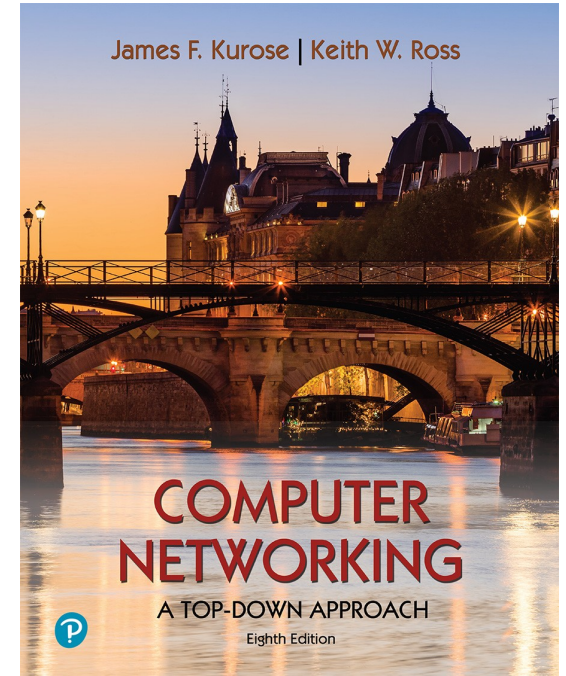


# Bölüm 1

# Tanıtım

Doç. Dr. Mehmet Dinçer Erbaş  
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi  
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

©All material copyright 1996-2020  
J.F Kurose and K.W. Ross, All Rights Reserved  
Slaytlar ders kitabından adapte edilmiştir.



*Computer  
Networking: A  
Top-Down  
Approach*

8<sup>th</sup> edition

Jim Kurose, Keith Ross  
Pearson, 2020

# Bölüm 1: Yol haritası

## 1.1 İnternet nedir?

## 1.2 Ağ kenarı

- Uç sistemler, erişim ağları, bağlantı türleri

## 1.3 Ağ çekirdeği

- paket anahtarlama, devre anahtarlama, ağ yapısı

## 1.4 Ağlarda Gecikme, kayıp, iş hacmi

## 1.5 Protokol katmanları, hizmet modelleri

## 1.6 Ağ güvenliği

## 1.7 İnternetin kısa tarihçesi

# Ağ yapısına yakından bakalım

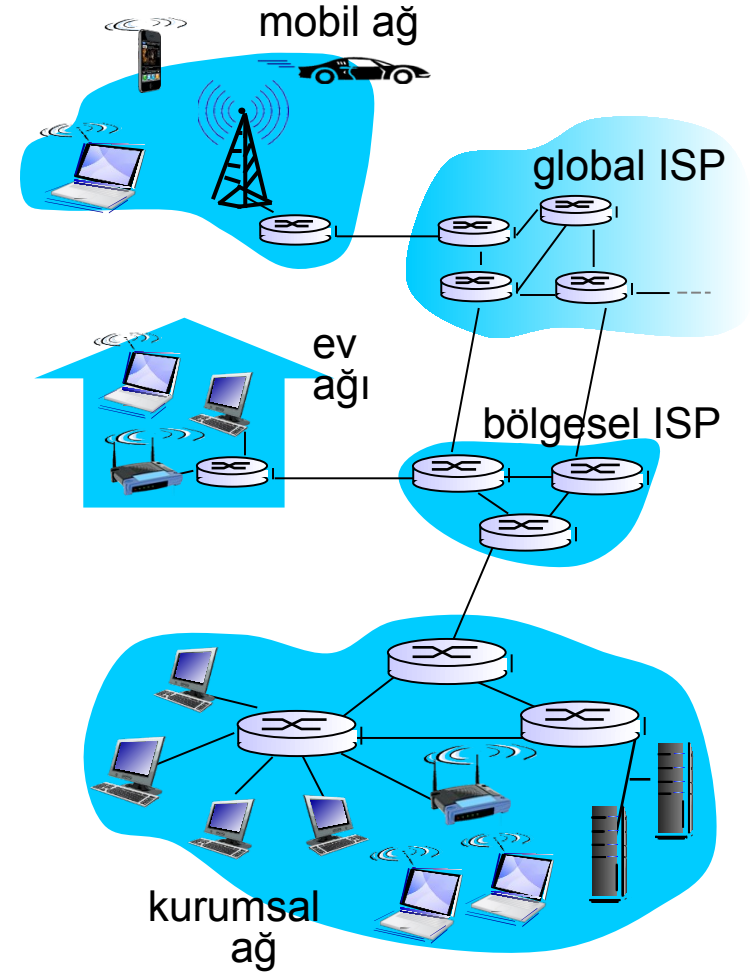
## ❖ *ağ kenarı:*

- cihazlar: istemci ve sunucu
- Veri merkezlerinde genellikle sunucular

## ❖ *ulaşım ağları, fiziksel bağlar:* kablolu, kablosuz iletişim bağları

## ❖ *ağ çekirdeği:*

- Birbirine bağlı yönlendiriciler
- Ağların ağı



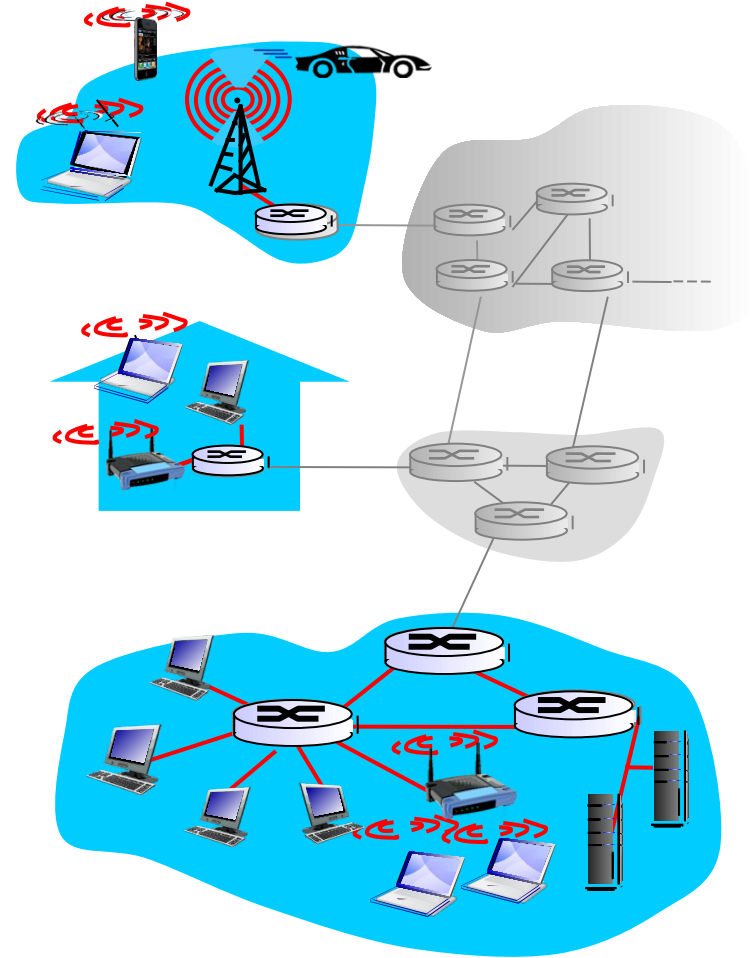
# Erişim ağları ve fiziksel bağlar

*S: Uç sistemleri kenar  
yönlendiriciye nasıl bağlarız?*

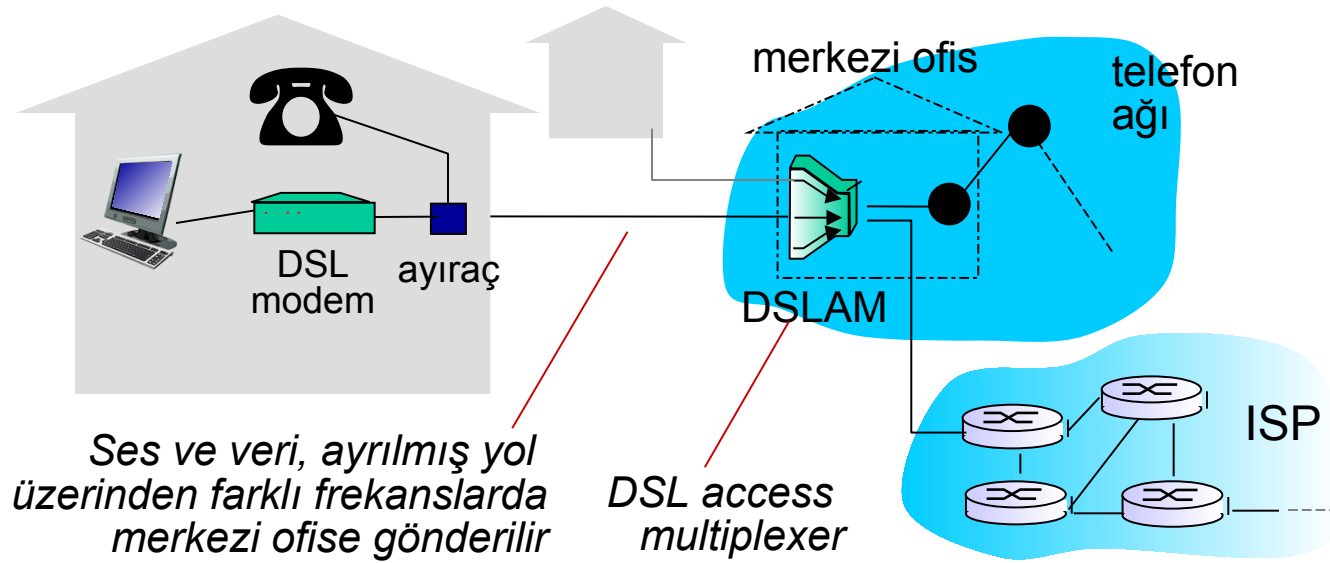
- ❖ Yerleşik erişim ağları
- ❖ kurumsal erişim ağları (okul, şirket)
- ❖ Mobil erişim ağları

*Unutulmamalı*

- ❖ Erişim ağlarının bant genişliği (bits / saniye)?
- ❖ Paylaşımlı mı? Ayrılmış mı?

