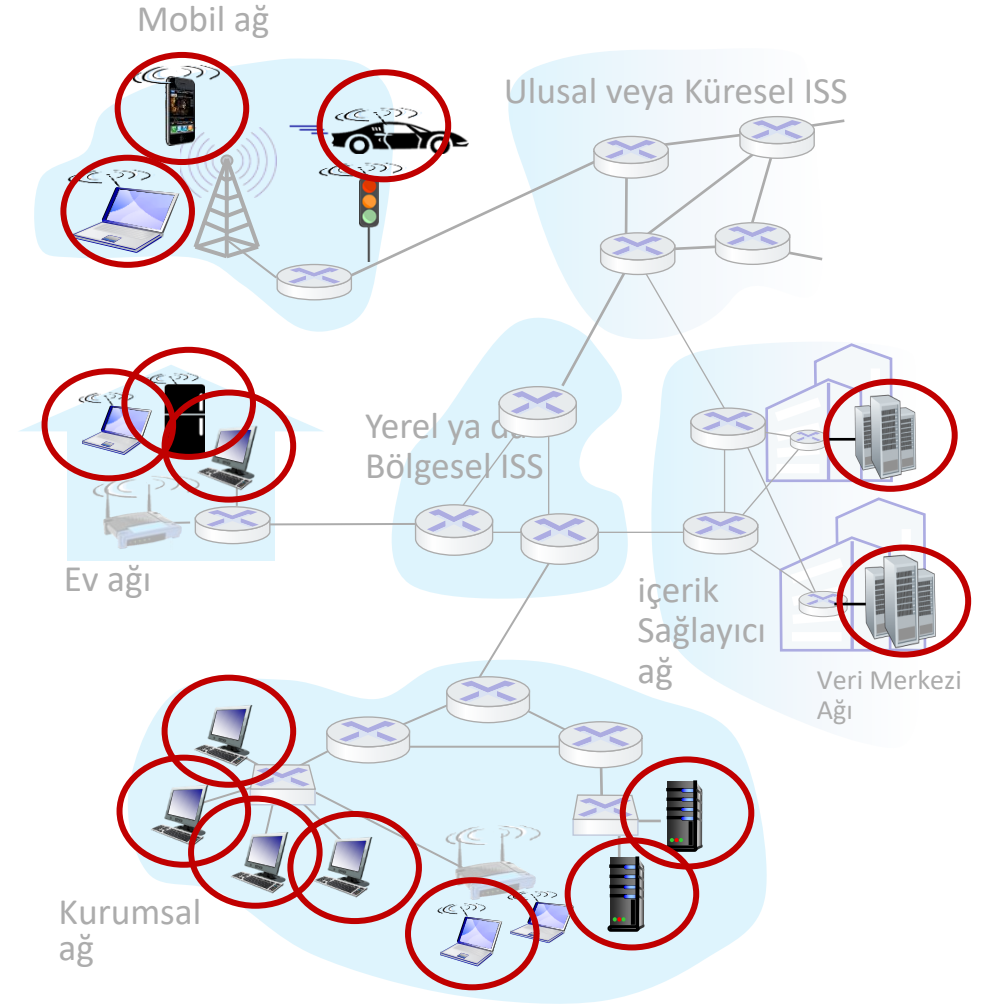
- İnternet nedir?
- Protokol nedir?
- **Ağ kenarı:** ana bilgisayarlar, erişim ağı, fiziksel medya
- Ağ çekirdeği: paket / devre anahtarlama, internet yapısı
- Performans: kayıp, gecikme, iş hacmi
- Güvenlik
- Protokol katmanları, servis modelleri
- İnternet'in tarihi



# İnternet yapısına daha yakından bir bakış

## Ağ kenarı:

- Hosts/uç sistemler: İstemciler ve sunucular
- Sunucular genellikle veri merkezlerindedir



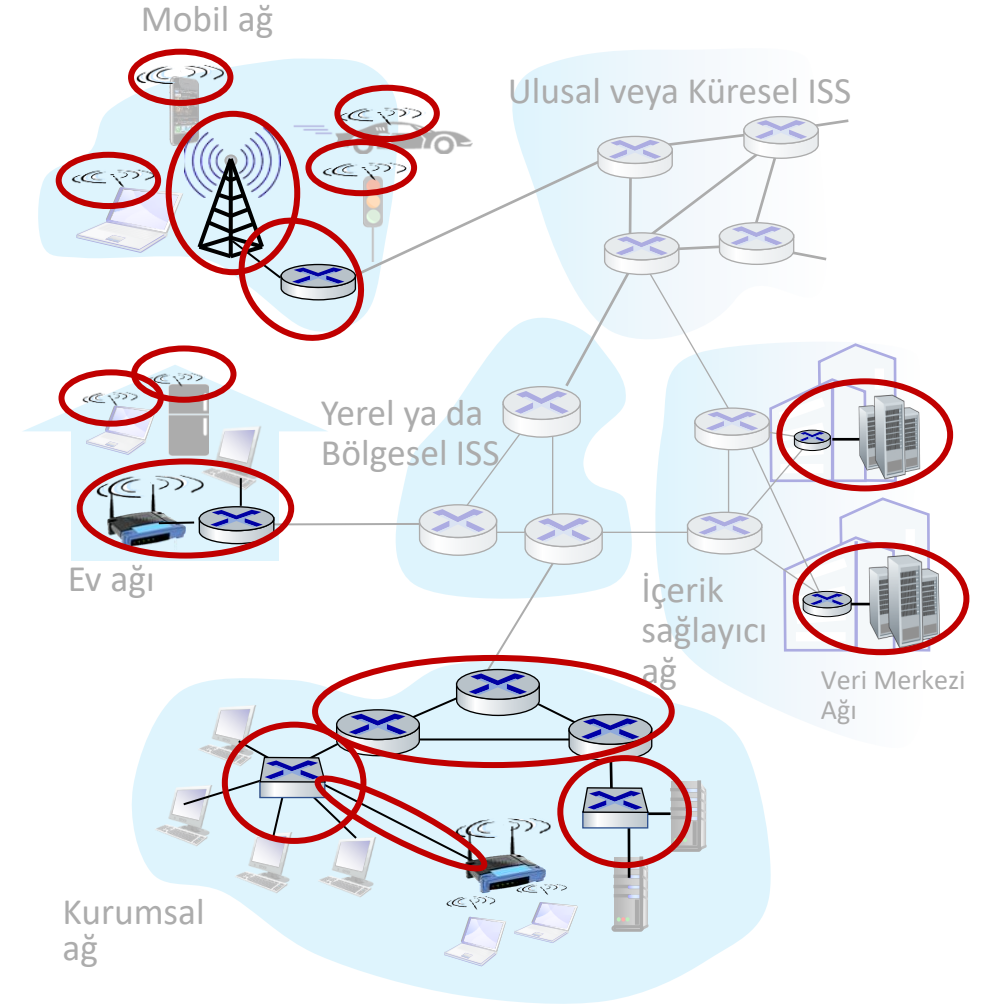
# İnternet yapısına daha yakından bir bakış

## Ağ kenarı:

- Hosts/uç sistemler: İstemciler ve sunucular
- Sunucular genellikle veri merkezlerindedir

## Erişim ağları, fiziksel medya:

- Kablolu, kablosuz iletişim bağlantıları



# İnternet yapısına daha yakından bir bakış

## Ağ kenarı:

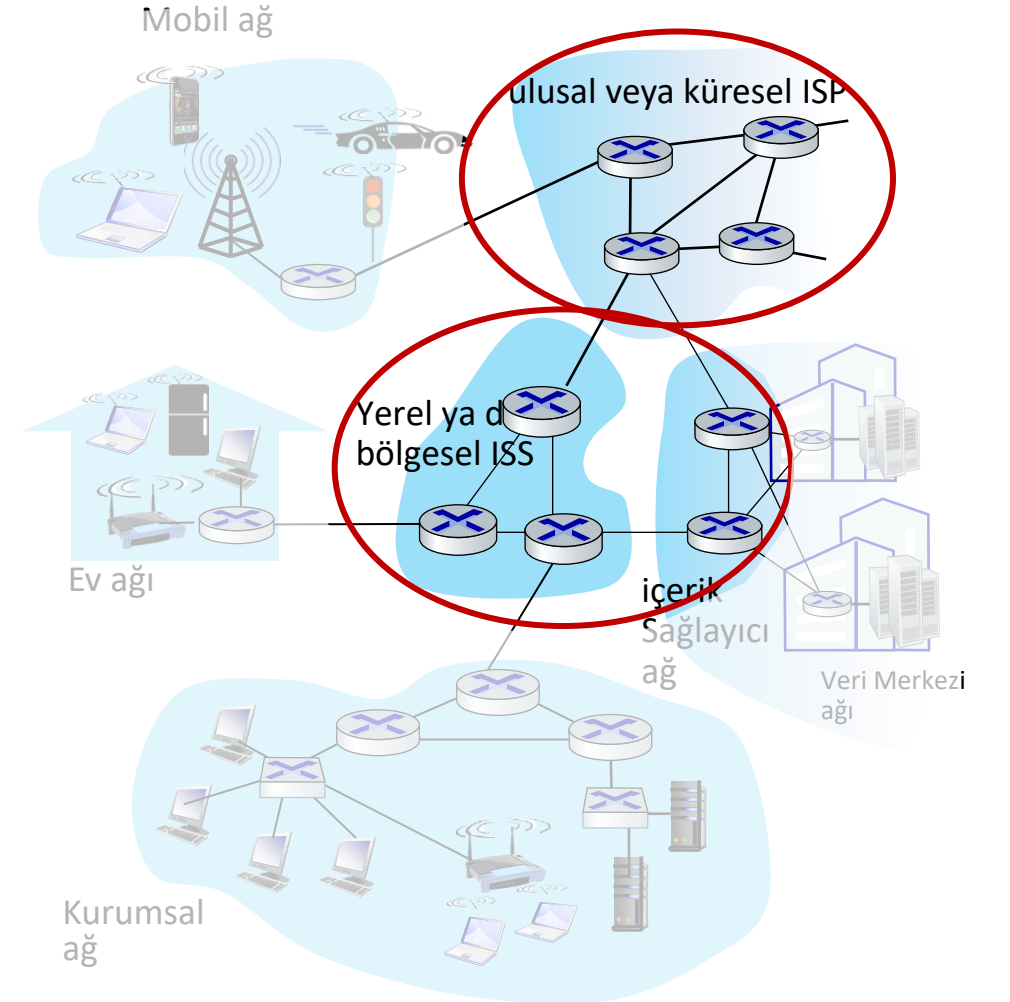
- Hosts/uç sistemler: İstemciler ve sunucular
- Sunucular genellikle veri merkezlerindedir

## Erişim ağları, fiziksel medya:

- Kablolu, kablosuz iletişim bağlantıları

## Ağ çekirdeği:

- Birbirine bağlı yönlendiriciler
- Ağlar ağı





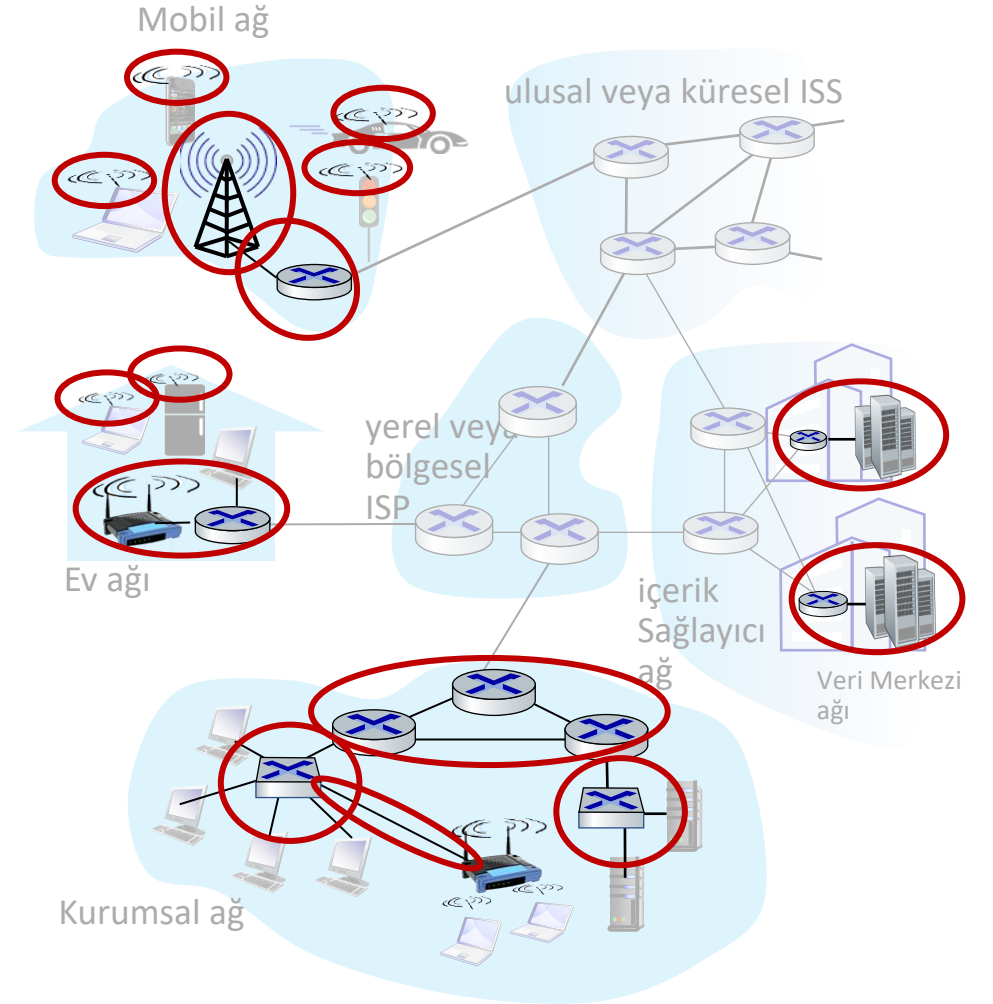
# Ağlara ve fiziksel medyaya erişim

*S: Uç sistemler kenar yönlendiriciye nasıl bağlanır?*

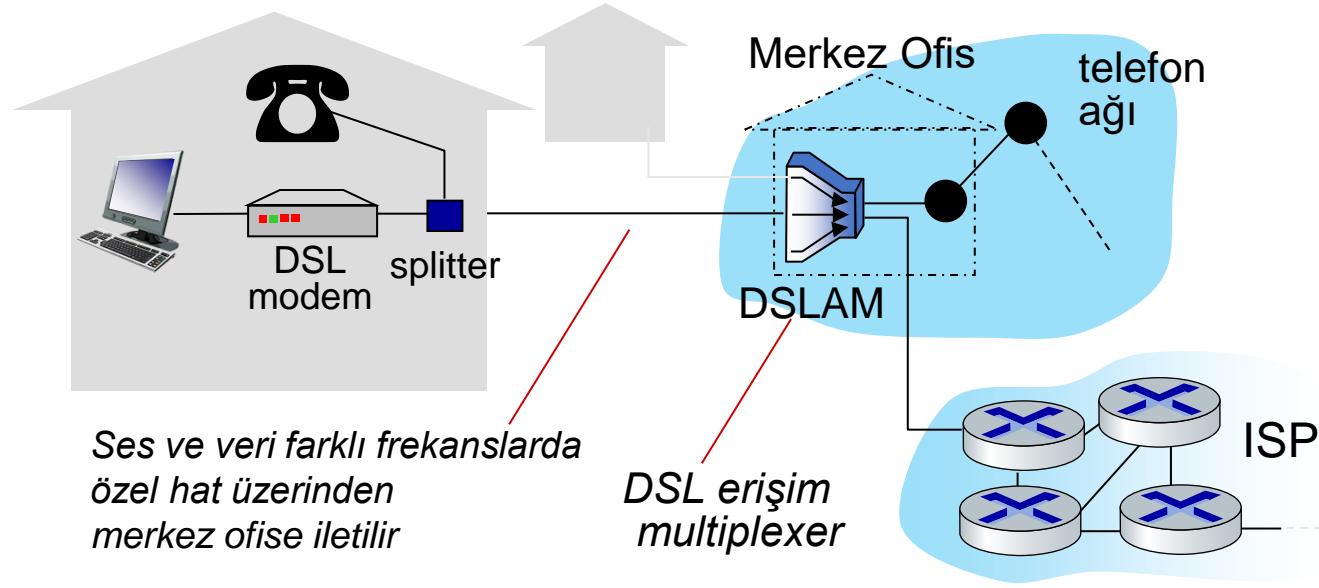
- Konut Erişim Ağları
- Kurumsal Erişim Ağları (Okul, Şirket)
- Mobil erişim ağları(WiFi, 4G/5G)

*Bakılacaklar:*

- Erişim ağının iletim hızı (saniyedeki bit sayısı)?
- Kullanıcılar arasında paylaşımlı erişim mi özel erişim mi var?

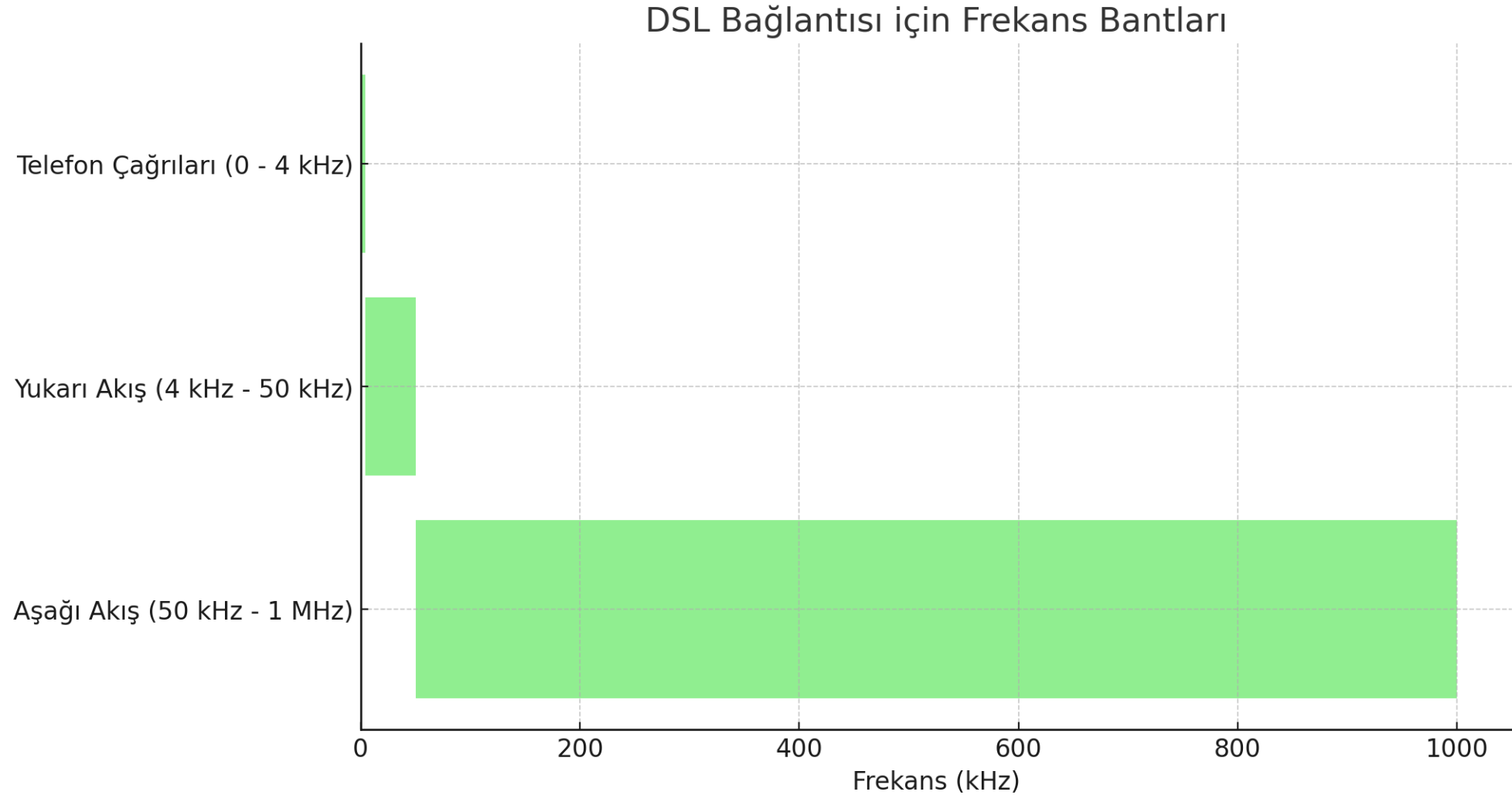


# Erişim ağları: Dijital Abone Hattı (DSL)

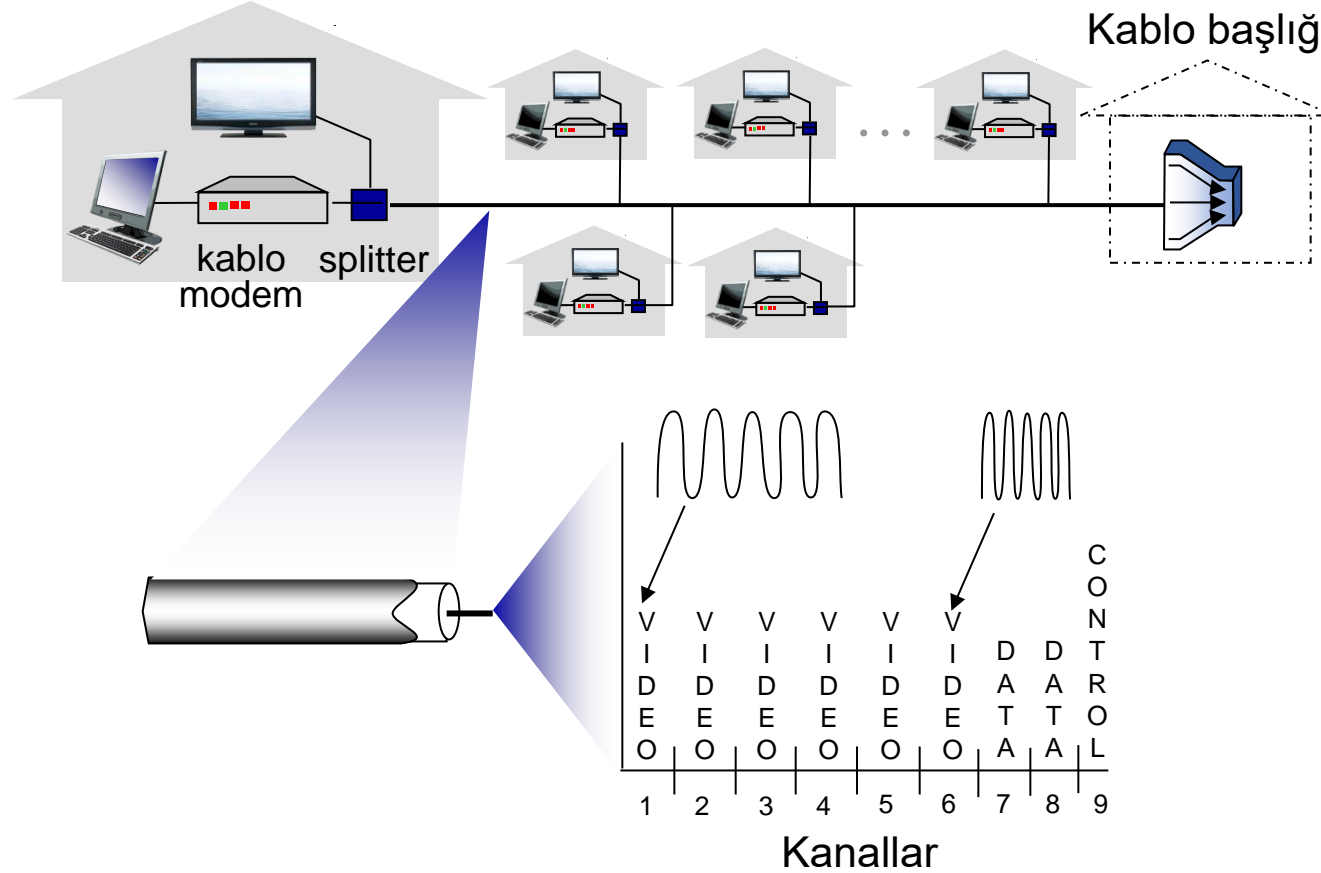


- merkez ofis DSLAM için **mevcut** telefon hattını kullanın
  - DSL telefon hattı üzerinden veri İnternet'e gider
  - DSL telefon hattı üzerinden ses telefon ağına gider
- 24-52 Mbps ayrılmış aşağı akış iletim hızı
- 3,5-16 Mb/sn tahsis edilmiş yukarı akış iletim hızı

