

**BSM 422**

# **KABLOSUZ AĞ TEKNOLOJİLERİ VE UYGULAMALARI**

**Prof. Dr. Cüneyt BAYILMIŞ**



BSM 422  
KABLOSUZ AