

# Bilgisayar Programcılığı Uzaktan Eğitim Programı

**e-BİLG 121 AĞ TEKNOLOJİLERİNİN  
TEMELLERİ**

Öğr. Gör. Bekir Güler  
E-mail: [bguler@fatih.edu.tr](mailto:bguler@fatih.edu.tr)

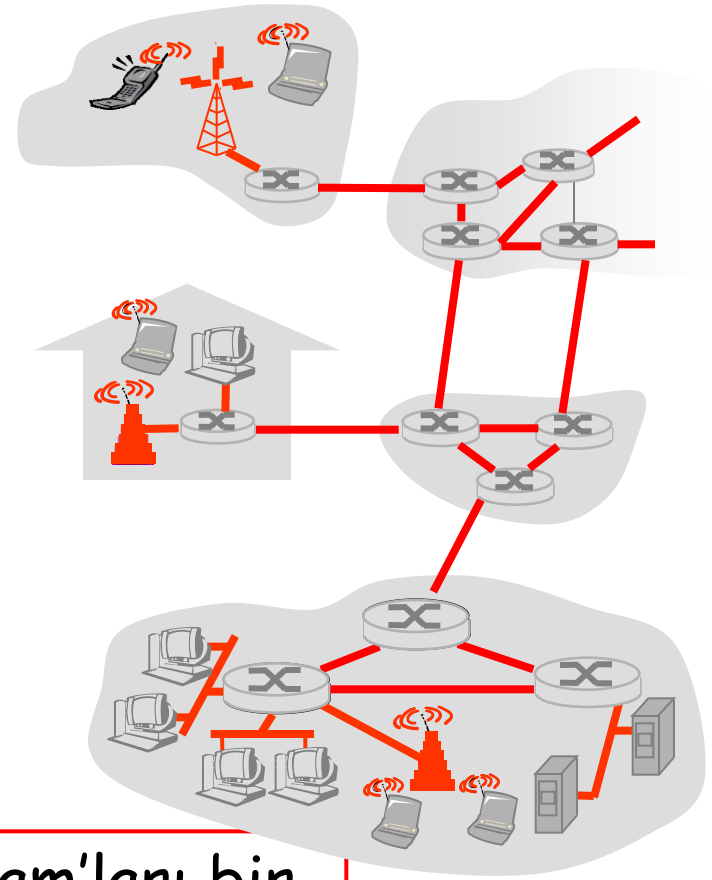
# Hafta 7: Bağlantı (link) katmanı ve Yerel Alan ağı (Local Area Network-LAN)

- ❑ 5.1 Giriş ve hizmetler
- ❑ 5.2 Hata algılama ve düzeltme
- ❑ 5.3 Çoklu erişim protokolleri
- ❑ 5.4 Bağlantı katmanı adresleme

# 5.1 Bağlantı (Link) katmanı: Giriş

## Bazı terimler:

- ❑ Bilgisayar ve yönlendiricilere ağda **düğüm (node)** adı verilir
- ❑ Ağda komşu düğümleri bağlayan iletişim yollarına **bağlantı (link)** adı verilir
  - Kablolu bağlantılar
  - Kablosuz bağlantılar
  - Yerel ağlar (LANs)
- ❑ 2. Bağlantı katmanında paketlere **frame** adı verilir ve frame, datagram içerir



**Bağlantı katmanının görevi:** datagram'ları bir düğümden komşu bir düğüme bir bağlantı üzerinden iletmektir

# Bağlantı katmanının kapsamı

- Datagram iletilirken, farklı bağlantılarda farklı bağlantı protokolleri kullanılabilir:
  - Örneğin, ilk bağlantıda Ethernet, orta bağlantılarda frame relay, son bağlantıda 802.11

# Bağlantı katmanı hizmetleri

## □ *Frame oluşturmak:*

- Datagram'lara başlık ekleyerek frame içine koyar
- Paylaşılan bir ortam ise bir kanaldan üzerinden erişim sağlanır
- Kaynak ve hedefi belirlemek için frame başlığında MAC (donanım) adresi kullanılır
  - MAC adresi, IP adresinden farklı!

## □ *Komşu düğümler arasında güvenli aktarım*

- Komşu düğümler ile düşük bit hata oranıyla bağlantı kurulur (fiber, bazı twisted pair)
- Kablosuz bağlantılarda hata oranları yüksektir

# Bağlantı (Link) katmanı hizmetleri (devamı)

## ❑ *Akış denetimi:*

- Komşu gönderen ve alan düğümler arasında hız kontrolü

## ❑ *Hata algılama:*

- Sinyali zayıf olması veya elektro manyetik girişim sonucu hatalar olabilir
- Alıcı hataların varlığını algılar:
  - Kayıp frame'lerin tekrar gönderilmesi için gönderen uyarılır

## ❑ *Hata düzeltme:*

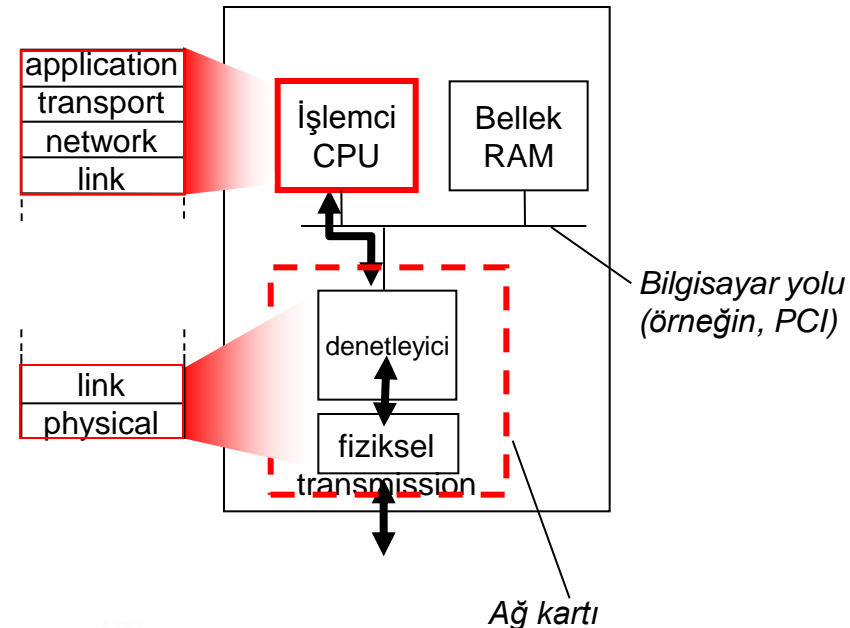
- Alıcı, bit hatalarını gönderenden istemeden algılar ve düzeltir

## ❑ *Yarı çift yönlü (half-duplex) ve tam çift yönlü(full-duplex) iletim*

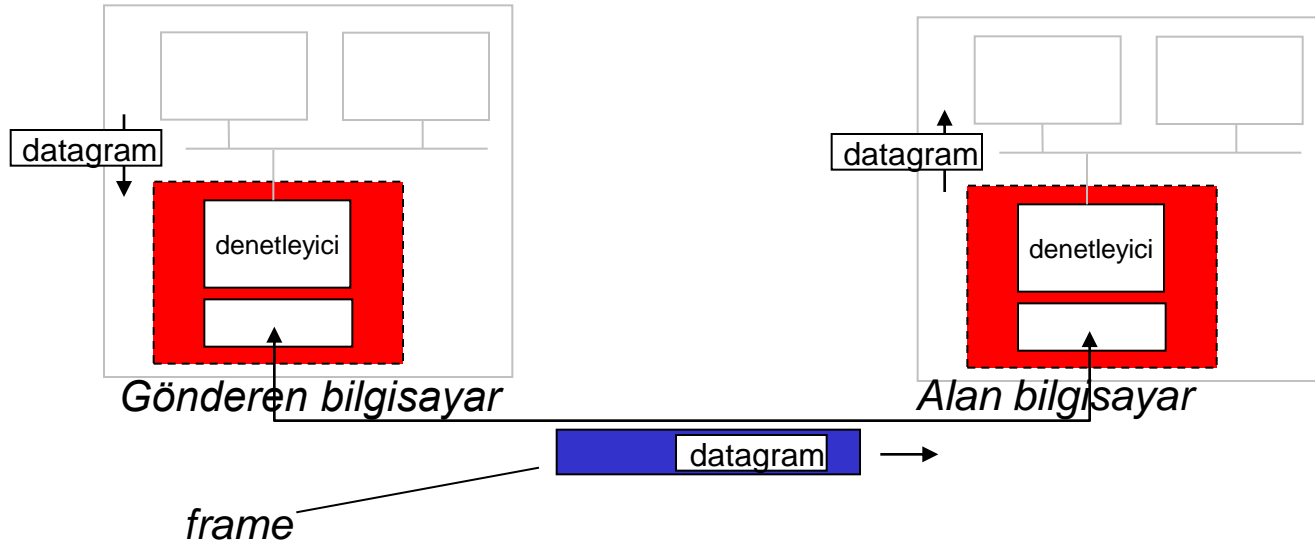
- Yarı çift yönlüde bağlantının ucundaki düğümler aynı zamanda olmasa da iletimde bulunabilirler. Tam çift yönlüde aynı zamanda çift yönlü iletim yapılır

## Bağlantı katmanı nerede uygulanır?

- ❑ Her bir bilgisayarda
- ❑ Bağlantı katmanı, ağ kartında (*network interface card-NIC*) uygulanır
  - Ethernet kartı, PCMCIA kartı, 802.11 kartı
  - Ethernet kartı, bağlantı ve fiziksel katmanı uygular
- ❑ Ethernet kartı bilgisayarın sistem yoluna bağlanır
- ❑ Donanım ve yazılımın birleşimidir



# Ağ kartları arası iletişim



## □ Gönderen taraf:

- Datagram'ı, frame içine koyar
- Hata denetleme bitleri, rdt ve akış denetimi gibi bilgiyi ekler

## □ Alan taraf

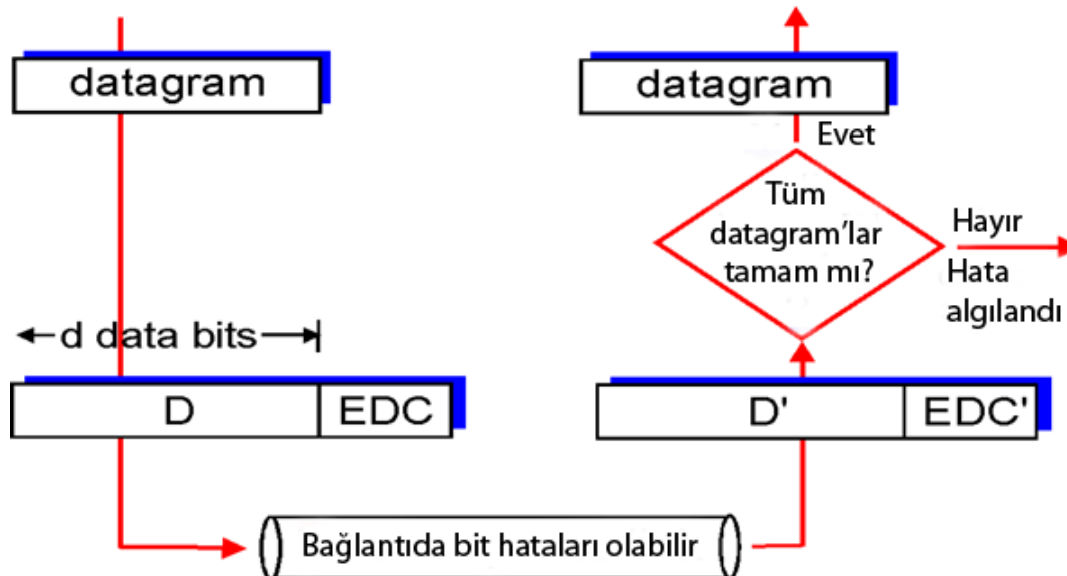
- Hataları arar ve akış denetim yapar
- Frame açar, içindeki datagram'ları üst katmana iletir



## 5.2 Hata algılama

Error Detection and Correction (EDC) = hata algılama ve düzeltme  
Data (D) = veri

- Hata algılama % 100 güvenli değildir!
  - Protokol bazı hataları kaçırabilir
  - EDC alanı büyük olursa daha iyi hata algılama ve düzeltme yapılır



# Eşlik denetimi (Parity Checking)

Hata algılamada kullanılan 2 yöntem aşağıdadır

## Tek bit parity:

Tek bitlik hataları algılar. Hatalar düzeltilmez

## İki boyutlu bit parity:

Tek bitlik hataları algılar ve düzeltir

# Internet checksum (tekrar)

Amaç: Aktarılan paketteki hataları algılamak (bu işlem taşıma katmanında gerçekleştirilir)

## Gönderen:

- ❑ Segment içeriklerini, 16-bitlik tamsayı dizisi olarak işler
- ❑ Segment içeriklerinden Checksum değeri hesaplanır
- ❑ Gönderen, checksum değerini UDP checksum alanına koyar

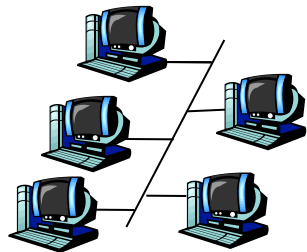
## Alıcı:

- ❑ Alınan segment'in checksum değerini hesaplar
- ❑ Hesaplanan checksum ve checksum alanındaki değerlerin aynı olmasına bakılır:
  - Hayır- hata algılandı
  - Evet- hata algılanmadı. *Ama yine de hata olabilir*

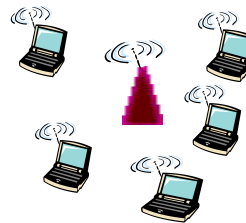
## 5.3 Çoklu erişim bağlantıları ve protokolleri

### Bağlantıların 2 türü

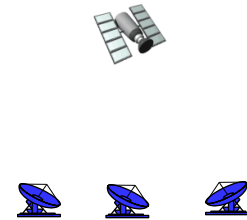
- ❑ Noktadan noktaya (point-to-point)
  - Dial-up erişim
  - Ethernet switch ve bilgisayar arasında noktadan noktaya bağlantı
- ❑ **Yayın (broadcast)** (paylaşılan kablo veya ortam)
  - Eski Ethernet
  - 802.11 kablosuz LAN



Paylaşılan kablo  
(örneğin, kablolu Ethernet)



Paylaşılan radyo sinyali  
(örneğin, 802.11 WiFi)



Paylaşılan radyo sinyali  
(uydu)

# Çoklu erişim protokolü

- ❑ Tek, paylaşılan yayın kanalı
- ❑ Düğümler tarafından kanala aynı anda kanala 2 veya daha fazla yayımlama olursa
  - Eğer bir düğüm aynı anda birden fazla sinyal alırsa **çakışma (collision)** olur

## Çoklu erişim protokolü

- ❑ Düğümlerin kanalı nasıl paylaşılacağı algoritmalar belirler
  - Örneğin, düğümün ne zaman ileteceği belirlenir

# İdeal, çoklu erişim protokolü

## Hızı $R$ bps olan broadcast kanalı

1. Bir düğüm iletmek istediğinde  $R$  hızında gönderebilir
2.  $M$  tane düğüm iletmek istediğinde her bir düğüm ortalama  $R/M$  hızında gönderir
3. Merkezi olmayan bir yapı:
  - İletimleri koordine etmek için özel bir düğüm yoktur
  - Zamanın senkronizasyonu ve zaman dilimi yoktur
4. basit

# Çoklu ortam erişim (MAC) protokolleri

3 gruba ayrılır:

## ❑ Kanalın bölünmesi

- Kanal küçük parçalar (zaman dilimleri, frekans) halinde bölünür
- Bir parça özel bir kullanıcıya tahsis edilir

## ❑ Rasgele erişim

- Kanal bölünmez, çakışmalara izin verilir
- Çakışmalar kurtarılır

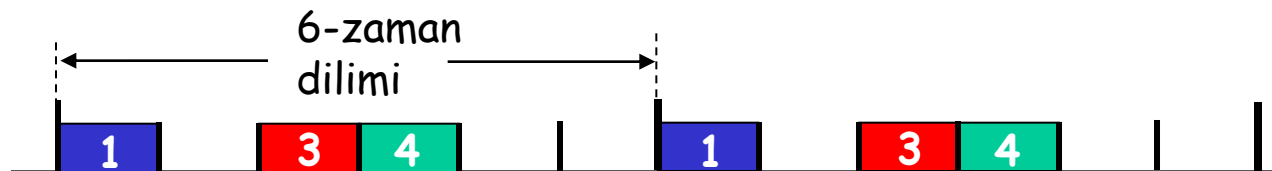
## ❑ Sırayla erişim

- Düğüm sırasını bekler, daha çok gönderen düğüme daha çok sıra verilir

# MAC protokolleri: Kanalin bölünmesi-TDMA

## TDMA: Zamanın bölünerek çoklu erişim

- ❑ Kanala erişim sırayla olur
- ❑ Her bir düğüm sabit uzunlukta bir zaman diliminde kanala erişim sağlar
- ❑ Kullanılmayan zaman dilimleri boşta kalır
- ❑ Örnek: 6-bölünmüş LAN, 1,3,4 zaman dilimlerinde paket var, 2,5,6 zaman dilimleri boştaadır