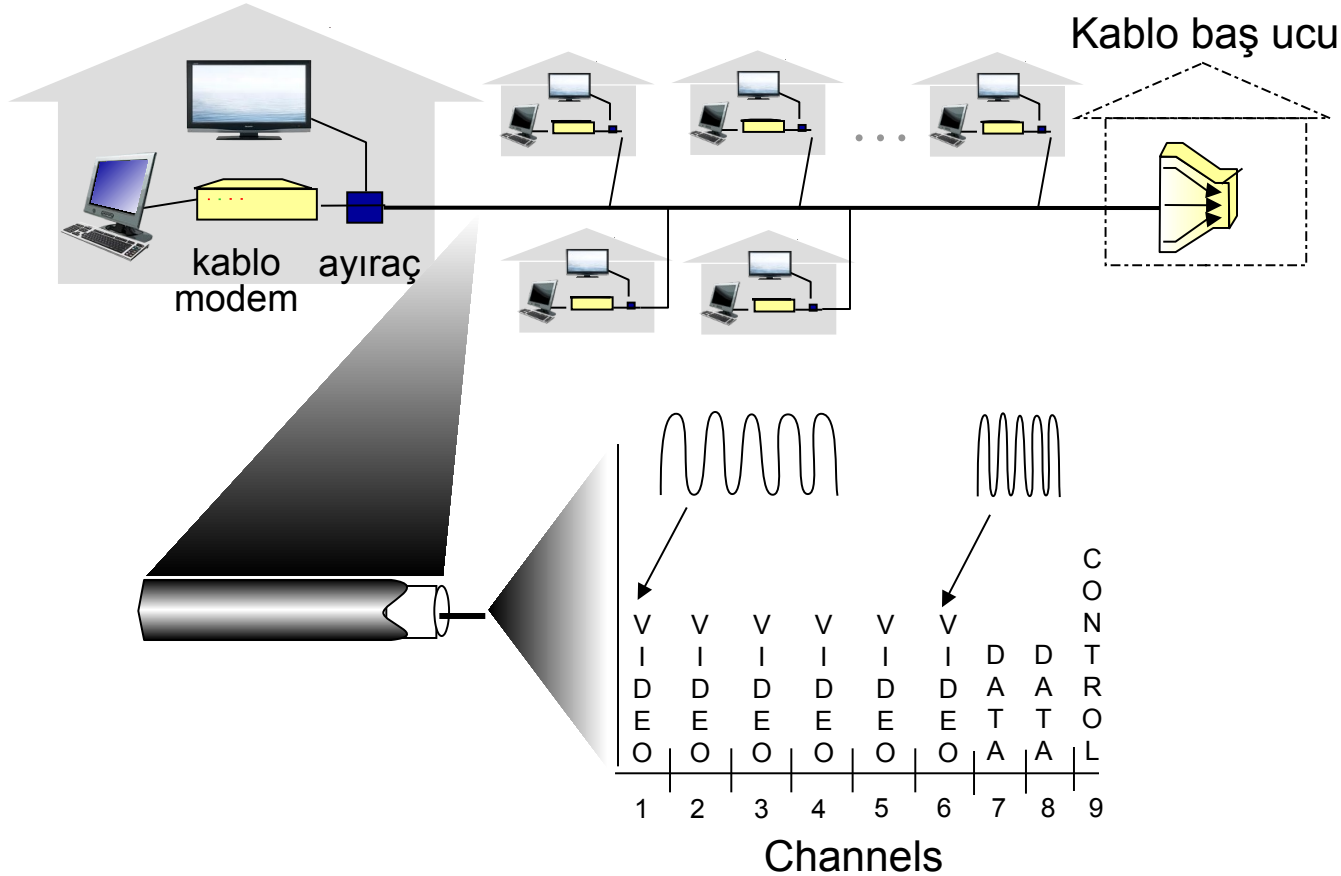


# Erişim ağları: digital subscriber line (DSL)



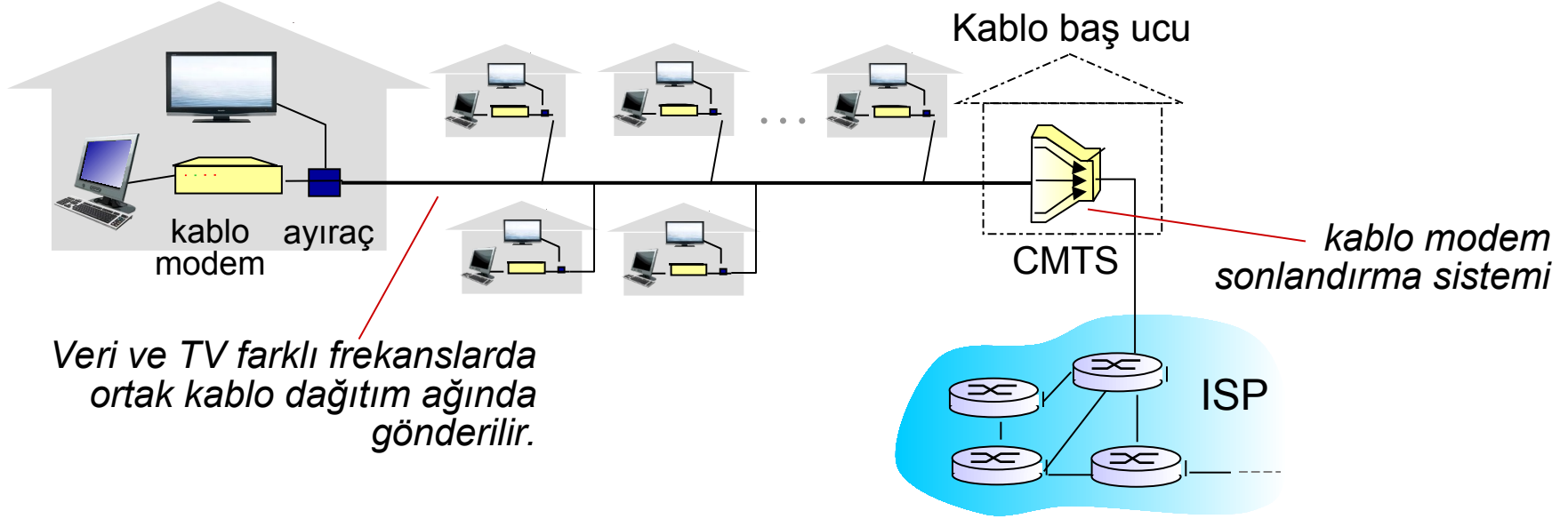
- ❖ Mevcut telefon bağı üzerinden merkezi ofisteki DSLAM sistemine bağlantı kurulur
  - DSL telefon ağı üzerinden giden veri İnternete gider
  - DSL telefon ağı üzerinden giden ses telefon ağına gider.
- 24-52 Megabit/saniye ayrılmış indirme hızı
- 3.5-16 Mb/s ayrılmış yükleme hızı

# Erişim ağları: kablo ağı



Frekans bölüşümlü çoğullama:  
Farklı frekans kümelerinde farklı  
kanallar iletilir.

# Erişim ağları: kablo ağı



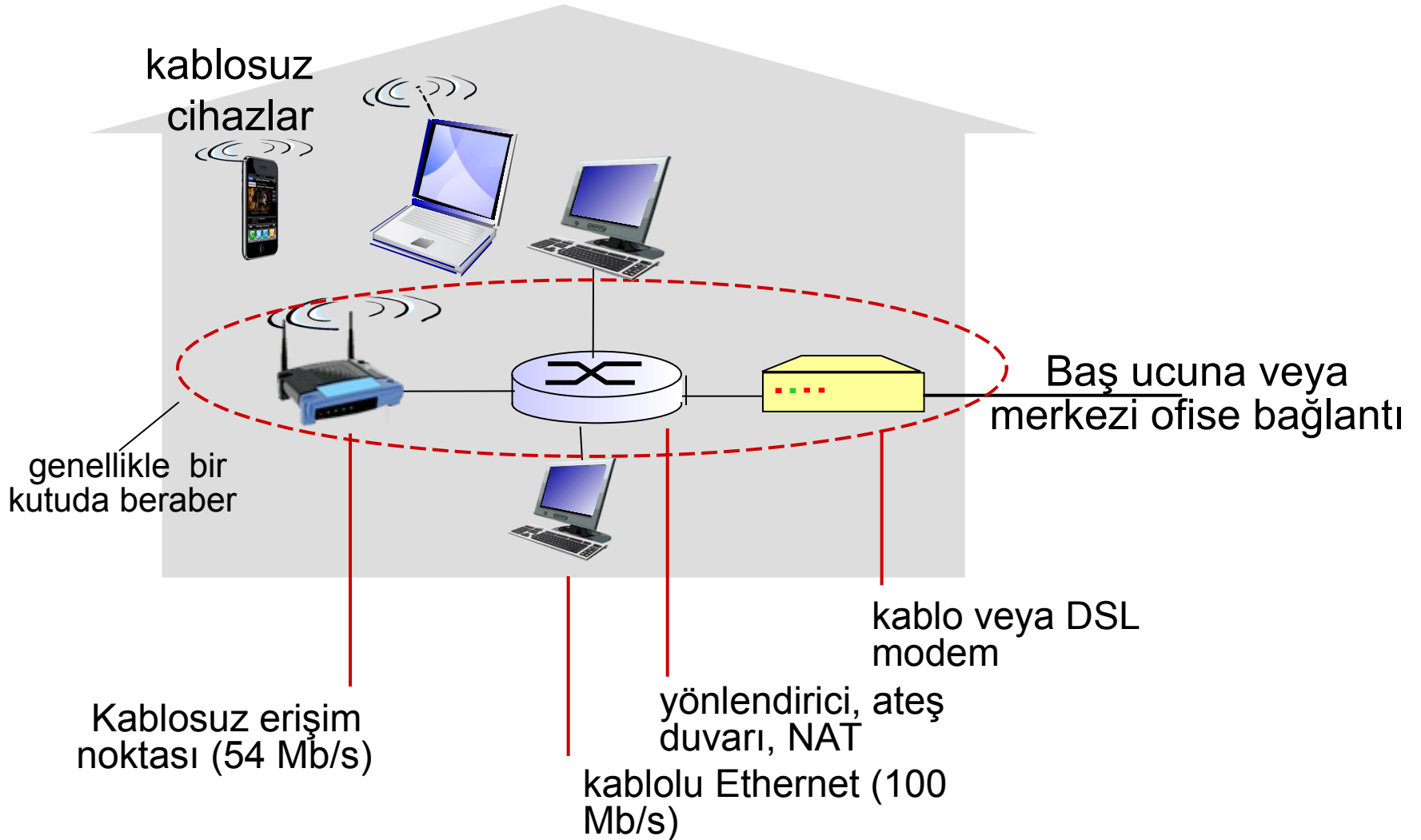
## ❖ HFC: Hibrit fiber koaksiyel

- Asimetrik: 40Mb/s – 1.2Gb/s hıza kadar indirme iletim hızı, 30 – 100 Mbps hıza kadar yükleme iletim hızı

## ❖ Kablo ağı, fiber kablo ile evler ISP yönlendiriciye bağlanır.

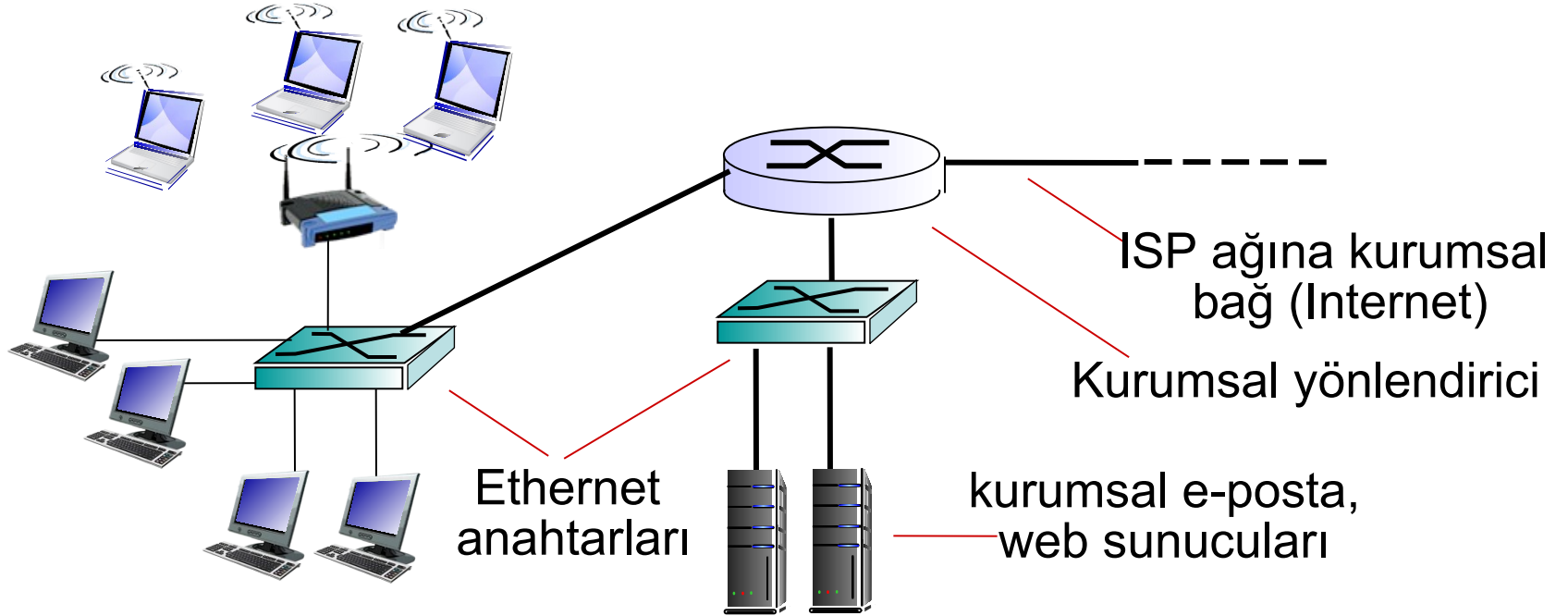
- Evler kablo baş ucuna erişim ağını paylaşır
- DSL sisteminde ise her evin merkezi ofise kendine ait bağlantısı vardır.

# Erişim ağları: Ev ağı





# Firma erişim ağı (Ethernet)



- ❖ Genelde şirketler, üniversiteler vb. kullanılır.
- ❖ Kablolu ve kablosuz bağlantı teknolojileri ile yönlendirici/anahtarlayıcı ağları içerir.
- ❖ Ethernet: 100Mb/s, 1Gb/s, 10Gb/s iletim hızları
- ❖ Kablosuz: Kablosuz erişim noktası (11, 54, 450 Mb/s)

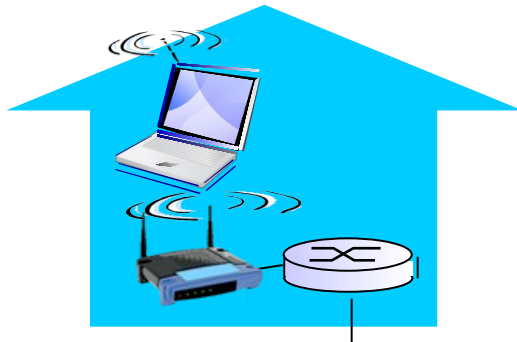
# Kablosuz erişim ağları

❖ Ortak kablosuz erişim ağı uç sistemleri yönlendiriciye bağlar

- Erişim noktası olarak bilinen istasyondan

*kablosuz yerel erişim ağları (LAN):*

- Bina içerisinde (30 m)
- 802.11b/g (WiFi): 11, 54, 450 Mb/s iletim hızı



*Internet*

*Kablosuz geniş ağ erişim ağları (WAN):*

- Telekom sağlayıcı tarafından sağlanır, 10'larca km
- 10 Mb/s arasında
- 4G, 4.5G hücresel ağlar (5G yakında)



*Internet*

# Erişim Ağları: Veri merkezi ağları

- Yüksek bant genişliğine sahip bağlar içerir (10'larca - 100'lerce Gb/s). Yüzlerce veya binlerce sunucuyu birbirine ve daha sonra Internet'e bağlar.

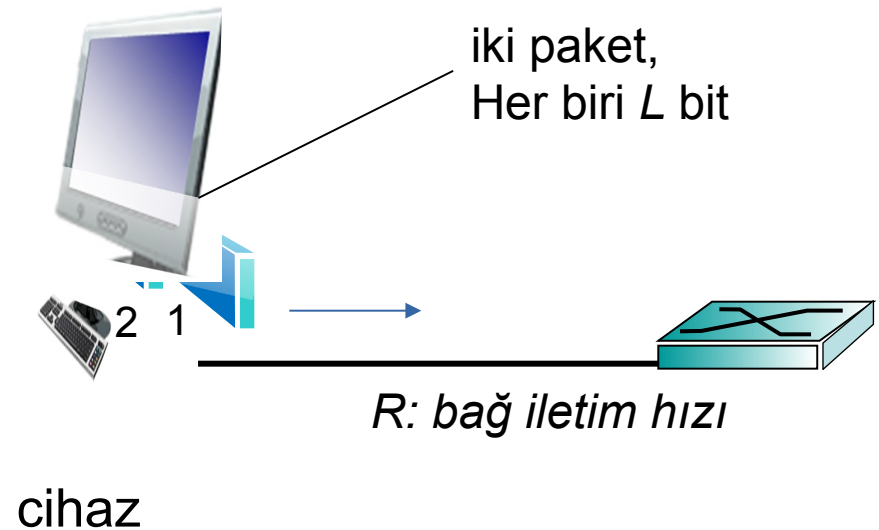


*Alıntı:* Massachusetts Green High Performance Computing Center ([mghpcc.org](http://mghpcc.org))

# Cihazlar: veri paketleri gönderir

Cihazın gönderim fonksiyonu

- ❖Uygulama mesajını alır
- ❖Mesajını paket olarak adlandırılan,  $L$  bit uzunluğunda parçalara ayırır.
- ❖Paketleri iletim hızı  $R$  olan erişim ağına iletir.
  - ağ iletim hızı, ayrıca bağ kapasitesi veya *bant genişliği olarak bilinir.*



$$\text{paket iletim gecikmesi} = \text{L-bit paketi bağ üzerine iletmek için gereken süre} = \frac{L \text{ (bit)}}{R \text{ (bit/saniye)}}$$

# Fiziksel ortam

- ❖ **bit:** Alıcı/gönderici çifti arasında yayılır
- ❖ **Fiziksel bağ:** Alıcı/gönderici arasında bulunur
- ❖ **Güdümlü ortam:**
  - Sinyal katı medya içerisinde yayılır: ör: bakır, fiber, koaksiyel
- ❖ **Güdümsüz ortam:**
  - Sinyal serbest yayılır: ör: radyo

## *Bükümlü çift*

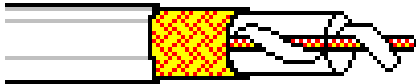
- ❖ İki izole edilmiş bakır kablo
  - Kategori 5: 100 Mb/s, 1 Gb/s Ethernet
  - Kategori 6: 10Gb/s



# Fiziksel ortam: koaksiyel, fiber

## *koaksiyel kablo:*

- ❖ İki eşmerkezli bakır kondüktör
- ❖ Çift yönlü
- ❖ Geniş bant:
  - Kablo üzerinde çoklu kanal
  - HFC



## *fiber optik kablo:*

- ❖ cam fiber ışık atımları taşır, her atım bir bit
- ❖ Yüksek-hız operasyon:
  - Yüksek-hız noktadan noktaya iletim (e.g., 10'larc a-100'lerce Gp/s iletim hızı)
- ❖ Düşük hata oranı:
  - Çoklayıcılar birbirinden uzağa yerleştirilebilir.
  - Elektromanyetik gürültüden etkilenmez

# Fiziksel ortam: radyo

- ❖ Sinyal electromanyetik spektrumda taşınır
- ❖ Fiziksel “kablo” yok
- ❖ Çok yönlü
- ❖ Yayılım üzerinde çevresel etkiler:
  - yansıma
  - Nesneler tarafından engelleme
  - karışma

## *radyo bağ çeşitleri:*

- ❖ karasal mikrodalga
  - e.g. 45 Mbps kanallara kadar
- ❖ Kablosuz LAN (WiFi)
  - 10-100 Mb/s, 10’larca metre
- ❖ Geniş alan (WAN) (e.g., hücresel 4G)
  - 10’larca Mb/s – 10 Km
- Bluetooth: (kablo yerine)
  - Kısa mesafe, sınırlı bant genişliği
- ❖ uydu
  - 45Mb/s bant genişliğine kadar
  - 270 ms uçtan uca gecikme
  - Alan vs yükseklik.

# Bölüm 1: Yol haritası

1.1 İnternet nedir?

1.2 Ağ kenarı

- Uç sistemler, erişim ağları, bağlantı türleri

1.3 Ağ çekirdeği

- paket anahtarlama, devre anahtarlama, ağ yapısı

1.4 Ağlarda Gecikme, kayıp, iş hacmi

1.5 Protokol katmanları, hizmet modelleri

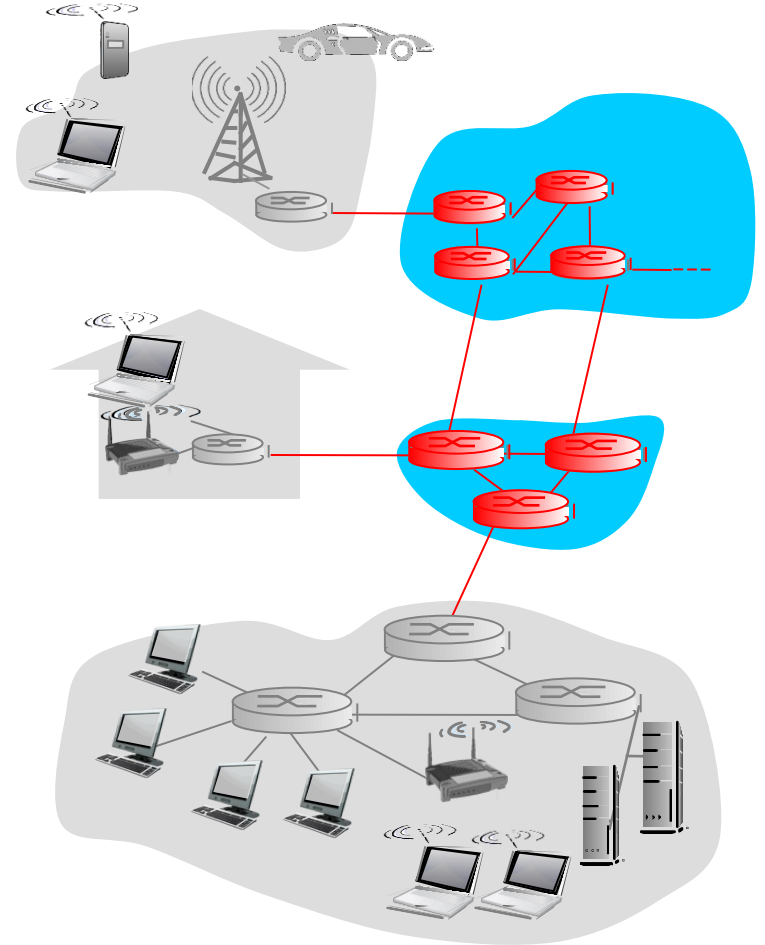
1.6 Ağ güvenliği

1.7 İnternetin kısa tarihçesi

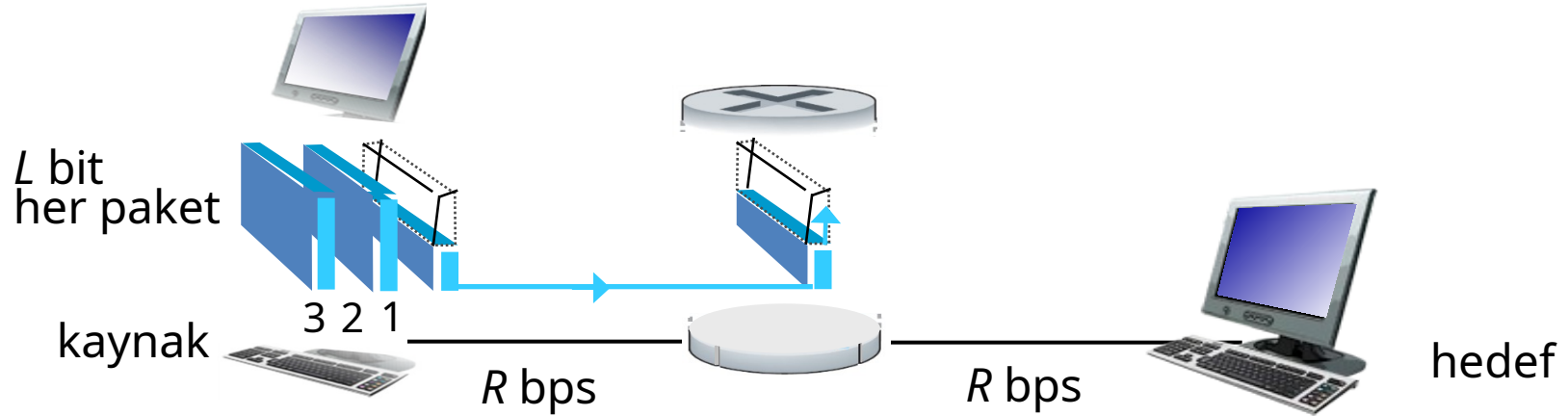


# Ağ çekirdeği

- ❖ Birbirine bağlı yönlendirici ağı
- ❖ paket-anahtarlama: cihazlar uygulama katmanı mesajlarını paketlere ayırır.
  - Paketler bir yönlendiriden diğerine, kaynaktan hedefe doğru iletilir.



