

**BSM 422**

# **KABLOSUZ AĞ TEKNOLOJİLERİ VE UYGULAMALARI**

**Prof. Dr. Cüneyt BAYILMIŞ**



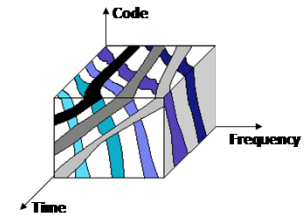
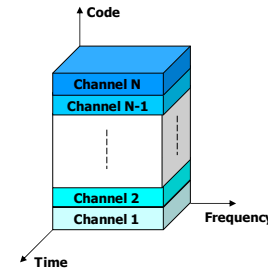
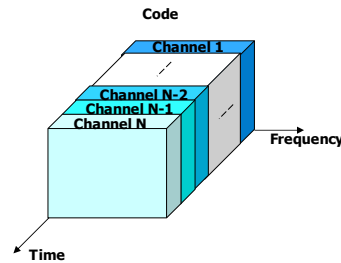
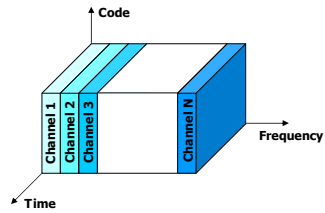
BSM 422

# KABLOSUZ AĞ TEKNOLOJİLERİ VE UYGULAMALARI

## 4. Hafta

# KABLOSUZ ÇOKLU ERİŞİM TEKNİKLERİ

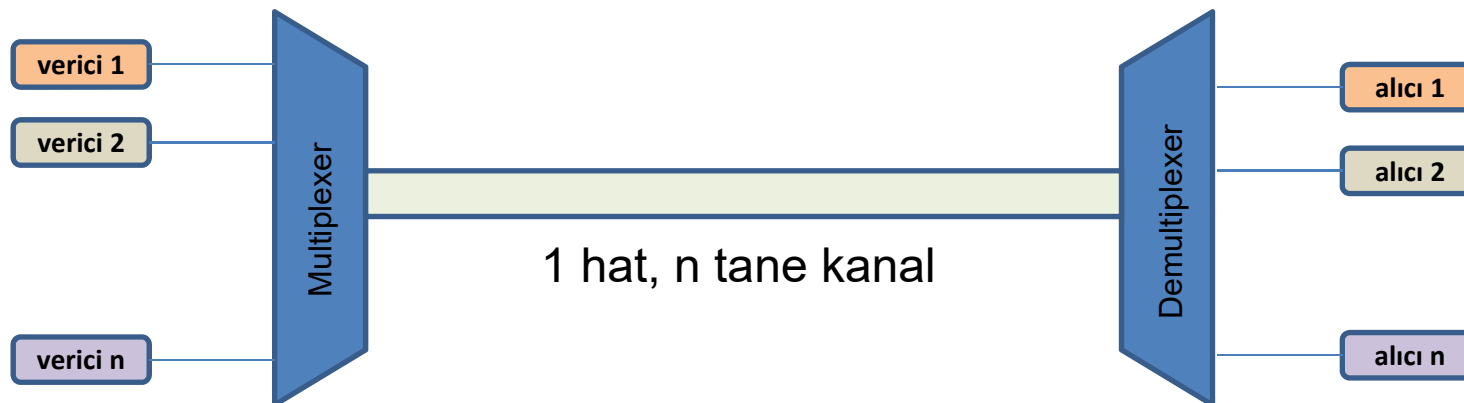
(Wireless Multiple Access Techniques)



# Çoğullama

## (Multiplexing)

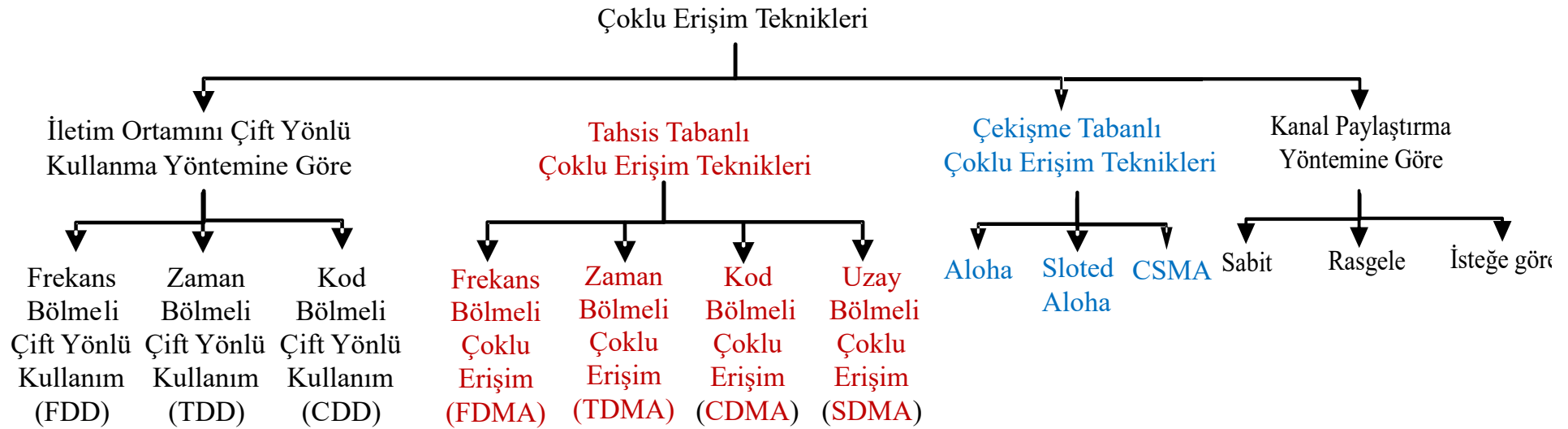
- ❑ Çoğullama (multiplexing), tek bir iletim ortamı üzerinden birden fazla sinyal gönderme tekniğidir.
- ❑ İletim ortamının kapasitesi gönderilecek sinyalin kapasitesinden daha fazladır. Bu nedenle aynı iletim ortamı üzerinden birden fazla sinyal gönderilebilir. .
- ❑ Çoğullama işlemi, **frekans**, **zaman**, dalga boyu, **kod** ve **uzay** özellikleri kullanılarak gerçekleştirilebilir.



# Kablosuz Ortam Erişim Kontrol Teknikleri

## (Wireless Medium Access Control Techniques)

- ❑ Çoklu erişim teknikleri, sınırlı olan bant genişliğini aynı anda birçok kullanıcının erişimine sunarak sınırlı spektrumun etkili bir şekilde kullanılmasını sağlar.
- ❑ Kablosuz sistemler, sınırlı bant genişliğini kullanıcılara tahsis etmek için ortam erişim kontrol protokolleri kullanırlar.
- ❑ Kablosuz ortam erişim teknikleri dört farklı kritere göre sınıflandırılmaktadır.



❑ Kullanıcılar arasında kanal tahsisi yapan çoklu erişim tekniklerinin **temel problemi**, ağdaki düğümlerin diğer düğümlerin göndermek için (**verilerinin**) paketlerinin olup olmadığını bilmemeleridir.

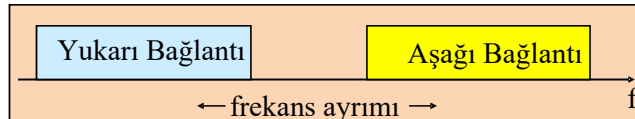
❑ Bu nedenle iletim için koordinasyona ihtiyaç duyarlar.



# İletim Ortamını Çift Yönlü Kullanma

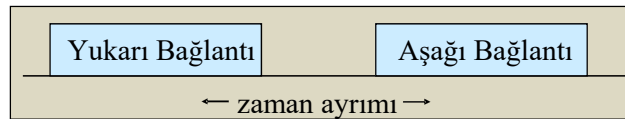
## ① Frekans Bölmeli Çift Yönlü Kullanım (Frequency Division Duplexing, FDD)

- İleri yön ve geri yön kanalı için **farklı** frekans bantlarını kullanır.
- Çoklayıcı gerektirir.
- İleri yön kanalı (yukarı bağlantı, uplink) ve geri yön kanalı (aşağı bağlantı, downlink) arasındaki frekans ayrımı sabittir.



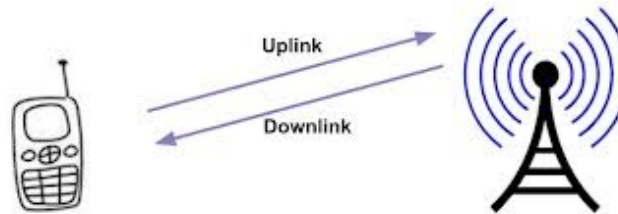
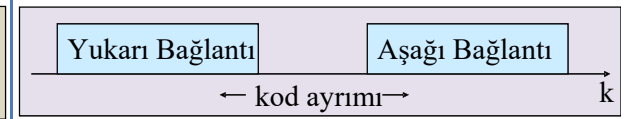
## ② Zaman Bölmeli Çift Yönlü Kullanım (Time Division Duplexing, TDD)

- İleri yön ve geri yön kanalı için **aynı** frekans bandını kullanır.
- Tek bir radyo kanalı birçok kullanıcı arasında paylaşılır.
- Çoklayıcı gerekmez



## ③ Kod Bölmeli Çift Yönlü Kullanım (Code Division Duplexing, CDD)

- İleri yön ve geri yön kanalı için **özel** bir kodlama yöntemiyle **aynı frekans bandını** ve **aynı zaman dilimini** kullanır.
- Çoklayıcı gerekmez.



# İletim Ortamını Çift Yönlü Kullanma

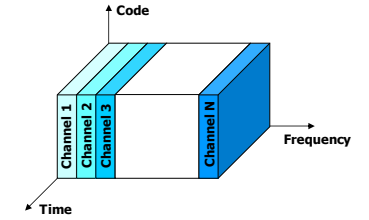
Özellikler	FDD Sistem	TDD Sistem	CDD Sistem
<b>Gereken toplam bant genişliği</b>	TDD ile aynı	FDD ile aynı	TDD ve FDD ile aynı
<b>Çoklayıcı</b>	Gerekli	Gerekli Değil	Gerekli Değil
<b>Radyo kaynak yönetimindeki esneklik</b>	Spektrum çiftlerinde gerekli	Esnek	Esnek
<b>Çoklu yol bozulmalarına bağlılık</b>	Daha sağlam	Daha az sağlam	Daha sağlam
<b>Senkronizasyon gereksinimi</b>	Senkronizasyon gerekli değil	Yukarı ve aşağı bağlantı zamanlama senkronizasyonu gerektirir.	Senkronizasyon gerekli değil
<b>Bölge yarıçap gereksinimi</b>	Küçük hücre ya da büyük hücre sistemlerine uygulanabilir.	Daha küçük hücre sistemlerine daha uygun	Daha küçük hücre sistemlerine daha uygun
<b>Terminaller arası doğrudan haberleşme</b>	Mümkün	Mümkün (kolay)	Mümkün



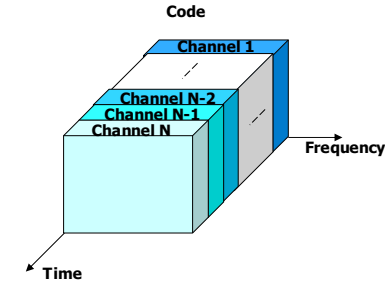
# Tahsis Tabanlı Çoklu Erişim Yöntemleri

## (Multiple Access Techniques)

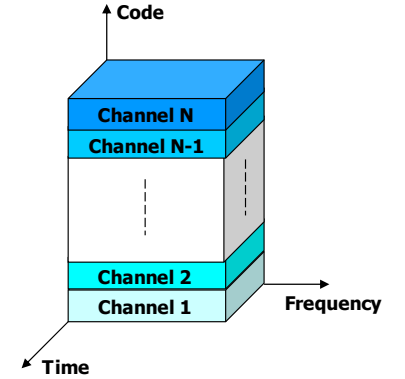
① Frekans Bölmeli Çoklu Erişim  
(Frequency Division Multiple Access, FDMA)



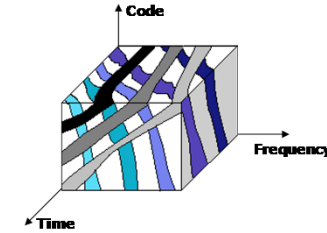
② Zaman Bölmeli Çoklu Erişim  
(Time Division Multiple Access, TDMA)

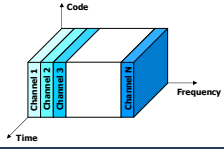


③ Kod Bölmeli Çoklu Erişim  
(Code Division Multiple Access, CDMA)



④ Uzay Bölmeli Çoklu Erişim  
(Space Division Multiple Access, SDMA)

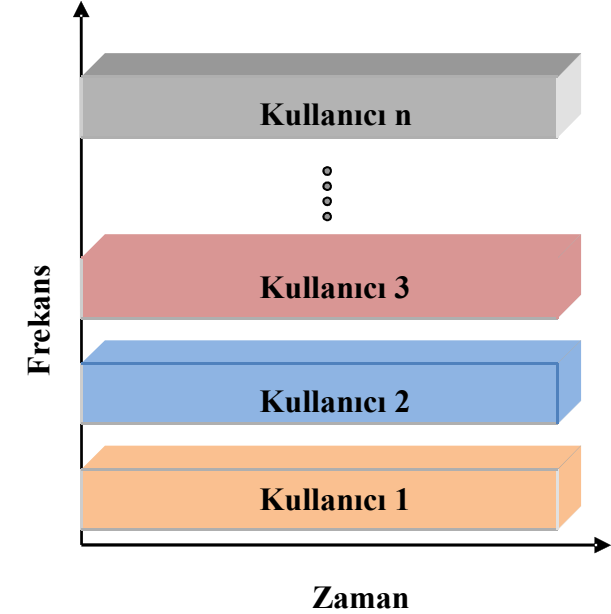




# Frekans Bölmeli Çoklu Erişim

(Frequency Division Multiple Access, FDMA)

- ❑ Gönderilecek sinyalin bant genişliğinin iletim ortamının bant genişliğinden küçük olan durumlarda kullanılır.
- ❑ Bu teknikte bant genişliği birbiriyle çakışmayan birkaç kanala bölünür ve her bir kullanıcı için aynı anda tek bir kanal tahsis edilir.
- ❑ Her kullanıcı kendine ait olan frekans bandını kullanır. Her bir frekans bandında ayrı sinyaller taşınır.
- ❑ Çoğunlukla darbant sistemlerde uygulanabilir.
- ❑ **Senkronizasyon** ya da **zaman** kontrolü gerektirmez.
- ❑ Daha çok analog sistemlerde kullanılır.
- ❑ Analog bir çoğullama tekniğidir.
- ❑ Örnek uygulama alanı: Kablolu TV, Radyo, TV
- ❑ **Örnek:** AMPS,  $B_t$ : uplink:824-849 MHz, downlink: 869-894MHz  
 $B_c$ : her bir duplex kanal bant genişliği 60 KHz, toplam 666 duplex kanal

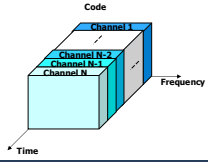


- $N$  : Eş zamanlı desteklenebilen kanal sayısı
- $B_t$  : Toplam spektrum tahsisi
- $B_{guard}$  : Tahsis edilen spektrum içindeki koruma bandını
- $B_c$  : Kanal bant genişliği

$$N = \frac{B_t - 2B_{guard}}{B_c}$$



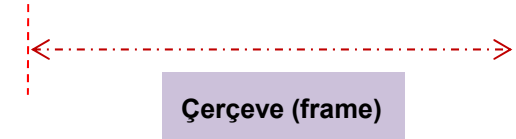
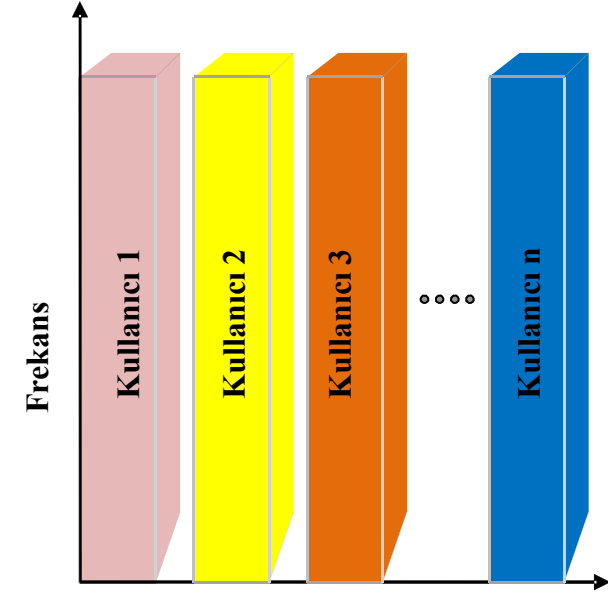




# Zaman Bölmeli Çoklu Erişim

(Time Division Multiple Access, TDMA)

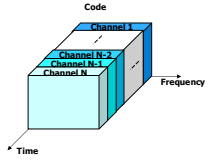
- ❑ Frekans bandı zaman dilimlerine (slot) bölünür. Her kullanıcıya bir zaman dilimi tahsis edilir.
- ❑ Tüm bant genişliği sonlu bir süre için belirli bir kullanıcıya aittir.
- ❑ Kullanıcılar farklı zamanlarda aynı bant genişliğini paylaştıkları için senkronizasyon gerekir.
- ❑ Dijital sistemlerde kullanılır. TDMA sistemler dijital modülasyon tekniği (PCM) kullanır.
- ❑ Donanım olarak gerçekleştirmek daha basittir.
- ❑ Kanallar arası girişim düşüktür.
- ❑ TDMA yönteminde bir kanaldan alınan iki örnek arasındaki zaman aralığı çerçeve olarak adlandırılır.
- ❑ Çerçeve, bir sistemde kullanılan kanal sayısı kadar zaman dilimine ayrılır.
- ❑ **Örnek:** 32 kanal içeren bir çerçeve yapısında ilk 15 kanal 1-15, son 15 kanal 17-31 arası zaman dilimlerine yerleştirilir. 0 ile tanımlanan ilk zaman dilimine 8 bitten oluşan, sinyal alım ve gönderiminin senkronizasyonunu sağlayan sabit bir sözcük yerleştirilir.



- **m** : Her bir radyo kanalı üzerinde desteklenen max. TDMA kullanıcı sayısı

$$N = \frac{m(B_t - 2B_{guard})}{B_c}$$



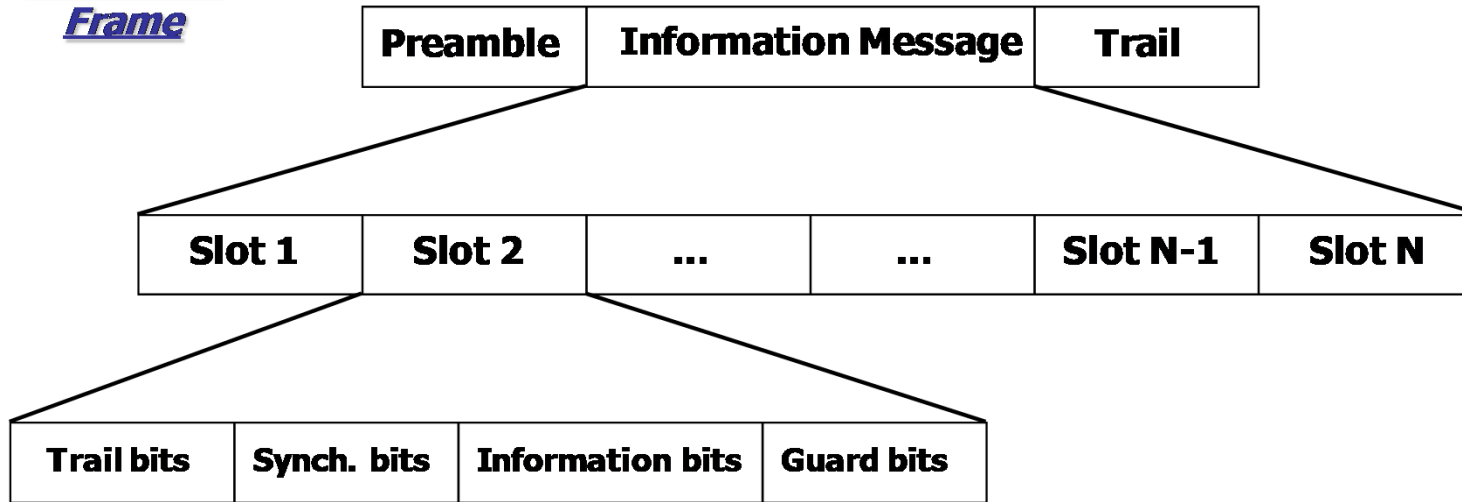


# Zaman Bölmeli Çoklu Erişim

(Time Division Multiple Access, TDMA)

□ Bir TDMA çerçeve yapısı

One TDMA Frame

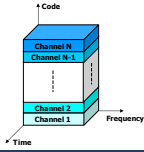


□ TDMA'in verimliliği (efficiency)

$$\% \eta_f = \left(1 - \frac{b_{OH}}{b_T}\right) * 100$$

- $\eta_f$  : TDMA'in verimliliği
- $b_{OH}$  : Çerçeve başına destek (hata sezimi, senkronizasyon, adres kontrol vb. veri olmayan) bitlerinin sayısı
- $b_T$  : Çerçeve başına toplam bit sayısı

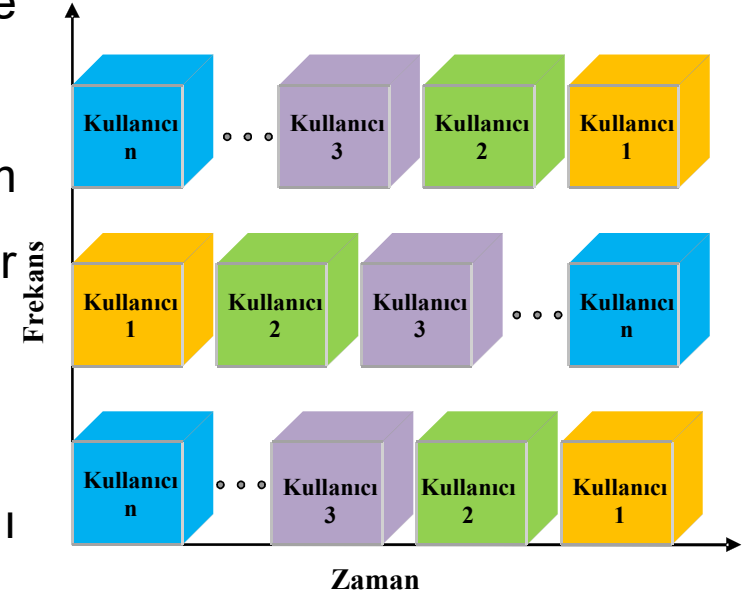




# Kod Bölmeli Çoklu Erişim

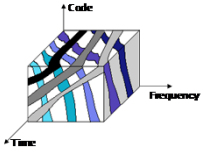
(Code Division Multiple Access, CDMA)

- ❑ İletim ortamındaki tüm kullanıcılar aynı zamanda ve aynı frekans bandını kullanarak haberleşirler.
- ❑ Diğer bir deyişle, farklı kullanıcıların aynı iletişim (frekans ve zaman) kanalı üzerinden farklı kodlar kullanarak haberleşmesidir.
- ❑ Zaman senkronizasyonu gerektirmez.
- ❑ Teorik olarak, sınırsız adette kullanıcı aynı kanalı aynı zamanda kullanabilir.
- ❑ Dijital sistemlerde kullanılır.
- ❑ Örnek: Hücresel ağlar.



- ❑ CDMA'de darbant mesaj sinyali, çok büyük bant genişliğine sahip olan bir sinyal ile çarpma işlemine tabi tutulur. Çarpılan sinyal, mesaj sinyalinin veri hızından daha hızlı şekilde iletilebilen bir koddan oluşmaktadır. Bu kod (**kullanıcıya özgü ve dik**) ile kullanıcılar eş zamanlı olarak aynı frekans bandını kullanabilirler.
- ❑ Elde edilen kod sözcüğü, yüksek frekanslı bir taşıyıcı ile modüle edilerek iletilir. Alıcı tarafında ise demodülasyondan sonra kod sözcüğü ile gelen verilere korelasyon (**correlation**) işlemi uygulanır. Korelasyonun ilk defa tepe noktası verdiği yerden itibaren senkronizasyon sağlanır. (**Tepe değeri pozitif 1, negatif 0**)

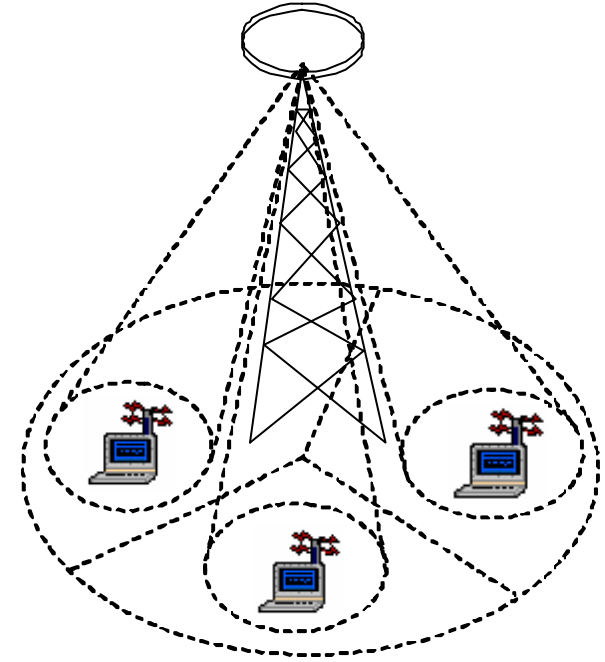




# Uzay Bölmeli Çoklu Erişim

(Space Division Multiple Access, SDMA)

- ❑ Kullanıcıları uzaysal olarak ayırarak, frekans spektrumunun kullanımını optimize eder.
- ❑ Kullanıcılar aynı anda ve sürekli aktiftir. Her bir kullanıcı kendi sektörünü kullanır.
- ❑ Kullanıcılar aynı zaman, aynı frekans ve aynı kod ile gönderim ve alımda bulunabilir.
- ❑ Kullanıcıların uzaysal ayrımı, baz istasyonda çoklu anten kullanılarak sağlanır.
- ❑ Adaptif akıllı antenlerin kullanımını gerektirir.
- ❑ Dijital sistemlerde kullanılır.
- ❑ Diğer tekniklere göre kapasite daha büyüktür.



❑ Hücresel ağlarda olduğu gibi radyo frekans spektrumunun sınırları kontrol edilerek aynı alt frekans setinin farklı bölgelerde kullanılabilmesini sağlar.