# Erişim ağları: Dijital Abone Hattı (DSL)

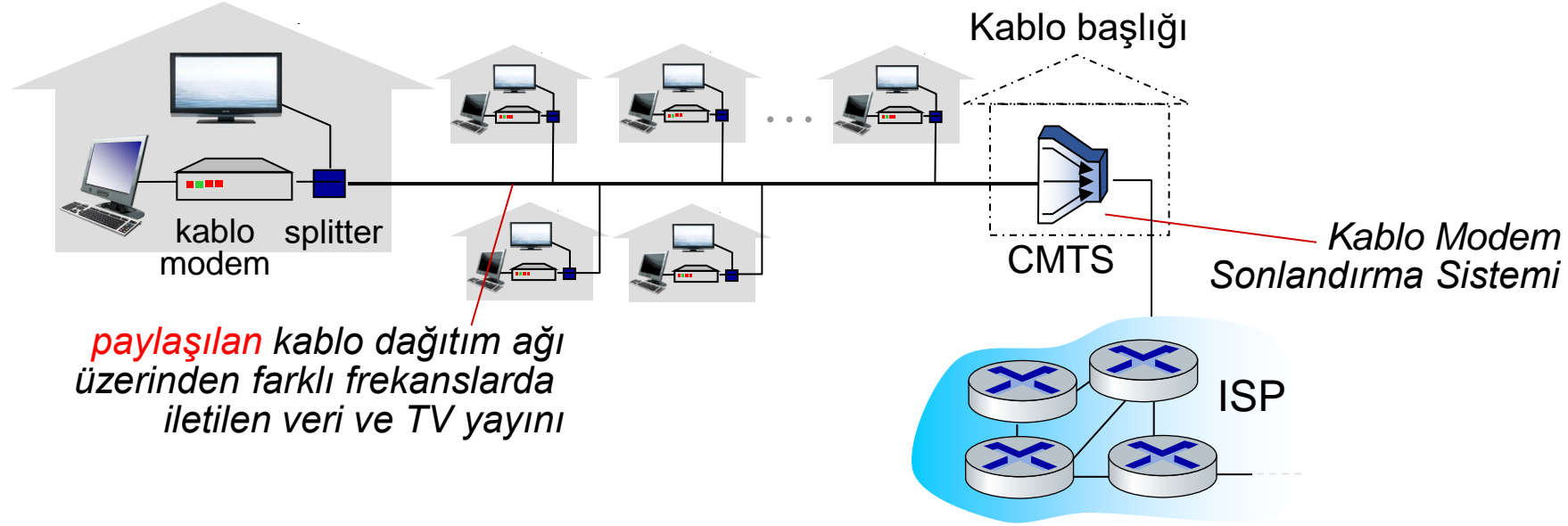


# Erişim ağları: Kablo tabanlı erişim



**Frequency Division Multiplexing (FDM):** Farklı frekans bantlarında iletilen farklı kanallar

# Erişim ağları: Kablo tabanlı erişim

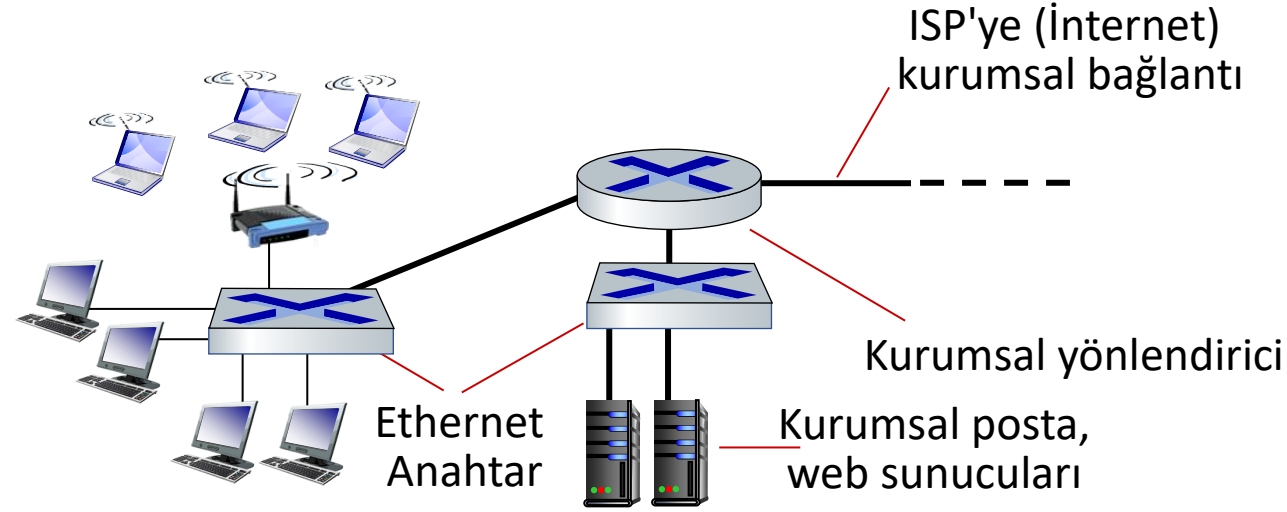


## ■ HFC: Hibrit Fiber Koaksiyel

- asimetrik: 40 Mbps'ye kadar – 1.2 Gbs aşağı akış iletim hızı, 30-100 Mbps yukarı akış iletim hızı
- **kablo ağı**, fiber evleri ISP yönlendiriciye bağlar
  - Evler, kablo başlığına **erişim ağını paylaşır**

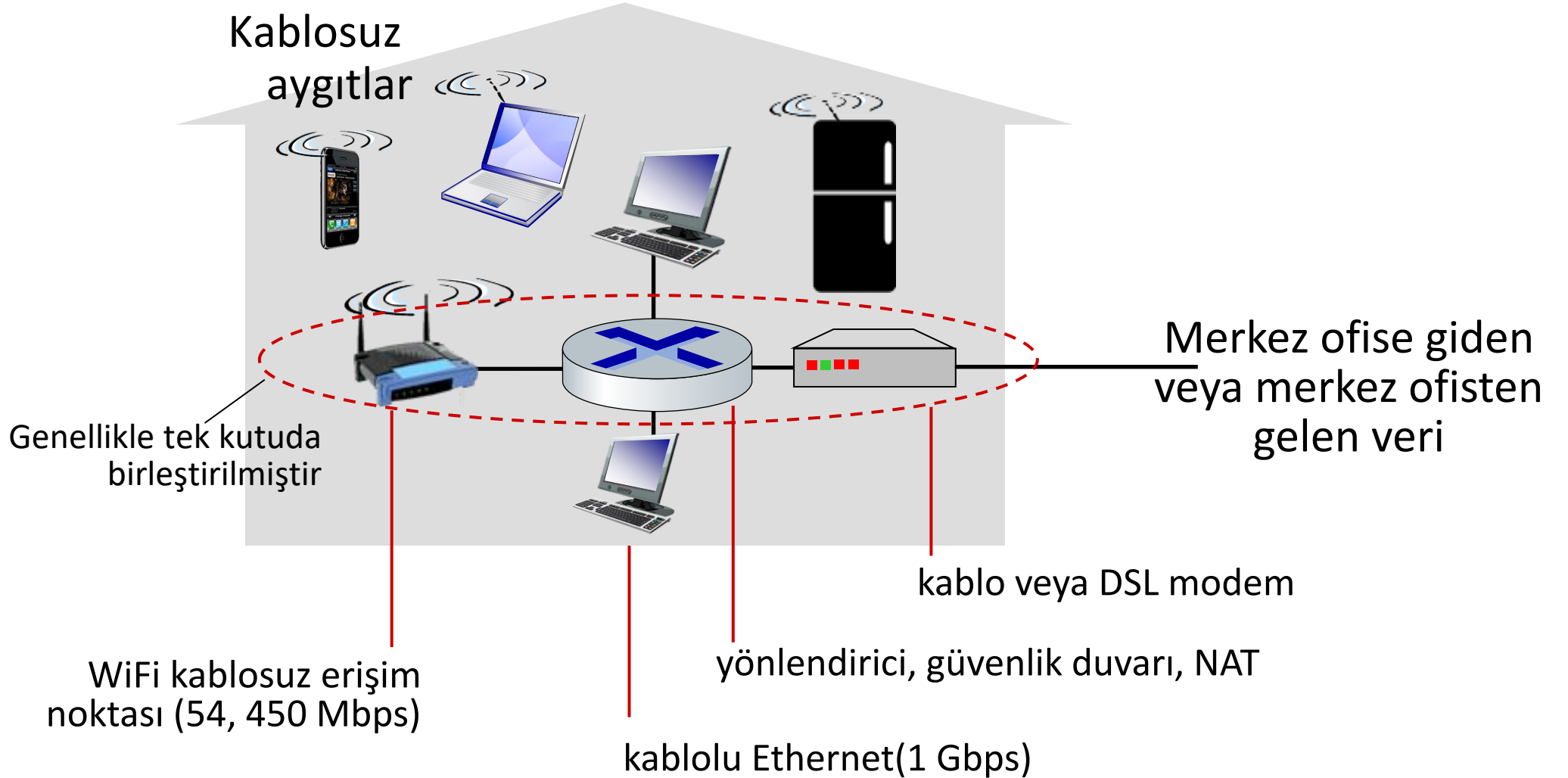


# Erişim ağları: kurumsal ağlar



- şirketler, üniversiteler vb.
- Kablolu, kablosuz bağlantı teknolojilerinin karışımı, anahtarların ve yönlendiricilerin bir karışımını birbirine bağlama
  - Ethernet: 100Mbps, 1Gbps, 10Gbps'de kablolu erişim
  - WiFi: 11, 54, 450 Mbps'de kablosuz erişim noktaları

# Erişim ağları: Ev ağları



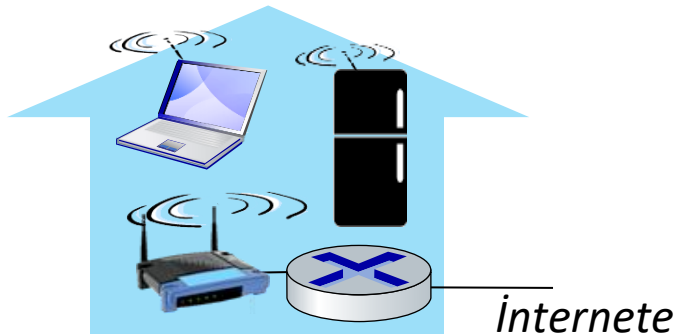
# Kablosuz erişim ağları

Paylaşılan kablosuz erişim ağı, uç sistemi yönlendiriciye bağlar

- Baz istasyonu aracılığıyla "Erişim Noktası" olarak da bilinir

## Kablosuz yerel alan ağları (WLANs)

- tipik olarak bina içinde veya çevresinde(~30 metre)
- 802.11b/g/n (WiFi): 11, 54, 450 Mbps iletim oranı



## Geniş alanlı hücresel erişim ağları

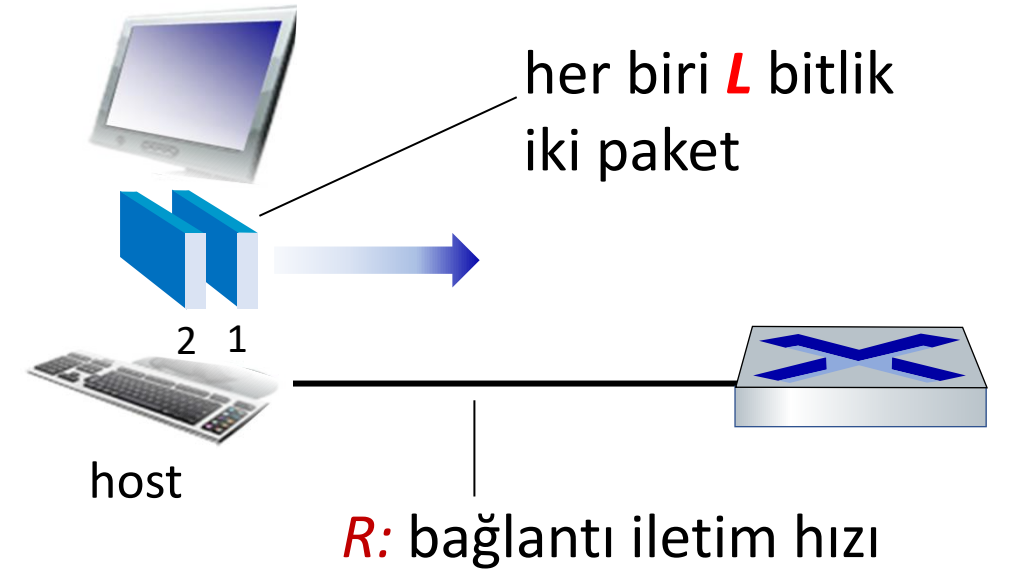
- mobil, hücresel ağ operatörü tarafından sağlanır (10's km)
- 10's Mbps
- 4G hücresel ağlar (5G geliyor)



# Ana bilgisayar: Veri paketleri gönderir

Ana bilgisayar gönderme işlevi:

- Uygulama mesajını alır
- $L$  bitleri uzunluğunda **paket** olarak bilinen daha küçük parçalara ayrılır
- paketi  **$R$  iletim hızında** erişim ağına iletir
  - **Bağlantı iletim hızı**, diğer adıyla **bağlantı kapasitesi**, diğer adıyla **bağlantı bant genişliği**



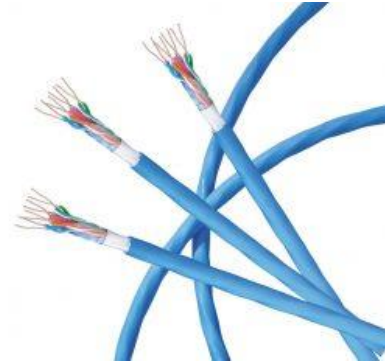
$$\begin{array}{l} \text{Paket} \\ \text{iletim} \\ \text{gecikmesi} \end{array} = \begin{array}{l} L \text{ bitlik paketi} \\ \text{= bağlantıya iletmek} \\ \text{için gereken süre} \end{array} = \frac{L \text{ (bit)}}{R \text{ (bit/saniye)}}$$

# Bağlantılar: fiziksel ortam

- **Bit:** verici/alıcı çiftleri arasında yayılır
- **Fiziksel ortam:** Verici ve alıcı arasında olan yol
- **Rehberli ortam:**
  - sinyaller katı ortamda yayılır: bakır, fiber, koaksiyel kablo
- **Rehbersiz ortam:**
  - sinyaller serbestçe yayılır, örneğin radyo dalgası

## Bükümlü çift bakır tel(TP)

- iki yalıtımlı bakır tel
  - Category 5: 100 Mbps, 1 Gbps Ethernet
  - Category 6: 10Gbps Ethernet





# Bağlantılar: fiziksel ortam

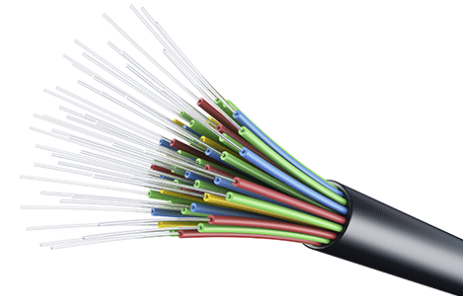
## Koaksiyel kablo:

- iki konsantrik bakır iletken
- çift yönlü
- geniş bant:
  - Kablo üzerinde çoklu frekans kanalları
  - 100's Mbps kanal başına



## Fiber optik kablo:

- Işık darbeleri taşıyan cam elyaf, her pulse bir bit
- Yüksek hızlı çalışma:
  - Yüksek hızlı noktadan noktaya iletim (10's-100's Gbps)
- Düşük hata oranı:
  - birbirinden uzak aralıklı tekrarlayıcılar
  - elektromanyetik gürültüye karşı bağımsızlık



# Bağlantılar: fiziksel ortam

## Kablosuz radyo

- elektromanyetik spektrumda taşınan sinyal
- fiziksel "tel" yok
- broadcast ve “half-duplex” (göndericiden alıcıya)
- Yayılma Ortamı Etkileri:
  - yansıma
  - nesneler tarafından engellenme
  - girişim

## Radyo bağlantı türleri:

- karasal mikrodalga
  - 45 Mbps'ye kadar kanallar
- Kablosuz LAN (WiFi)
  - 100'lerce Mbps'ye kadar
- Geniş alan (e.g., cellular)
  - 4G hücreler: ~ 10's Mbps
- uydu
  - kanal başına 45 Mbps'ye kadar
  - 270 msn son-uç gecikmesi
  - jeosenkron vs. alçak dünya yörüngesi

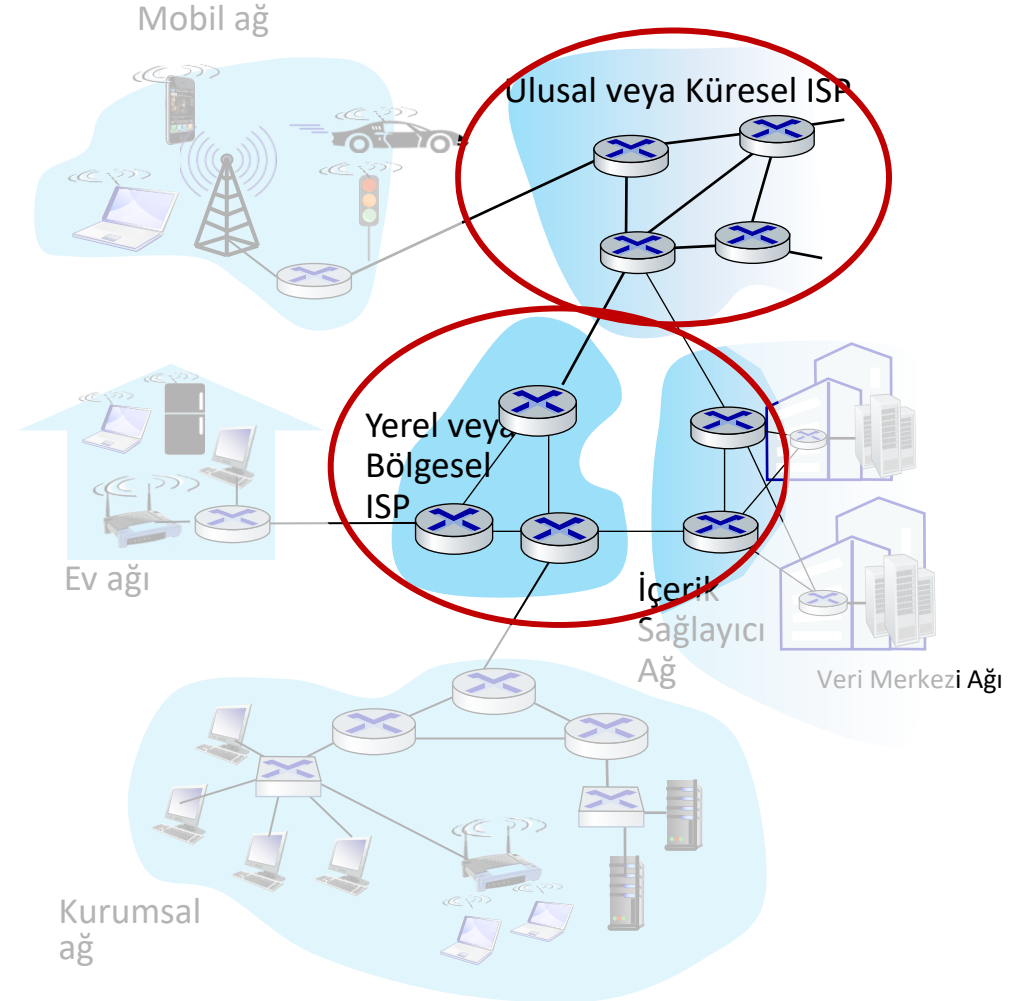
# Bölüm 1: Yol Haritası

- İnternet nedir?
- Protokol nedir?
- Ağ kenarı: ana bilgisayarlar, erişim ağı, fiziksel medya
- **Ağ çekirdeği:** paket/devre anahtarlama, İnternet Yapısı
- Performans: kayıp, gecikme, iş hacmi
- Güvenlik
- Protokol katmanları, servis modelleri
- İnternet'in tarihi

