

# BM 402 Bilgisayar Ağları (Computer Networks)

---

Hazırlayan: M. Ali Akcayol  
Gazi Üniversitesi  
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

## Genel bilgiler

---

### Değerlendirme

Arasınava : 35%  
Ödevler : 20%  
Katılım : 5%  
Final : 40%

### Ders kitabı

- James F. Kurose, Keith W. Ross, Computer Networking 5/E, Addison Wesley, 2010.

### Diğer kaynaklar

- Andrew S. Tanenbaum, Computer Networks 4/E, Prentice Hall, 2003.
- Behrouz A. Forouzan, Data Communications and Networking 4/E, McGraw-Hill, 2007.
- Douglas E. Comer, Internetworking With TCP/IP : Principles, Protocols and Architecture 5/E, Prentice Hall, 2005.

## Ders konuları

### ▪ İnternet nedir?

- Temel Tanımlar
- Hizmet Tanımları
- Protokol nedir?

### ▪ Ağ uç birimleri

- Client ve Server programları
- Erişim ağları
- Fiziksel ortamlar

### ▪ Ağ temel elemanları

- Devre anahtarlama ve paket anahtarlama
- Paketlerin yönlendirilmesi
- İSS'lar ve İnternet omurgası

3

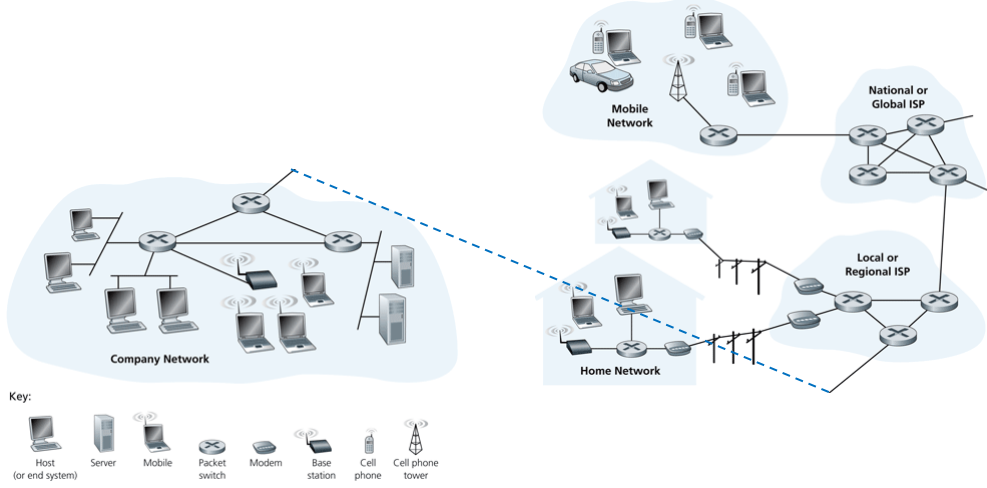
## İnternet nedir?

- İnternet insanlığın şimdiye kadar geliştirdiği en büyük sistemdir.
- Yüzmilyonlarca bilgisayar, iletişim bağlantıları, switch'ler, cep telefonu ve PDA'ler ile yüzmilyonlarca kişi İnternet'e bağlıdır.
- Bugün, algılayıcılar, web kameralar, oyun konsolları, iklimlendirme sistemleri, otomobiller ve hatta çamaşır makineleri bile İnternet'e bağlıdır.
- Bu kadar karmaşık ve büyük bir sistem olan İnternet sorunsuz bir şekilde çalışabilmektedir.
- İnternet'e bağlı cihazlar, **host** veya **uç sistem (end system)** olarak adlandırılmaktadır.

4

## İnternet nedir?

- Temmuz 2008 itibariyle 600 milyon uç sistem İnternet'e bağlıdır (cep telefonu, laptop ve diğer cihazlar bu sayıya dahil değildir).



## Ders konuları

- İnternet nedir?
  - Temel Tanımlar
  - Hizmet Tanımları
  - Protokol nedir?
- Ağ uç birimleri
  - Client ve Server programları
  - Erişim ağları
  - Fiziksel ortamlar
- Ağ temel elemanları
  - Devre anahtarlama ve paket anahtarlama
  - Paketlerin yönlendirilmesi
  - İSS'lar ve İnternet omurgası

## İnternet nedir?

### Temel tanımlar (1)

- Uç sistemler, **iletim bağlantıları (communication links)** ve **paket anahtarlar (packet switches)** aracılığıyla birbirlerine bağlanırlar.
- **İletim bağlantıları**, koaksiyel kablo, bakır tel, fiber optik kablo veya radyo spektrumu olabilir.
- Her iletim ortamı farklı iletim hızına sahiptir (bps - bits/second).
- Bir uç sistem başka bir uç sisteme veri göndereceği zaman bir segment oluşturur.
- Gönderici uç sistem tarafından segmente başlık bilgileri eklenerek **paket (packet)** oluşturulur.
- Alıcı uç sistem gelen paketleri birleştirerek orijinal veriyi elde eder.

7

## İnternet nedir?

### Temel tanımlar (2)

- **Paket anahtarlar**, kendisine giriş bağlantılarından gelen bir paketi alır ve çıkış bağlantılarından birisine yönlendirir.
- Günümüzde paket anahtar olarak **yönlendirici(router)** ve **anahtar (link-layer switch)** kullanılır.
- Link-layer switch'ler **access networks**'lerde (**erişim ağları**), router'lar ise **ağın temel kısmında (network core)** kullanılır.
- Bir paketin gönderici uç sistem ile alıcı uç sistem arasında kullandığı iletim bağlantılarına **route** veya **path (yol)** denir.

8

## İnternet nedir?

### Temel tanımlar (3)

- İnternet trafiği, 2009 yılında PriMetrica tarafından 10 Tbps olarak tahmin edilmiştir. Trafik her iki yılda yaklaşık iki katına çıkmaktadır.
- Uç sistemler **İnternet Servis Sağlayıcılar – İSS (Internet Service Providers - ISP)** ile İnternet'e bağlanır.
- İSS'lar, kablo TV veya telefon şirketleri, üniversiteler, WiFi iletişim sağlayan havaalanları, kafeler, oteller olabilir.
- İSS'lar, **Internet Protocol (IP)** 'ü çalıştırır.

9

## İnternet nedir?

### Temel tanımlar (4)

- Uç sistemler, paket anahtarlar ve İnternet'in diğer bileşenleri veri göndermek veya almak için protokolleri kullanır.
- **Transmission Control Protocol (TCP)** ve **IP (Internet Protocol)**, İnternet'te en önemli iki protokoldür.
- İnternet protokol yığınınına **TCP/IP** denir.