# Paket-anahtarlama: Sakla-ve-yolla



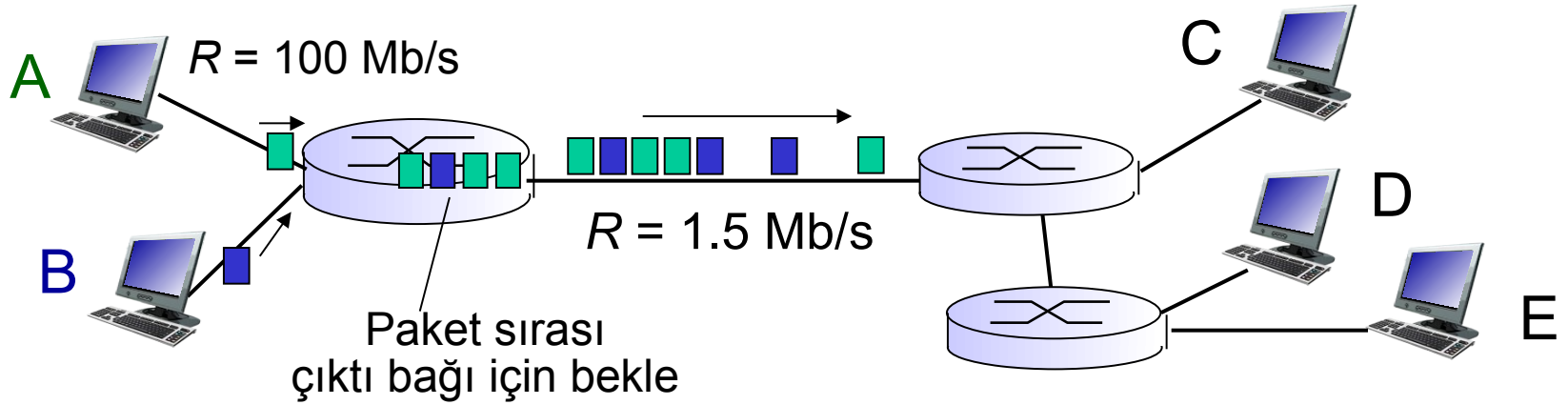
- ❖  $L$  bit paketi  $R$  bps saniye kapasiteli bağı göndermek için  $L/R$  saniye gerekir
- ❖ **sakla-ve-yolla**: Bir sonraki bağı gönderebilmek için paketin tamamının yönlendiriciye gelmesi gerekir.
- ❖ Sondan-sona gecikme =  $2L/R$  (Yayılma gecikmesi yok ise)

*Bir-durak sayısal örnek:*

- $L = 7.5$  Mbits
- $R = 1.5$  Mbps
- Bir-durak iletim gecikmesi = 5 saniye

Gecikme konusuna döneceğiz

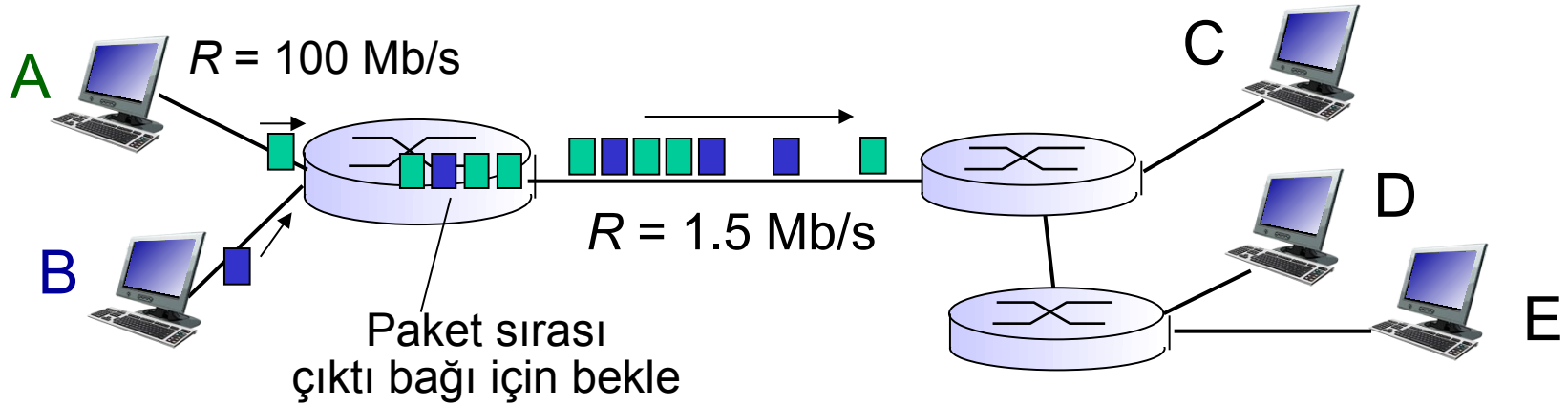
# Paket Anahtarlama: sıralama gecikmesi, kayıp



Kuyruk, işlerin geliş hızı servis hızını geçtiğinde oluşur.



# Paket Anahtarlama: sıralama gecikmesi, kayıp



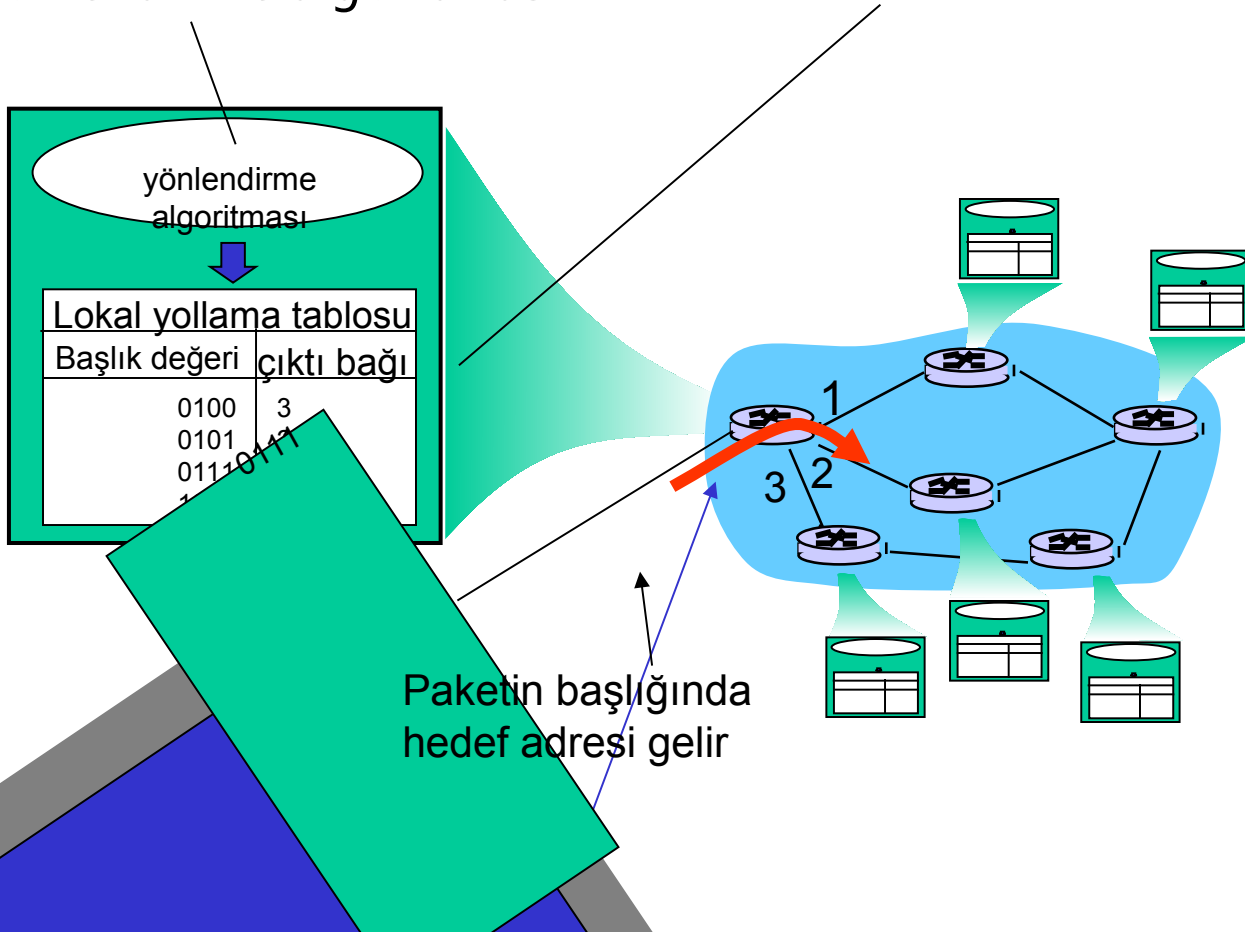
## sıralama ve kayıp:

- ❖ Eğer geliş hızı (bit) bir süre zarfında iletim hızını geçerse
  - Paketler sıraya girer, gönderilmeyi beklemeye başlarlar
  - Eğer yönlendiricinin hafızası (buffer) dolarsa paketler düşürülebilir (kayıp)

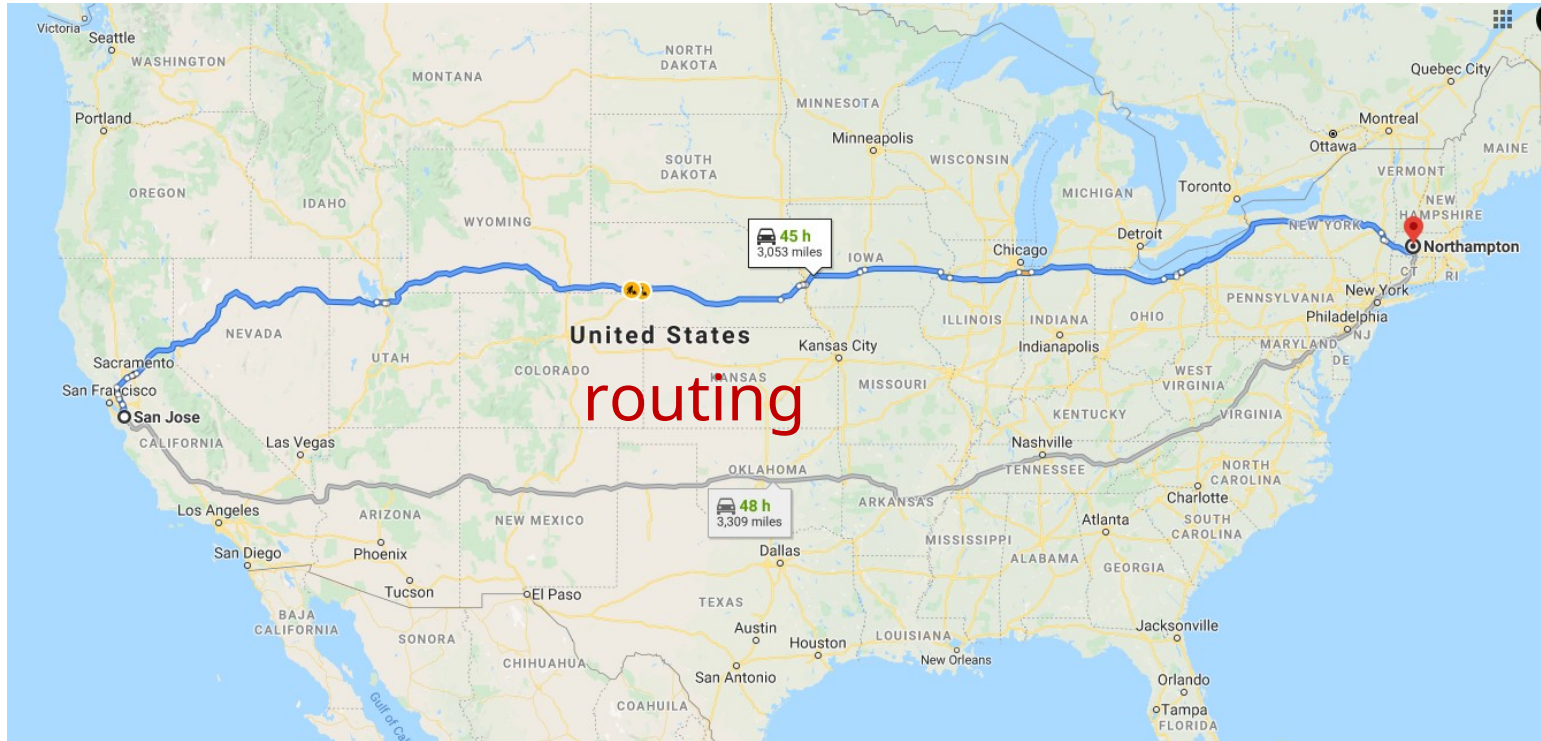
# İki anahtar ağ-çekirdeği fonksiyonu

**Yönlendirme (İng: routing):**  
paketlerin kaynaktan hedefe  
alacağı yol belirlenir  
■ *yönlendirme algoritması*

**Yollama (İng: forwarding):** paketi  
yönlendiricinin girdisinden uygun  
çıkıtısına taşır



# İki anahtar ağ-çekirdeği fonksiyonu





# İki anahtar ağ-çekirdeği fonksiyonu



Introduction: 1-23

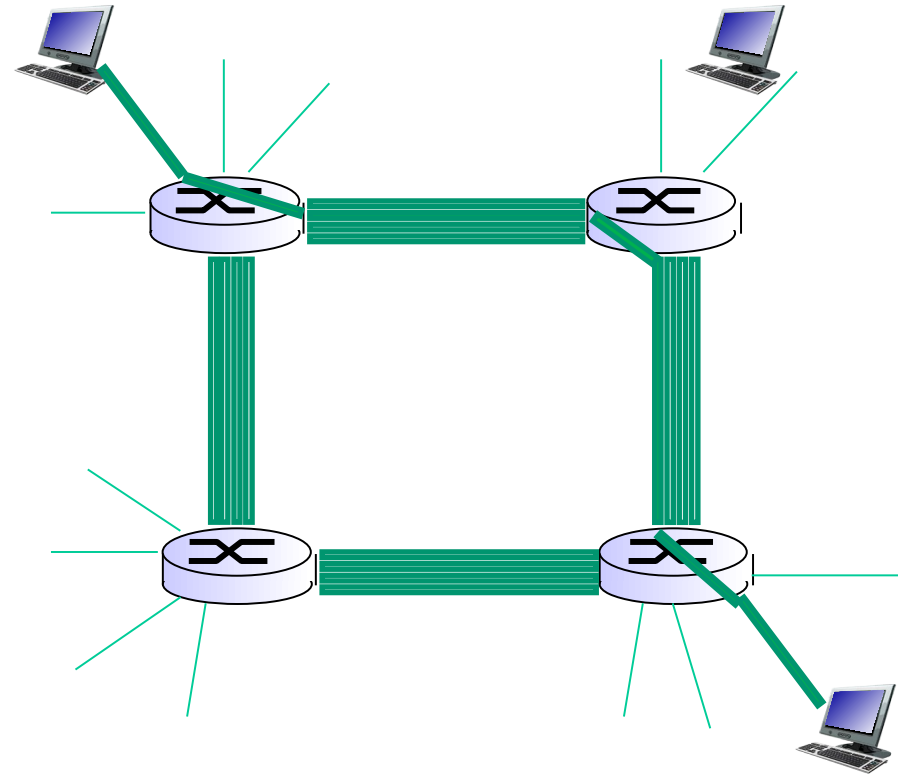
# Alternatif çekirdek: devre anahtarlama