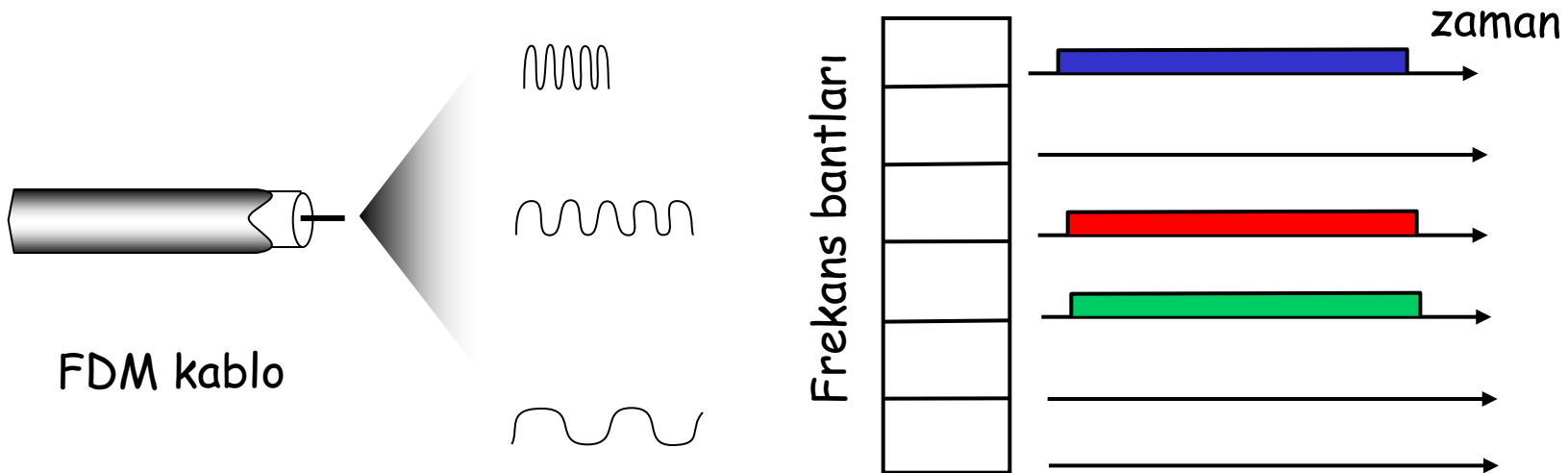




# MAC protokolleri: Kanalin bölünmesi-FDMA

## FDMA: Frekans bölünerek çoklu erişim

- ❑ Kanal spektrumu, frekans bantlarına bölünmüştür
- ❑ Her bir istasyon sabit bir frekans bandına atanmıştır
- ❑ Kullanılmayan frekans bantları boşta kalır
- ❑ Örnek: 6-istasyon LAN, 1,3,4 bantlarında paket iletilir, 2,5,6 frekans bantları boştur



# Rasgele erişimli protokoller

- ❑ Düğüm paket göndereceğinde
  - R hızında kanalı tam kullanarak iletir
  - Düğümler arasında önceden bir koordine yapılmaz
- ❑ Birden fazla düğüm gönderirse çarpışma (collision)
- ❑ **Rasgele erişimli MAC protokolü**, çarpışmaların nasıl algılanacağı ve nasıl kurtulacağını belirler
- ❑ Rasgele erişimli MAC protokolleri:
  - Zaman dilimli ALOHA
  - ALOHA
  - CSMA, CSMA/CD, CSMA/CA

# Zaman dilimli ALOHA

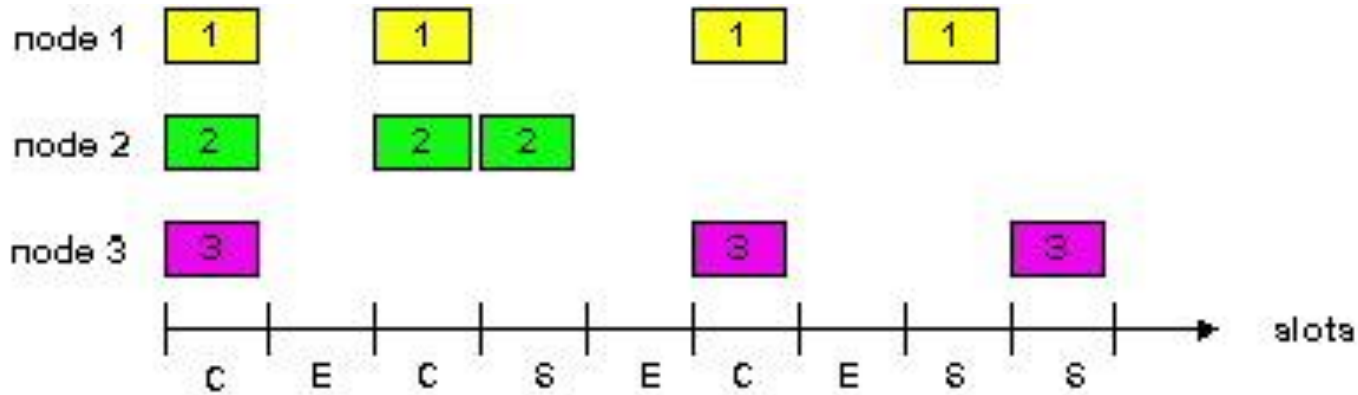
## Varsayımlar:

- ❑ Tüm frame'ler aynı boyutta
- ❑ Zaman, eşit zaman dilimlerine bölünmüştür
- ❑ Düğümler, sadece zaman diliminin başlangıcında iletmeye başlar
- ❑ Düğümler eşitlenir
- ❑ Eğer birden fazla düğüm bir zaman diliminde iletirse tüm düğümler çarpışmayı anlar

## İşlem:

- ❑ Düğüm, yeni frame aldığı anda sonraki zaman diliminde iletir
  - Çarpışma yoksa düğüm yeni frame'i sonraki zaman diliminde iletir
  - Çarpışma varsa düğüm başarılı olana kadar sonraki zaman diliminde frame'i yeniden gönderir

# Zaman dilimli ALOHA



## Olumlu yönleri

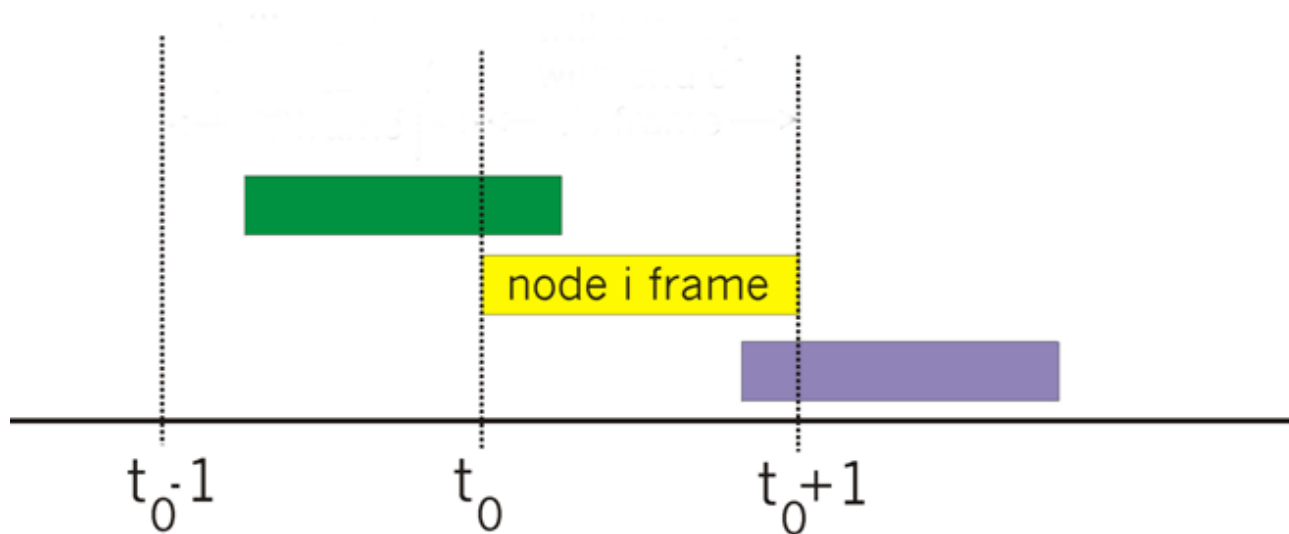
- ❑ Aktif olan düğüm kanalı sürekli olarak tam hızda kullanabilir

## Olumsuz yönleri

- ❑ Çarpışma olursa zaman dilimi boş yere kullanılmış olur
- ❑ Boş zaman dilimleri vardır
- ❑ Zamanın eşitlenmesi gerekir

# Zaman dilimsiz ALOHA

- ❑ Basittir, zamanın eşitlenmesine gerek yoktur
- ❑ Frame alındığında
  - Hemen iletilir
- ❑ Çarpışma olasılığı fazladır:
  - $t_0$  zamanında gönderilen frame  $t_0-1$  ve  $t_0+1$  zamanında gönderilen frame ile çarpışabilir



# Taşıyıcı duyarlı çoklu erişim (Carrier Sense Multiple Access- CSMA )

**CSMA**: İletmeden önce dinler:

- ❑ Eğer kanalın boş olduğunu algılayarsa frame'leri gönderir
- ❑ Eğer kanalın dolu olduğunu algılayarsa iletimi erteler

# CSMA çarpışmaları

Çarpışmalar yine de olabilir:

Düğüm, bazı iletimleri algılamayabilir

Çarpışma durumunda:

Tüm paketin iletim zamanı boşa gider

# CSMA/CD

## (Çarpışma Algılamalı -Collision Detection-CD)

### CSMA/CD:

- Çarpışmalar kısa zamanda algılanır
- Çarpışan iletimler kanalı meşgul etmemesi için iptal edilir

### □ Çarpışma algılanması:

- Kablolu yerel ağlarda (LAN) kolay : Sinyalin gücü ölçülür, iletilen sinyal karşılaştırılır
- Kablosuz ağlarda (LAN) zordur: Alınan sinyali, yerel ağdaki sinyal bastırır



# MAC protokolleri karşılaştırılması

## Kanal bölmeli MAC protokolleri:

- Yoğunluğun fazla olduğu durumlarda kanal verimli şekilde paylaşılır
- Yoğunluk az olursa verimsizdir. Kanal tam olarak kullanılamaz

## Rasgele erişimli MAC protokolleri

- Yoğunluk az ise verimli: Tek düğüm tüm kanalı kullanabilir
- Yoğunluk çok ise : Çarpışma fazla olur

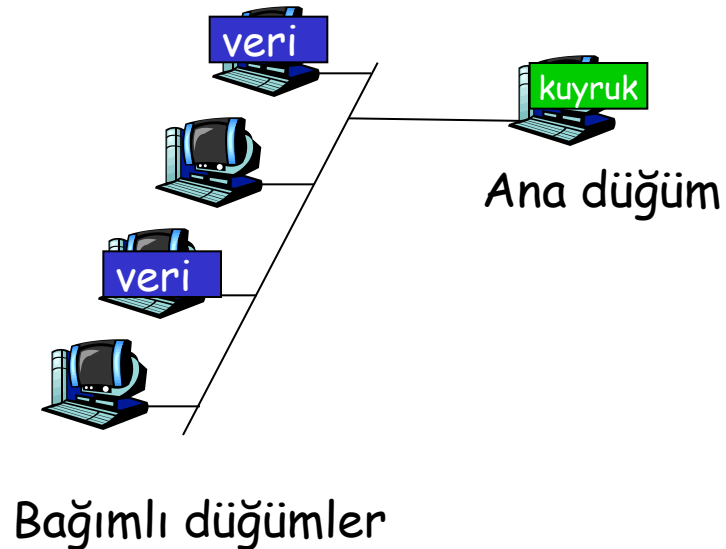
## Sıralı erişim protokolleri

Her düğüm için en iyisi yapılmaya çalışılır

# Sıralı erişim MAC protokolleri

## Sıralı çağırma:

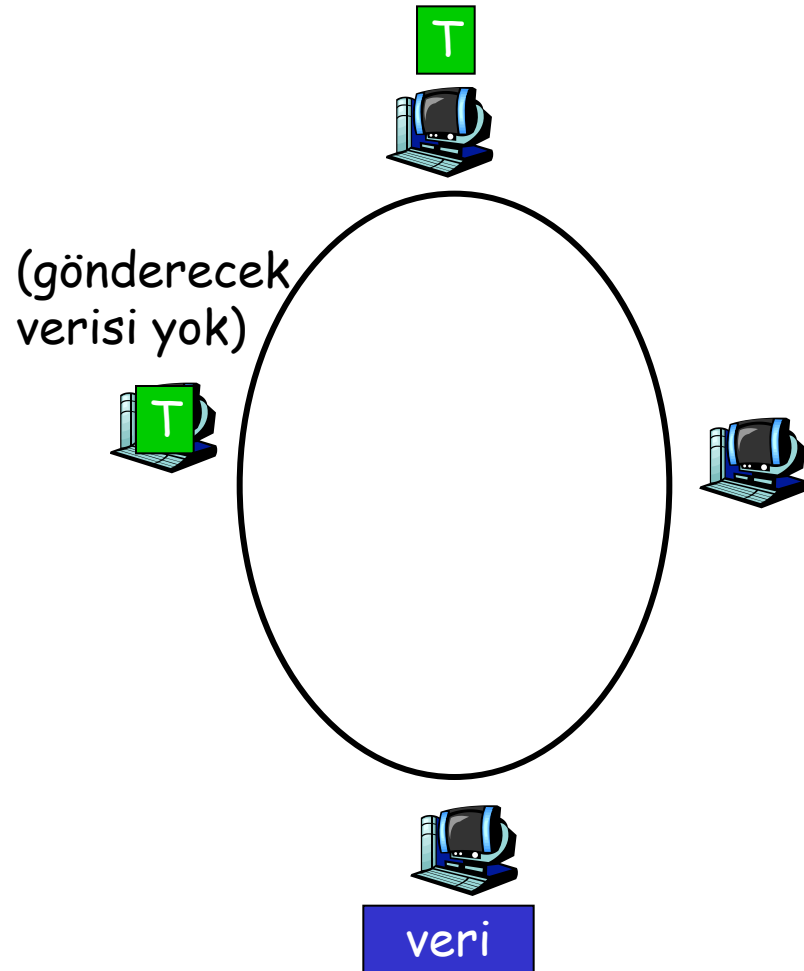
- ❑ Ana düğüm, bağımlı düğümleri sırayla iletmeleri için davet eder
- ❑ Dezavantajları:
  - Sıralı çağırmanın getirdiği yük
  - Gecikme süresi
  - Ana düğümün arızalanması



# Sıralı erişim MAC protokolleri

## Jeton (Token ) geçişli:

- ❑ Kontrol **jetonu** bir düğümden ardışık gelen düğüme geçer
- ❑ Veri gönderecek düğüm jetonu kullanır, işi bitince serbest bırakır.
- ❑ Dezavantajları:
  - Jetonu getirdiği yük
  - Gecikme
  - Tek noktanın arızalanması (token)



# MAC protokollerinin özeti

- ❑ *Kanalın* zaman, frekans veya kod olarak *bölünmesi*
- ❑ *Rasgele erişim* (dinamik),
  - ALOHA, S-ALOHA, CSMA, CSMA/CD
  - Taşıyıcı algılamalı: Kablolu teknolojide kolay kablosuzda zordur
  - CSMA/CD, ethernet'de kullanılır
  - CSMA/CA, 802.11'de kullanılır
- ❑ *Sırayla erişim*
  - Jeton (token) geçişli
  - Bluetooth, FDDI (Fiber Distributed Data interface), IBM Token Ring