10

## İnternet nedir?

### Temel tanımlar (5)

- İnternet standartları **Internet Engineering Task Force (IETF)** tarafından geliştirilir.
- IETF standart dökümanları Request For Comments (RFCs) olarak adlandırılır.
- RFC dökümanları, **Hyper Text Transfer Protocol (HTTP)**, **File Transfer Protocol (FTP)**, **TCP**, **Simple Mail Transfer Protocol (SMTP)** gibi protokollerin teknik özelliklerini tanımlarlar.
- Bugüne kadar toplam 5000 den fazla RFC dökümanı yayınlanmıştır.
- **International Electrical Electronics Engineering (IEEE)**, **Ethernet** ve kablosuz **WiFi** ağı standartlarını tanımlamıştır.

11

## Ders konuları

- **İnternet nedir?**
  - Temel Tanımlar
  - **Hizmet Tanımları**
  - Protokol nedir?
- **Ağ uç birimleri**
  - Client ve Server programları
  - Erişim ağları
  - Fiziksel ortamlar
- **Ağ temel elemanları**
  - Devre anahtarlama ve paket anahtarlama
  - Paketlerin yönlendirilmesi
  - İSS'lar ve İnternet omurgası

12

## İnternet nedir?

### Hizmet tanımları (1)

- İnternet, uygulamalara hizmet sağlayan bir altyapıdır.
- Başlıca uygulamalar; e-posta, web gezintisi, anlık mesajlaşma (instant messaging), Voice over IP (VoIP), İnternet radyo, video streaming, dağıtık oyunlar, peer-to-peer (P2P) dosya paylaşımı, İnternet TV, uzaktan erişim (remote login), ...
- Bu uygulamalar birden fazla uç sistemden oluştuğu için **dağıtık uygulamalar (distributed applications)** olarak adlandırılır.
- Uygulamalar uç sistemlerde çalışır, ağ temel elemanları (core devices) uygulamalar arasında veri aktarımı sağlarlar.

13

## İnternet nedir?

### Hizmet tanımları (2)

- Bir İnternet uygulaması geliştirirken uç noktalarda çalışan parçaların yazılması gerekir. Yazılım parçaları, Java, C++ veya başka bir programlama diliyle geliştirilir.
- Uç sistemlerde çalışan uygulamalar, İnternet altyapısı üzerinden veri gönderimi için **Application Programming Interface (API)** tarafından sağlanan hizmetleri kullanır.
- İnternet API veri gönderimi için gerekli kurallardan oluşur.
- Mektupla haberleşmede, zarfın üzerine adres yazılarak posta kutusuna konulmasına kadar olan işler **kişi (İnternet uygulaması)** tarafından yapılır, mektubun alınıp karşı tarafa iletilmesi **posta şirketi (İnternet API)** tarafından yapılır.

14

## İnternet nedir?

### Hizmet tanımları (3)

- Posta şirketinin müşterilerine farklı hizmetler (hızlı ulaştırma, geri bildirim, standart hizmet, ...) sunduğu gibi, **İnternet API’de farklı hizmetler sunar.**
- Bir İnternet uygulaması geliştirirken, **sunacağı hizmet standartları ve gereksinimlere göre** İnternet hizmetlerinden birisi seçilir.
- İnternet üzerinde çok farklı hizmetler sunan çok sayıda farklı uygulama geliştirilebilir.

15

## Ders konuları

- **İnternet nedir?**
  - Temel Tanımlar
  - Hizmet Tanımları
  - **Protokol nedir?**
- **Ağ uç birimleri**
  - Client ve Server programları
  - Erişim ağları
  - Fiziksel ortamlar
- **Ağ temel elemanları**
  - Devre anahtarlama ve paket anahtarlama
  - Paketlerin yönlendirilmesi
  - İSS’lar ve İnternet omurgası

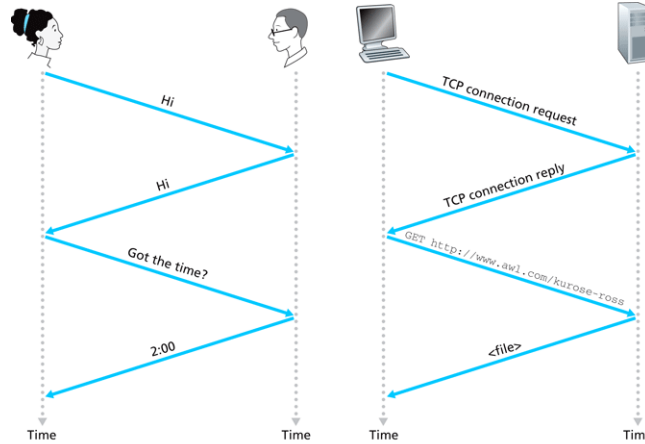
16



## İnternet nedir?

### Protokol nedir ?

- Günlük hayatta sürekli protokoller uygulanır.
- İki kişi arasında saat sorma işlemi protokolle gerçekleşir.



17

## İnternet nedir?

### Protokol nedir ? - Ağ protokolleri (1)

- İnsanlar farklı protokoller kullanırsa (farklı dil konuşma, soruyu anlayamama, ...), birbirleriyle iletişim yapamazlar.
- Ağlarda da, **iletişim yapan iki birimin bir işi başarıyla yapabilmesi için aynı protokolü kullanması gereklidir.**
- **İnternet üzerindeki tüm işlemler protokoller tarafından gerçekleştirilir.**
- Donanımsal (hardware-implemented) protokoller ağ arayüz (network interface) kartlarında kullanılır ve iki bilgisayar arasında bit akışını gerçekleştirir.
- Protokoller, tıkanıklık denetimi, paketlerin kaynak ile hedef arasında izleyeceği yolun belirlenmesi gibi tüm işleri yaparlar.

18

## İnternet nedir?

### Protokol nedir ? - Ağ protokolleri (2)

- Web browser üzerinden bir Web sayfasının adresi girildiğinde, öncelikle bilgisayarımız Web sunucuya istek mesajı gönderir. Ardından bir süre cevap için bekler.
- Sunucu istek mesajını alır ve cevaplar. Gelen olumlu cevaptan sonra bilgisayarımız Web dökümanı isteğini gönderir.
- Web sunucu istenen Web sayfasını bilgisayarımıza gönderir.
- **Bir protokol**, iletişim yapan iki veya daha fazla sayıdaki uç sistem arasında **mesaj formatını, mesaj gönderim sırasını, mesaj gönderme ve almadan sonra ve önce yapılacak işlemleri ve zamanlamayla ilgili tüm işlemleri** tanımlar.

19

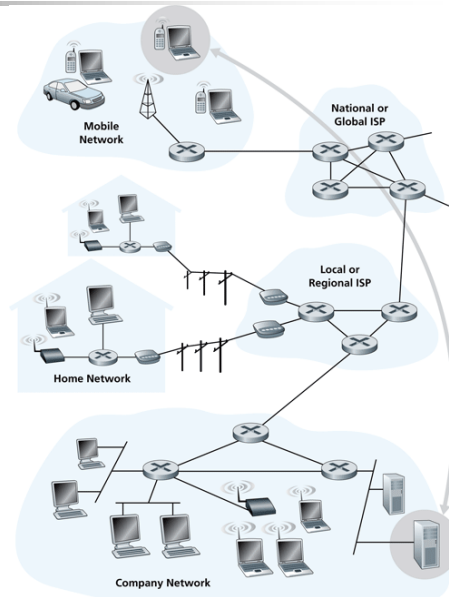
## Ders konuları

- İnternet nedir?
  - Temel Tanımlar
  - Hizmet Tanımları
  - Protokol nedir?
- Ağ uç birimleri
  - Client ve Server programları
  - Erişim ağları
  - Fiziksel ortamlar
- Ağ temel elemanları
  - Devre anahtarlama ve paket anahtarlama
  - Paketlerin yönlendirilmesi
  - İSS'lar ve İnternet omurgası

20

## Ağ uç birimleri

- Bilgisayar ağlarında, İnternet'e bağlı tüm cihazlar (bilgisayarlar, sunucular, mobil cihazlar, ...) **uç sistem** veya **host** olarak adlandırılır.
- Hostlar, **istemci (client)** ve **sunucu (server)** olarak iki gruba ayrılır.



21

## Ders konuları

- İnternet nedir?
  - Temel Tanımlar
  - Hizmet Tanımları
  - Protokol nedir?
- Ağ uç birimleri
  - Client ve Server programları
  - Erişim ağları
  - Fiziksel ortamlar
- Ağ temel elemanları
  - Devre anahtarlama ve paket anahtarlama
  - Paketlerin yönlendirilmesi
  - İSS'lar ve İnternet omurgası

22

## Ağ uç birimleri

### Client ve Server programları

- **Client program**, bir uç sistemde çalışır ve başka bir uç sistemde çalışan **server programdan bir hizmet isteğinde bulunur.**
- Web, e-posta, file transfer, remote login ve diğer çok sayıda popüler uygulama client-server modeline sahiptir.
- İnternetteki **client-server uygulamalar dağıtık uygulamalardır.**
- Client program ile server program İnternet altyapısı üzerinden iletişim yapar.
- Günümüzde tüm İnternet uygulamaları tümüyle client-server mimaride değildir.
- Çoğu İnternet uygulaması **peer-to-peer (P2P)** şeklinde çalışır, **hem client hem de server işlemlerini gerçekleştirir.**

23

## Ders konuları

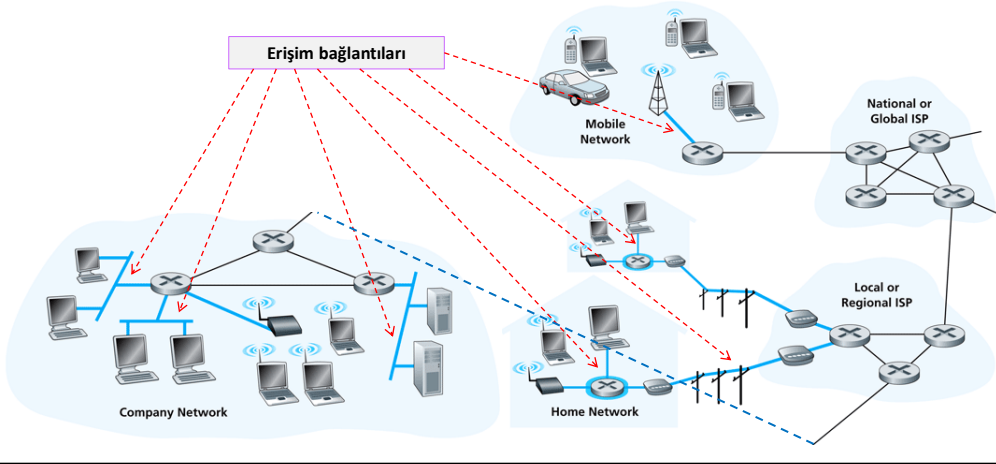
- İnternet nedir?
  - Temel Tanımlar
  - Hizmet Tanımları
  - Protokol nedir?
- Ağ uç birimleri
  - Client ve Server programları
  - Erişim ağları
  - Fiziksel ortamlar
- Ağ temel elemanları
  - Devre anahtarlama ve paket anahtarlama
  - Paketlerin yönlendirilmesi
  - İSS'lar ve İnternet omurgası

24

## Ağ uç birimleri

### Erişim ağları (1)

- Erişim ağları, uç sistemi ilk yönlendiriciye (edge router) bağlayan fiziksel bağlantılardır.



25

## Ağ uç birimleri

### Erişim ağları (2)

- Erişim teknolojileri, lokal telefon kablo altyapısını yaygın olarak kullanır.
- Lokal telefon kablo altyapısı, **lokal telefon şirketi (telephone company - telco)** tarafından sağlanır (Türk Telekom, Verizon, ...).
- Her konut, kendisine en yakın **merkez ofise (central office-CO)**, bir **büklümlü çift (twisted-pair)** kablo ile bağlanır.
- Bir lokal telco yüzlerce CO'ye sahiptir ve her müşteri kendisine en yakın CO'ye bağlanır.

26

## Ağ uç birimleri

### Erişim ağları - Dial-Up (1)

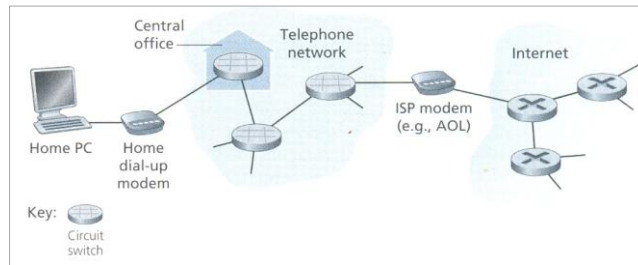
- 1990'lı yıllarda tüm konut kullanıcıları İnternet'e analog telefon hatları ile dial-up modem (**modulator-demodulator**) kullanarak bağlamaktaydı.
- Günümüzde gelişmekte olan ülkelerde ve kırsal bölgelerde hala İnternet'e dial-up erişim yapılmaktadır.
- Amerika'da 2008 yılında %10 kullanıcı dial-up erişim yapıyordu.
- Dial-up erişimde kullanıcı İSS'ya ait numarayı çevirir ve klasik telefon bağlantısı ile İnternet'e bağlanır.
- Bilgisayar bir dial-up modeme ve modem ise analog telefon hattına bağlıdır.
- Bağlantı bükümlü çift kabloyla yapılır.