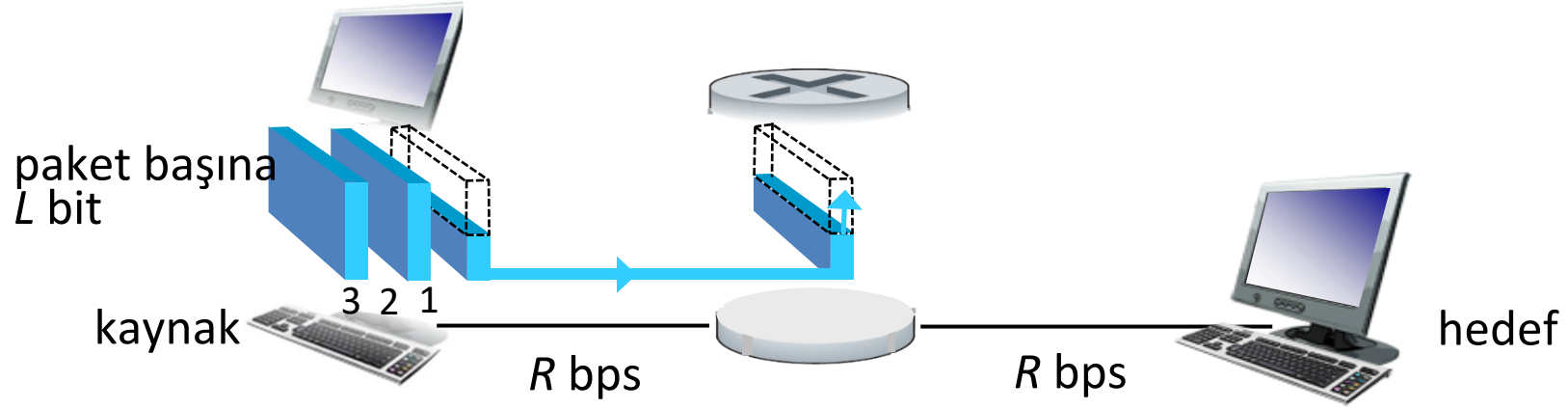


# Ağ çekirdeği

- Birbirine bağlı yönlendiricilerin ağı
- **packet-switching**: ana bilgisayarlar uygulama katmanı mesajlarını **paketlere** böler
  - Paketleri bir yönlendiriciden diğerine, kaynaktan hedefe giden yoldaki bağlantılar arasında iletir
  - Her bir paket tam bağlantı kapasitesinde iletilir



# Paket anahtarlama: sakla ve ilet



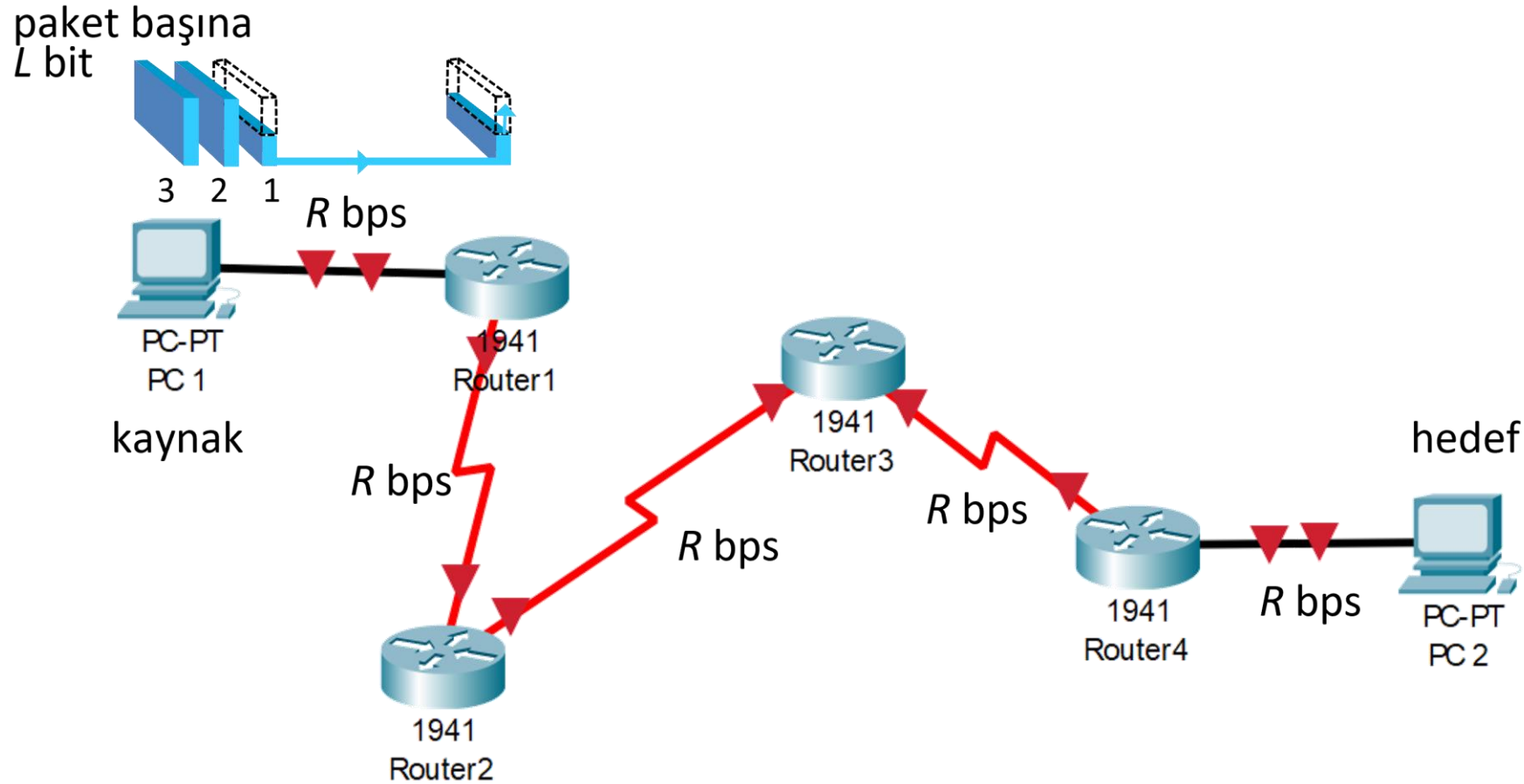
- **İletim gecikmesi:**  $L$  bitlik paketin  $R$  bps'de bağlantıya iletilmesi (dışarı itilmesi)  $L/R$  saniye sürer
- **Sakla ve ilet:** Bir sonraki bağlantıda iletilebilmesi için paketin tamamının yönlendiriciye ulaşması gerekir
- **Son uç gecikmesi :**  $2L/R$  (yukarıda), yayılma gecikmesinin sıfır olduğu varsayılırsa

## *Tek atlamalı sayısal örnek:*

- $L = 10$  Kbits
- $R = 100$  Mbps
- tek atlamalı iletim gecikmesi = 0.1 msec



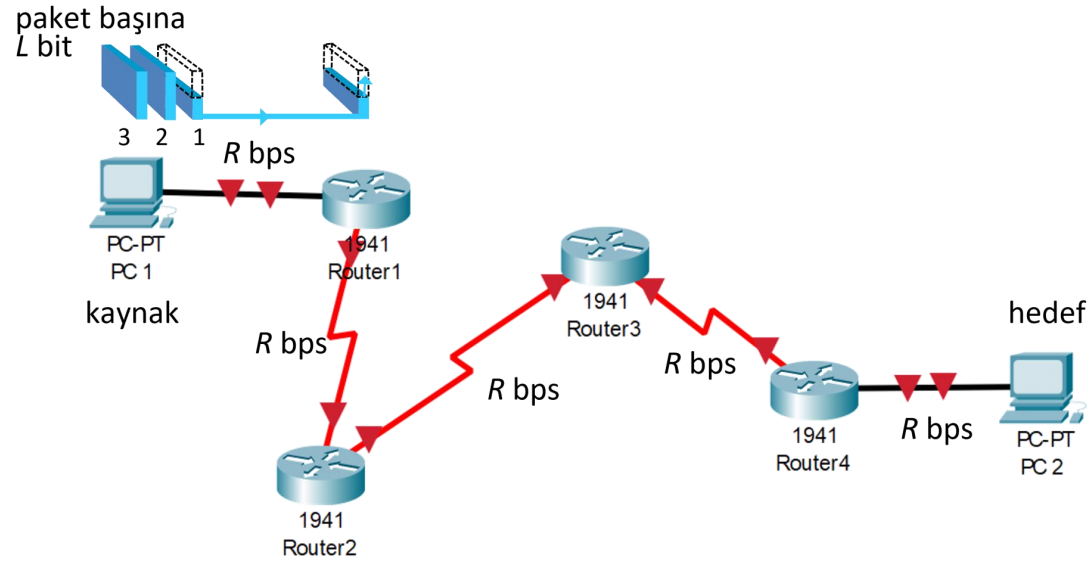
# Paket anahtarlama: sakla ve ilet 2 pc 4 router



N kaynak ve hedef arasındaki router sayısı, k gönderilen toplam paket sayısı olmak üzere

- Sadece bir paketin PC2'ye iletim süresi nedir?
- Üç paketin tamamının PC2'ye iletim süresi nedir?

# Paket anahtarlama: sakla ve ilet 2 pc 4 router



İlk paket

$$(N + 1) \times \frac{L}{R}$$

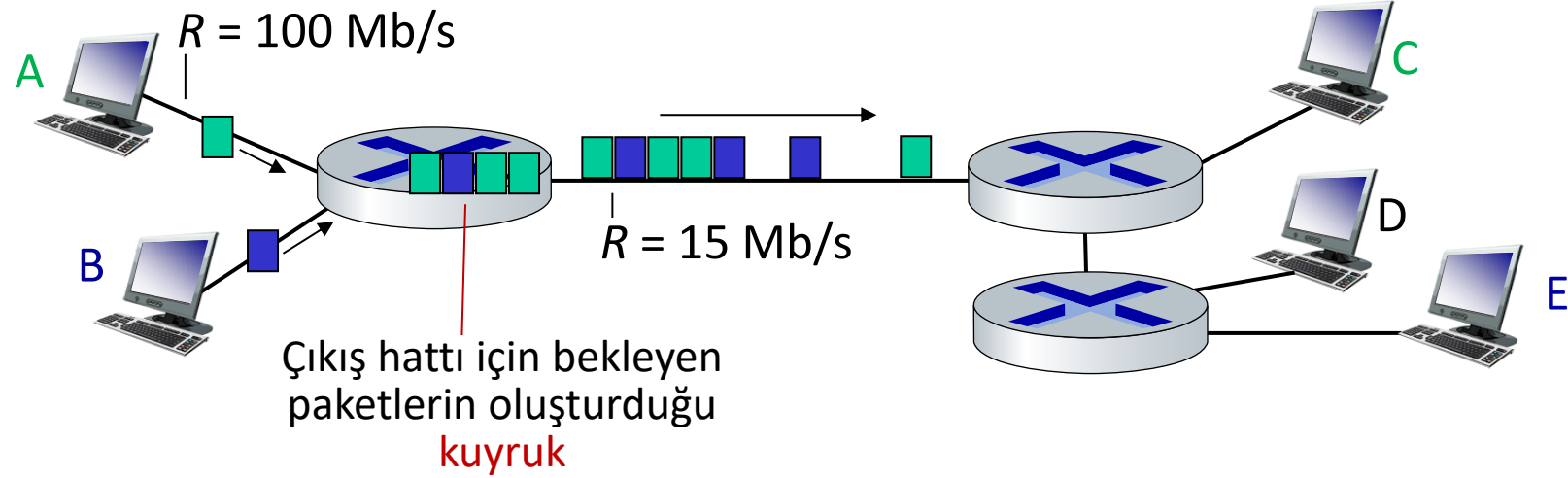
sürede hedefe iletilir.

Üçüncü paket ise

$$t_{\text{toplam}} = (N + 1) \times \frac{L}{R} + (k - 1) \times \frac{L}{R}$$

sürede hedefe iletilir.

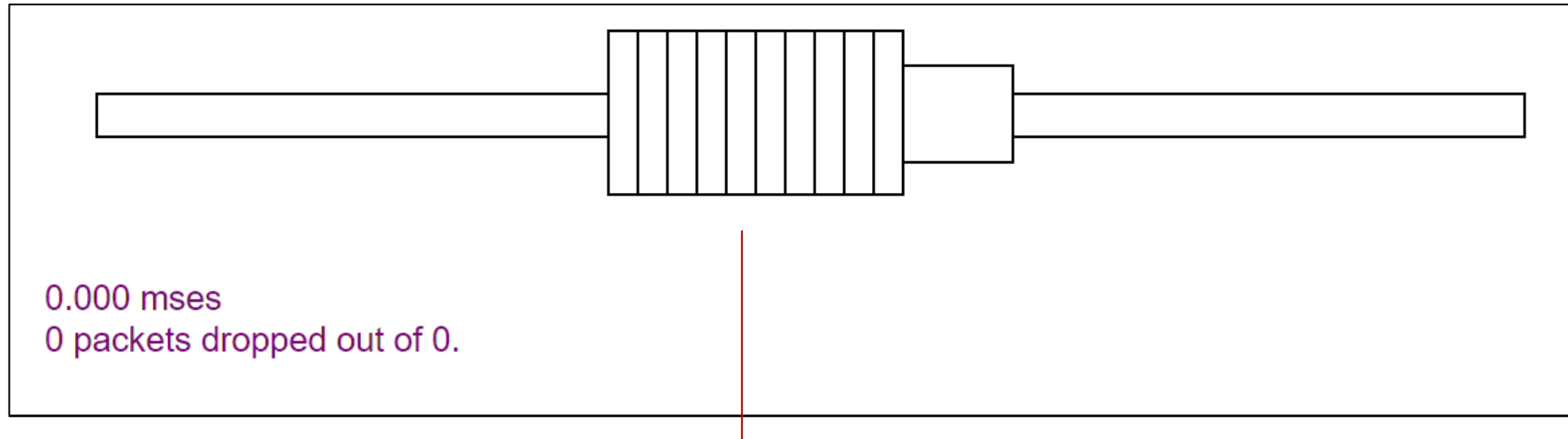
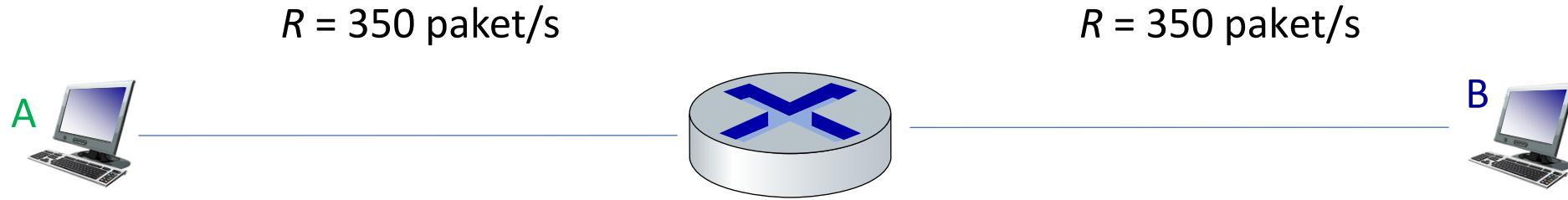
# Paket değiştirme: kuyruk gecikmesi, kayıp



**Paket kuyruğu ve kaybı :** Hatta varış hızı (bps cinsinden) bir süre boyunca hattın iletim hızını (bps) aşarsa :

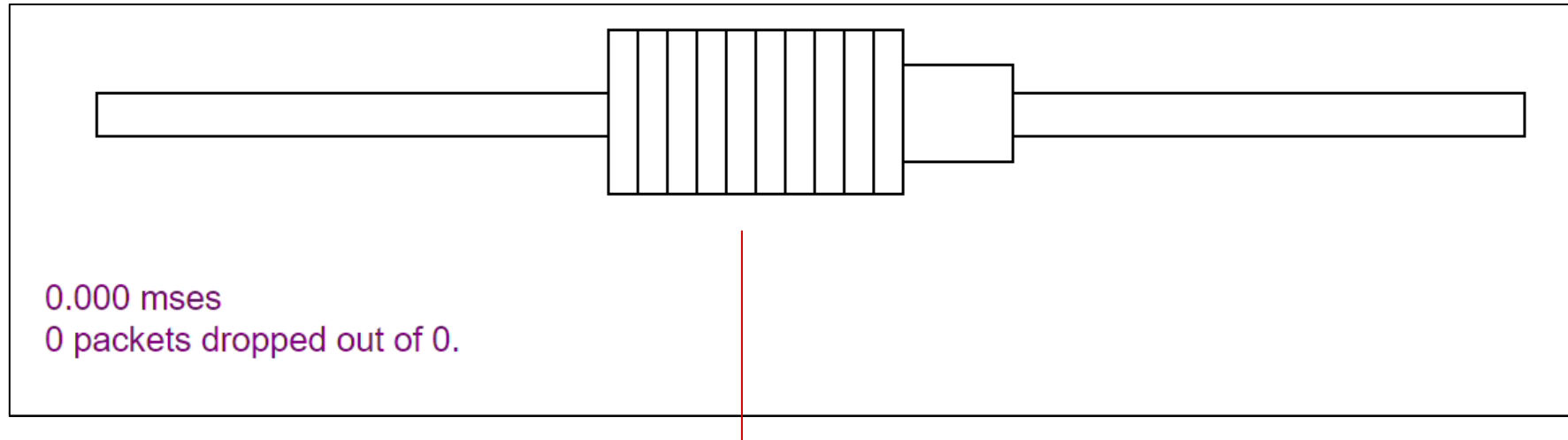
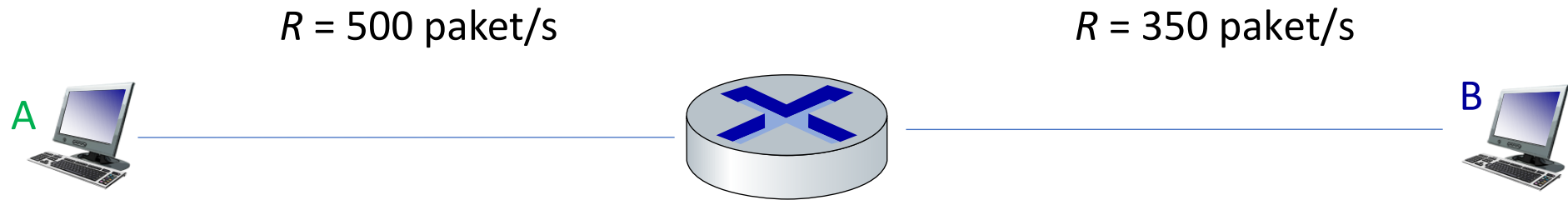
- paketler kuyruğa girecek, çıkış bağlantısında iletmeyi bekleyecek
- yönlendiricideki bellek (tampon) dolarsa paketler düşebilir (kaybolabilir)

# Paket değiştirme: kuyruk gecikmesi, kayıp



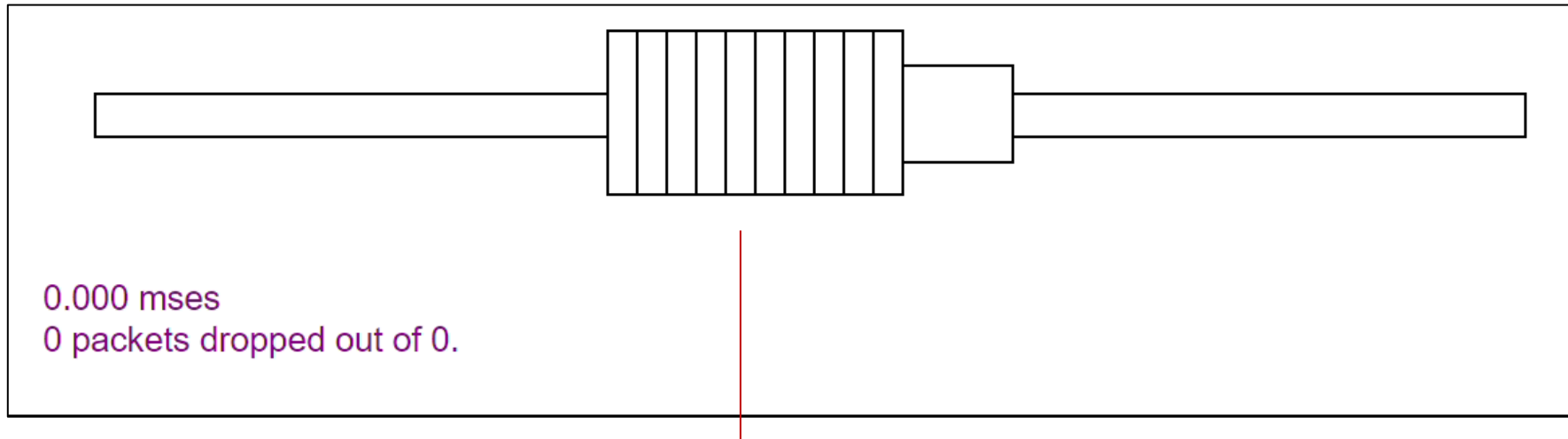
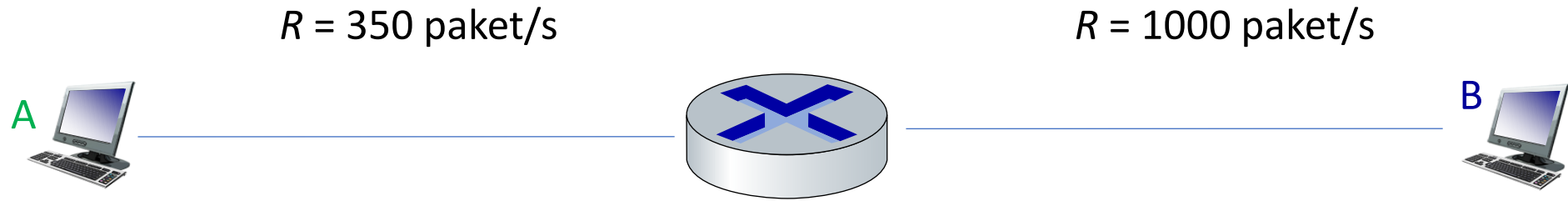
Çıkış hattı için bekleyen  
paketlerin oluşturduğu  
kuyruk