# Çoklu Erişim Yöntemlerinin Karşılaştırılması

## (Comparison of Multiple Access Techniques)

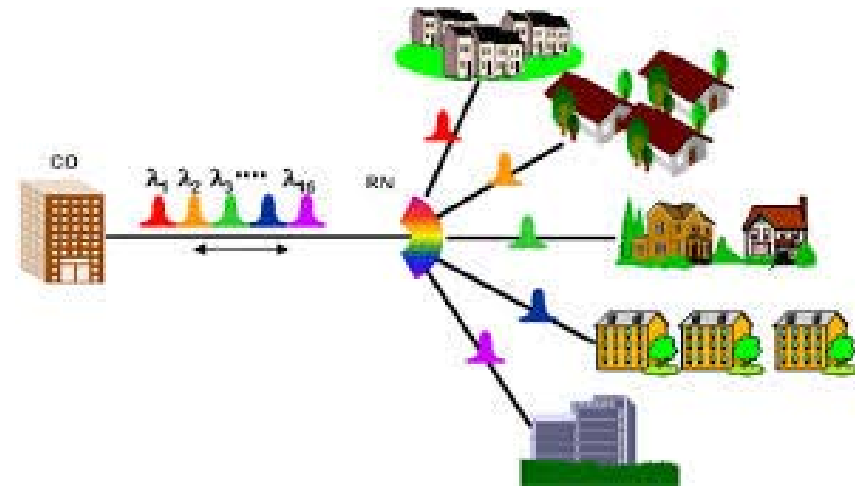
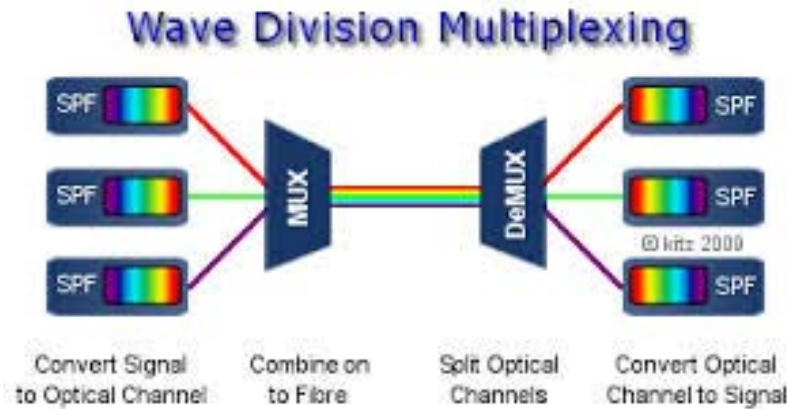
	FDMA	TDMA	CDMA	SDMA
<b>Kullanıcı etkinliği</b>	Kullanıcılar aynı anda ve sürekli olarak aktiftir her bir kullanıcı tek bir frekans bandını kullanır.	Kullanıcılar kısa zaman aralıklarında sırayla aktif olurlar. Her bir kullanıcı TDMA çerçevesinde tek bir zaman slotu kullanır.	Kullanıcılar aynı anda ve sürekli aktiftir. Her bir kullanıcı tek bir kullanıcı CDMA kodu kullanır.	Kullanıcılar aynı anda ve sürekli aktiftir. Her bir kullanıcı kendi sektörünü kullanır.
<b>Kullanıcı sinyalleri arasındaki fark</b>	Frekans boyutunda.	Zaman boyutunda.	CDMA kodlarına dayalı.	Alıcı antendeki erişim yönüne dayalı.
<b>Kullanıcı sinyallerinin ayrımı</b>	Filtreleme ile	Senkronizasyon yayılımı ile, iletilen kullanıcı sinyalleri arasına koruma periyotları gerekir.	Senkronizasyon yayılımı ile, tek kullanıcı algılaması ya da çok kullanıcı algılaması.	Anten dizileri kullanılarak.
<b>Yayılma Alanı</b>	Analog ve dijital	Dijital	Dijital	Dijital
<b>Avantajları</b>	Basit, güçlü, ağ desteğine sahip ve basit eşitleme	Frekans farklılığı, alıcının mobil radyo kanalındaki zaman değişimine duyarsızlığı, zaman farklılığı, yüksek spektral kapasite, basit radyo frekans dizaynı, zaman bölmeli çoklamaya uygun	Frekans farklılığı, alıcının mobil radyo kanalındaki zaman değişimine duyarsızlığı, basit eşitleme, girişim ayrılığı, ağ planı gerekmez, esneklik, radyo frekans dizaynında azaltılmış karmaşıklık	Basit, çoklu erişim girişimi az, ağ planını destekler, uzay bölümü ve kolay el değiştirme, eşitleme gerekli değil
<b>Dezavantajları</b>	Düşük esneklik, küçük frekans ayrımı, alıcı mobil radyo kanal zaman değişimlerine duyarlı, küçük girişim ayrımı, uzay ayrımı gerekli, radyo frekans dizaynında ciddi karmaşıklık	Düşük esneklik, girişim nedeniyle eşitleme gerekli, küçük girişim ayrımı, tüm kullanıcılara küresel senkronizasyon	Düşük spektral kapasite	Düşük esneklik, küçük frekans bölmeli, alıcı mobil radyo kanalında zaman değişimine duyarlı, girişim ayrımını azaltır, düşük spektral kapasite, radyo frekans dizaynında yüksek karmaşıklık



# Dalga Boyu Bölme Çoğullama

(Wavelength Division Multiplexing, WDM)

- ❑ Fiber optik iletişim sistemlerinde farklı dalga boyuna sahip ışınların tek bir kanal üzerinden gönderilmesidir.
- ❑ Bir fiber üzerinde farklı dalga boylarında sinyal çoğullama yöntemidir.
- ❑ WDM sistemler, terabit'ler seviyesinde yüksek bant genişliği ihtiyacını karşılamak için tasarlanmıştır.



# Çekişme Tabanlı Çoklu Erişim Yöntemleri

(Multiple Access Techniques)

- ❑ Çekişme tabanlı erişim teknikleri, paket radyo erişim teknikleri olarak ta bilinirler.
- ❑ Bir çok kullanıcı tek bir kanala eşgüdüksüz olarak erişmeye çalışır.
- ❑ Paket çarpışma olasılığı yüksektir.
- ❑ Çarpışmalar ACK ya da NACK ile baz istasyon tarafından tespit edilir.
- ❑ En bilinen çekişme tabanlı çoklu erişim yöntemleri

① ALOHA

② Slotted ALOHA

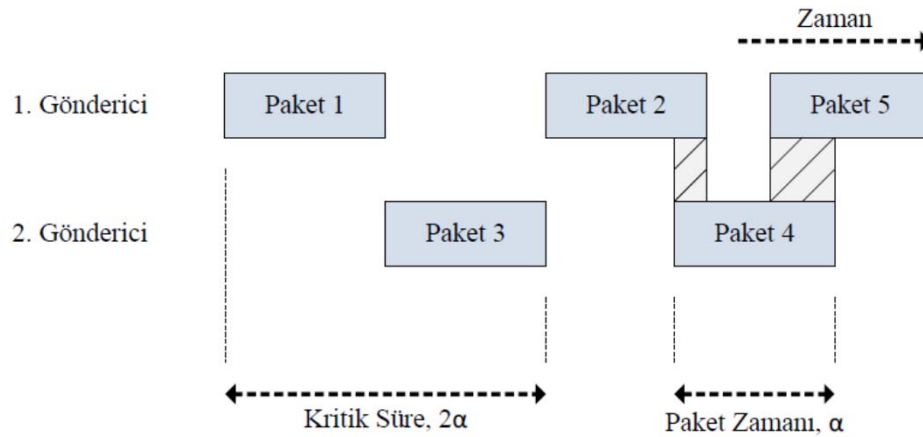
③ CSMA

(Taşıyıcı Sezmeli Çoklu Erişim, Carrier Sense Multiple Access)



# ALOHA

- ❑ İlk kablosuz paket radyo sistemidir.
- ❑ Bu sistemde, bir kullanıcı veri paketine sahip olduğu her zaman baz istasyona (ya da kanala/ortama) paket gönderir.
- ❑ Gönderim işleminden sonra kullanıcı aynı kanaldan ya da ayrı bir kanaldan ACK paketi bekler.
- ❑ Çarpışma meydana geldiyse ve NACK paketi alınması durumunda rasgele bir süre beklenip paket gönderimi tekrarlanır.
- ❑ Kullanıcı sayısı arttıkça çarpışmalardan dolayı çok büyük gecikmeler meydana gelir.



**$2\alpha$  süresince çarpışma olmama olasılığı  
(Poisson Distribution)**

- **G** : Ortalama yük  $G = \alpha * \beta$
- **$\beta$**  : Saniyedeki ortalama paket varma hızı
- **n** : Bir paket süresince kanala çıkartılması beklenen paket sayısı

$$R_n = \frac{(2G)^n e^{-2G}}{n!}$$

❑ ALOHA protokolünde çarpışma meydana gelmemesi için gereken kritik zaman dilimi paket süresinin ( $\alpha$ ) iki katıdır. Çarpışmayı tespiti yönelik bir kontrol mekanizması yoktur.



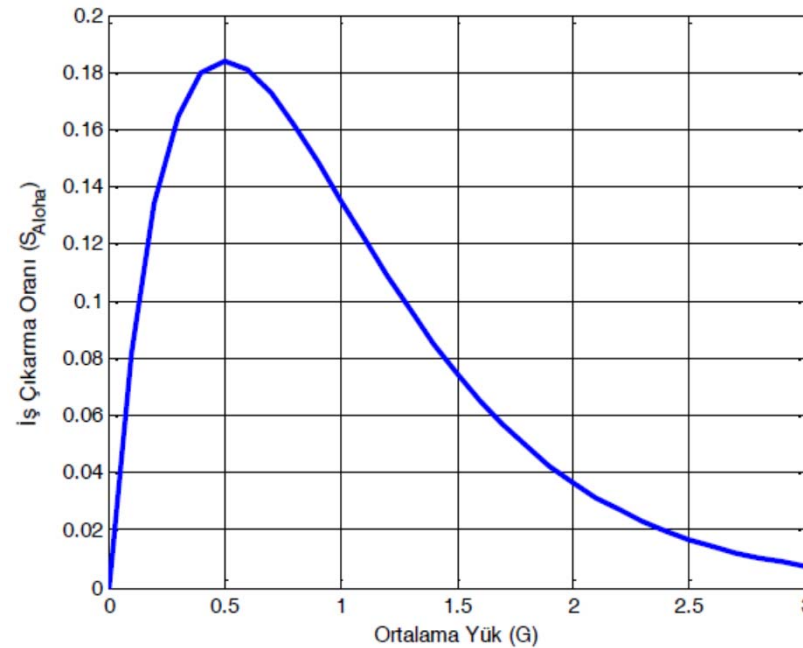


# ALOHA

❑ ALOHA iş çıkarma oranı (throughput),

$$\text{Throughput} = G * P_s$$

- $G$  : Ortalama yük
- $P_s$  : Başarılı paket gönderme olasılığı ( $P_s = e^{-2G}$ )



❑ İş Çıkarma Yeteneği (İş/Zaman Oranı) olarak ta adlandırılan throughput, saniyede aktarılan toplam veri (data) miktarıdır.

$$\text{Ortalama Throughput} = \frac{\text{Transfer Edilen Veri Büyüklüğü}}{\text{İletişim Süresi}}$$



# ALOHA Tekniğinin Avantaj ve Dezavantajları

## ❑ Avantajları

- Çok sayıda kullanıcı veri iletimi yapabilmektedir.
- Çok fazla paket iletimi yapıldığı durumlarda, sabit tahsis ilkesine göre çalışan sistemlerden daha verimlidir.
- ACK kullanımı ile paketlerin başarılı iletimi tespit edilir.
- Ağa yeni bir terminal ekleme ve çıkarma kolaydır.

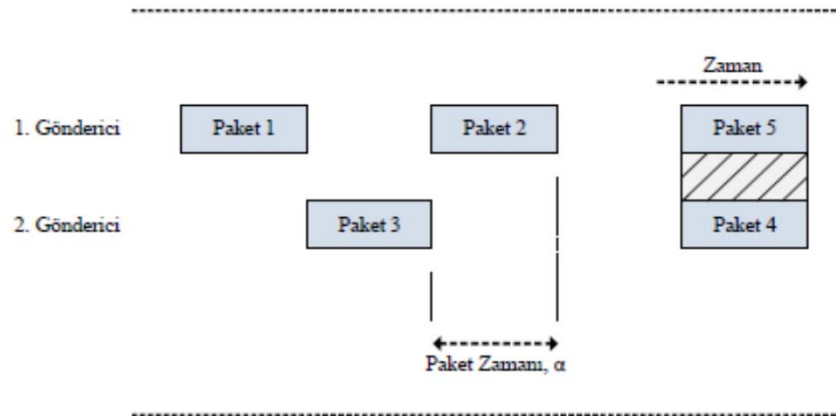
## ❑ Dezavantajları

- Teorik olarak ulaşabileceği en yüksek iş çıkarma (**throughput**) oranı % 18,4'dür.
- Çarpışma durumunda, yeniden paket gönderimi gerekmektedir. Bu nedenle paket tamponuna (**queuing buffer**) ihtiyaç duymaktadır.
- Kullanıcı sayısının artması gecikmelere neden olmaktadır.



# Slotted ALOHA

- ❑ Slotted ALOHA'da zaman, en az paket süresine ( $\alpha$ ) eşit dilimlere bölünür.(eşit süreler)
- ❑ Kullanıcılar sadece zaman dilimlerinin başlangıcında paket gönderimi yapabilir.
- ❑ Bir kullanıcının göndereceği paket, zaman diliminin başlangıcı dışında hazır olursa bir sonraki zaman diliminin başlangıcına kadar beklemek zorundadır.
- ❑ Slotted ALOHA'da kullanıcıların zaman dilimlerini takip etmesi için uydukları eş zamanlı çalışan bir saatleri mevcuttur.

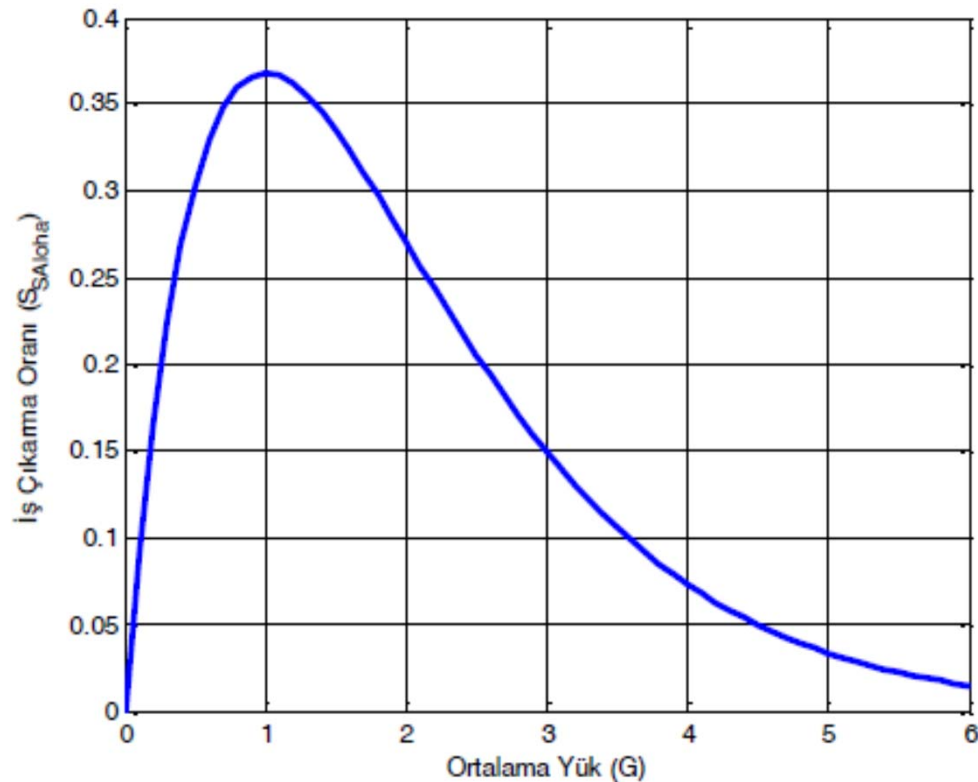


- ❑ Slotted ALOHA tekniğinde paket gönderimi yalnızca zaman dilimleri başında olması ile kısmi paket çarpışmaları önlenmiş olur.
- ❑ Hem ALOHA hem de slotted ALOHA'da iletimden önce kanal dinlenmemektedir.



# Slotted ALOHA

- ❑ Slotted ALOHA iş çıkarma oranı (throughput),  $Throughput = G * e^{-G}$



- ❑ Zaman dilimi dışındaki kısmi çarpışma durumlarının engellenmesi nedeniyle ALOHA protokolüne göre throughput 2 katına çıkmaktadır.



# Slotted ALOHA Tekniğinin Avantaj ve Dezavantajları

## ❑ Avantajları

- Zaman dilimleri dışında paket iletimi başlatılmadığından kısmi çarpışmalar engellenir.
- Paket iletiminin çok fazla yapıldığı durumlarda, sabit tahsis ilkesine göre çalışan sistemlerden daha verimlidir.
- ACK gibi geri bildirim kullandığından paketlerin başarılı iletimi tespit edilebilir.
- Ağa yeni bir terminal ekleme ve çıkarma kolaydır.

## ❑ Dezavantajları

- Teorik olarak ulaşabileceği en yüksek iş çıkarma (**throughput**) oranı % 36,8'dir.
- Tekrar paket gönderimi için tampon gerekmektedir.
- Eş zamanlama sinyalinin çok iyi ayarlanması gerekmektedir.



### Aloha

The diagram shows three horizontal timelines for sender A (purple), sender B (yellow), and sender C (green). The horizontal axis is labeled 't' for time. Two vertical red shaded regions indicate collision events. In the first collision, sender A is transmitting while sender B starts its transmission. In the second collision, sender A is still transmitting while sender C starts its transmission. Labels 'sender A', 'sender B', and 'sender C' are placed to the left of their respective timelines. The word 'collision' is written in red above the first collision event, with lines pointing to both the red shaded regions.

**Slotted Aloha**

sender A

sender B

sender C

t

# Taşıyıcı Duyarlı Çoklu Erişim

(Carrier Sense Multiple Access, CSMA)

- ❑ CSMA, protokollerinde her kullanıcı paket gönderimine başlamadan önce kanal durumunu (ortamı) dinler.
- ❑ Ortam meşgul ise rasgele bir süre bekler, değilse iletim prosedürünü başlatır.
- ❑ CSMA'nın temel parametreleri
  - Taşıyıcı sezme gecikmesi (**detection delay**), alıcının donanımsal bir özelliği olup, kanalın boş olup olmadığını tespit etmek için geçen süredir.
  - Yayılım gecikmesi (**propagation delay**), paketin kaynaktan, hedefe varıncaya kadar geçen süredir.
- ❑ Kablolu ağlarda, çarpışma tespiti mümkün olduğundan **CSMA/CD** (**Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection**) kullanılırken,
- ❑ Kablosuz ağlarda, çarpışma tespiti yerine çarpışmadan kaçınma prosedürü **CSMA/CA** (**Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance**) kullanılır.



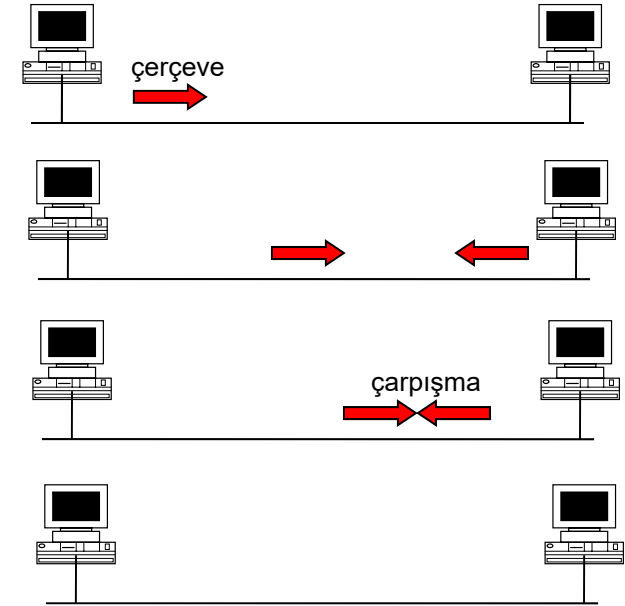
- ❑ CSMA birçok istasyonun eş zamanlı iletim isteğinden doğan çakışmaları en aza indirgeyen (**fakat yok edemeyen**) bir "konuşmadan önce dinle" (**listen before you talk**) metodudur.
- ❑ İletimden önce kanalı dinlemek büyük bir verimlilik sağlar.



# Taşıyıcı Duyarlı Çoklu Erişim/Çarpışma Sezme

(Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection, CSMA/CD)

- ❑ CSMA/CD, IEEE 802.3 protokolü olarak ta bilinir.
- ❑ CSMA/CD protokolünde, hattı kullanmak isteyen bir istasyon önce hat üzerinde mesaj olup olmadığını kontrol eder.
- ❑ Eğer varsa, başka bir istasyona ait olan bu mesaj iletilinceye kadar bekler ve daha sonra erişim hakkı kendisine geçer.
- ❑ Eğer aynı anda birden fazla istasyon mesaj göndermek isterse çarpışma (collision) oluşur.
- ❑ Bu durumda çarpışmaya neden olan istasyonlar belirli bir süre bekleyerek daha sonra farklı zamanlarda tekrar mesaj göndermeyi denerler.
- ❑ Deneme sonucunda hattı yakalayan istasyon verisini gönderir.



❑ CSMA/CD'nin çalışma prensibi 3 ana kısımdan oluşur.

- ❶ Hat dinleme (carrier sense)
- ❷ Çoklu erişim (multiple access)
- ❸ Çarpışma algılama (collision detection)



# Taşıyıcı Duyarlı Çoklu Erişim/Çarpışmadan Kaçınma

(Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance, CSMA/CA)

- ❑ Kablosuz ağlarda çarpışma tespiti yapılamadığından çarpışmadan kaçınma prosedürleri işletilir.
- ❑ 802.11 standardı temel ortam erişim yöntemidir.
- ❑ Çekişme esaslı dağıtık eşgüdüm fonksiyonu (Distributed Coordination Function, DCF) olarak ta bilinir.
- ❑ CSMA/CA protokolü dağıtık kontrolü kullandığından WLAN içerisindeki erişimi düzenleyecek merkezi bir denetleyici yoktur.
- ❑ Bundan dolayı düğümler protokol kurallarına uydukları sürece istedikleri zamanda veri iletiminde bulunabilirler.
- ❑ Dağıtık Eşgüdüm Fonksiyonu (DCF) şu alt mekanizmalardan oluşur.
  - CSMA,
  - Çarpışmadan kaçınma ve Backoff algoritmasının işleyişi,
  - Hata sezme
  - Sanal taşıyıcı sezme

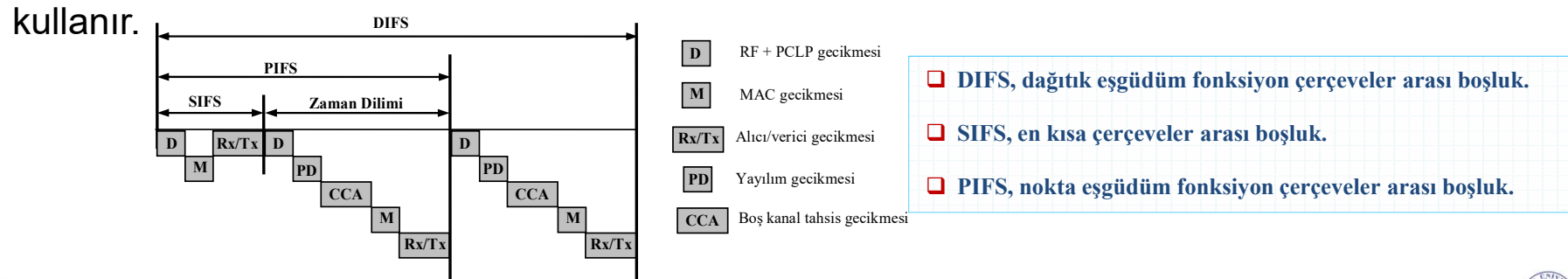


❑ CSMA/CA gerçek zamanlı trafikler için uygun değildir.



# DCF: Taşıyıcı Duyarlı Çoklu Erişim

- ❑ Bir düğüm veri iletiminde bulunmak için önce, ortamda devam eden bir iletim olup olmadığını anlamak için kablosuz ortamı dinler.
- ❑ Eğer ortam meşgul ise (**devam eden bir iletim var ise**) düğüm iletimini daha sonraki bir zamana erteler.
- ❑ Eğer ortamın DIFS'den daha büyük bir süre için boş olduğu algılanırsa ivedi olarak paket gönderilir.
- ❑ MAC katmanı ortamın durumuna (**boş olup olmadığına**) karar vermek için fiziksel katmanla birlikte çalışır.
- ❑ CSMA düşük trafik yoğunluğu olan ortamlarda oldukça etkilidir.
- ❑ IEEE 802.11 çarpışmayı engellemek için çarpışmadan kaçınma (**collision avoidance**) yöntemini kullanır.



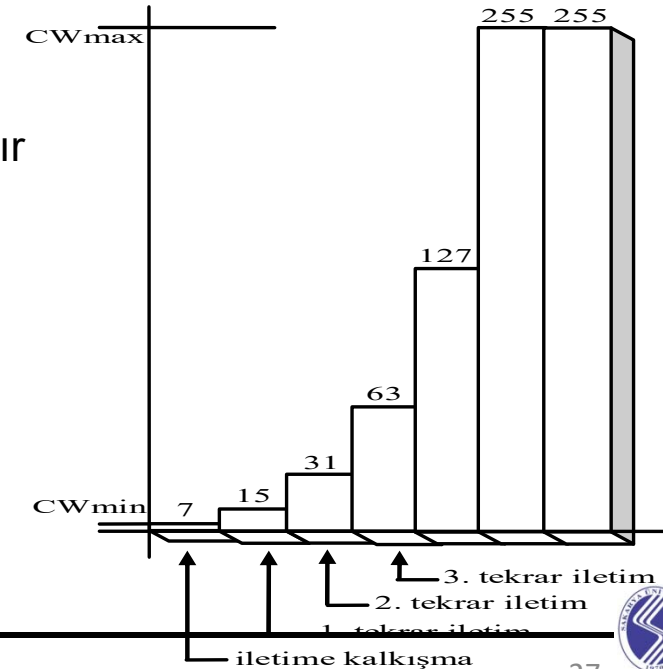
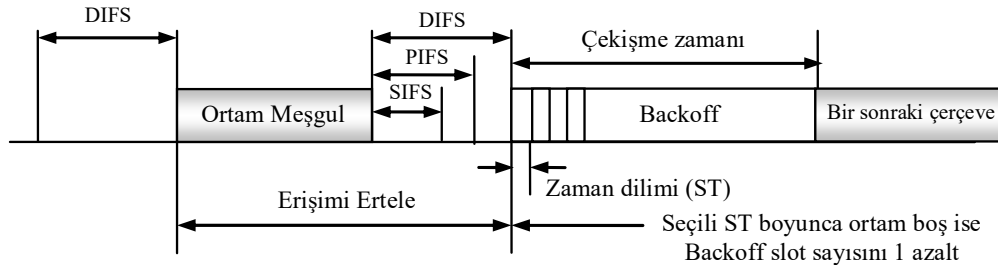
# DCF: Çarpışmadan Kaçınma ve Backoff Prosedürü

- ❑ Çarpışmadan kaçınma için **Backoff Prosedürü** kullanılır.
- ❑ Çarpışmadan kaçınma, iletim gerçekleştiren toplam düğüm miktarını her biri farklı zaman dilimi (**backoff time slot**) kullanan daha küçük gruplara ayırmaya çaba gösterir.
- ❑ Backoff zamanı, çerçeveler arası boşlukta tanımlanan zaman diliminin (slot time) rasgele katıdır.

➤ **Backoff zamanı = Rasgele bir değer  $[0, CW]$  x Zaman dilimi**

- ❑ Rasgele değer aslında sözde rasgeledir.
- ❑ Bu değer kullanılan fiziksel katmanın karakteristiklerine bağlı olarak 0 ila **CW** (**Collision Window**) değeri arasındadır