27

## Ağ uç birimleri

### Erişim ağları - Dial-Up (2)

- Modem bilgisayardan aldığı sayısal veriyi analog sinyale dönüştürür. Alıcı tarafta ise analog sinyal sayısal veriye dönüştürülür.
- Dial-Up İnternet erişiminde iki dezavantaj vardır: **erişim hızı yavaştır (maksimum 56 kbps)** ve **İnternet erişimi sırasında telefon görüşmesi yapılamaz.**



28

## Ağ uç birimleri

### Erişim ağları - DSL (1)

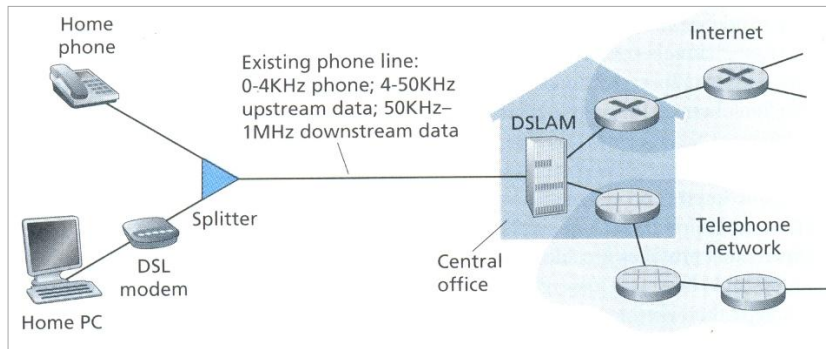
- Günümüzde en yaygın kullanılan **genişbant (broadband)** erişimler, **Digital Subscriber Line (DSL)** ve **cable**'dir.
- Gelişmiş çoğu ülkede %50 den fazla konut kullanıcısı genişbant erişim yapmaktadır.
- Konut kullanıcıları genellikle genişbant erişimi, lokal telefon hizmeti sağlayan şirketten alır. Lokal telco aynı zamanda İSS'dır.
- Müşterinin DSL modemi, telefon bağlantısını kullanarak telco'nun Digital Subscriber Line Access Multiplexer (DSLAM)'ı ile veri iletişimi yapar.

29

## Ağ uç birimleri

### Erişim ağları - DSL (2)

- DSL teknolojileri 3 kanal üzerinden iletişim yapar:
  - Downstream, 50 kHz – 1 MHz
  - Upstream, 4 kHz – 50 kHz
  - Telefon, 0 – 4 kHz



30

### Erişim ağları - DSL (3)

- Telefon görüşmesi ile İnternet erişimi eşzamanlı yapılır.
- Veri iletişimi dial-up erişime göre çok hızlıdır(1-2Mbps downstream, 128kbps-1Mbps upstream).
- Downstream ve upstream hızı farklı olduğundan asimetrik (Asymmetric DSL - ADSL) olarak adlandırılır.
- Veri-high speed DSL (VDSL), symmetric DSL (SDSL) gibi farklı DSL teknolojileri kullanılmaktadır.

31

### Erişim ağları - Cable (1)

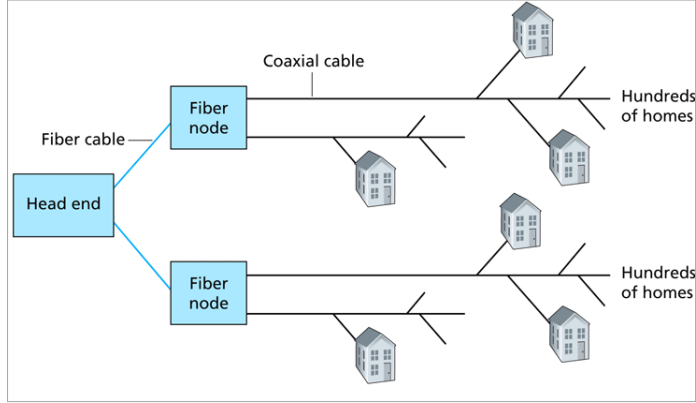
- Kablo TV sistemi **koaksiyel kablo** üzerinden TV kanallarını **broadcast** yayınlar.
- DSL ve dial-up teknolojilerinin mevcut telefon altyapısını kullandığı gibi, cable İnternet erişimi ise mevcut kablo TV altyapısını kullanır.
- Kullanıcı kablo TV hizmetini aldığı şirketten İnternet erişimi hizmetini alır.
- Kullanıcı bağlantısı koaksiyel kablo ile yapılır. Fiber node ile head end arasındaki bağlantı ise fiber optik kablo ile yapılır.
- Cable İnternet erişiminde **hem koaksiyel kablo hem de fiber kullanıldığı** için **Hybrid Fiber Coax (HFC)** olarak adlandırılır.

32



## Erişim ağları - Cable (2)

- Cable İnternet erişimi cable modem ile yapılır.
- DSL modem gibi cable modem de bilgisayara external olarak Ethernet Portu üzerinden bağlanır.



33

## Erişim ağları - Cable (3)

- DSL modem gibi erişim asimetrik olarak yapılır.
- Cable İnternet erişimi **shared broadcast (paylaşılmış tüme gönderim)** ortam üzerinden yapılır.
- Her paket tüm bağlantılara ve tüm konutlara gönderilir.
- Eş zamanlı iletişim sayısı arttıkça iletim hızı düşer.

34

## Ağ uç birimleri

### Erişim ağları - Fiber-To-The-Home (FTTH) (1)

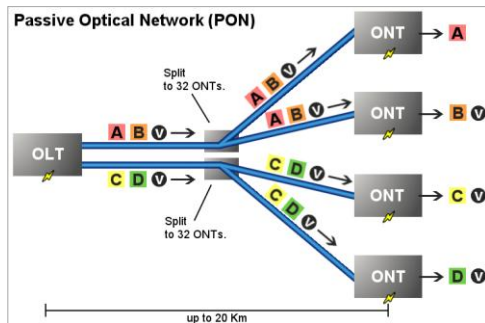
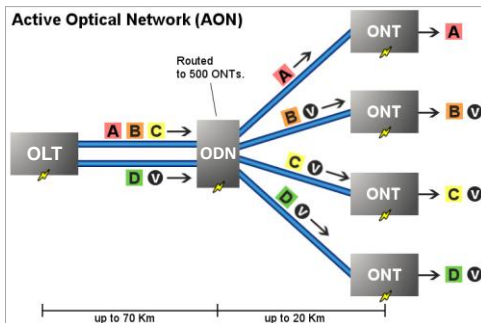
- Fiber optik kablolar, bükümlü kablo ve koaksiyel kabloya göre çok yüksek iletim oranına (transmission rate) sahiptir.
- Bazı lokal telefon şirketleri, daha yüksek İnternet erişimi sağlamak için kendi merkez ofisleri (central office - CO) ile konutlar arasında fiber optik bağlantı sağlamaktadırlar.
- Amerika'da bazı telefon altyapı şirketleri bu hizmeti sağlamaktadır.
- Optik dağıtım ağı mimarisi iki şekilde gerçekleştirilir: **Active Optical Network (AON)** ve **Passive Optical Network (PON)**.

35

## Ağ uç birimleri

### Erişim ağları - Fiber-To-The-Home (FTTH) (2)

- AON mimarisi Ethernet ağı yapısına benzer.
- Yönlendirme için (Optical Distribution Network – ODN) layer2 **switch** veya layer3 **router** kullanılır.
- Optical Line Terminator (OLT) telco'da bulunur.
- ONT (Optical Network Terminator) ev konutta bulunur.