# Paket değiştirme: kuyruk gecikmesi, kayıp



Çıkış hattı için bekleyen  
paketlerin oluşturduğu  
kuyruk

# Paket değiştirme: kuyruk gecikmesi, kayıp

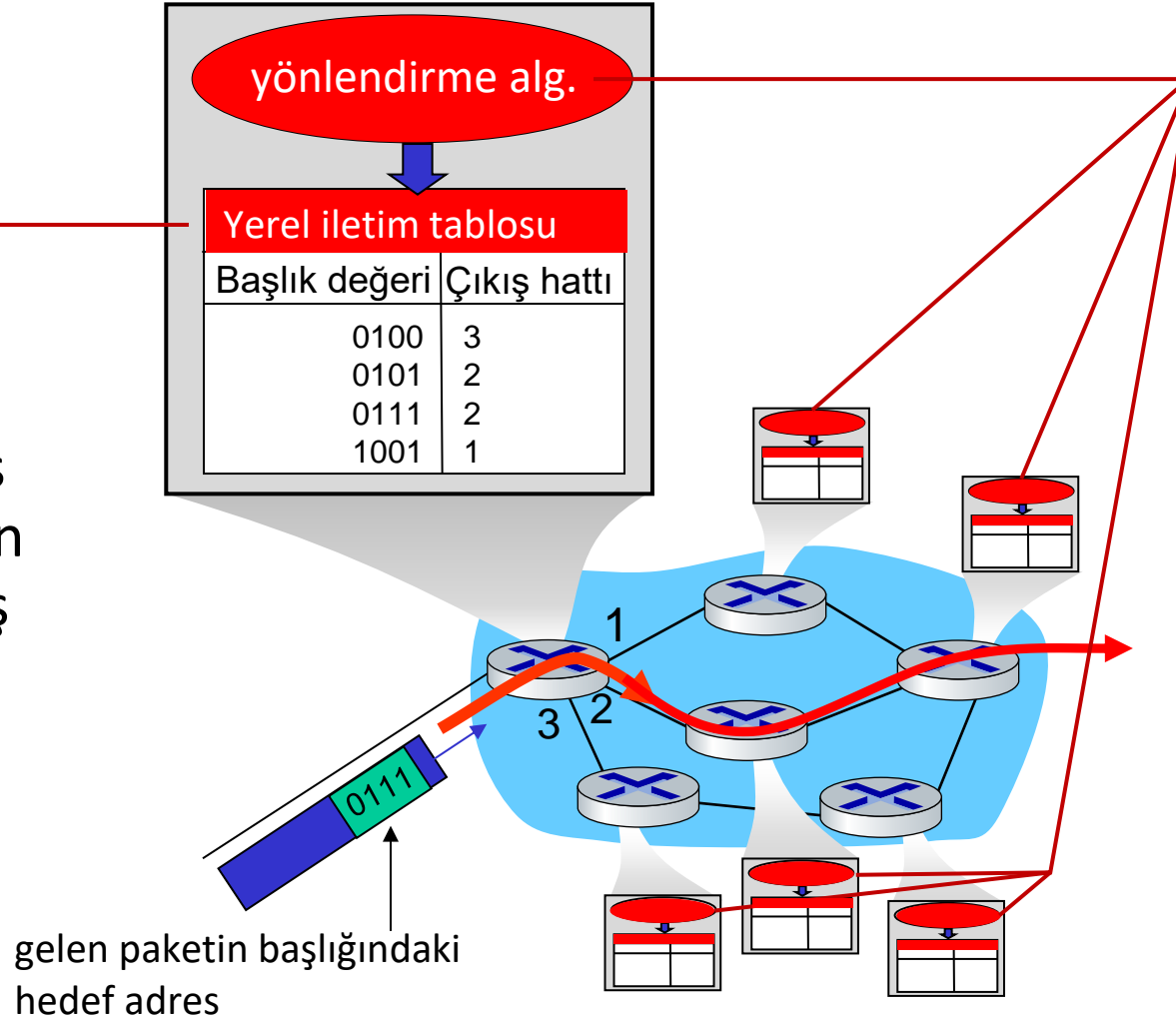


Çıkış hattı için  
bekleyen paketlerin  
oluşturduğu **kuyruk**

# İki temel ağ çekirdeği fonksiyonu

## *forwarding* *iletme :*

- *yerel* eylemdir: gelen paketleri yönlendirici giriş hattından, uygun yönlendirici çıkış hattına taşır



## *routing*

## *Yönlendirme:*

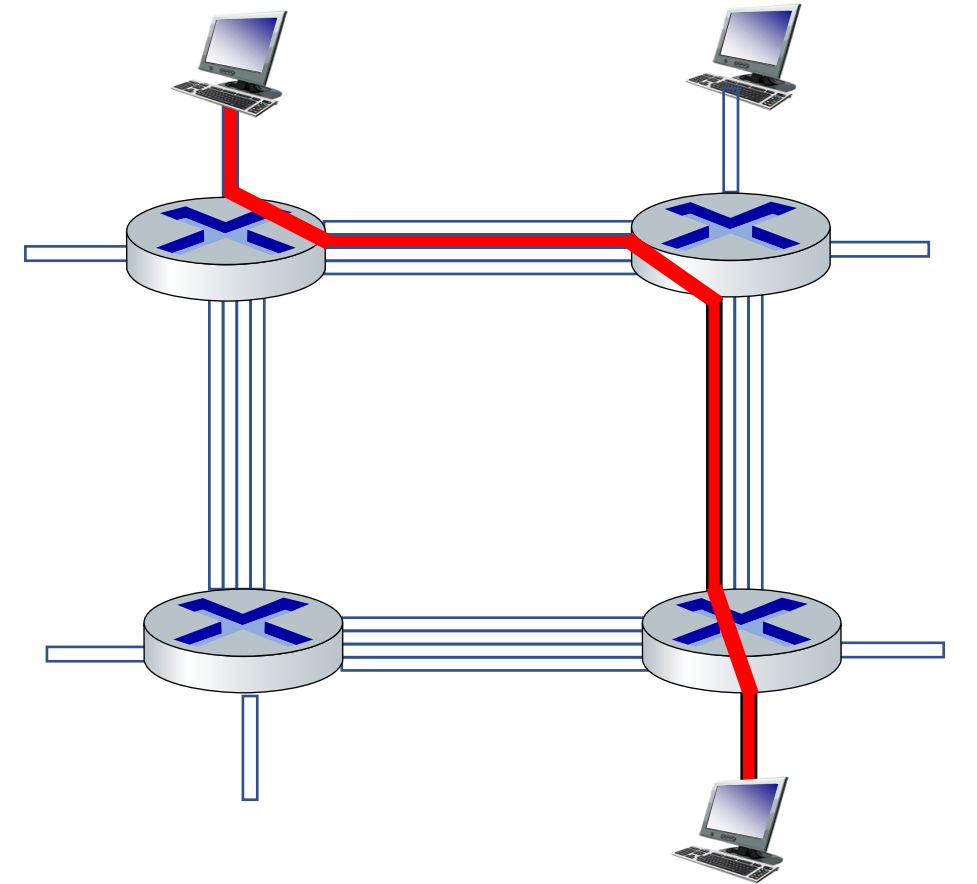
- *küresel* eylem: paketler tarafından alınan kaynak-hedef yollarını belirler
- yönlendirme algoritmaları



# Paket anahtarlamaya alternatif: Devre anahtarlama

Uçtan uca kaynaklar, gönderen ve alıcı arasında bir 'çağrı' için tahsis edilmiştir

- diyagramda, her bağlantıda dört devre vardır.
  - Çağrı, üst bağlantıda 2. devreyi ve sağ bağlantıda 1. devreyi alır.
- kaynaklar tahsis edilir: paylaşım yok
  - devre benzeridir, performans garantilidir
- çağrı tarafından kullanılmıyorsa devre segmenti boşa (**paylaşım yok**)
- geleneksel telefon ağlarında yaygın olarak kullanılır

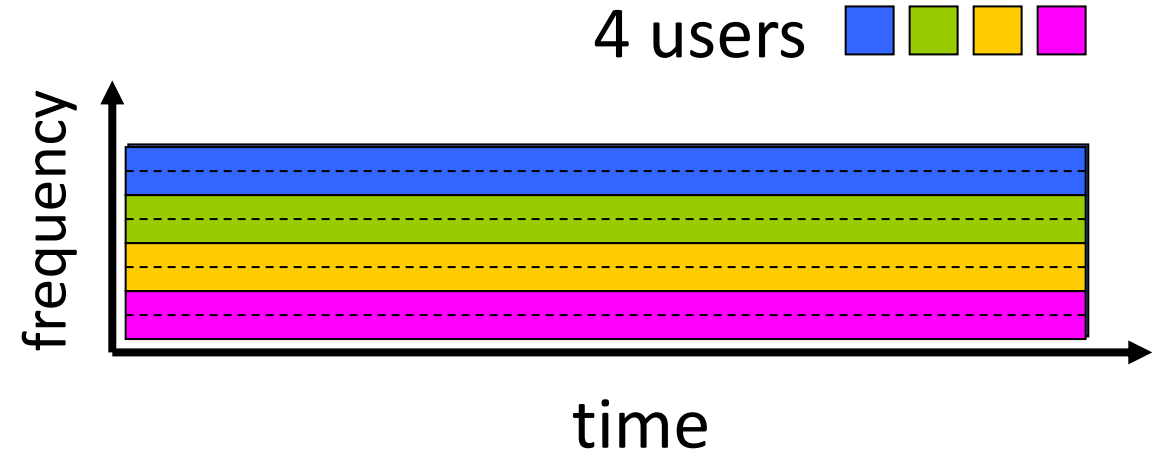


# Devre anahtarlama: FDM ve TDM

## Frekans Bölmeli Çoğullama

### (Frequency Division Multiplexing-FDM)

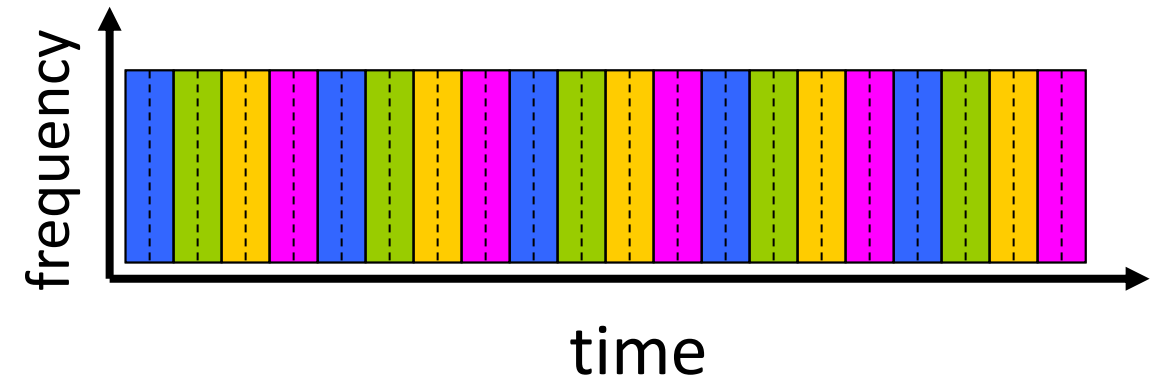
- optik, elektromanyetik frekanslar (dar) frekans bantlarına ayrılmıştır
- her çağrıya kendi bandı tahsis edilir, her çağrı o dar bandın maksimum hızında iletim yapabilir



## Zaman Bölmeli Çoğullama

### (Time Division Multiplexing-TDM)

- 1 sn. zaman dilimlerine bölünmüştür
- Her çağrı, kendisine tahsis edilen periyodik yuvalar boyunca, yalnızca ayrılan zaman dilimleri süresince maksimum frekans bandında iletim yapabilir

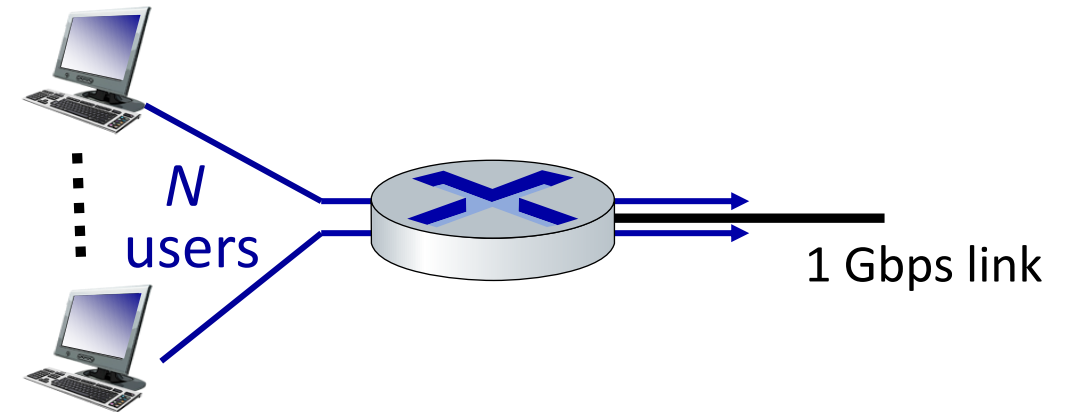


# Devre anahtarlamaya vs. paket anahtarlama

*paket anahtarlama daha fazla kullanıcının ağı kullanmasını sağlar!*

Örnek:

- 1 Gb/s link
- her kullanıcı:
  - 100 Mb/s "Aktif" olduğunda
  - Zamanın %10'u aktif
- *Devre-anahtarlama*: 10 kullanıcı
- *Paket-anahtarlama*: 35 kullanıcı ile, aynı anda 10'dan fazla aktif olma olasılığı .0004'ten azdır



*S:* 0.0004 değerini nasıl elde ettik?

*S:* Kullanıcı sayısı  $> 35$  olursa ne olur?

# Devre anahtarlamaya vs. paket anahtarlama

## Kazanan paket anahtarlama mı?

- "Bursty" veriler için harikadır - bazen gönderilecek veriler vardır, ancak diğer zamanlarda yoktur
  - Kaynak paylaşımı
  - Daha basittir, çağrı kurulumu yok
- **aşırı tıkanıklık olası** : arabellek taşması nedeniyle paket gecikmesi ve kaybı
  - güvenilir veri aktarımı, tıkanıklık kontrolü için protokoller gerekli
- **S: Devre benzeri davranış nasıl sağlanır?**
  - geleneksel olarak ses/video uygulamaları için kullanılan bant genişliği garanti edilmektedir

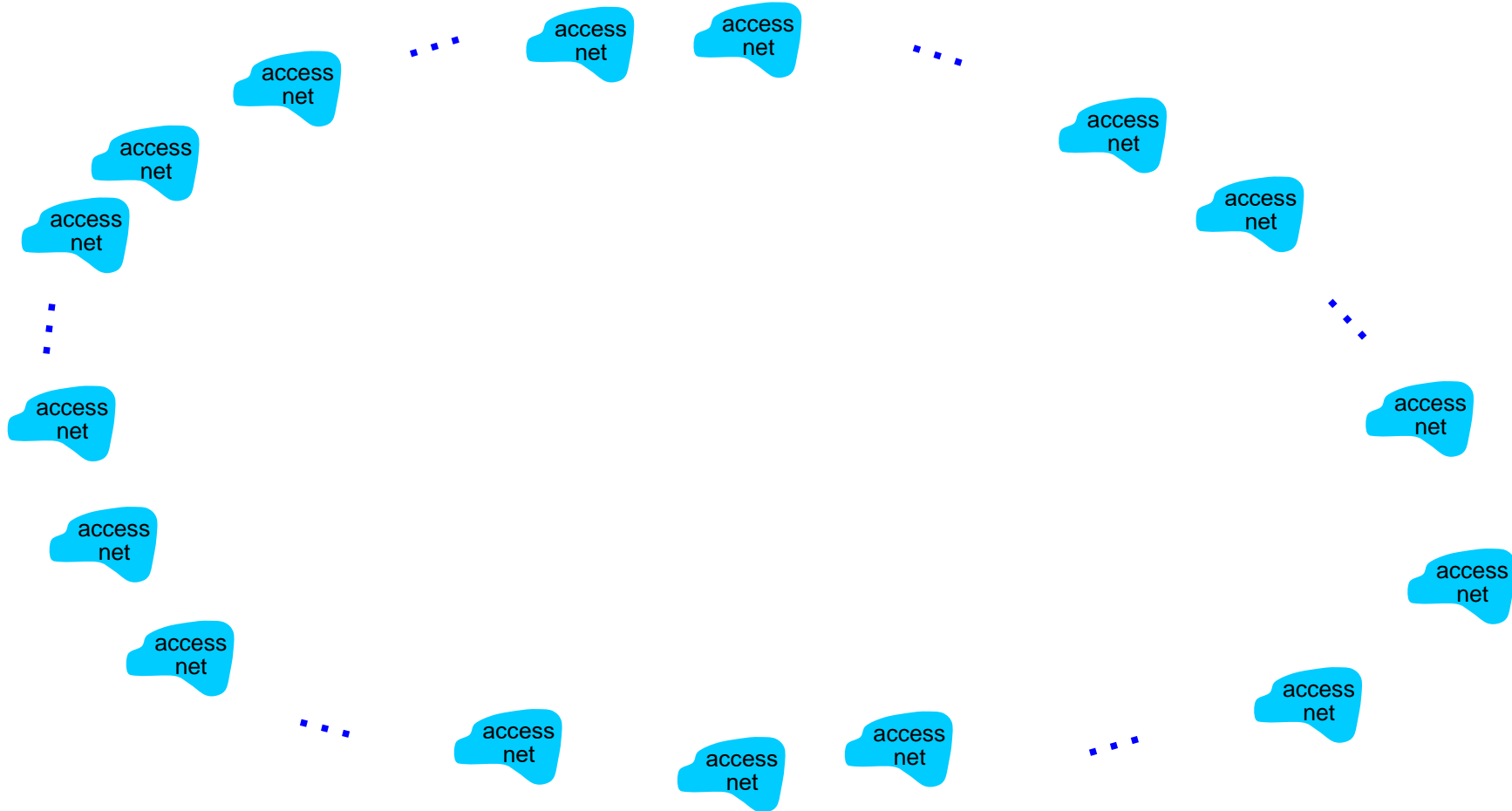
**Q:** Ayrılmış kaynakların (devre anahtarlama) ve isteğe bağlı ayırma (paket anahtarlama) arasındaki insan benzetmeleri nelerdir?

# İnternet yapısı: "ağlardan oluşan bir ağ"

- Ana bilgisayarlar, İnternet Servis Sağlayıcılarına (İSS'ler) erişim yoluyla İnternete bağlanır
  - konut, kurumsal (şirket, üniversite, ticari) İSS'ler
- Erişim İSS'leri de birbirine bağlı olmalıdır
  - böylece herhangi iki ana bilgisayar birbirine paket gönderebilir
- Ortaya çıkan ağlardan oluşan ağ çok karmaşıktır
  - evrim, **ekonomi** ve **ulusal politikalar** tarafından yönlendirildi
- Mevcut İnternet yapısını tanımlamak için adım adım bir yaklaşım izleyelim

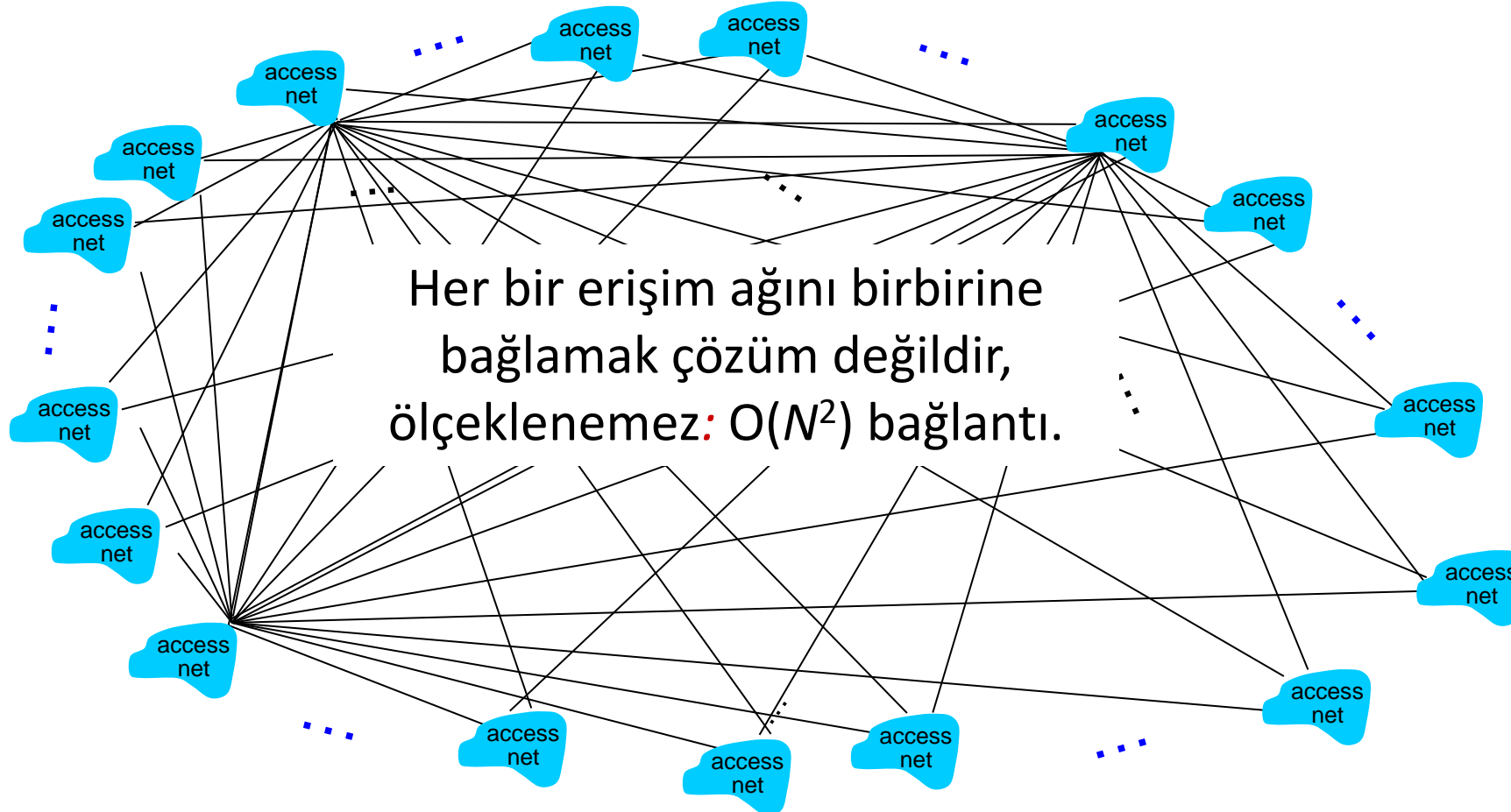
# İnternet yapısı: "ağlardan oluşan bir ağ"

*Soru:* Milyonlarca erişim İSS'si göz önüne alındığında, bunları birbirine nasıl bağlayabiliriz?