Uçtan-uca kaynaklar “çağrı” için kaynak & hedef arası rezerv edilir:

- ❖ diyagramda, her bağ dört devreye sahiptir.
  - Çağrı yukarı bağda 2. devre ve sağdaki bağda 1. devreyi kullanıyor
- ❖ Ayrılmış kaynaklar: paylaşım yok
  - devre-benzeri (garanti) performans

Eğer çağrı tarafından kullanılmazsa devre kesiti boşa gider (*paylaşım yok*)

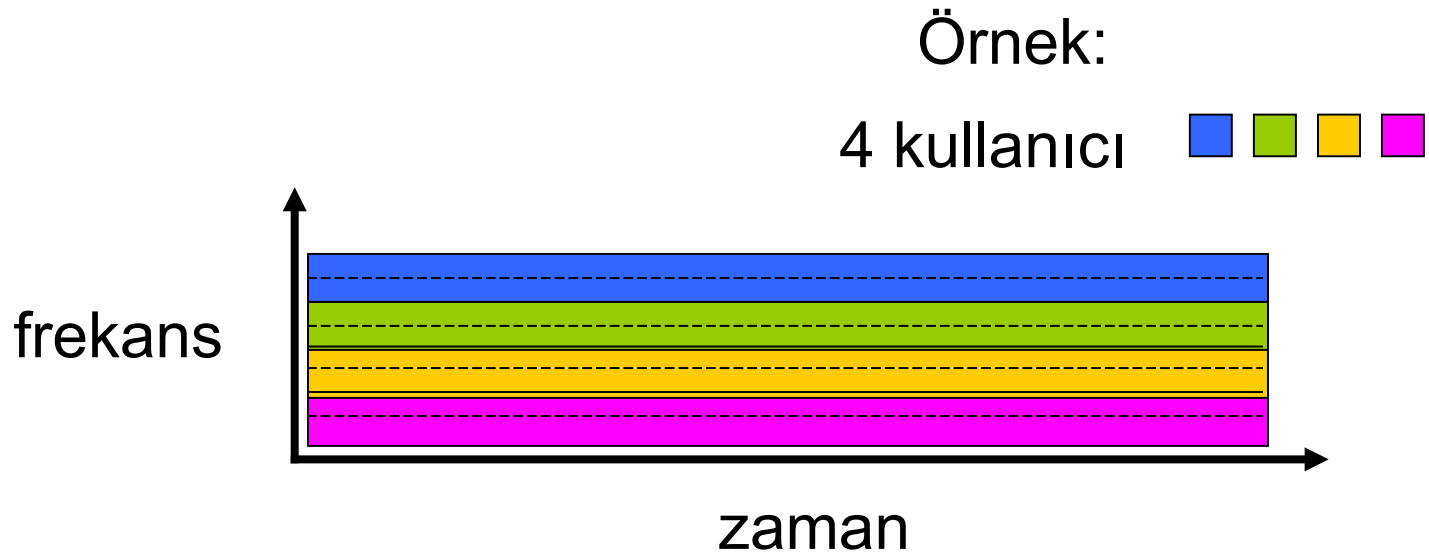
- ❖ Telefon ağlarında genellikle bu yöntem kullanılır.



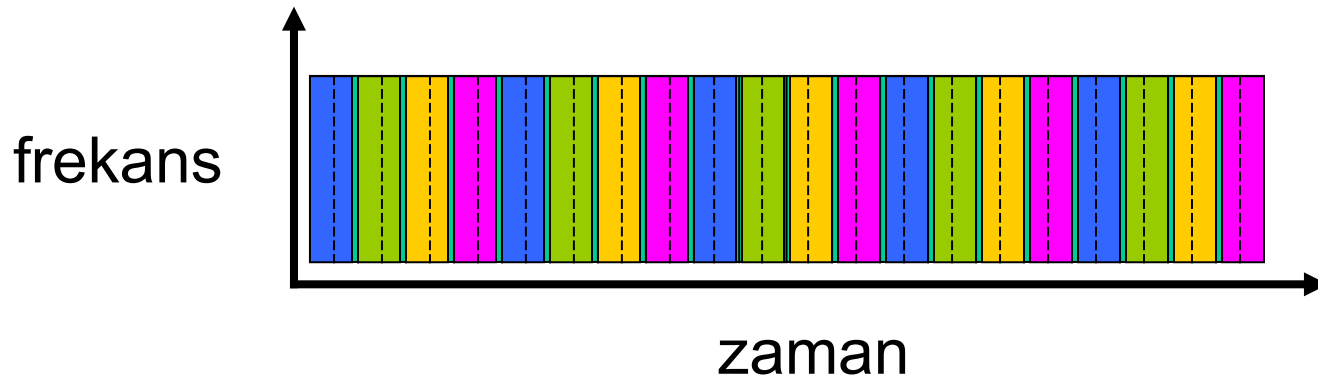


# Devre anahtarlama: FDM vs TDM

FDM



TDM



# Paket anahtarlama vs devre anahtarlama

*Paket anahtarlama daha fazla kullanıcının ağı kullanmasına olanak sağlar!*

Örnek:

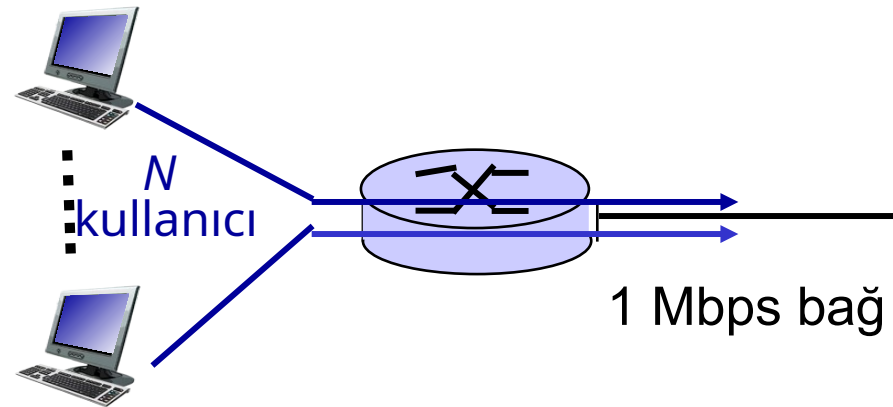
- 1 Mb/s bağı
- her kullanıcı:
  - 100 kb/s “aktif” olduğunda
  - Zamanın %10 aktif

❖ *devre-anahtarlama:*

- 10 kullanıcı

❖ *Paket anahtarlama:*

- 35 kullanıcı ile, 11 veya daha fazla kullanıcının aynı anda aktif olma olasılığı  $< 0.0004$



*S:* 0.0004 olasılığını nasıl hesapladık?

*S:* 35 kullanıcıdan fazla olursa?

# Paket Anahtarlama vs Devre Anahtarlama

## Paket anahtarlama her zaman daha iyi midir?

- ❖ Patlamalı veri akışı için oldukça kullanışlıdır
  - Kaynak paylaşımına izin verir
  - Daha basittir, çağrı kurulumu yoktur.

**Aşırı sıkışıklık olabilir:** paket gecikmesi ve kaybı

- Bu nedenle güvenilir veri transferi ve sıkışıklık kontrolü için protokoller gereklidir.

**S: Devre davranışı göstermesi nasıl sağlanabilir?**

- ses/görüntü uygulamaları için bant genişliği garantisi verilebilmelidir.
- Halen çözülmemiş bir problemdir (bölüm 7)

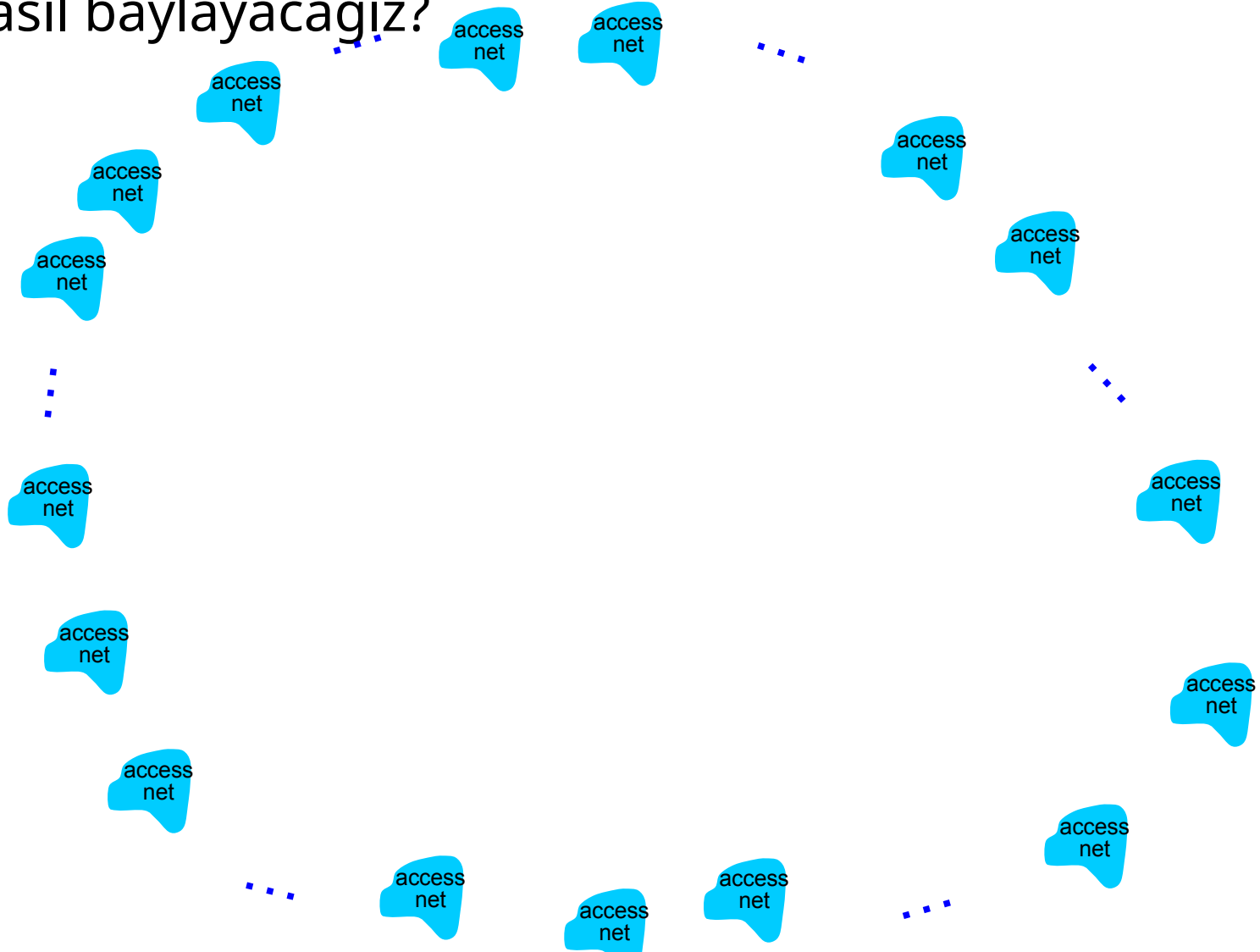
**S:** İnsan ilişkilerinden rezerve edilen kaynaklar (devre anahtarlama) ile istek anında ayrılan kaynaklar (paket anahtarlama) örnekleri verebilir misiniz?