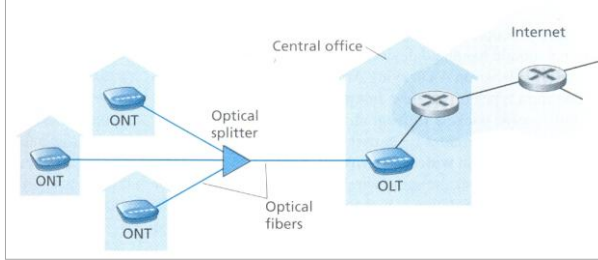


36

## Ağ uç birimleri

### Erişim ağları - Fiber-To-The-Home (FTTH) (3)

- PON mimarisinde her konut bir ONT (Optical Network Terminator) cihazına sahiptir.
- Optical splitter yaklaşık 100 tane konutu birleştirir ve telco'da bulunan OLT (Optical Line Terminator)'ye bağlantı sağlar.
- Konut kullanıcıları bir router ile ONT'ye bağlanarak İnternet erişimi yaparlar (Gbps).
- İletim hızına göre ücretlendirme yapılır.
- Kullanıcılar 10-20Mbps download, 2-10Mbps upload seçmektedirler.

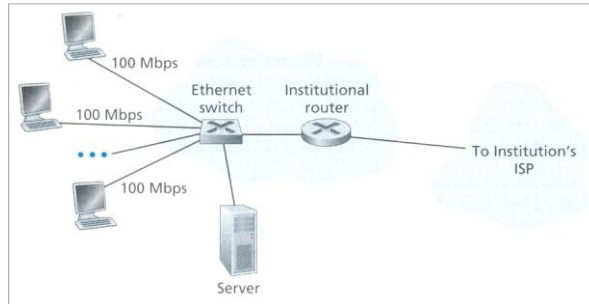


37

## Ağ uç birimleri

### Erişim ağları - Ethernet

- Bir şirket veya üniversitede **Local Area Network (LAN)** bir uç router'a bağlanmak için kullanılır.
- Çok sayıda LAN teknolojisi vardır (Token Ring, WiFi) ancak en yaygın kullanılan Ethernet ağlarıdır.
- Ethernet ağlara bağlantı bükümlü çift kabloyla yapılır ve 100Mbps, 1Gbps ve hatta 10Gbps hızlarında iletişim yapılabilir.



38

## Ağ uç birimleri

### Erişim ağları - WiFi (1)

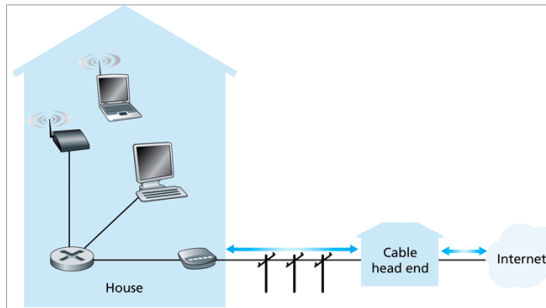
- Kablosuz İnternet erişimi giderek yaygınlaşmaya başlamıştır.
- Günümüzde iki tür kablosuz İnternet erişimi yapılmaktadır.
- **Wireless LAN (WLAN)** ile erişimde, kullanıcılar paketleri bir erişim noktasına (Access Point – AP) iletirler. AP ise kablo ile bir LAN bağlantısına sahiptir.
- **Wide-Area Wireless Access Network** ile erişimde, kullanıcılar kendilerinden kilometrelerce uzakta bulunan ve hücresel telefonla (**Cellular Phone**) aynı altyapıyı kullanan baz istasyonuna (**Base Station - BS**) bağlanırlar.
- WLAN erişim, **IEEE 802.11** teknolojisini (**Wireless Fidelity - WiFi**) kullanır (54Mbps).

39

## Ağ uç birimleri

### Erişim ağları - WiFi (2)

- Konutlarda broadband erişim (cable, DSL) bir WLAN teknolojisiyle birlikte kullanılabilir.
- Baz istasyonu (wireless access point) ile kablosuz cihazların erişimi yapılabilir.
- Router doğrudan kabloyla bağlantı için kullanılabilir.



40

## Ağ uç birimleri

### Erişim ağları - Wide Area Wireless Access

- Kablosuz teknolojiyle İnternet erişiminde, AP'ye uzaklığın 100 metrenin altında olması gerekir.
- Bu uzaklık açık alanlarda seyahat ederken (plaj, otobüs, otomobil, ...) yeterli olmamaktadır.
- Telefon şirketleri üçüncü jenerasyon (Third Generation – 3G) kablosuz erişimi sağlamaktadır (1Mbps).

41

## Ağ uç birimleri

### Erişim ağları - WiMAX

- **WiMAX (IEEE 802.16)**, 5-10Mbps veya daha yüksek iletim hızlarını onlarca kilometrelik bir alanda sağlamaktadır.
- WiMAX günümüz hücresel telefon sistemlerinden bağımsız çalışmaktadır.
- WiMAX sabit kullanıcılar için geliştirilmiştir.
- **Mobile-Fi (IEEE 802.20)**, mobil kullanıcılar için geniş alanda İnternet erişimi sağlar.

42

## Ders konuları

- İnternet nedir?
  - Temel Tanımlar
  - Hizmet Tanımları
  - Protokol nedir?
- Ağ uç birimleri
  - Client ve Server programları
  - Erişim ağları
  - Fiziksel ortamlar
- Ağ temel elemanları
  - Devre anahtarlama ve paket anahtarlama
  - Paketlerin yönlendirilmesi
  - İSS'lar ve İnternet omurgası

43

## Ağ uç birimleri

### Fiziksel ortamlar

- Bir uç sistemden gönderilen bir bit çok sayıda düğüm noktasından ve bunlar arasındaki bağlantılardan geçer.
- Bir bit, kullanılan iletim ortamına göre elektromanyetik dalga, elektrik sinyali veya optik palsler halinde yayılır.
- İletim ortamları iki gruba ayrılır: **guided media** ve **unguided media**.
- **Fiber optik kablo, bükümlü çift kablo, koaksiyel kablo** guided media grubundadır.
- **Atmosfer ve uzay boşluğu** unguided media grubundadır.

44

## Ağ uç birimleri

### Fiziksel ortamlar - Büklümlü çift kablolar

- Büklümlü çift bakır tellerin (Twisted Pair Copper Wire) ilk kullanımı telefon hatlarındadır.
- Gürültünün etkisini azaltmak için teller birbirine sarılarak oluşturulur.
- Dış kısmında metal kılıf olmayanlar, **Unshielded Twisted Pair (UTP)** olarak adlandırılır ve en yaygın kullanılandır.
- Dış kısmına kılıf kullanılanlar, **Shielded Twisted Pair (STP)** olarak adlandırılır ve maliyeti daha yüksektir.
- UTP kablolar category numaralarına göre sınıflandırılırlar.
- Günümüzde CAT 6 yaygın kullanılmaktadır.