Ortam DIFS'ten daha büyük bir süre boş ise erişim başlar

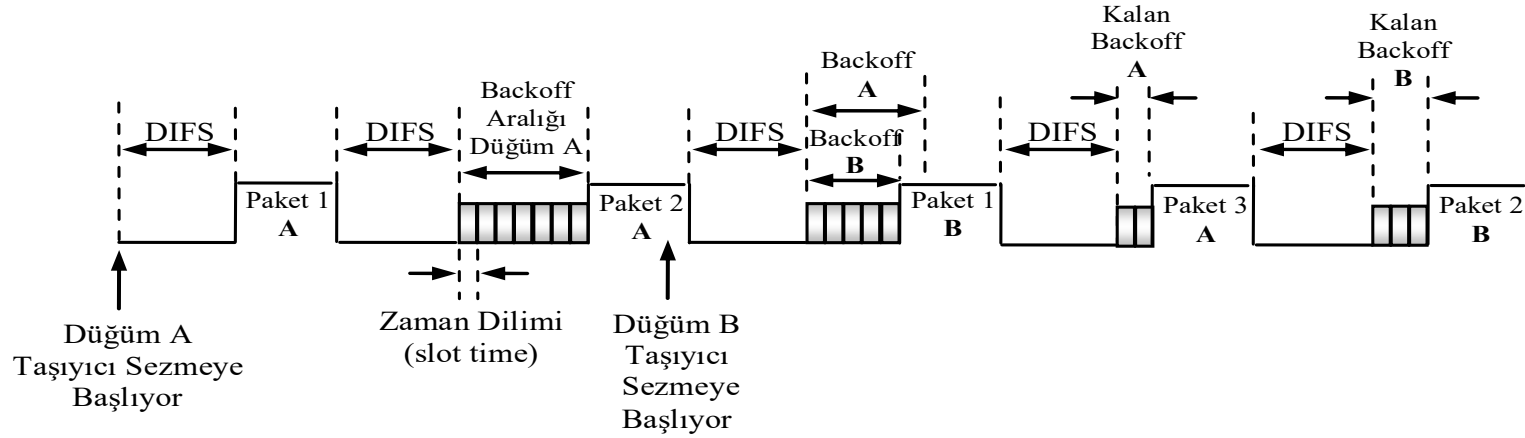


# 802.11 parametreleri

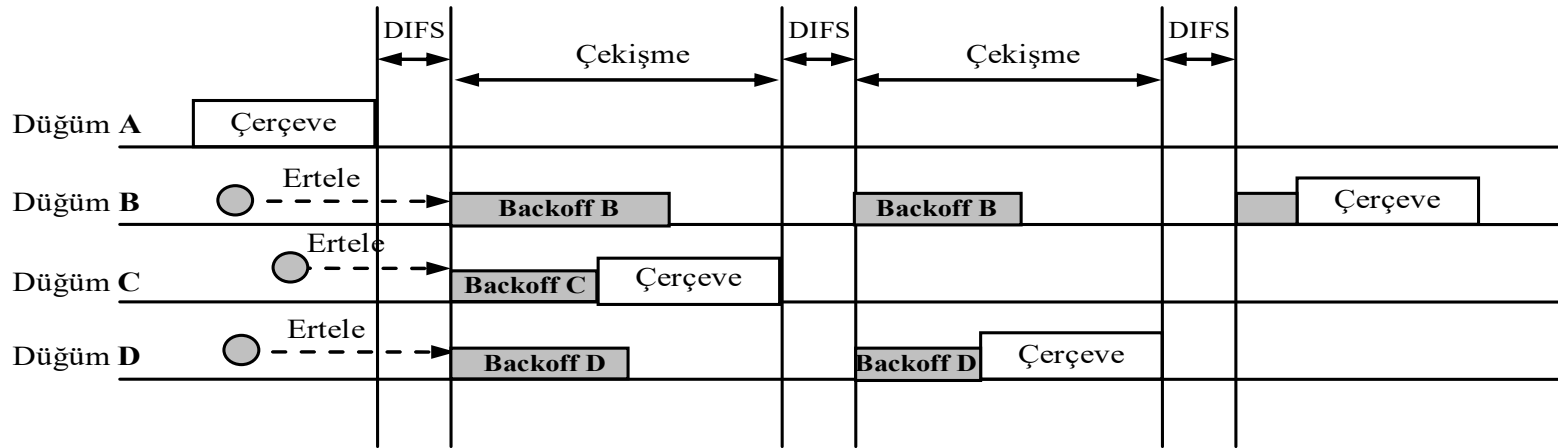
IEEE 802.11 parameters

Parameter	802.11 (FHSS)	802.11 (DSSS)	802.11b (HR/DSSS)	802.11a (OFDM)
<i>slotime</i>	50 $\mu$ sec	20 $\mu$ sec	20 $\mu$ sec	9 $\mu$ sec
SIFS	28 $\mu$ sec	10 $\mu$ sec	10 $\mu$ sec	16 $\mu$ sec
PIFS	SIFS + $t_{slot}$			
DIFS	SIFS + ( $2 \times t_{slot}$ )			
Operating Frequency	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz	5 GHz
Maximum Data Rate	2 Mbps	2 Mbps	11 Mbps	54 Mbps
$CW_{min}$	15	31	31	15
$CW_{max}$	1,023	1,023	1,023	1,023

# DCF: Backoff Prosedürünün Çalışması



(a)



● Düşüm taşıyıcı sezmeye başlıyor

CSMA/CA yapısını kullanarak çoklu paket gönderimi

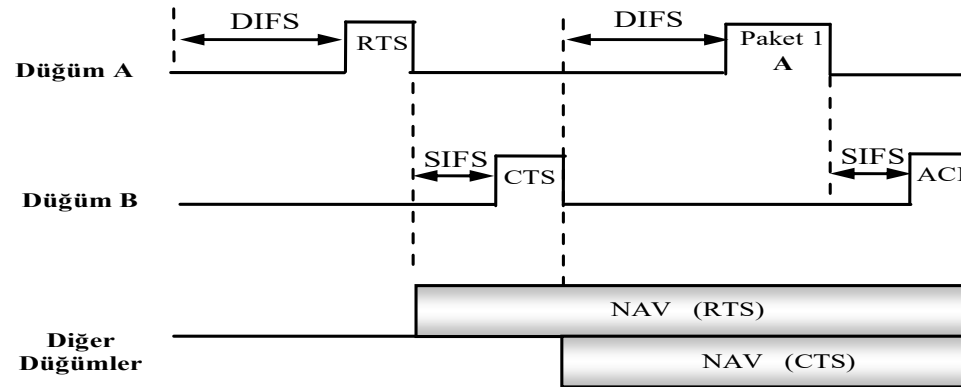
(b)

# DCF: Hata Sezme

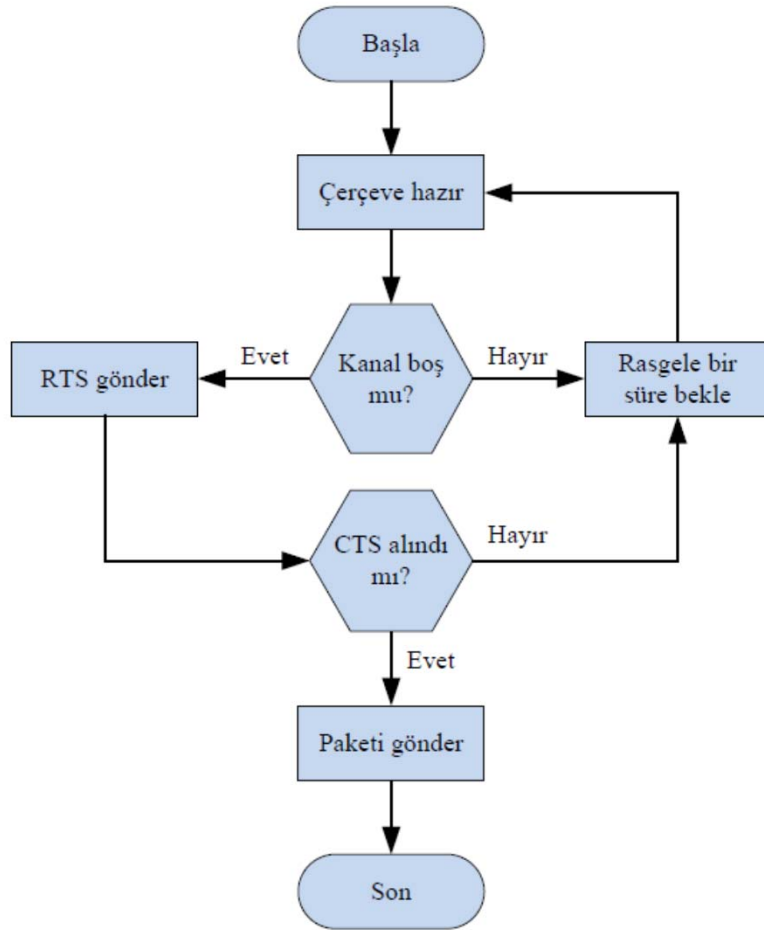
- ❑ 802.11 standardında bir paketin doğru olarak iletilip iletilmediği, ACK alındı paketlerinin gönderimi ile belirlenir.
- ❑ Bir paket doğru olarak alındığında vericiye bir ACK gönderilir. ACK SIFS'den sonra gönderilir.
- ❑ SIFS, DIFS'den küçük olduğundan herhangi yeni bir paketin gönderim zamanından önce alındı bilgisi gönderilmiş olur.
- ❑ ACK gelmez ise gönderici, paketin bozulduğunu (**hata oluştuğunu**) varsayar ve tekrar gönderir.
- ❑ ACK her ne kadar güvenli paket iletimi için kullanılsa da yayın (**broadcast**) modunda yahut çoklu gönderim durumunda çok sayıda ACK gönderimi, çarpışma meydana getireceğinden pratik bir yöntem değildir.

# DCF: Sanal Taşıyıcı Algılama

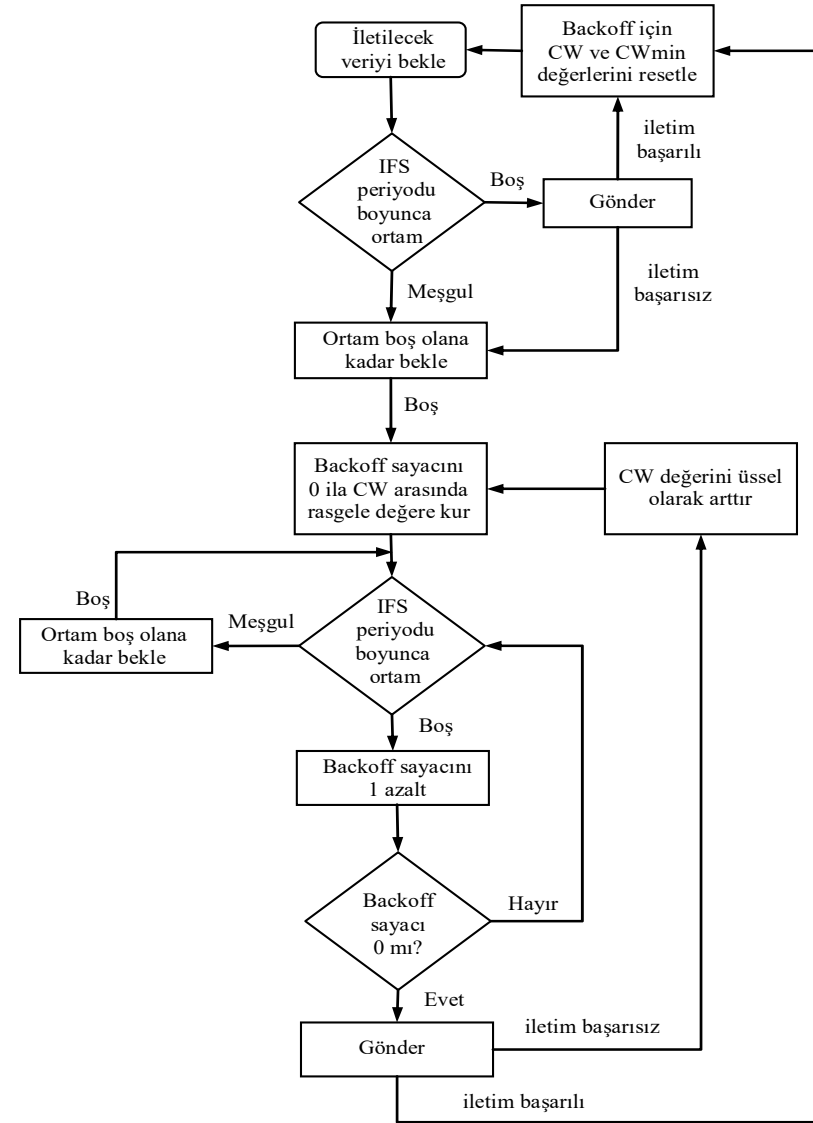
- ❑ Sanal taşıyıcı algılama, kablosuz ortamın kullanılmaya yakın olduğunu bildiren rezervasyon bilgisinin kullanıcılar arasında dağıtılmasına dayanır.
- ❑ NAV olarak bilinir. NAV, RTS/CTS paketleri içerisinde süre bilgisine bağlı olarak ortamın gelecekteki trafik durumunu tahmin etmektir.
- ❑ RTS, gönderen (**kaynak**) düğüm tarafından dağıtılırken, CTS, iletim izni isteyen düğüme onay vermek için hedef düğüm tarafından dağıtılır.
- ❑ Süre bilgisi (**Süre ID**) MPDU paketinin başlık bilgisi içerisinde tanımlanmaktadır. NAV aslında belli bir değerden (süre bilgisi) sıfıra ('0') doğru sayan bir sayıcı olarak düşünülebilir.
- ❑ NAV **sıfır** ise **ortam boş**, **değil** ise **meşguldür**.
- ❑ NAV süresince düğüm, iletim girişimini erteleyecektir.