# İnternet yapısı: "ağlardan oluşan bir ağ"

*Soru:* Milyonlarca erişim İSS'si göz önüne alındığında, bunları birbirine nasıl bağlayabiliriz?

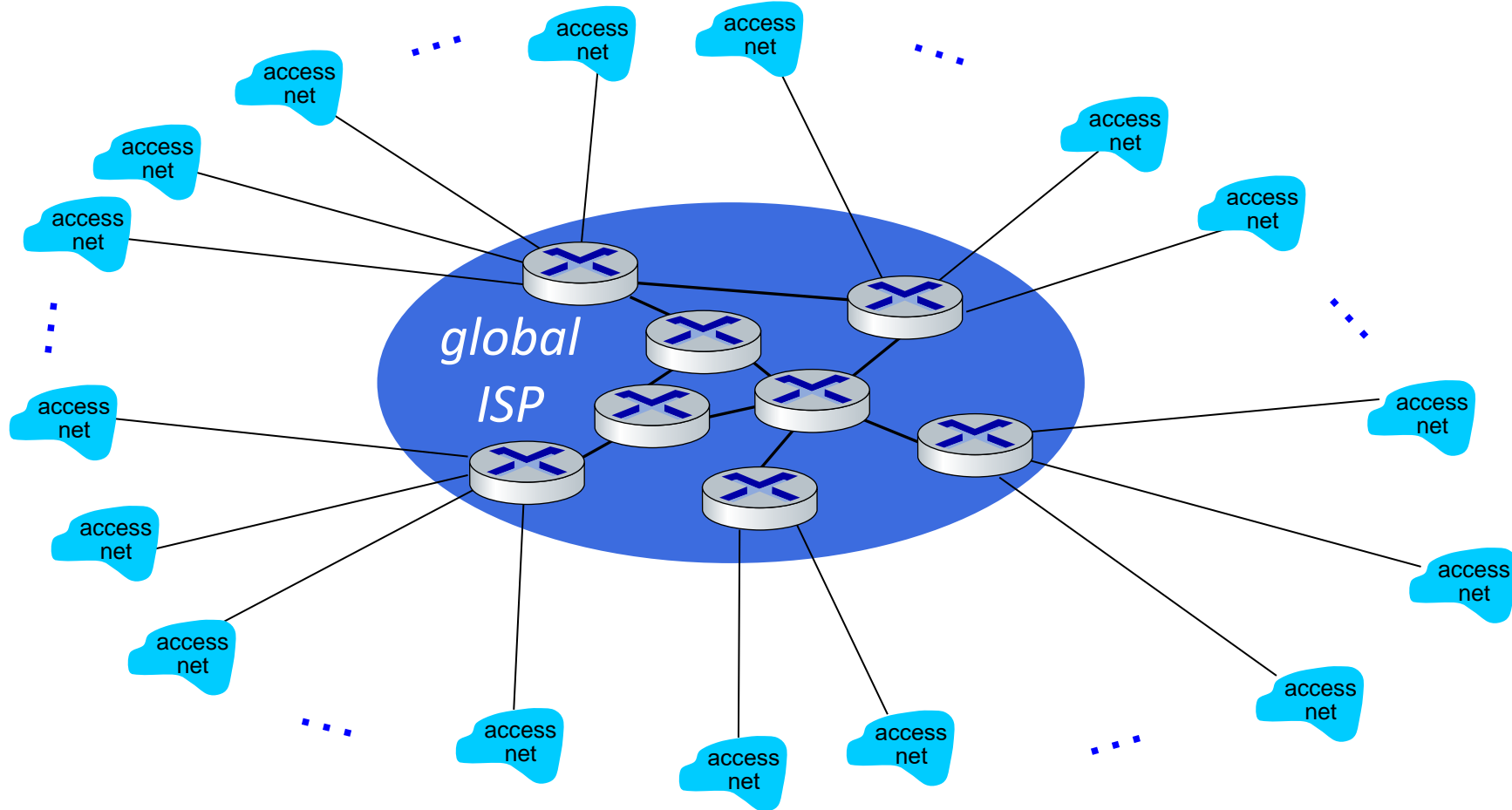




# İnternet yapısı: "ağlardan oluşan bir ağ"

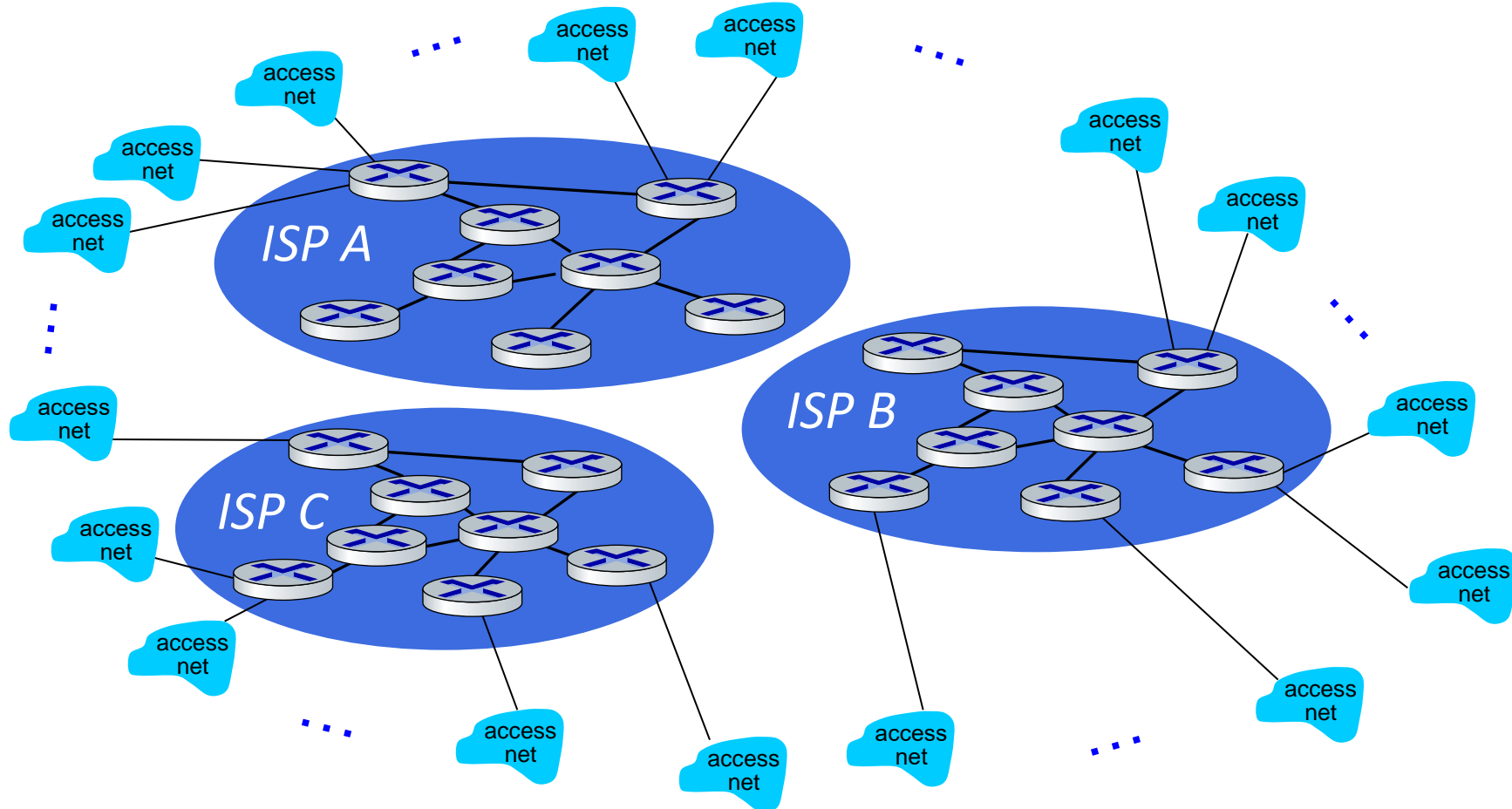
*Seçenek: her erişim İSS'sini bir küresel transit İSS'ye bağlamak?*

*Müşteri ve sağlayıcı İSS'lerin ekonomik anlaşması vardır.*



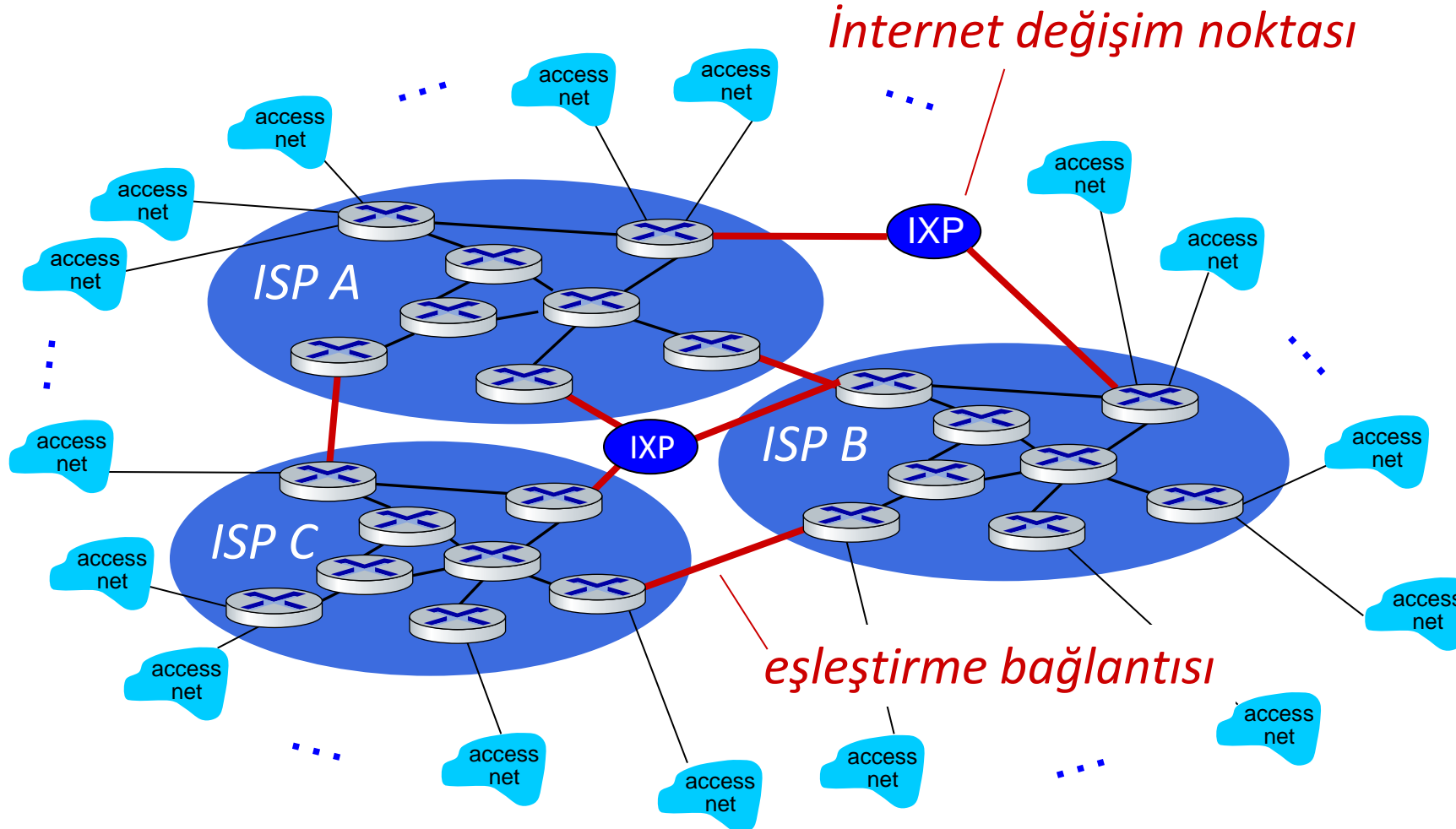
# İnternet yapısı: "ağlardan oluşan bir ağ"

Ancak küresel bir İSS uygulanabilir bir işse, rakipler de olacaktır ....



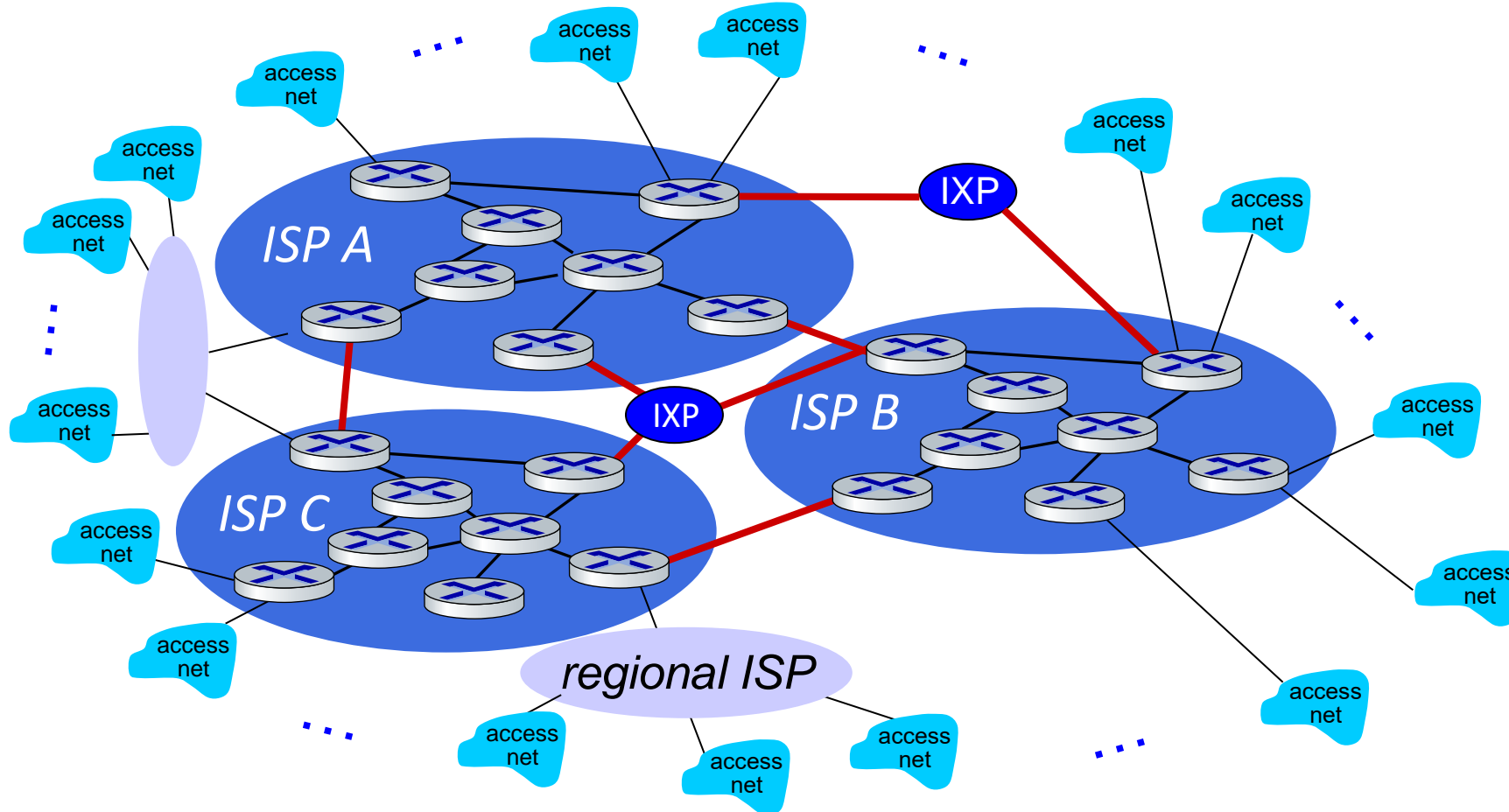
# İnternet yapısı: "ağlardan oluşan bir ağ"

But if one global ISP is viable business, there will be competitors .... who will want to be connected



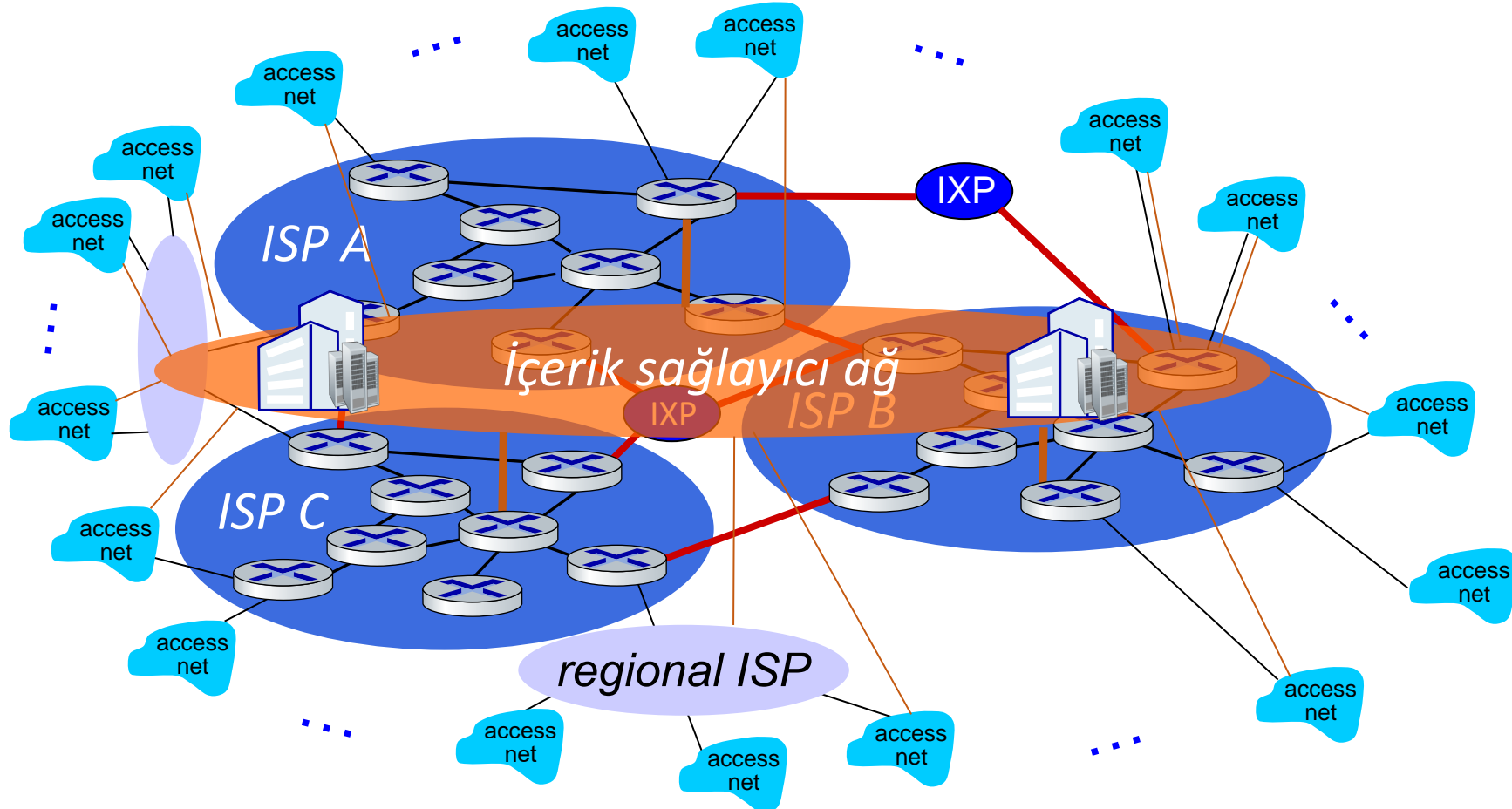
# İnternet yapısı: "ağlardan oluşan bir ağ"