45

## Ağ uç birimleri

### Fiziksel ortamlar - Koaksiyel kablolar

- Büklümlü kablolar gibi koaksiyel kablolar da iki bakır iletkenine sahiptir.
- Özel yalıtkan malzemesi ve kılıfı sayesinde **daha yüksek bit oranı** sağlarlar.
- Koaksiyel kablolar TV sistemlerinde çok yaygındır.
- Koaksiyel kablolar **paylaşılmış ortam (shared medium)** olarak kullanılabilir.
- Çok sayıda uç sistem doğrudan koaksiyel kabloya bağlanabilir (Bus topolojisi).

46

## Ağ uç birimleri

### Fiziksel ortamlar - Fiber optik

- Fiber optik kablolar görünen ışık palsleriyle iletişim yaparlar.
- Bir fiber optik >100Gbps bit oranı sağlayabilir ve 100km'den fazla mesafeye zayıflamadan iletilebilir.
- Özellikle kıtalararası (**long-haul**) guided iletim ortamı olarak kullanılır.
- İnternet **omurgasının (backbone)** önemli kısmını fiber optik kablolar oluşturur.
- OC (Optical Carrier) standart 51.8Mbps ile 39.8Gbps arasında hıza sahiptir.
- Kısaca OC-n ( $n \times 51.8\text{Mbps}$ ) olarak ifade edilir (OC-1, OC-3, ..., OC-768).

47

## Ağ uç birimleri

### Fiziksel ortamlar - Karasal radyo kanalları

- Karasal radyo kanalları (terrestrial radio channels) fiziksel bir tel kurulumuna ihtiyaç duymadıkları için giderek yaygınlaşmaktadır.
- Uzak mesafelere iletişim yapılabilir ve duvarlardan geçebilir.
- Ortam özellikleri (nem, sis, yağmur, ...) sinyalde bozulma ve zayıflamaya neden olur.
- İki gruba ayrılır: **local area radio channels** (WLAN'larda kullanılır) ve **wide area radio channels** (hücresel erişim teknolojilerinde kullanılır).

48



## Ağ uç birimleri

### Fiziksel ortamlar - Uydu radyo kanalları (1)

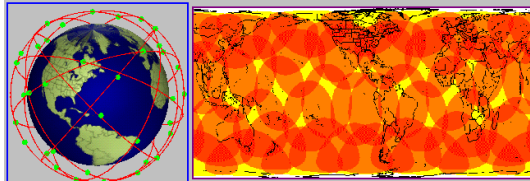
- Bir iletim uydusu, iki veya daha fazla yer istasyonu (**Earth-based station**) arasında alıcı vericiyi birbirine bağlar.
- Genel olarak 3 tür uydu ile iletişim yapılmaktadır: **geostationary earth orbit (GEO)**, **medium earth orbit (MEO)** ve **low-earth orbit (LEO)** satellites.
- GEO uydular yeryüzünün bir noktası üzerinde sabit olarak kalırlar. Yeryüzünden yaklaşık 36000km yüksektedir ve sinyal erişim süresi 280ms'dir.
- MEO ve LEO uydular yeryüzüne daha yakındır ancak sabit bir nokta üzerinde durmazlar.

49

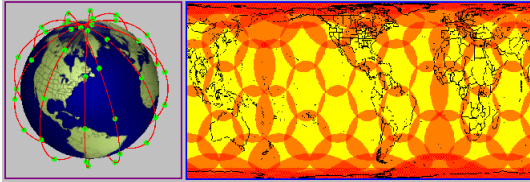
## Ağ uç birimleri

### Fiziksel ortamlar - Uydu radyo kanalları (2)

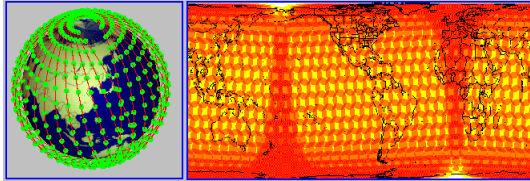
Globalstar



Iridium



Teledesic



50

## Ders konuları

- İnternet nedir?
  - Temel Tanımlar
  - Hizmet Tanımları
  - Protokol nedir?
- Ağ uç birimleri
  - Client ve Server programları
  - Erişim ağları
  - Fiziksel ortamlar
- Ağ temel elemanları
  - Devre anahtarlama ve paket anahtarlama
  - Paketlerin yönlendirilmesi
  - İSS'lar ve İnternet omurgası

51

## Ağ temel elemanları

### Devre anahtarlama ve paket anahtarlama (1)

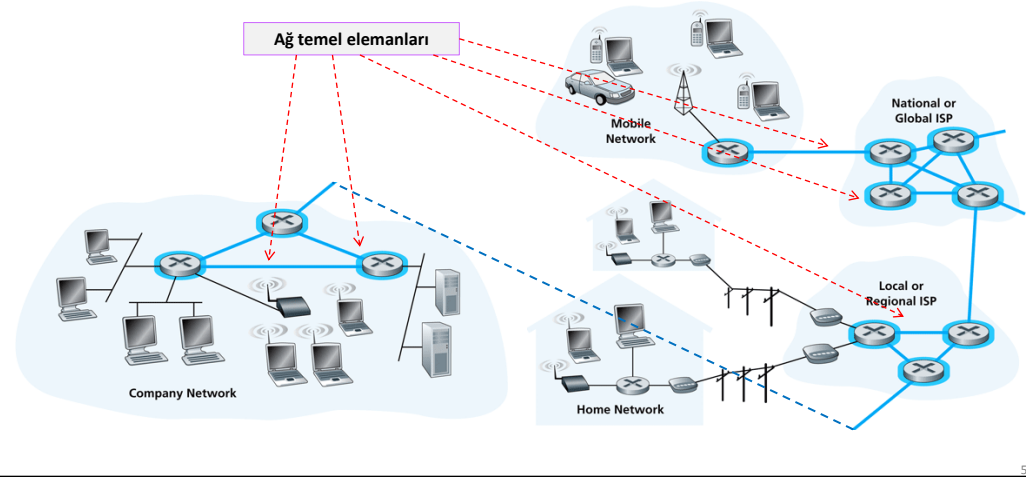
- Verinin bağlantılar ve anahtarlar aracılığıyla ağ içinde taşınması için iki tür yaklaşım bulunmaktadır: **devre anahtarlama (circuit switching)** ve **paket anahtarlama (packet switching)**.
- Devre anahtarlama ağı, iletişim boyunca uç sistemler arasında bir yol kurulur.
- Paket anahtarlama ağı, her paket için gereksinim olduğunda kaynak ayrımı yapılır ve iletim hattına erişim için bekleme oluşabilir.
- **Telefon ağı**, devre anahtarlama ağı için örnektir.
- **İnternet**, paket anahtarlama ağı için örnektir.

52

## Ağ temel elemanları

### Devre anahtarlama ve paket anahtarlama (2)

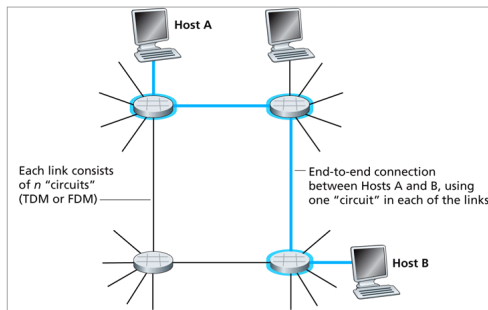
- Şekilde ağ temel (network core) bileşenleri görülmektedir.