# İnternet yapısı: Ağların ağı

- ❖ Uç sistemler erişim İnternet sağlayıcısı (ISP, Internet Service Provider) üzerinden internete bağlanırlar.
  - Yerleşim, şirket ve üniversite için ISP
- ❖ Erişim ISP sistemleri birbirine bağlı olmalıdır.
  - Böylece İnternete bağlı herhangi iki cihaz birbiri ile haberleşebilir.
- ❖ Ortaya çıkan ağların ağı oldukça karmaşıktır.
  - ❖ İnternetin gelişimi **ekonomik** ve **milli politikalardan** oldukça etkilenmiştir.
- ❖ Adım adım İnternetin gelişimini inceleyeceğiz

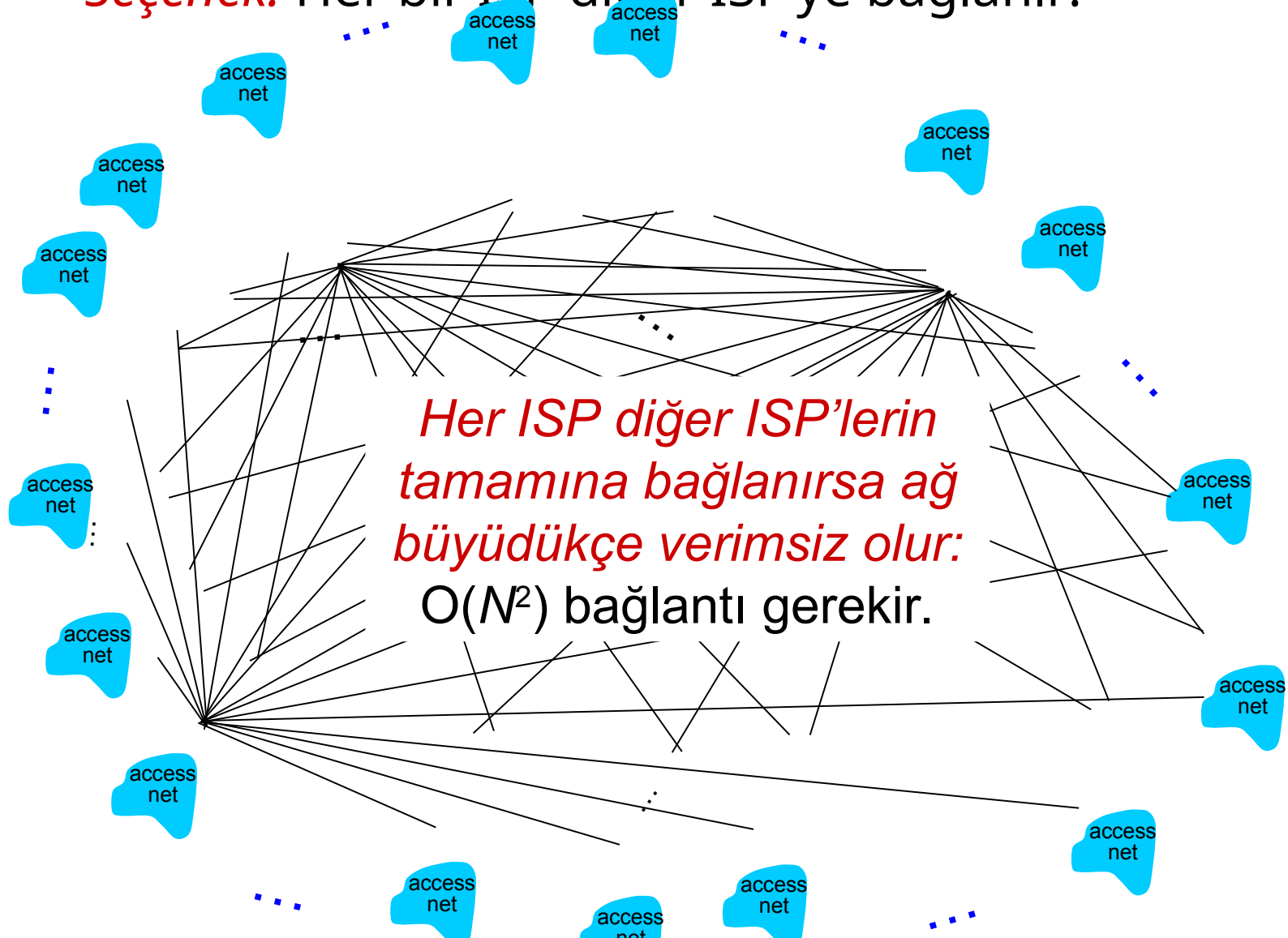
# İnternet yapısı: Ağların ağı

*Soru:* Milyonlarca erişim ISP var ise, bunların her birini nasıl baylayacağız?



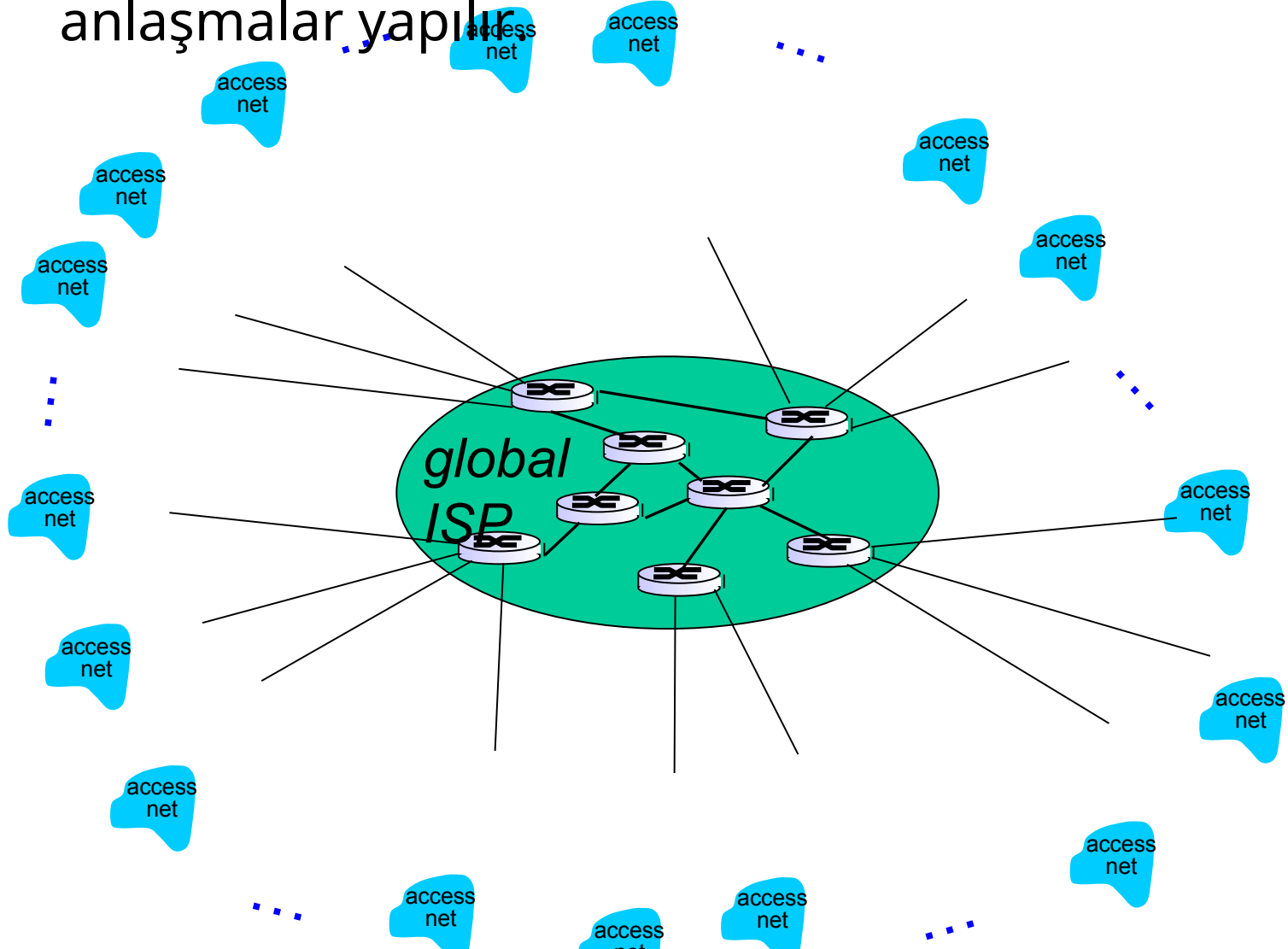
# İnternet yapısı: Ağların ağı

*Seçenek:* Her bir ISP diğer ISP'ye bağlanır.



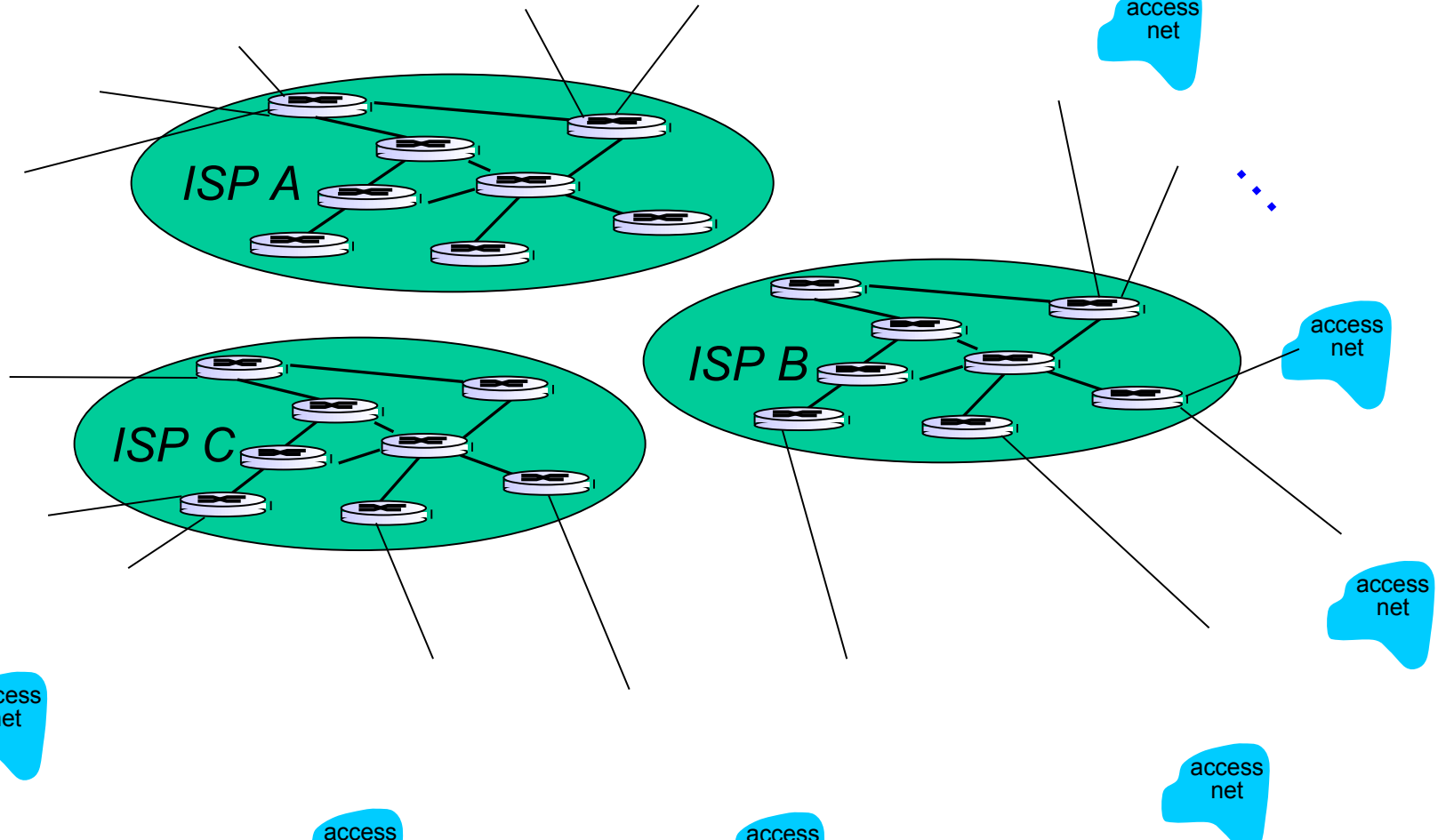
# İnternet yapısı: Ağların ağı

*Seçenek:* Her ISP bir global ISP'ye bağlanır.  
Tüketici ve sağlayıcı ISP'ler arasında ekonomik anlaşmalar yapılır.