... ve erişim ağlarını İSS'lere bağlamak için bölgesel ağlar ortaya çıkabilir

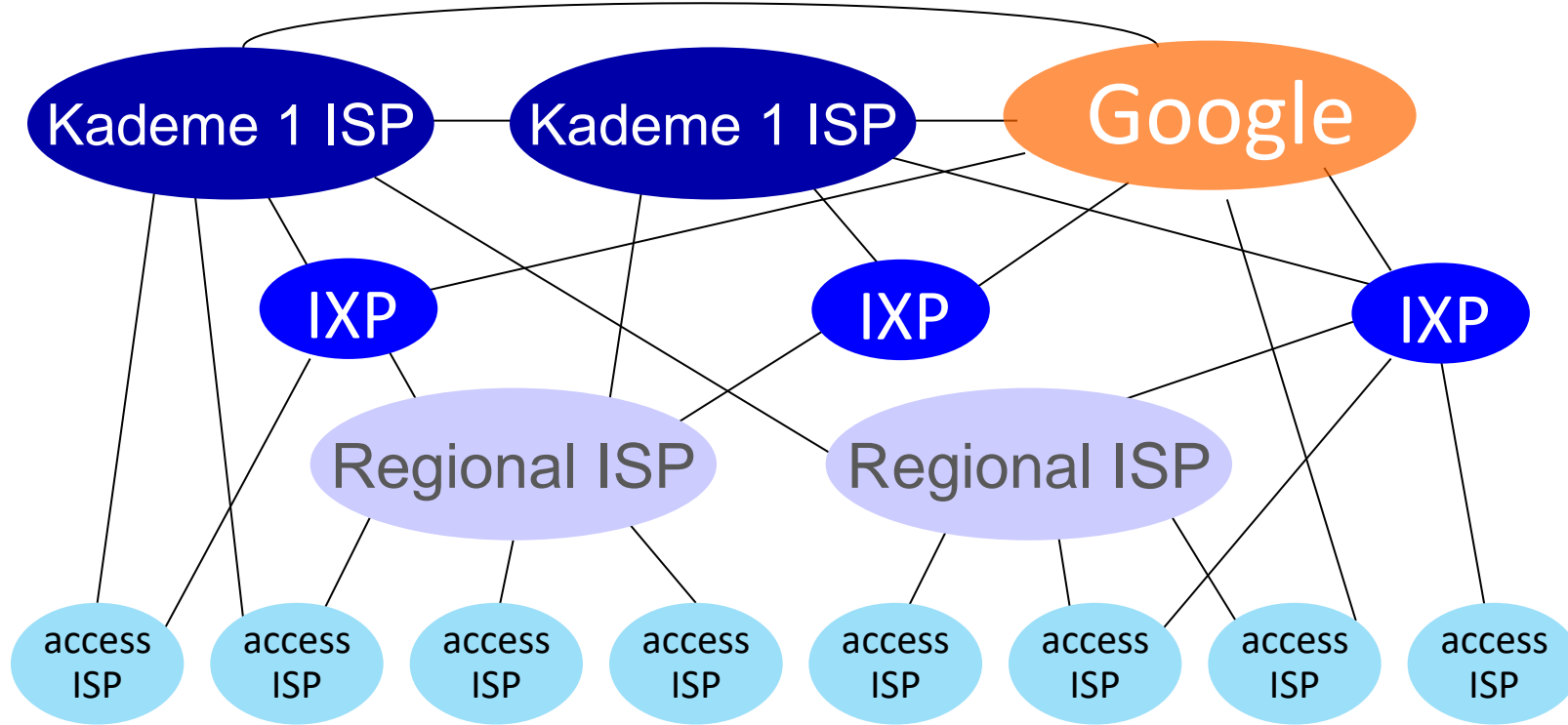


# İnternet yapısı: "ağlardan oluşan bir ağ"

... ve içerik sağlayıcı ağları (Google, Microsoft, Akamai), servisleri ve içeriği son kullanıcılara yaklaştırmak için kendi ağlarını çalıştırabilir



# İnternet yapısı: "ağlardan oluşan bir ağ"



“Merkezde”: az sayıda iyi bağlantılı büyük ağlar

- **“kademe-1” ticari İSS'ler** (örneğin Level 3, Sprint, AT&T, NTT), ulusal ve uluslararası kapsama alanı
- **içerik sağlayıcı ağları** (örneğin, Google, Facebook): veri merkezlerini internete bağlayan, genellikle 1. kademe, bölgesel İSS'leri atlayan özel ağ

# Kademe-1 ISS Ağ haritası: Sprint (2019)





# Bölüm 1: Yol Haritası

- İnternet nedir?
- Protokol nedir?
- Ağ kenarı: ana bilgisayarlar, erişim ağı, fiziksel medya
- Ağ çekirdeği: paket / devre anahtarlama, internet yapısı
- **Performans: kayıp, gecikme, iş hacmi**
- Güvenlik
- Protokol katmanları, servis modelleri
- İnternet'in tarihi

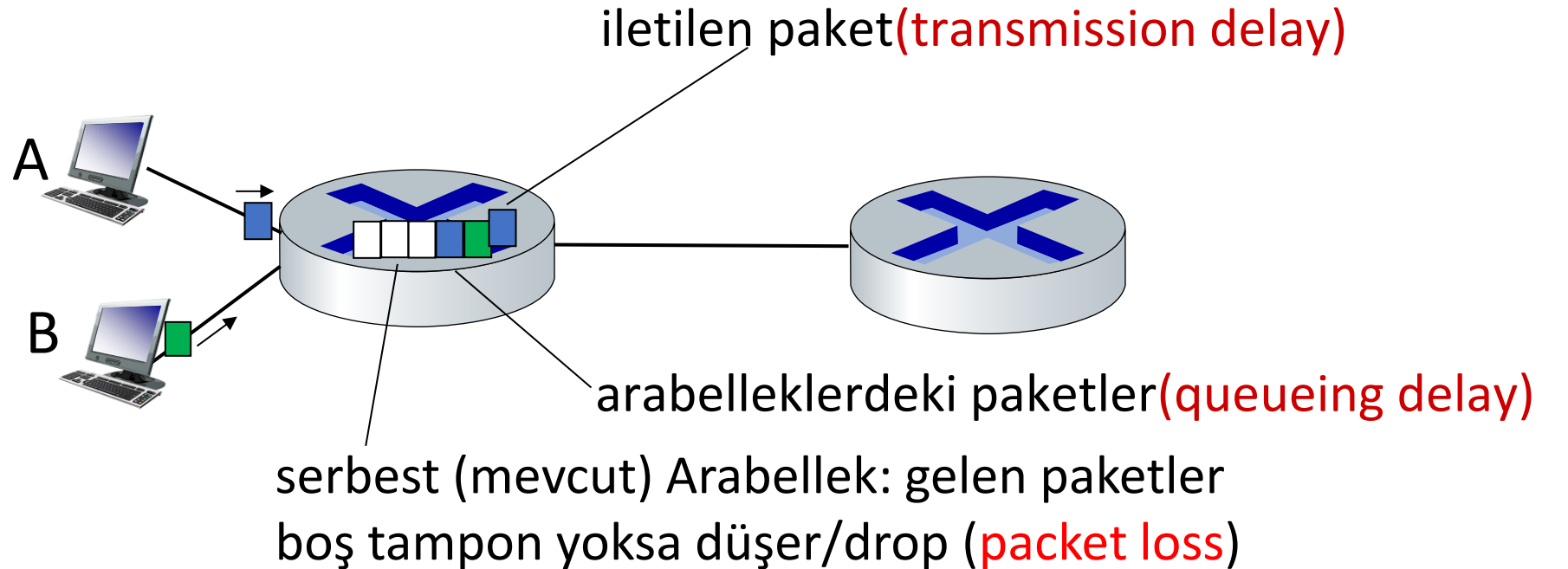




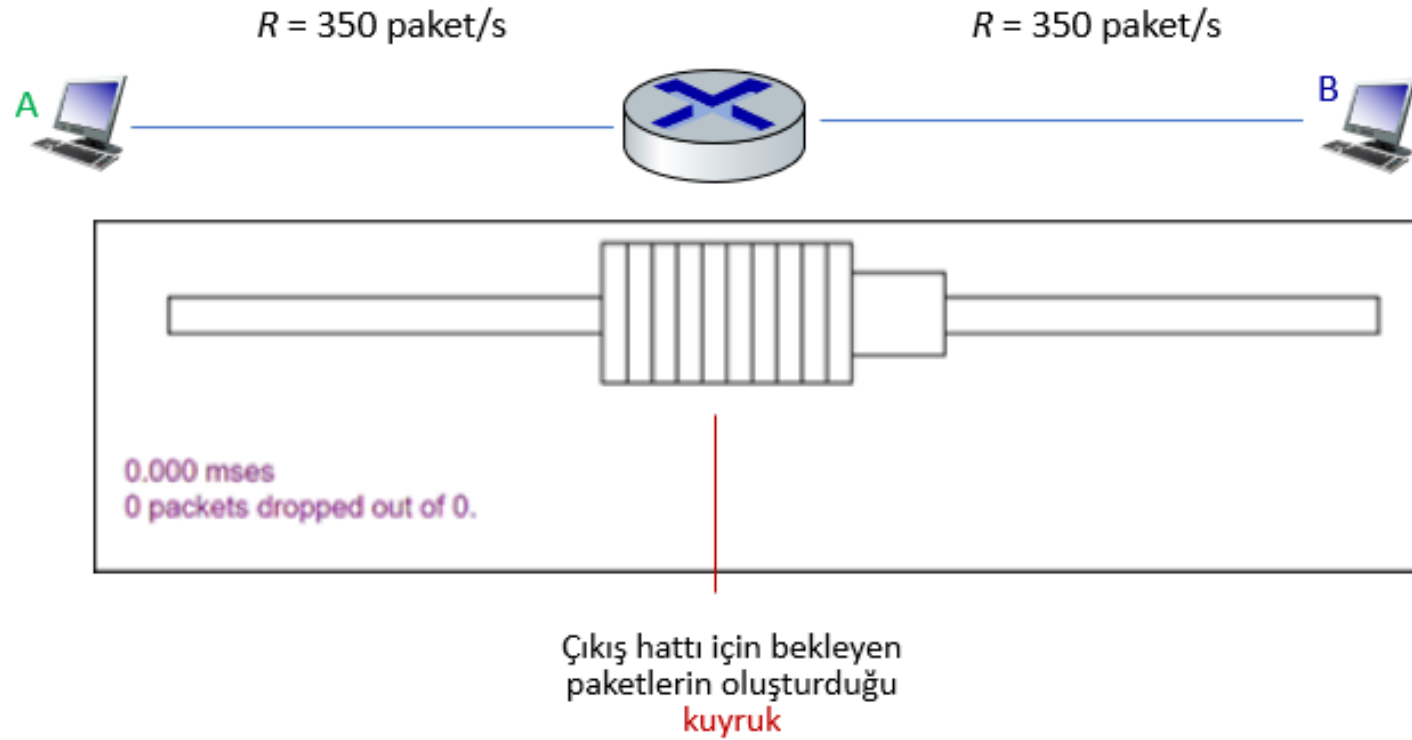
# Paket kaybı ve gecikme nasıl meydana gelir?

paketler yönlendirici tamponlarında kuyruğa girer

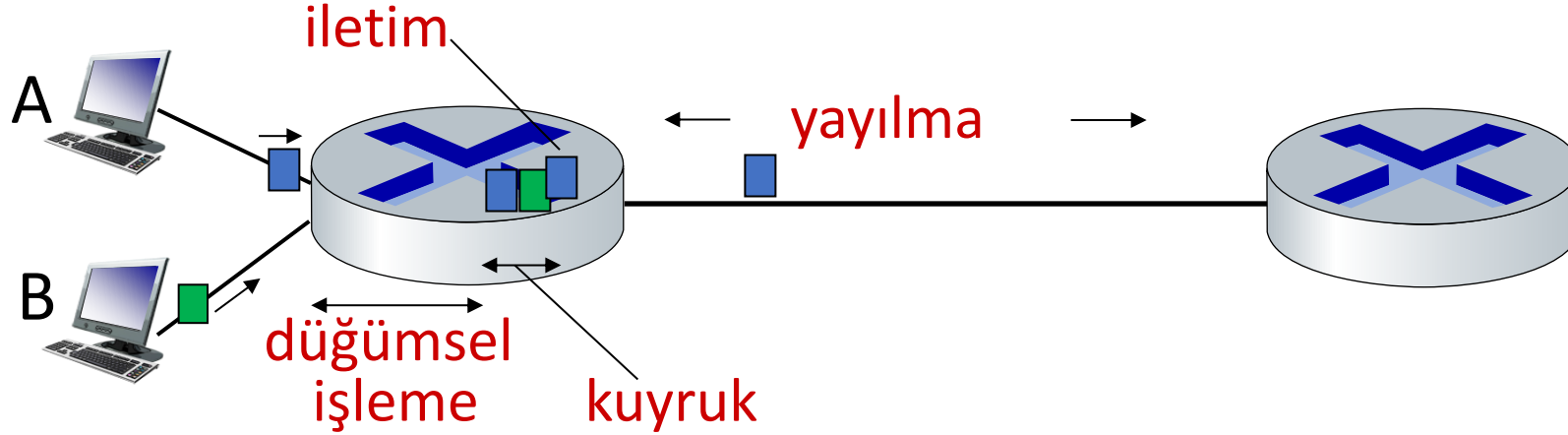
- Paketler kuyruğa girerek sırayı bekler
- Bağlantıya varış hızı (geçici olarak) çıkış bağlantı kapasitesini aşarsa:  
paket kaybı oluşur



## Paket değiştirme: kuyruk gecikmesi, kayıp



# Paket gecikmesinin dört nedeni



$$d_{\text{düğüm}} = d_{\text{işleme}} + d_{\text{kuyruk}} + d_{\text{iletim}} + d_{\text{yayılm}}$$

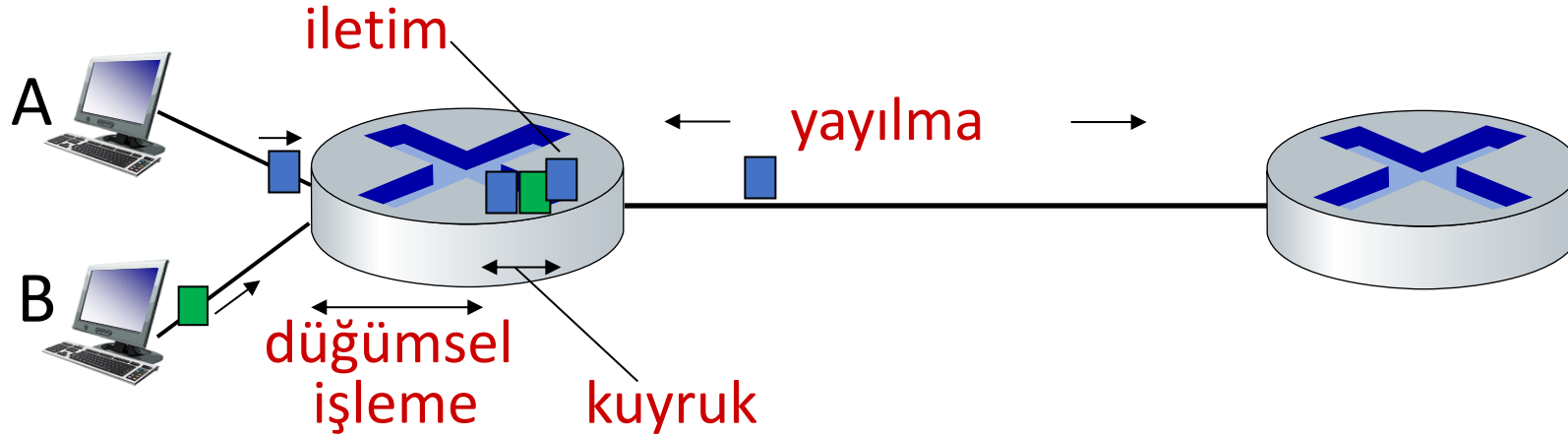
$d_{\text{işleme}}$ : düğümsel işleme

- bit hatalarını kontrol et
- çıkış bağlantısını hazırla
- tipik olarak < msec

$d_{\text{kuyruk}}$ : kuyruk gecikmesi

- iletim için çıkış bağlantısında bekleme süresi
- yönlendiricinin tıkanıklık seviyesine bağlıdır

# Paket gecikmesinin dört nedeni



$$d_{\text{düğüm}} = d_{\text{işleme}} + d_{\text{kuyruk}} + d_{\text{iletim}} + d_{\text{yayılım}}$$

$d_{\text{iletim}}$ : iletim gecikmesi

- $L$ : paket uzunluğu (bits)
- $R$ : bağlantı iletim hızı (bps)

▪  $d_{\text{iletim}} = L/R$

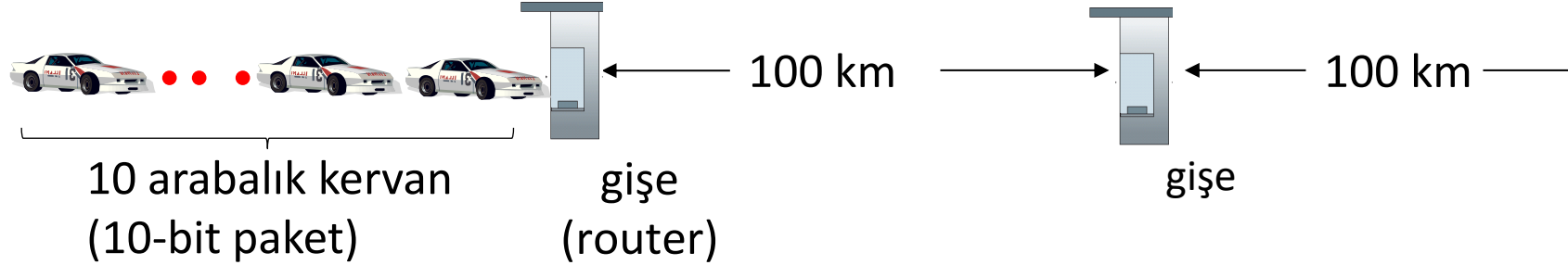
$d_{\text{yayılım}}$ : yayılım gecikmesi

- $d$ : fiziksel bağlantının uzunluğu
- $s$ : yayılma hızı ( $\sim 2 \times 10^8$  m/sec)

▪  $d_{\text{yayılım}} = d/s$

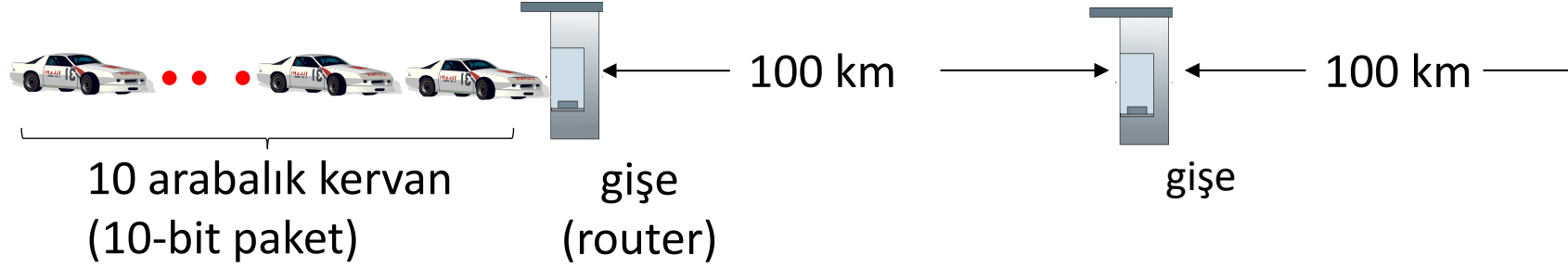
$d_{\text{iletim}}$  and  $d_{\text{yayılım}}$   
Çok farklı

# Kervan benzetmesi



- arabalar 100 km/sa hızda "yayılır"
- gişenin araca servis vermesi 12 saniye sürer (bit iletim süresi)
- araba  $\sim$  bit; kervan  $\sim$  paket
- **S: Kervanın 2. gişenin önünde sıraya girmesi ne kadar sürer?**
- tüm kervanı gişeden otoyola "itme" süresi =  $12 \times 10 = 120$  sn
- son aracın 1. geçiştten 2. geçiş gişesine ilerleme süresi:  
 $100\text{km} / (100\text{km/saat}) = 1$  saat
- **C: 62 dakika**

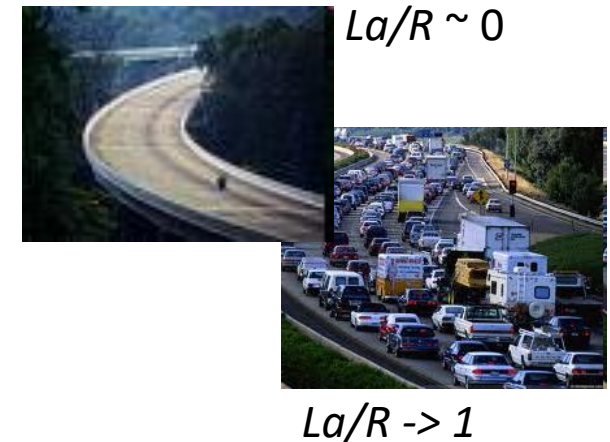
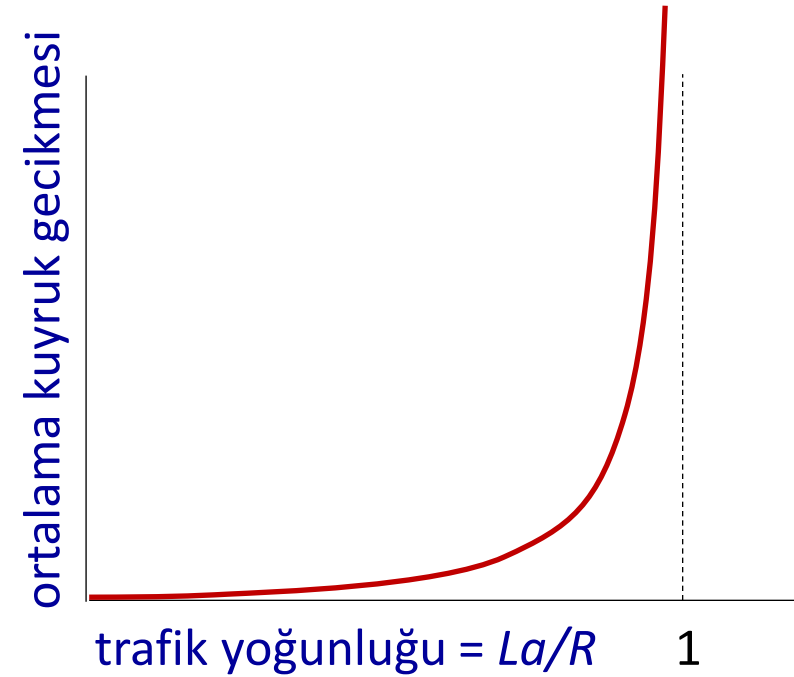
# Kervan benzetmesi