## Ağ temel elemanları

### Devre anahtarlama (1)

- Şekilde devre anahtarlama için örnek görülmektedir.
- Her bağlantı  $n$  tane devreye sahiptir ve eşzamanlı  $n$  tane bağlantıyı destekler (her bağlantı için  $1/n$  kısmı ayrılır).
- Host'lar doğrudan bir anahtara bağlanır ve iletişim yapan iki host arasında adanmış (dedicated) bir bağlantı oluşturulur.



## Ağ temel elemanları

### Devre anahtarlama (2)

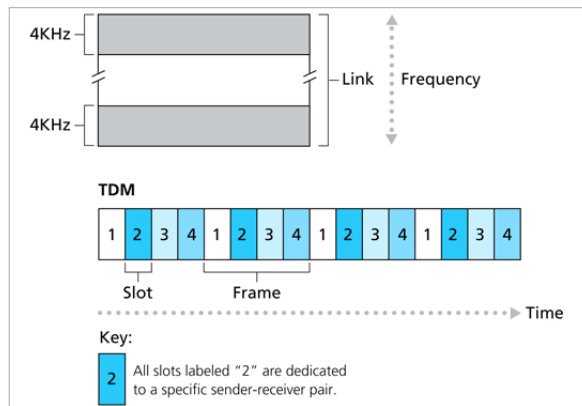
- Bir bağlantı için devre, **frequency-division multiplexing (FDM)** veya **time-division multiplexing (TDM)** ile kurulur.
- **FDM ile** bir bağlantının frekans spektrumu parçalara (**bant**) ayrılır ve **her parça bir iletişime ayrılır**.
- **TDM ile** veriler çerçeveler (frames) halinde gönderilir ve **frame içindeki her slot bir iletişime ayrılır**.
- Devre anahtarlama ağıların en büyük dezavantajı kaynakları **verimsiz** kullanmasıdır.
- Devre anahtarlama ağılar veri iletişimine başlamadan önce yol kurulumu yapar.

55

## Ağ temel elemanları

### Devre anahtarlama (3)

- Devre anahtarlama ağılarda veri iletişimi paket anahtarlama ağılara göre çok hızlıdır.
- Şekilde FDM ve TDM görülmektedir.



56

## Ağ temel elemanları

### Devre anahtarlama - Örnek

- Host A ile Host B arasında devre anahtarlama ağı üzerinden 640.000 bit gönderilecektir.
- Ağdaki tüm bağlantılar 24 slot ile TDM kullanmaktadır ve bit oranı 1.536Mbps.
- Uçtan uca devre kurulumu 0.5s'de yapılmaktadır.
- **Dosyanın gönderilmesi için gereken süre ne kadardır?**

Her devrenin iletim oranı =  $1.536\text{Mbps} / 24 = 64\text{kbps}$

Dosyanın gönderim süresi =  $640.000 / 64\text{kbps} = 10\text{s}$

**Toplam süre** = Devre kurulum süresi + Gönderim süresi  
=  $0.5\text{s} + 10\text{s} = 10.5\text{s}$

57

## Ağ temel elemanları

### Paket anahtarlama (1)

- Dağıtık uygulamalar görevlerini karşılıklı mesaj ileterek yaparlar.
- Bir mesaj protokol tasarımcısının istediği herhangi bir veriyi bulundurabilir.
- Günümüz bilgisayar ağlarında, uzun mesajlar küçük parçalara **(paket)** ayrılır. Bu paketlerin her birisi, bağlantılar ve paket anahtarlar aracılığıyla kaynak ile hedef arasında iletilir.
- Günümüz paket anahtarların çoğu **depola ve yönlendir (store-and-forward)** şeklinde iletim yaparlar. Store-and-forward yaklaşımında, bir paketin tamamı alınır sonra yönlendirilir.
- **Store-and-forward gecikmesi =  $L / R$  olur.** (L=paket boyutu, R=iletim hızı)

58

## Ağ temel elemanları

### Paket anahtarlama (2)

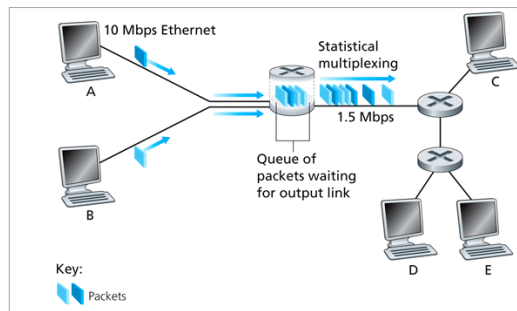
- Paket anahtarlar her bağlantı (port) için çıkış kuyruğuna (**output queue/buffer**) sahiptir.
- Bir paket, yönlendirildiği port o anda kullanılıyorsa kuyruğa alınarak bekletilir. Bu durumda **kuyruk gecikmesi (queuing delay)** oluşur.
- Eğer kuyruk tamamen doluyorsa gelen paket atılır. Bu durumda **paket kayıpları (packet loss)** oluşur.

59

## Ağ temel elemanları

### Paket anahtarlama (3)

- Aşağıdaki şekilde paket anahtarlama görülmektedir.
- Host A ve Host B paket göndermektedir.
- Host A ve Host B 10Mbps Ethernet üzerinden paket göndermektedir. Paket anahtar 1.5Mbps bağlantıya sahiptir ve 1.5Mbps'ten fazla paket gelince paket kayıpları oluşur.



60

### Statistical multiplexing (1)

- Devre anahtarlama kaynak paylaşımı yapılmaz ve iletişim süresince bir kaynak **kullanılmasa bile** tek bir iletişime ayrılmıştır.
- Paket anahtarlama, kaynak paylaşımı yapılır ancak **uçtan uca gecikme öngörülebilir ve sabit olmadığından** gerçek zamanlı uygulamalar için uygun değildir.
- Devre anahtarlama, veri gönderen kullanıcıya daha fazla kaynak ayırma, veri göndermeyen kullanıcıya kaynak ayırmama **statistical multiplexing** ile yapılır.

61

### Statistical multiplexing - örnek

Kullanıcılar 1Mbps bir bağlantıyı paylaşmaktadır. Her kullanıcı 10kbps sabit veri oranına sahiptir. TDM ile devre anahtarlama bağlantıda bir saniyede 10 slot oluşturularak eşzamanlı 10 kullanıcının iletişim yapması sağlanabilir (1Mbps/100kbps).