# Internet yapısı: Ağların ağı

Normal olarak ISP işi karlı ise, başka ISP sahipleri ortaya çıkacaktır.

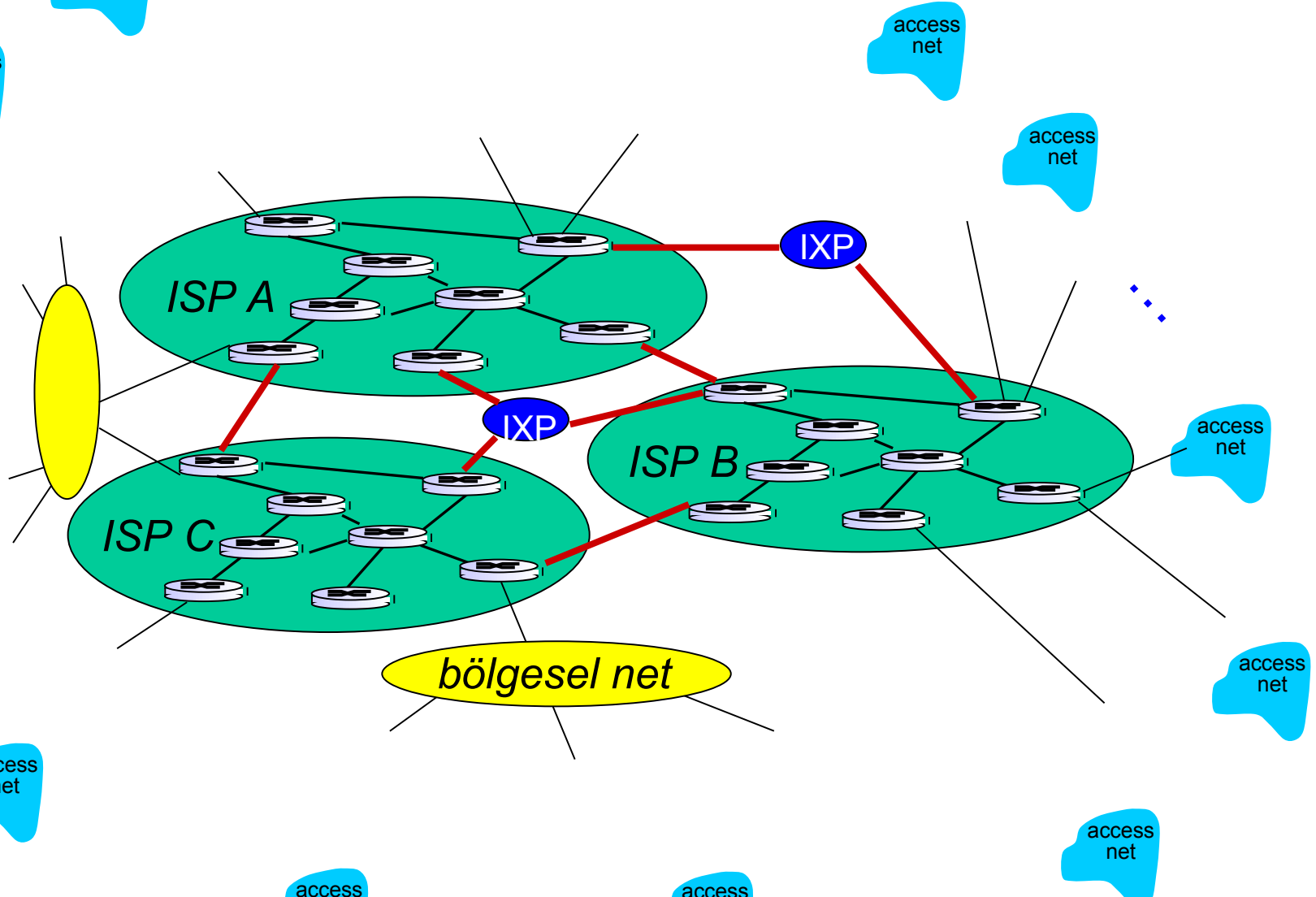






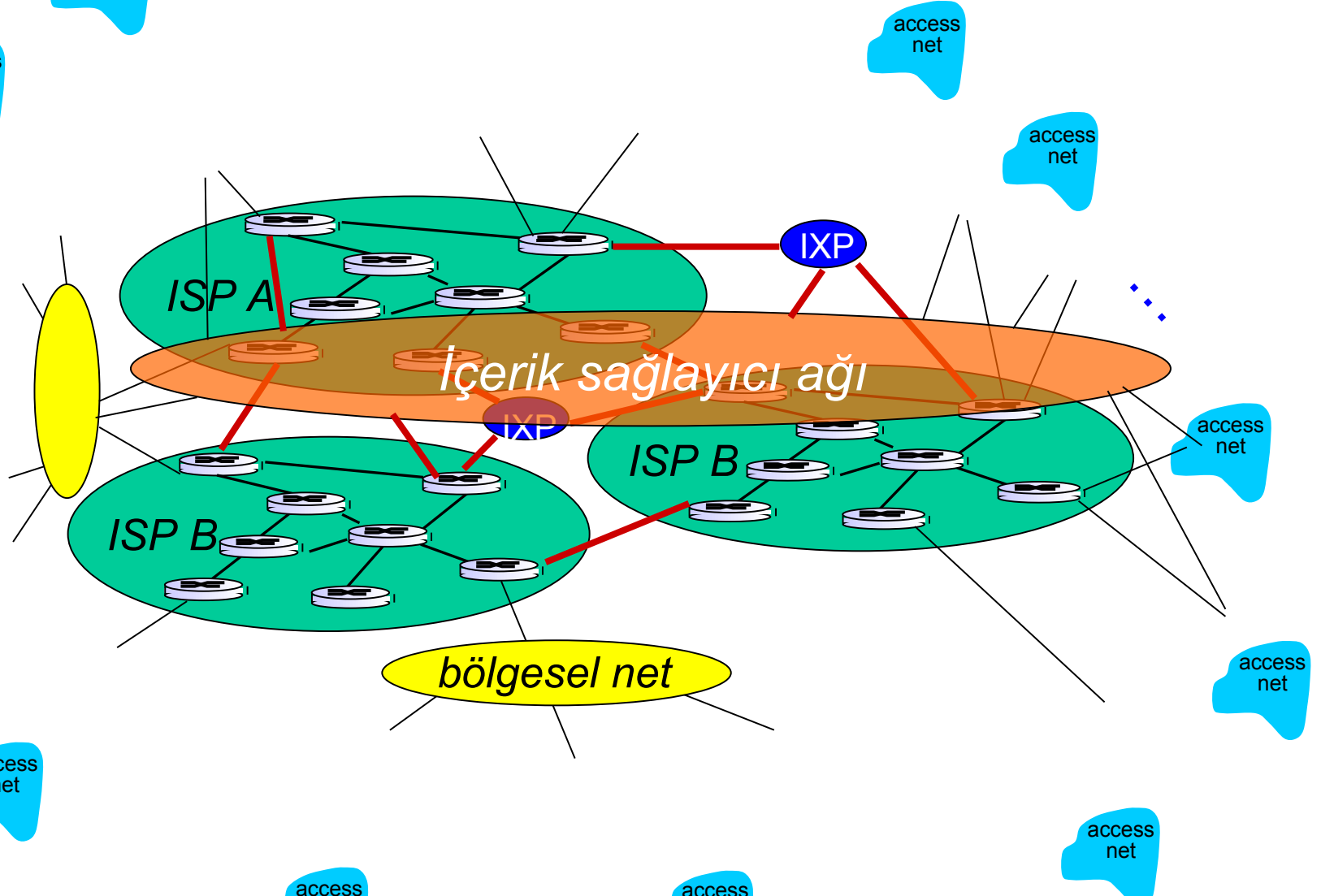
# İnternet yapısı: Ağların ağı

... ve erişim ağlarını ISP'lere bağlayan bölgesel ağlar oluşturulabilir.

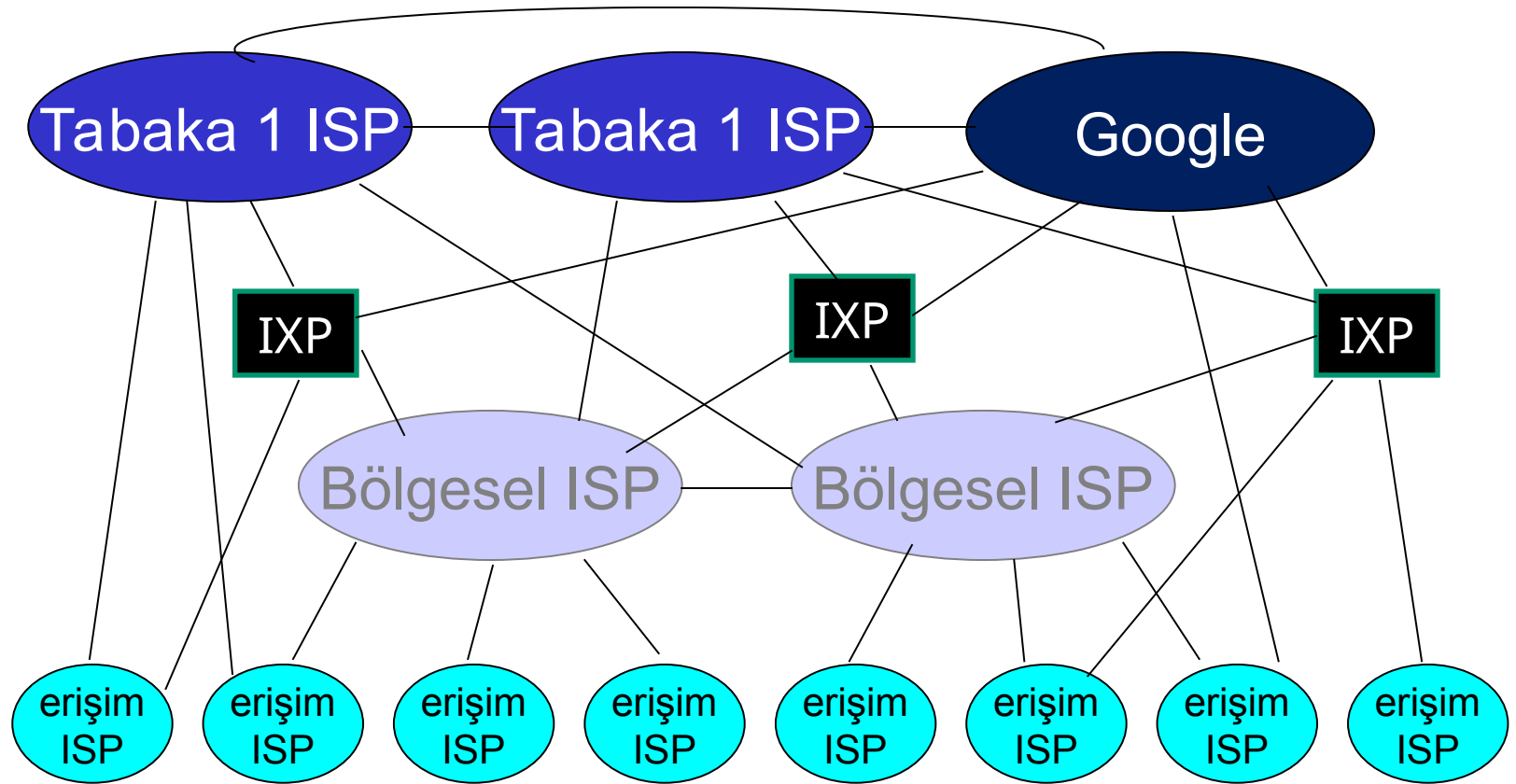


# İnternet yapısı: Ağların ağı

... ve ayrıca içerik sağlayıcı ağları (örneğin Google, Microsoft, Akamai gibi) kendi ağlarını oluşturabilir. Böylece kullanıcılara hizmeti daha yakından verebilirler.