- arabaların artık saatte 1000 km hızla "yayıldığını" varsayalım
- varsayalım ki gişelerde bir araca servis vermek artık bir dakika sürüyor
- **S: Araçlar, ilk gişede tüm araçlara servis verilmeden önce 2. gişeye varacak mı?**
- **C: Evet!** 7 dakika sonra, ilk araç ikinci gişeye varır; üç araç hala ilk gişededir

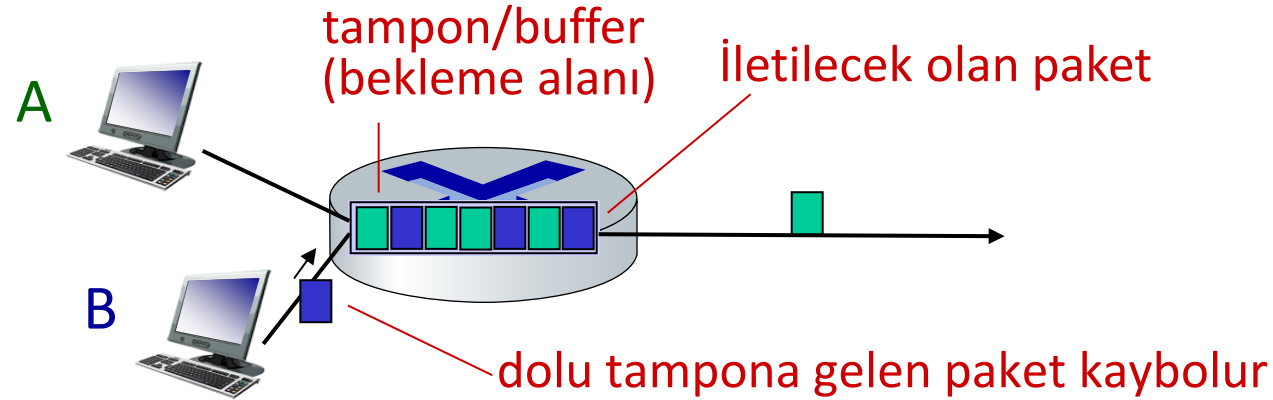
# Paket kuyruk gecikmesi

- $R$ : bağlantı bant genişliği (bps)
- $L$ : paket uzunluğu (bits)
- $a$ : ortalama paket varış hızı
- $La/R \sim 0$ : ortalama kuyruk gecikmesi küçük
- $La/R \rightarrow 1$ : ortalama kuyruk gecikmesi büyük
- $La/R > 1$ : gelen "iş" servis verilebilecek olandan daha fazladır - ortalama gecikme sonsuzdur!



# Paket kaybı

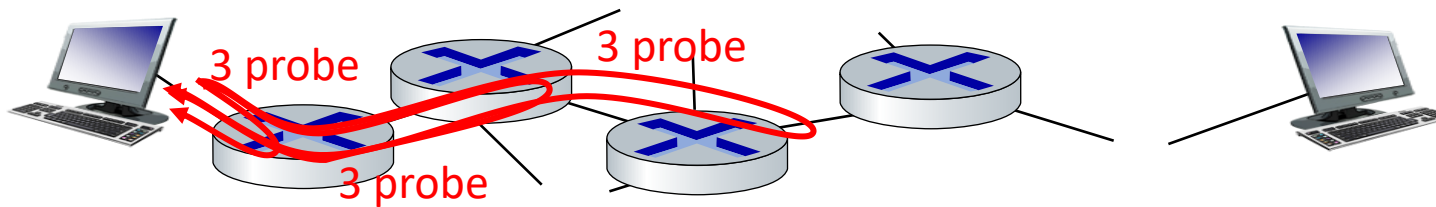
- kuyruk (diğer adıyla tampon/buffer) tampondaki önceki bağlantı sonlu kapasiteye sahiptir
- dolu kuyruğa gelen paket düşer/drop (diğer adıyla kaybolur/loss)
- kayıp paket önceki düğüm, kaynak uç sistem, tarafından yeniden iletilebilir veya hiç iletilmeyebilir





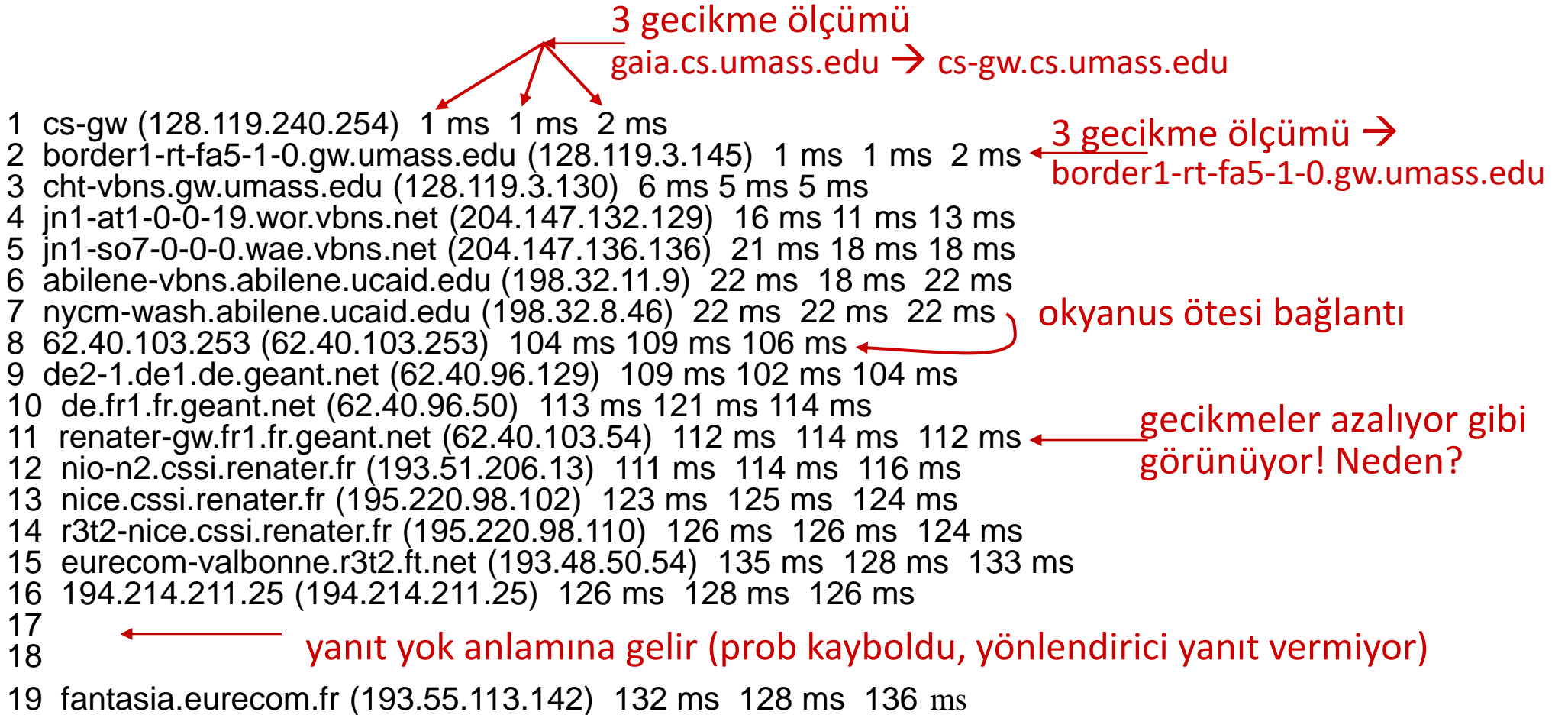
# "Gerçek" İnternet gecikmeleri ve rotaları

- "gerçek" internet gecikmesi ve kaybı neye benziyor?
- **traceroute** programı: hedefe doğru uçtan uca İnternet yolu boyunca kaynaktan yönlendiriciye gecikme ölçümü sağlar  
Bütün *i* değerleri için:
  - Hedefe giden yolda *i* yönlendiricisine ulaşacak üç paket gönderir (*i*'nin yaşam süresi alan değeriyle)
  - yönlendirici *i* paketleri göndericiye iade eder
  - gönderici iletim ve yanıt arasındaki zaman aralığını ölçer



# "Gerçek" İnternet gecikmeleri ve rotaları

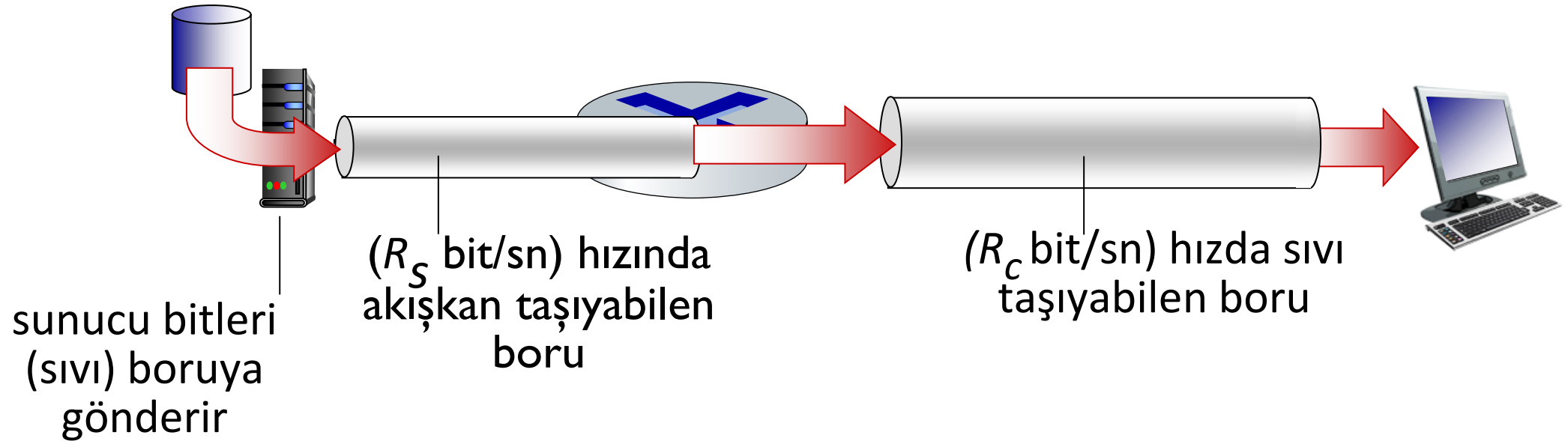
**traceroute:** gaia.cs.umass.edu → www.eurecom.fr



[www.traceroute.org](http://www.traceroute.org) adresine giderek farklı ülkelerden bazı **traceroute**'lar yapın

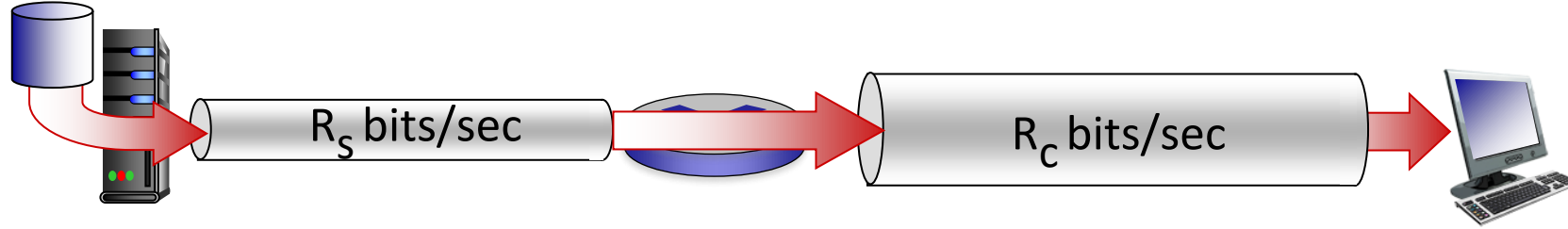
# İş hacmi

- *İş hacmi*: oran (bit/zaman) bitlerin göndericiden alıcıya gönderilme hızı
  - *anlık*: belirli bir zaman noktasındaki oran
  - *ortalama*: daha uzun süre boyunca oran

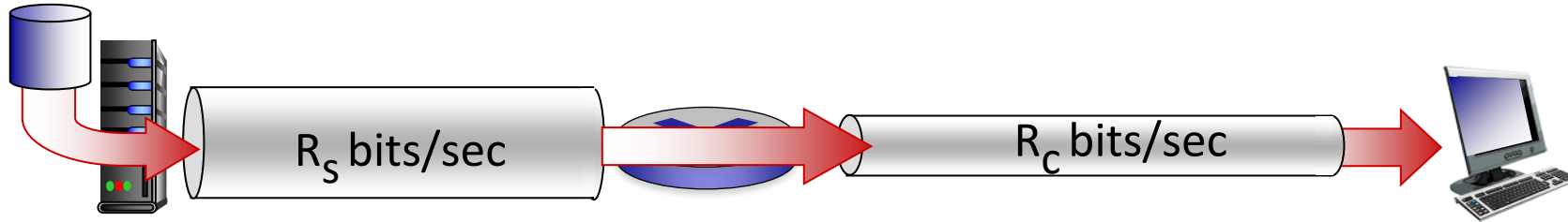


# İş hacmi

$R_s < R_c$  Ortalama uçtan uca iş hacmi nedir?



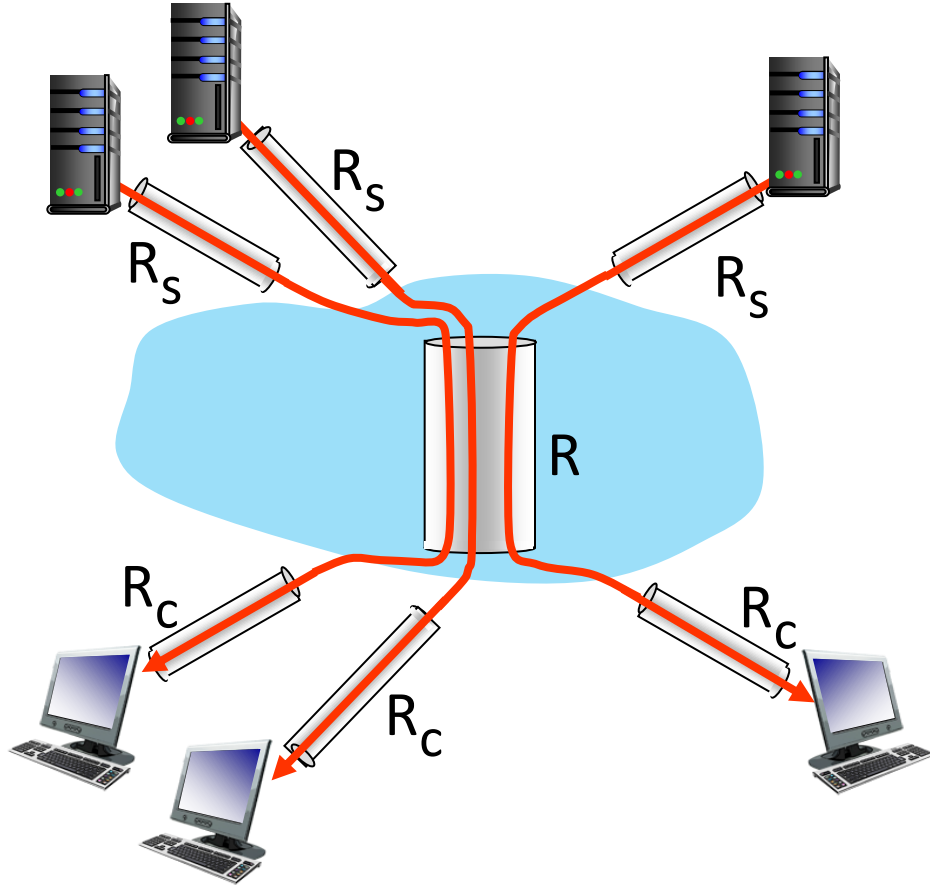
$R_s > R_c$  Ortalama uçtan uca iş hacmi nedir?



*darboğaz bağlantısı*

uçtan-uca iş hacmini kısıtlayan iki uç arasındaki bağlantı

# İş hacmi: ağ senaryosu



10 bağlantı omurga darboğaz  
bağlantısını paylaşmakta R bit/sn

- bağlantı başına uçtan uca iş hacmi :  $\min(R_c, R_s, R/10)$
- pratikte:  $R_c$  veya  $R_s$  genellikle darboğaz

# Bölüm 1: Yol Haritası

- İnternet nedir?
- Protokol nedir?
- Ağ kenarı: ana bilgisayarlar, erişim ağı, fiziksel medya
- Ağ çekirdeği: paket / devre anahtarlama, internet yapısı
- Performans: kayıp, gecikme, iş hacmi
- **Güvenlik**
- Protokol katmanları, servis modelleri
- İnternet'in tarihi



# Ağ güvenliği

- ağ güvenliği alanı:

- kötü adamlar bilgisayar ağlarına nasıl saldırabilir?
- ağları saldırılara karşı nasıl koruyabiliriz
- saldırılara karşı bağışıklığı olan mimarileri nasıl tasarlarız

- İnternet'in tasarım başlangıcında güvenlik üzerinde çok düşünülmedi

- *orijinal vizyon: "şeffaf bir ağa bağlı, birbirine güvenen kullanıcılardan oluşan bir grup" 😊*
- İnternet protokolü tasarımcıları "yetismeye" çalışıyor
- tüm katmanlarda güvenlik hususları vardır!

# Kötü adamlar: malware

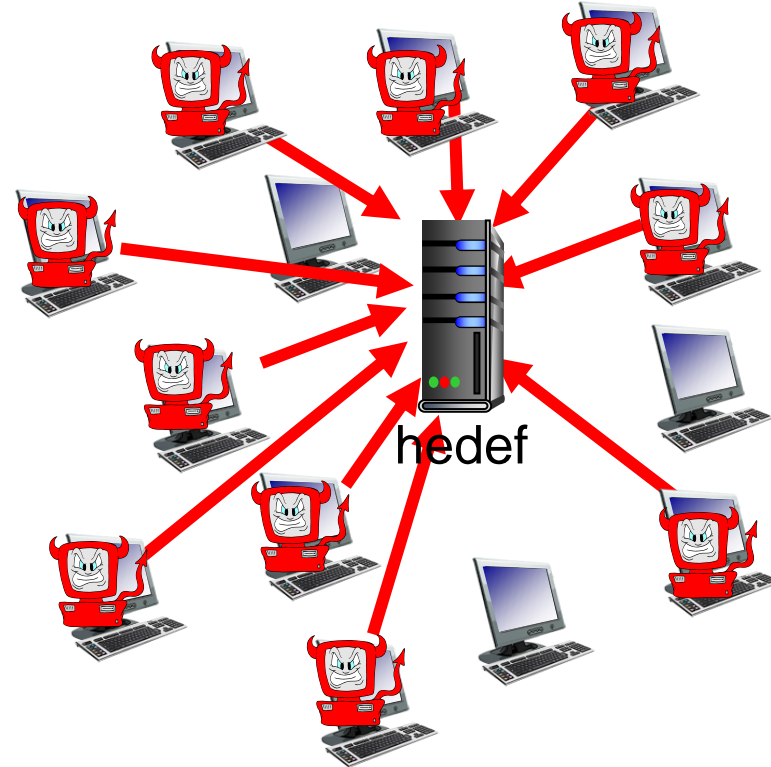
- malware uç sistemlere aşağıdaki şekilde sızabilir:
  - *virüs*: Nesnenin alınması/çalıştırılmasıyla kendi kendini kopyalayan enfeksiyon (örn. e-posta eki)
  - *solucan*: pasif olarak kendini çalıştıran nesneyi alarak kendi kendini kopyalayan enfeksiyon
- spyware malware (casus kötü amaçlı yazılım) tuş vuruşlarını, ziyaret edilen web sitelerini kaydedebilir, bilgileri merkezi siteye yükleyebilir
- enfekte konak botnet'e kaydedilebilir, spam veya dağıtılmış servis reddi (DDoS) saldırıları için kullanılabilir



# Kötü adamlar: servis reddi

*servis Reddi (DoS)*: saldırganlar, kaynakları sahte trafikle boğarak kaynakları (sunucu, bant genişliği) meşru trafik için kullanılamaz hale getirir