Paket anahtarlama, bir kullanıcının aktif olma olasılığı 100kbps/1Mbps = 0.1 olur. 35 kullanıcı olursa aynı anda 11 ve daha fazla kullanıcının aktif olma olasılığı 0.0004 ten küçük olur. 10 ve daha az kullanıcının aynı anda aktif olma olasılığı 0.9996 olur.

$$f_b(x) = \frac{n! p^x (1-p)^{n-x}}{x! (n-x)!} \Rightarrow f_b(11) = \frac{35! (0.1)^{11} (1-0.1)^{35-11}}{11! (35-11)!}$$

$n$  = toplam kullanıcı sayısı

$p$  = her kullanıcı için ayrılan kaynak oranı

$x$  = aynı andaki kullanıcı sayısı

62

### Statistical multiplexing - örnek

- 10 ve daha az kullanıcının eşzamanlı aktif olması durumunda gecikme yaşanmaz.
- 10'dan daha fazla kullanıcının eşzamanlı aktif olması durumunda çıkış kuyruğu büyümeye başlar.
- 10 kullanıcıya kadar paket anahtarlama ile devre anahtarlama elde edilen performansa eşit performans elde edilir.
- **Paket anahtarlama ağlarda daha fazla kullanıcı aynı anda çalışabilir.**

63

### Statistical multiplexing (2)

- Devre anahtarlama 10 kullanıcıdan 9 tanesi aktif değilken 1 tanesi aktif olsun. Bu 1 kullanıcı bir anda 1Mbps veri göndersin.
- Kendisine ayrılan 100kbps iletişim hattı üzerinden veriyi 10 saniyede gönderir. Ancak diğer 9 slot boş olarak kalmıştır.
- Eğer veri gönderilmeyen 9 slotta kullanılsaydı 1 saniyede gönderilecekti.
- **Statistical multiplexing veri gönderilmeyen slotları veri gönderen kullanıcılara ayırır ve boş slot kullanımını ortadan kaldırır.**

64



## Ders konuları

- İnternet nedir?
  - Temel Tanımlar
  - Hizmet Tanımları
  - Protokol nedir?
- Ağ uç birimleri
  - Client ve Server programları
  - Erişim ağları
  - Fiziksel ortamlar
- Ağ temel elemanları
  - Devre anahtarlama ve paket anahtarlama
  - Paketlerin yönlendirilmesi
  - İSS'lar ve İnternet omurgası

65

## Ağ temel elemanları

### Paketlerin yönlendirilmesi

- İnternette her paket gideceği hedefin adresini başlık bilgisi kısmında bulundurur.
- Bir router gelen her paketin adresini alır ve kendisinden sonra gideceği router'ı belirler.
- Her router gelen paketleri yönlendirmek için bir **yönlendirme tablosuna (forwarding table)** sahiptir ve hedef adres ile çıkış bağlantılarını eşleştirir.
- Yönlendirme tablosunu otomatik olarak güncellemek için İnternette çok sayıda yönlendirme protokolü vardır.
- Her router kendi yönlendirme tablosunda komşuluklarına ve hedef adreslere ilişkin bilgileri saklar.

66

## Ders konuları

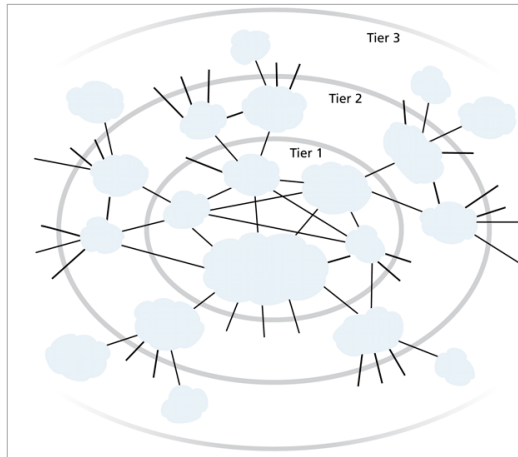
- İnternet nedir?
  - Temel Tanımlar
  - Hizmet Tanımları
  - Protokol nedir?
- Ağ uç birimleri
  - Client ve Server programları
  - Erişim ağları
  - Fiziksel ortamlar
- Ağ temel elemanları
  - Devre anahtarlama ve paket anahtarlama
  - Paketlerin yönlendirilmesi
  - İSS'lar ve İnternet omurgası

67

## Ağ temel elemanları

### İSS'lar ve İnternet omurgası (1)

- İnternete uç sistemler bir İSS aracılığıyla bağlanır.
- İnternette İSS'lar katmanlı (tier) ve hiyerarşik yapıdadır.



68

## Ağ temel elemanları

### İSS'lar ve İnternet omurgası (2)

- En üst noktada tier-1 İSS'lar vardır. En alt noktada ise tier-3 İSS'lar vardır.
- Tier-1 İSS'ların hızları 622Mbps veya daha yüksektir. Tier-1 İSS'lardan 2.5Gbps-10Gbps hızında olanlar vardır.
- Tier-1 İSS'lar doğrudan diğer tier-1 İSS'lara bağlıdır.
- Tier-1 İSS'lara çok sayıda tier-2 İSS bağlıdır.
- Tier-1 İSS'lar kapladığı alan olarak uluslararası ölçektir.
- **Tier-1 İSS'ları İnternet'in omurgası (backbone)** olarak adlandırılır (Verizon, AT&T, Sprint, MCI, ...).

69

## Ağ temel elemanları

### İSS'lar ve İnternet omurgası (3)

- Tier-2 İSS'ları ulusal veya bölgesel ölçekte dirler ve birkaç tane tier-1 İSS'ya bağlıdır.
- **Tier-2** İSS'ları tier-1 İSS için **müşteri** durumundadır. **Tier-1** İSS'ları ise **sağlayıcı** durumundadır.
- Bir sağlayıcı İSS, kendi müşterileri olan İSS'lardan bağlantının iletim hızına göre ücret alır.
- İki tier-2 İSS kendi arasında bağlantı oluşturulabilir. Bu durumda kendi aralarında tier-1 İSS kullanmadan veri aktarımı yaparlar.
- Aynı katmandaki iki tier kendi arasında bağlantıya sahipse, bunlara **peer** denir. Bir İSS ağında, diğer İSS'lara bağlantı yapılan noktalara **Points of Presence (POPs)** denir.

70

## Ağ temel elemanları

### İSS'lar ve İnternet omurgası (4)

- Bir POP, İSS ağındaki bir veya daha fazla router'dır ve diğer İSS router'ları kendisine bağlıdır.
- Bir tier-1 İSS, coğrafik olarak farklı noktalarda çok sayıda POP'a sahiptir ve müşteri ağları bu POP'lara bağlanır.
- Bir müşteri ağının POP'a bağlanması için, bir yüksek hıza sahip bağlantı kiralaması ve kendi router'larından birisini sağlayıcı İSS'nin router'una bağlaması gereklidir.
- Kullanıcılar ve içerik sağlayıcılar alt katman İSS'ların müşterisidir. Alt katman tier'lar ise üst katman tier'ların müşterisidir.

71

## Ödev

- İnternet'teki uygulamalar, özellikleri, ücretlendirmesi, İnternet üzerinde oluşturduğu trafik, kullanım yoğunluğu ve kullanım alanları hakkında detaylı bir ödev hazırlayınız.

72