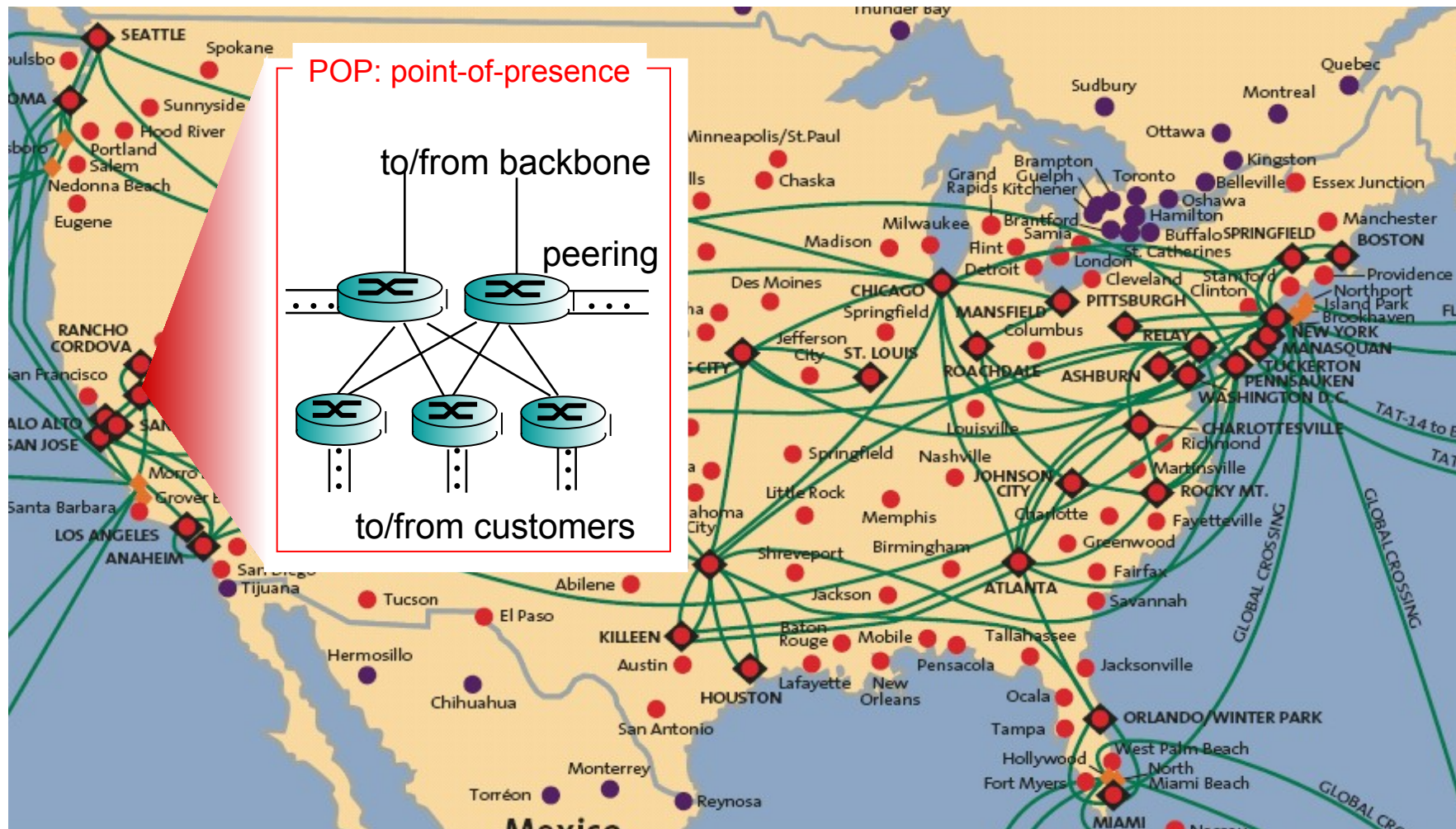


# İnternet yapısı: Ağların ağı



- ❖ Merkezde: az sayıda birbirine iyi bağlanmış büyük ağ
  - “**tabaka-1**” **ticari ISPs** (e.g., Level 3, Sprint, AT&T, NTT), milli & milletlerarası kapsama
  - **İçerik sağlama ağı** (e.g, Google): Veri merkezlerini İnternet ağına bağlayan özel ağlar, genellikle tabaka-1 ISP’leri ve bölgesel ISP’leri pas geçer.

# Tabaka-1 ISP: e.g., Sprint



# Bölüm 1: Yol haritası

1.1 İnternet nedir?

1.2 Ağ kenarı

- Uç sistemler, erişim ağları, bağlantı türleri

1.3 Ağ çekirdeği

- paket anahtarlama, devre anahtarlama, ağ yapısı

1.4 Ağlarda Gecikme, kayıp, iş hacmi

1.5 Protokol katmanları, hizmet modelleri

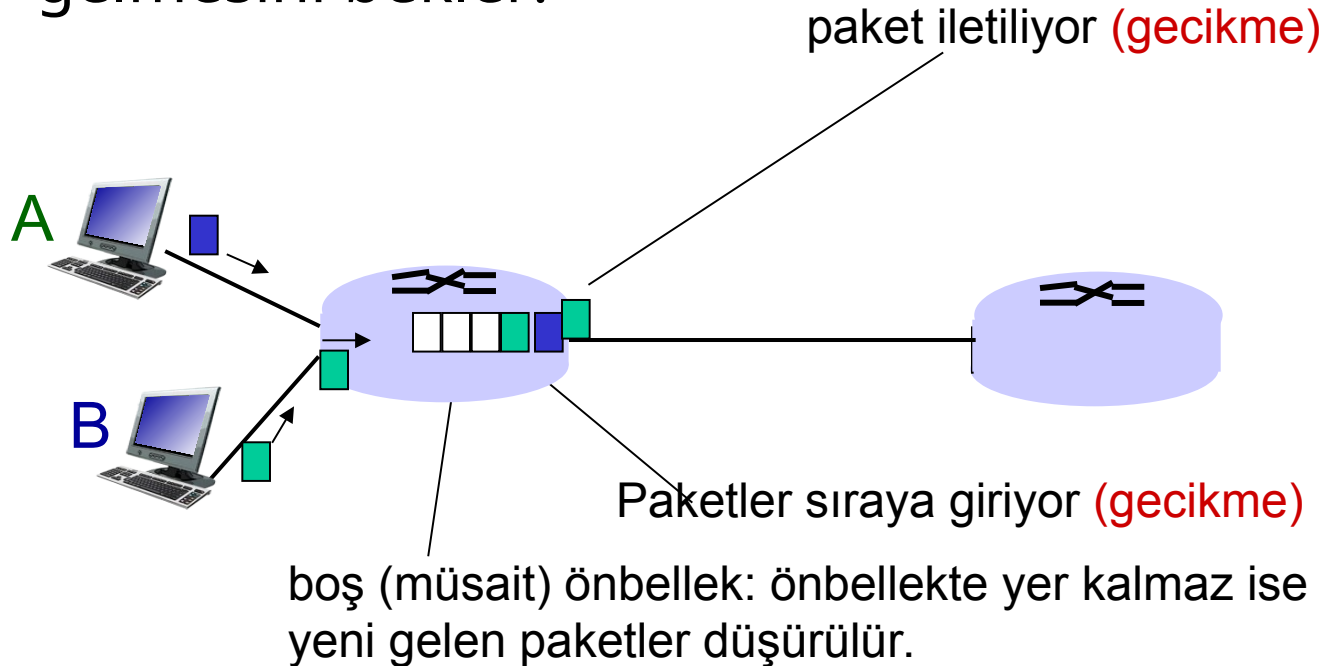
1.6 Ağ güvenliği

1.7 İnternetin kısa tarihçesi

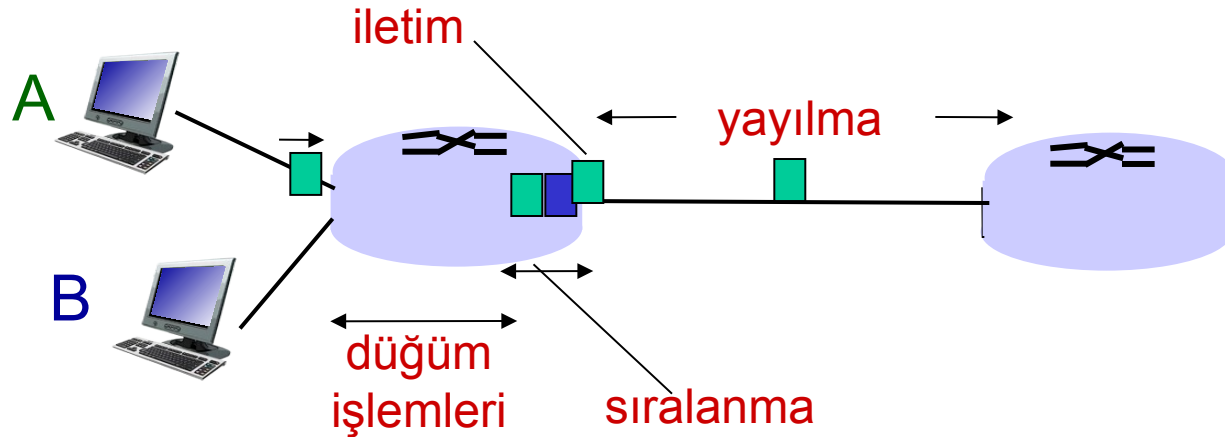
# Kayıp ve gecikme nasıl gerçekleşir

Yönlendirici önbelleklerinde paketler sıraya girebilir.

- ❖ **Bağ üzerindeki paket varış hızı (bir süre için) paket çıktı kapasitesini aşabilir.**
- ❖ Bu durumda paketler sıraya girip sıranın kendilerine gelmesini bekler.



# Paket gecikmesinin dört kaynağı



$$d_{\text{düğüm}} = d_{\text{işlem}} + d_{\text{sıralama}} + d_{\text{iletim}} + d_{\text{yayılma}}$$

$d_{\text{işlem}}$ : düğüm işlemleri

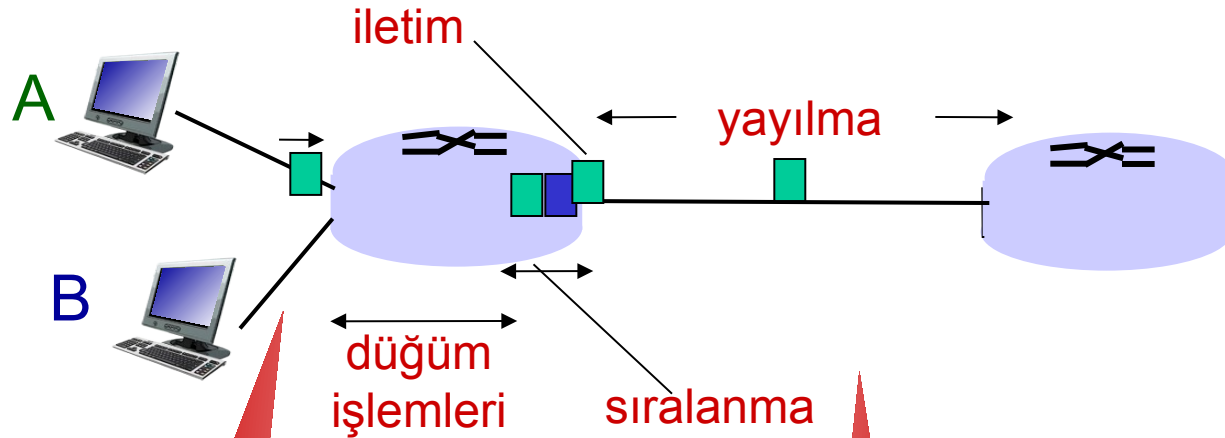
- bit hataları kontrolü
- Çıktı bağına karar verme
- genelde < msec

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

- İletim için çıktı bağına bekleme süresi
- Yönlendirici üzerindeki sıkışmaya bağlıdır.



# Paket gecikmesinin dört kaynağı



$$d_{\text{düğüm}} = d_{\text{işlem}} + d_{\text{sıralama}} + d_{\text{iletim}} + d_{\text{yayılma}}$$

$d_{\text{iletim}}$  ve  $d_{\text{yayılma}}$   
çok farklıdır

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

- $L$ : paket uzunluğu (bit)
- $R$ : bağ bant genişliği (bit/s)
- $d_{\text{iletim}} = L/R$

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

- $d$ : fiziksel bağın uzunluğu (m)
- $s$ : ortamda yayılma hızı (m/s)
- $d_{\text{yayılma}} = d/s$