## 5.4 MAC(Media Access Control) adresi ve ARP

### □ 32-bit IP adresi:

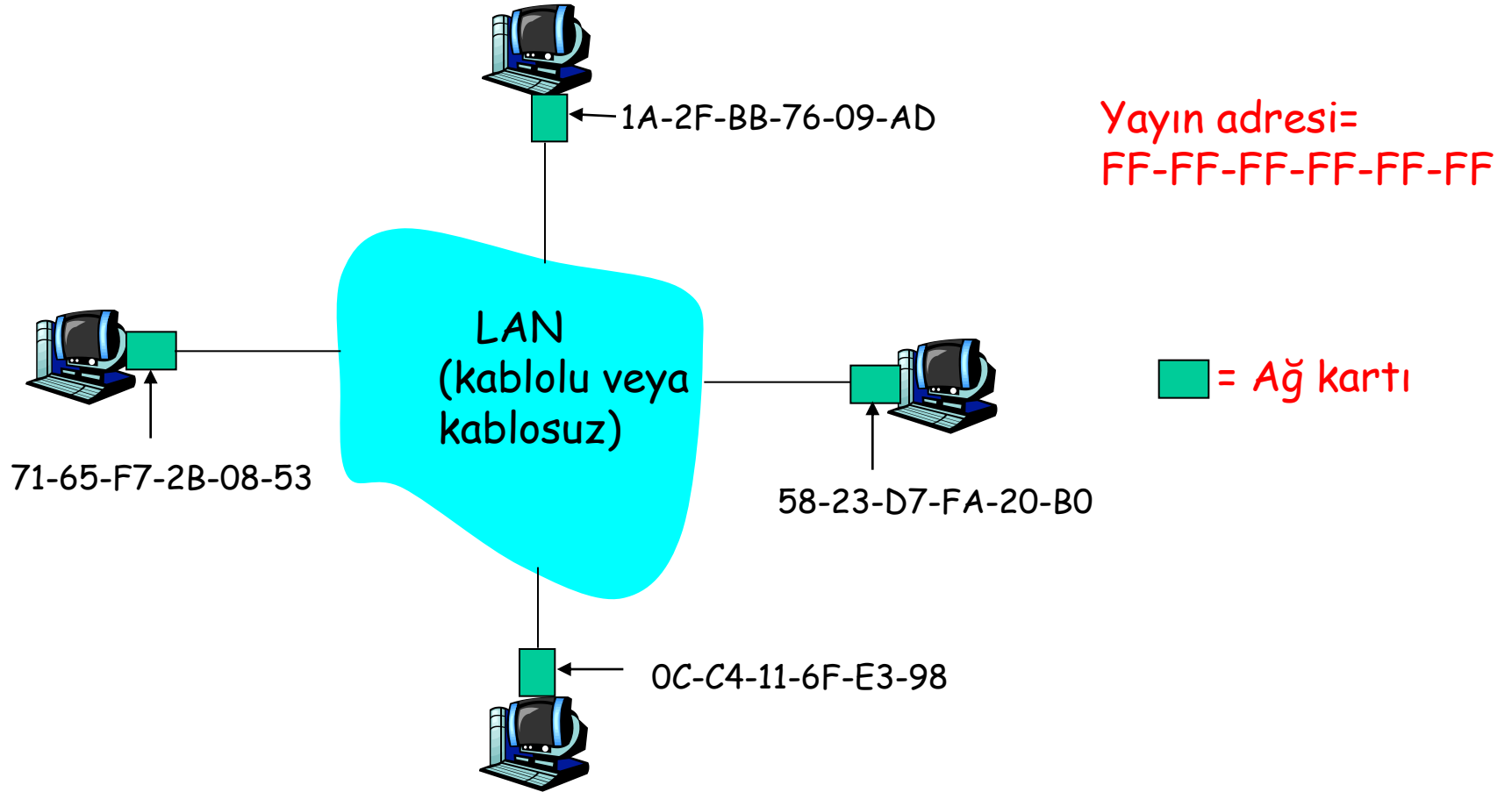
- Ağ katmanı adresi
- Datagram'ları, hedef IP subnet'e (alt ağa) taşımak için kullanılır

### □ MAC (/ LAN /physical / Ethernet) adresi:

- Amaç: *Frame'leri aynı ağda yer alan bir ağ kartından başka bir ağ kartına taşımak*
- 48 bit MAC adresi (çoğu LAN için)
  - Ağ kartı üzerindeki ROM kayıtlıdır, bazen yazılım ile de ayarlanabilir

# LAN (MAC) adresleri ve ARP

Her bir ađ kartının yerel ağda (LAN) benzersiz bir LAN adresi vardır



# MAC adresleri

- ❑ MAC adreslerinin tahsisi IEEE tarafından yönetilir
- ❑ Ağ kartı üreticisi belli bir MAC adres alanını satın alır
- ❑ MAC adresleri taşınabilir
  - Bir ağ kartı, bir yerel ağdan başka bir yerel ağa taşınabilir
- ❑ IP adresleri taşınamaz
  - IP adresleri ait olduğu IP subnet'e bağlıdır

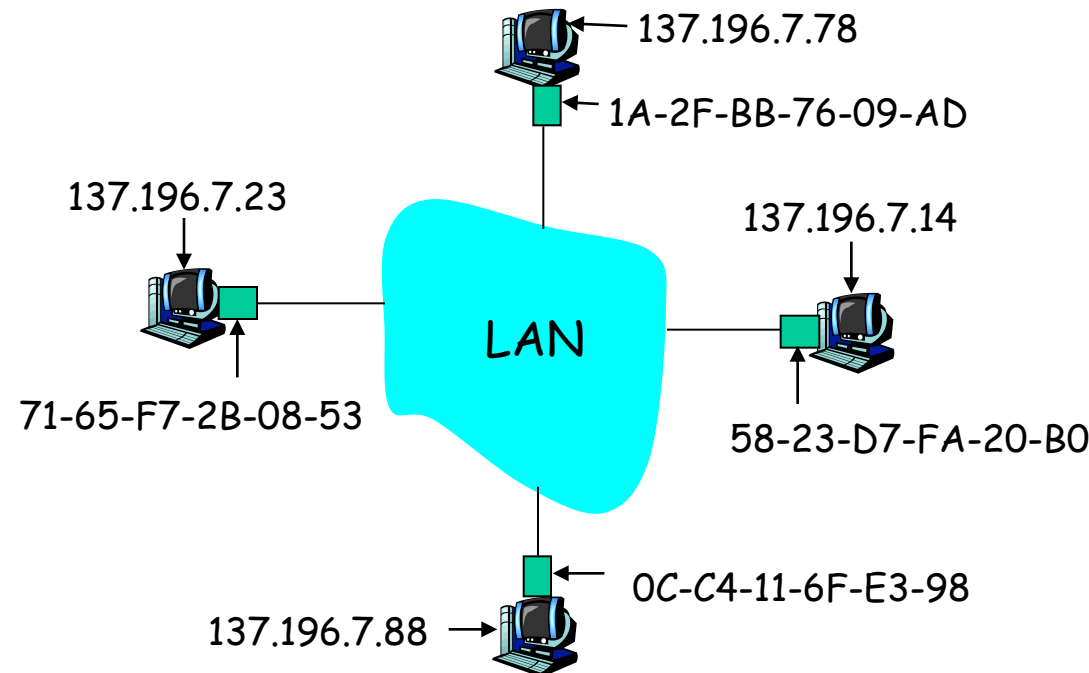
# Adres çözümleme protokolü (Address Resolution Protocol- ARP)