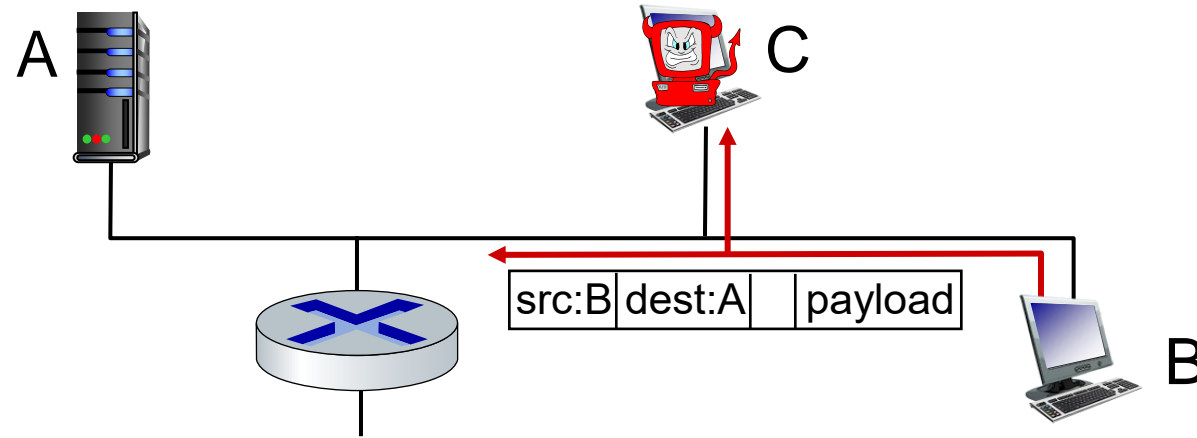
1. hedef seç
2. ağdaki ana bilgisayarlara sız (bkz. botnet)
3. güvenliği ihlal edilmiş ana bilgisayarlardan hedefe paketler gönder



# Kötü adamlar: paket engelleme

## *paket "koklama":*

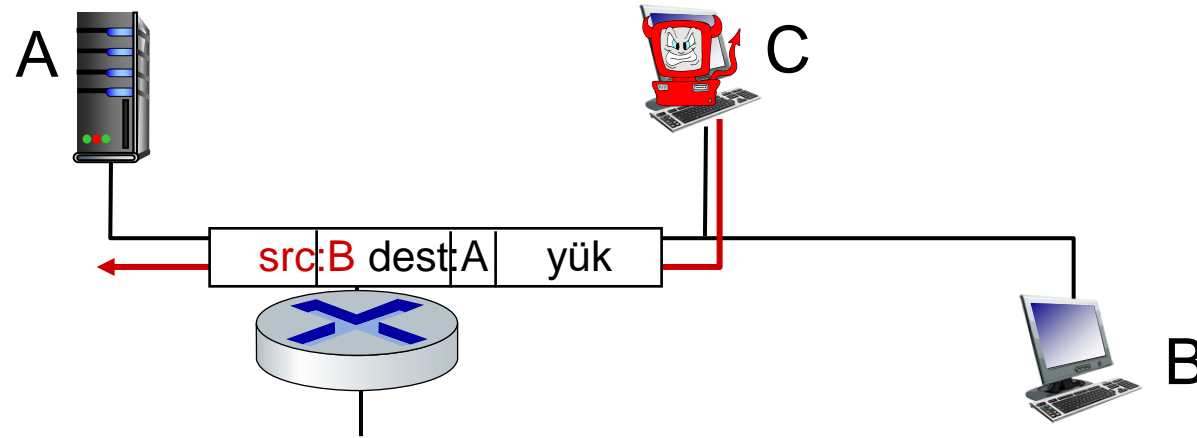
- yayın ortamı (paylaşılan Ethernet, kablosuz)
- karışık ağ arayüzü geçen tüm paketleri (şifreler dahil!) okur/kaydeder



Bölüm sonu laboratuvarlarımız için kullanılan Wireshark yazılımı (ücretsiz) bir paket dinleyicidir

# Kötü adamlar: sahte kimlik

*IP sahtekarlığı* : sahte kaynak adresli paket gönderme



*... Güvenlik konusunda çok daha fazlası (8. Bölüm'de)*

# Bölüm 1: Yol Haritası

- İnternet nedir?
- Protokol nedir?
- Ağ kenarı: ana bilgisayarlar, erişim ağı, fiziksel medya
- Ağ çekirdeği: paket / devre anahtarlama, internet yapısı
- Performans: kayıp, gecikme, iş hacmi
- Güvenlik
- **Protokol katmanları, servis modelleri**
- İnternet'in tarihi



# Protokol "katmanları" ve referans modelleri

*Ağlar karmaşıktır, birçok "parçası" vardır:*

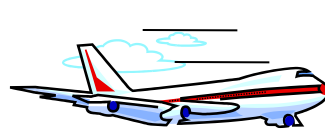
- uç sistemler
- yönlendiriciler
- çeşitli ortam bağlantıları
- uygulamalar
- protokoller
- hardware, software

*Soru:*

Ağ yapısını düzenlemek için herhangi bir umut var mı?

.... ya da en azından ağlar hakkındaki tartışmalarımız?

# Örnek: hava yolculuğu organizasyonu



bilet (satın alma)  
bagaj (kontrol)  
kapılar (binme)  
pistten kalkış  
uçak yönlendirme

bilet (şikayet)  
bagaj (talep)  
kapı (inme)  
piste iniş  
uçak yönlendirme

uçak yönlendirme

havayolu seyahati: birçok servisi içeren bir dizi adım

# Örnek: hava yolculuğu organizasyonu

bilet (satın alma)	<i>biletleme servisi</i>	bilet (şikayet)
bagaj (kontrol)	<i>bagaj servisi</i>	bagaj (talep)
kapılar (binme)	<i>kapı servisi</i>	kapı (inme)
pistten kalkış	<i>pist servisi</i>	piste iniş
uçak yönlendirme	<i>Yönlendirme servisi</i>	uçak yönlendirme

***katmanlar:*** her katman bir servis uygular

- kendi iç katman eylemleri aracılığıyla
- aşağıdaki katman tarafından sağlanan servislere güvenir

***S:*** Yukarıdaki her katmanda sağlanan servisi kelimelerle açıklayın

# Neden katmanlama?

karmaşık sistemlerle uğraşmak :

- açık yapı, karmaşık sistemin parçalarının tanımlanmasına ve ilişkisine izin verir
  - tartışma için katmanlı *referans modeli*
- modülerleştirme, sistemin bakımını ve güncellenmesini kolaylaştırır
  - katmanın servis uygulamasında değişiklik: sistemin geri kalanı için şeffaf
  - örneğin, gate prosedüründeki değişiklik sistemin geri kalanını etkilemez
- katmanlama zararlı olarak kabul edilebilir mi?
- diğer karmaşık sistemlerde katmanlama??

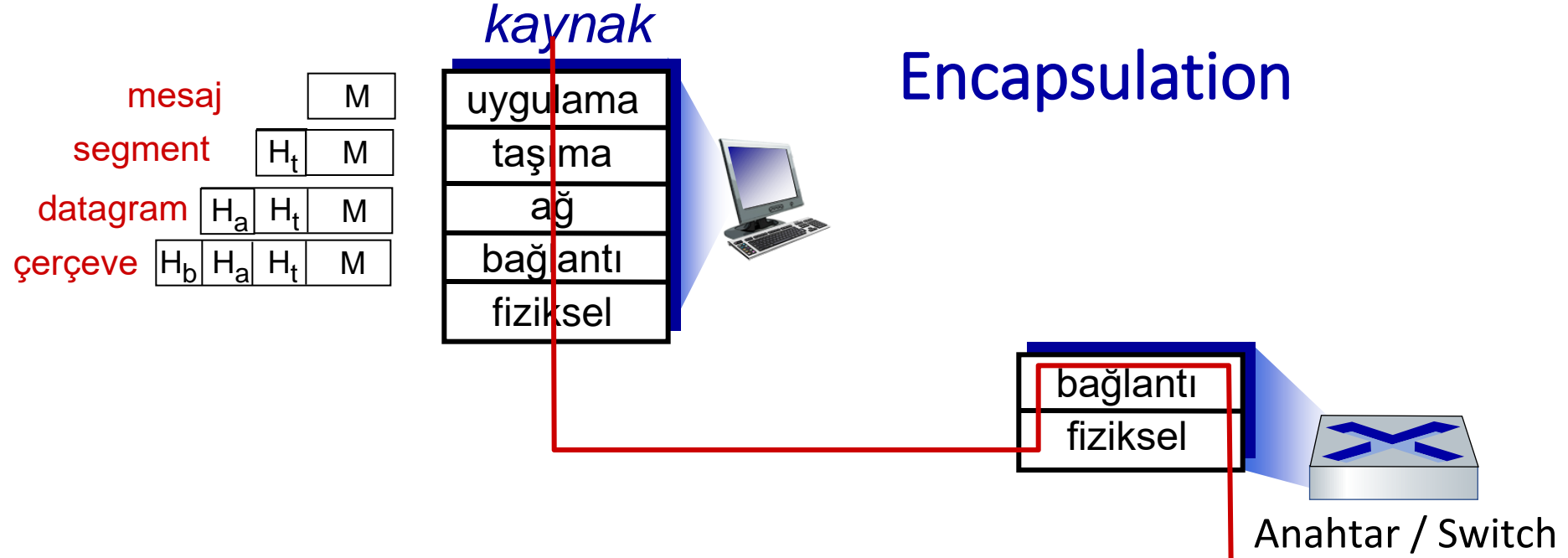


# İnternet protokol yığını

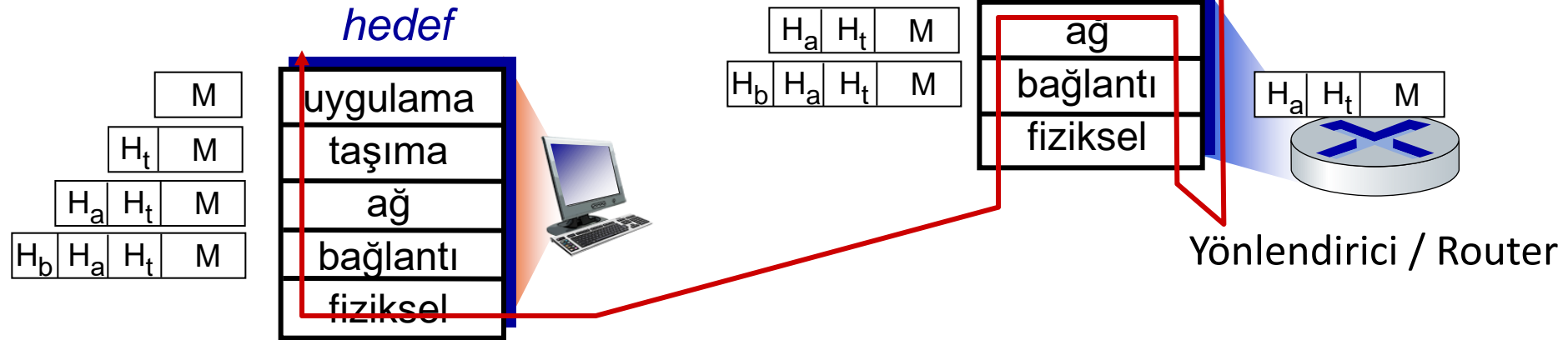
- **uygulama:** ağ uygulamalarının desteklenmesi
  - IMAP, SMTP, HTTP
- **taşıma:** süreç-süreç veri aktarımı
  - TCP, UDP
- **ağ:** datagramların kaynaktan hedefe yönlendirilmesi
  - IP, yönlendirme protokolleri
- **bağlantı:** komşu ağ elemanları arasında veri transferi
  - Ethernet, 802.11 (WiFi), PPP
- **fiziksel:** "telefondaki" bitler



# Encapsulation



# Decapsulation



# Bölüm 1: Yol Haritası

- İnternet nedir?
- Protokol nedir?
- Ağ kenarı: ana bilgisayarlar, erişim ağı, fiziksel medya
- Ağ çekirdeği: paket / devre anahtarlama, internet yapısı
- Performans: kayıp, gecikme, iş hacmi
- Güvenlik
- Protokol katmanları, servis modelleri
- İnternet'in tarihi

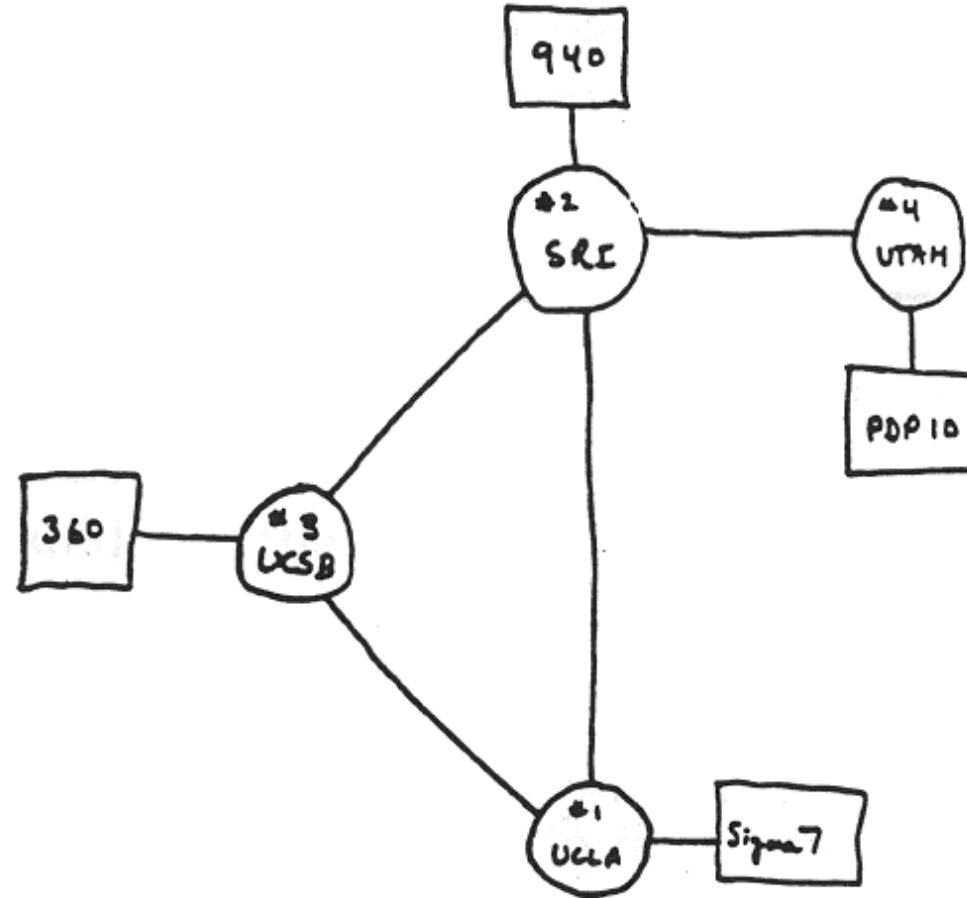


# İnternet tarihi

## *1961-1972: İlk paket anahtarlama ilkeleri*

- **1961:** Kleinrock - kuyruk teorisi paket anahtarlamanın etkinliğini gösterdi
  - **1964:** Baran - askeri ağlarda paket anahtarlama
  - **1967:** ARPAnet, İleri Araştırma Projeleri Ajansı tarafından tasarlandı
  - **1969:** ilk ARPAnet düğümü faaliyete geçti
- **1972:**
    - ARPAnet halka açık demo
    - NCP (Ağ Kontrol Protokolü) ilk ana bilgisayar-ana bilgisayar protokolü
    - ilk e-posta program
    - ARPAnet'in 15 düğümü vardır

Her şey bu çizim ile başladı



THE ARPA NETWORK

# Internet tarihi

## *1972-1980: internetworking, yeni ve tescilli ağlar*

- 1970: Hawaii'de ALOHAnet uydu ağı
- 1974: Cerf ve Kahn - birbirine bağlanan ağlar için mimari
- 1976: Xerox PARC'ta Ethernet
- late70's: tescilli mimariler: DECnet, SNA, XNA
- late 70's: sabit uzunluktaki paketlerin anahtarlama (ATM öncüsü)
- 1979: ARPAnet'in artık 200 düğümü var

### Cerf ve Kahn'ın internetworking ilkeleri :

- minimalizm, özerklik - ağları birbirine bağlamak için dahili değişiklik gerekmez
- en iyi servis modeli
- durumsuz yönlendirme
- merkezi olmayan kontrol

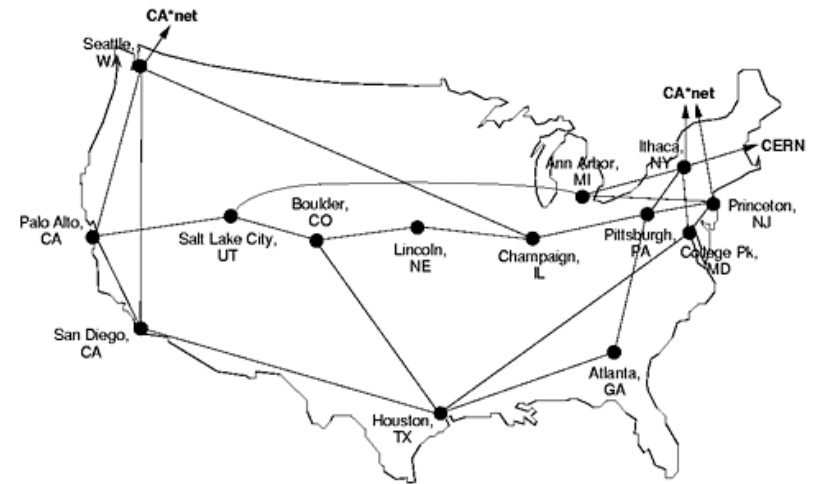
günümüz İnternet mimarisini tanımlamaktadır

# Internet tarihi

## *1980-1990: yeni protokoller, ağların çoğalması*

- 1983: TCP/IP'nin konuşlandırılması
- 1982: smtp e-posta protokolü tanımlandı
- 1983: İsimden IP adresine çeviri için DNS tanımlandı
- 1985: ftp protokolü tanımlandı
- 1988: TCP tıkanıklık kontrolü
- yeni ulusal ağlar: CSnet, BITnet, NSFnet, Minitel
- Ağ konfederasyonuna bağlı 100.000 ana bilgisayar

NSFNET T1 Network 1991



# Internet tarihi

## *1990, 2000s: ticarileştirme, Web, yeni uygulamalar*

- 1990'ların başında: ARPAnet servis dışı bırakıldı
- 1991: NSF, NSFnet'in ticari kullanımı üzerindeki kısıtlamaları kaldırdı (1995'te servis dışı bırakıldı)
- 1990'ların başı : Web
  - hypertext [Bush 1945, Nelson 1960'lar]
  - HTML, HTTP: Berners-Lee
  - 1994: Mosaic, sonrasında Netscape
  - 1990'ların sonu : Web'in ticarileştirilmesi

### 1990'ların sonu - 2000'ler :

- daha fazla katil uygulama: anlık mesajlaşma, P2P dosya paylaşımı
- ağ güvenliği ön plana çıkıyor
- tahmini 50 milyon ana bilgisayar, 100 milyondan fazla kullanıcı
- Gbps hızında çalışan omurga bağlantıları



# İnternet tarihi

*2005-günümüz : daha fazla yeni uygulama, İnternet "her yerde"*

- ~ İnternete bağlı 18B cihaz(2017)
  - akıllı telefonların yükselişi (iPhone: 2007)
- geniş bant erişiminin agresif bir şekilde yaygınlaştırılması
- yüksek hızlı kablosuz erişimin giderek yaygınlaşması: 4G/5G, WiFi
- çevrimiçi sosyal ağların ortaya çıkışı :
  - Facebook: ~ 2.5 milyar kullanıcı
- servis sağlayıcılar (Google, FB, Microsoft) kendi ağlarını oluşturuyor
  - Son kullanıcıya "yakın" bağlanmak için ticari interneti atlayarak arama, video içeriğine "anında" erişim sağlar, ...
- işletmeler servislerini "bulut "ta çalıştırıyor (örn. Amazon Web Services, Microsoft Azure)

# Bölüm 1: özet

## *Bir "ton" terim inceledik!*

- İnternet'e genel bakış
- protokol nedir?
- ağ kenarı, erişim ağı, çekirdek
  - paket anahtarlama ve devre anahtarlama
  - İnternet yapısı
- performans: kayıp, gecikme, iş hacmi
- katmanlama ve servis modelleri
- güvenlik
- tarihçe

## *Artık aşağıdakileri biliyoruz:*

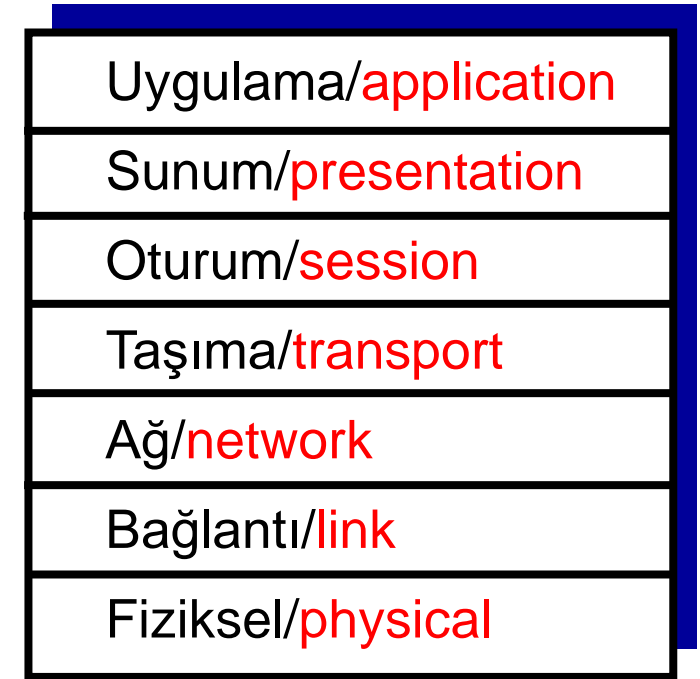
- bağlam, genel bakış, kelime anlamı, ağ oluşturma 'hissi'
- Sonraki bölümler daha ayrıntılı!

# Ek Bölüm 1 slaytları

# ISO/OSI referans modeli

İnternet protokol yığnında bulunmayan iki katman!

- *Sunum/presentation*: uygulamaların verilerin anlamını yorumlamasına izin verir, örneğin şifreleme, sıkıştırma, makineye özgü kurallar
- *Oturum/session*: senkronizasyon, kontrol noktası oluşturma, veri alışverişinin kurtarılması
- İnternet yığnında bu katmanlar "eksik"!
  - Bu servisler, eğer gerekliyse, uygulamada hayata geçirilmelidir
  - Gerekli ise mi?



Yedi katmanlı OSI/ISO referans modeli