# CSMA/CA'in Genel Çalışma Mekanizması



RTS/CTS yapısı kullanan CSMA/CA





# 802.11 Paket Formatları



## Duration/ID Field

Depending on bits 14-15 (most significant) this field is defined one of three ways:

bit 0															bit 15
															0
Network Allocation Vector (Duration)															
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Connection Free Period (CFP) Frames															
														AID (Range: 1-2007)	1 1

Power Save-Poll Frames

## Address 1 Field

Used by the receiver.

## Address 2 Field

Used by the transmitter.

## Address 3 Field

Used by the receiver for filtering.

## Sequence Number (Seq No) Field

Fragment Number	Sequence Number
-----------------	-----------------

## Address 4 Field

Additional addressing used to traverse the Distribution System.

## Frame Body Field

This is also known as the data body or packet payload. Higher level protocols and/or user application data reside in this field (length can be 0-2312 bytes).

## Frame Check Sequence (FCS) Field

The FCS is often referred to as the cyclic redundancy check (CRC). It allows stations and APs to check the integrity of received frames.

QoS: Quality of Service

IBSS: Independent Basic Service Set

802.11h: Defines dynamic frequency selection (DFS) for spectrum management and transmit power control (TPC) for power management in the 5GHz band.

Protocol	Type	Subtype	To DS	From DS	MF	Retry	Pwr Mgt	MD	Prot Frame	Order
----------	------	---------	-------	---------	----	-------	---------	----	------------	-------

## Protocol Field = 00

## Type & Subtype Field

### 00 = Management

0000-Association Request
0001-Association Response
0010-Reassociation Request
0011-Reassociation Response
0100-Probe Request
0101-Probe Response
1000-Beacon
1001-Announcement Traffic Indication Message (ATIM)
1010-Disassociation
1011-Authentication
1100-Deauthentication
1101>Action (used for 802.11h & QoS)

### 01 = Control

1000-Block Acknowledgement Request (used for QoS)
1001-Block Acknowledgement (used for QoS)
1010-Power Save (PS) Poll
1011-Request to Send (RTS)
1100-Clear to Send (CTS)
1101-Acknowledgment (ACK)
1110-Contention Free (CF) End
1111-CF-end + CF-ACK

### 10 = Data

0000-Data
0001-Data + CF-ACK
0010-Data + CF-Poll

0011-Data + CF-ACK + CF-Poll
0100-Null Data
0101-CF-ACK
0110-CF-Poll*
0111-CF-ACK + CF-Poll*
1000-QoS Data
1001-QoS Data + CF-ACK
1010-QoS Data + CF-Poll
1011-QoS Data + CF-ACK + CF-Poll
1100-QoS Null*
1110-QoS CF-Poll*
1111-QoS CF-ACK + CF-Poll*
11 = Reserved

\* No data transmitted.

## To DS & From DS Fields

	To DS = 0	To DS = 1
From DS = 0	All Management and Control frames. Data frames within IBSS (never infrastructure data frames).	Data frames transmitted from a wireless station in an infrastructure network to the DS.
From DS = 1	Data frames received from the DS for a wireless station in an infrastructure network.	Frames within a distribution system.

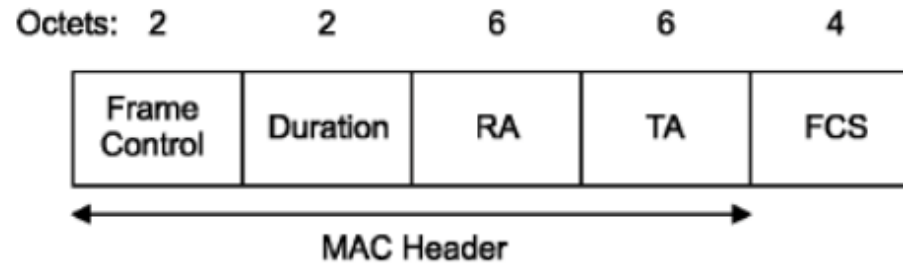
## All Other Frame Control Fields

<b>More Fragments (MF)</b> 1 = additional fragments to follow 0 = last frame <b>Retry</b> 1 = this packet is a retransmission 0 = this packet is not a retransmission <b>Protected Frame (Prot Frame)</b> 1 = the frame is protected with link layer security such as WEP or WPA/2 0 = the frame is transmitted as clear text	<b>More Data (MD)</b> 1 = Indicates to the stations the AP has at least one frame buffered for the station 0 = no buffered packets in the AP for the station <b>Order</b> 1 = strict ordering supported 0 = strict ordering not supported <b>Power Management (Pwr Mgt)</b> 1 = station is in power save mode 0 = station is active (out of power save mode)
---	--

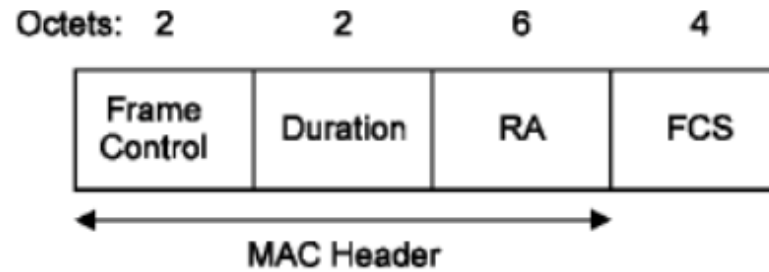


# 802.11 Paket Formatları

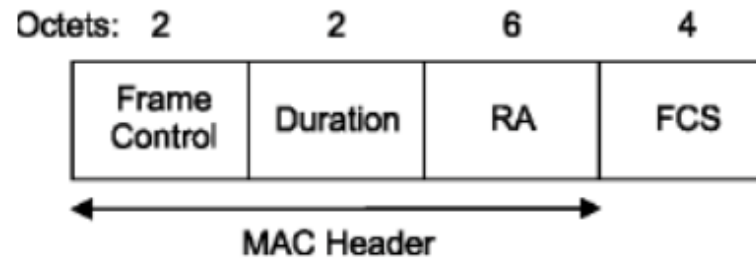
- RTS



- CTS



- ACK



# Bilmemiz Gerekenler

---

- ☐ Neden multiplexing işlemine ihtiyaç vardır.
- ☐ İletim ortamını çift yönlü kullanma tekniklerini karşılaştırınız.
- ☐ Tahsis tabanlı çoklu erişim yöntemleri nelerdir.
- ☐ En yüksek kapasiteye sahip, tahsis tabanlı çoklu erişim yöntemi hangisidir.
- ☐ Çekişme tabanlı çoklu erişim yöntemleri nelerdir.
- ☐ Slotted ALOHA, ALOHA'ya göre 2 kat throughput nasıl sağlıyor.
- ☐ CSMA/CA protokolünün çalışmasını kısaca özetleyiniz.



# KAYNAKLAR

## ❖ Kaynaklar

- Bandırmalı, N., Çeken, C., Bayılmış, C., Ertürk, İ., "*Kablosuz Erişim Yöntemlerinin Karşılaştırılmalı İncelemesi*" , Elektrik, Elektronik, Bilgisayar Mühendisliği 11. Ulusal Kongresi ve Fuarı, EMO, 22-25 Eylül,2005, İstanbul-Türkiye
- C. Bayılmış., "IEEE 802.11B KLAN Kullanarak CAN Segmentleri Genişleten Arabağlaşım Birimi Tasarımı", Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi, 2006.
- Theodore S. Rappaport, "Wireless Communications Principles and Practice", Prentice Hall, 2001
- Andrea Goldsmith, "*Wireless Communications*", Stanford University
- Vijay Kumar Garg, "*Wireless Communications and Networking: An Introduction*",
- Bruce Fette, Roberto Miron, B. Douglas, "*RF and Wireless Technologies: Know it All*"
- M. E. Bayrakdar, "*Bilişsel Radyo Ağları İçin Yeni Bir Kanal Kullanım İyileştirme Yöntemi*", Kocaeli Üniv., Fen Bilimleri Enstitüsü, YL Tezi, 2013