Soru: IP adresi bilinen bir B bilgisayarının MAC adresi nasıl bulunur?

- Yerel ağda her bir IP düğümünün **ARP** tablosu vardır
- ARP tablosu: Bazı düğümler için IP/MAC adres eşleştirmeleri bulundurur

< IP adresi; MAC adresi; TTL >

- TTL (Time To Live): Eşleştirmenin yaşam süresi (genellikle 20 dakika)



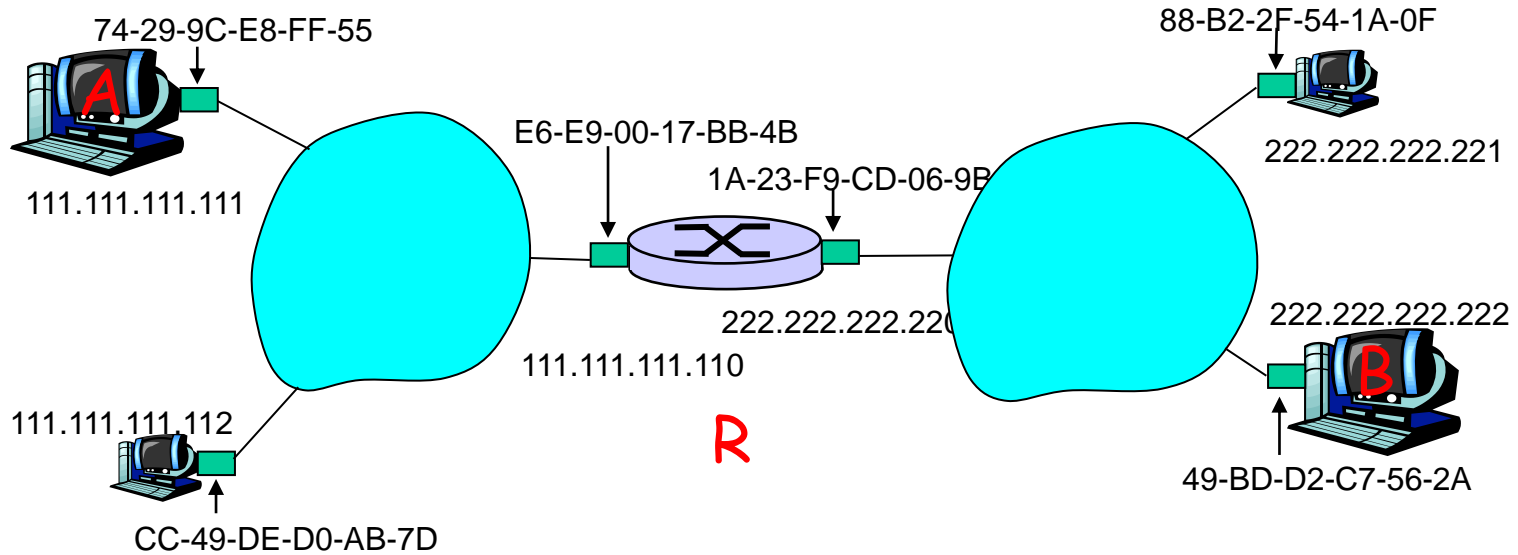


# Aynı subnet'te, MAC adresi nasıl elde edilir?

- ❑ A, B'ye datagram göndermek istiyor. B'nin MAC adresi A'nın ARP tablosunda yok
- ❑ A, B'nin IP adresini içeren ARP sorgu paketini yayınlar (broadcast)
  - Hedef MAC adresi = FF-FF-FF-FF-FF-FF
  - Yerel ağda yer alan bütün makineler ARP sorgusuna cevap verir
- ❑ B, ARP paketini alır, kendi MAC adresini içeren bir cevap verir
- ❑ A, IP-MAC eşleştirmesini kendi ARP tablosuna kayıt eder
  - Yaşam süresi (TTL) biten eşleştirmeler silinir
- ❑ ARP otomatik çalışır:
  - Düğümler kendi ARP tablolarını otomatik oluştururlar

# Başka bir yerel ağdaki MAC adresini bulma

İzlenecek yol: **A'dan B'ye datagram R yönlendirici üzerinden gönderilecek.** A, B'nin IP adresini biliyor



□ R yönlendiricide her bir IP subnet (LAN) için ARP tablosu vardır.

- ❑ A, kaynağı A ve hedefi B olan IP datagram'ı oluşturur
- ❑ A, 111.111.111.110 adresinin MAC adresini bulmak için ARP kullanır
- ❑ A, yönlendirici MAC adresi hedef ve A-B IP datagram'ı içeren bağlantı katmanı frame'i oluştur
- ❑ A'nın ağ kartı frame'i gönderir
- ❑ R'nin bacağı frame'i alır
- ❑ R, IP datagram Ethernet frame'den siler ve hedefin B olduğunu görür
- ❑ R, B'nin MAC adresini almak için ARP kullanır
- ❑ R, A-B IP datagram içeren frame oluşturur ve B'ye gönderir

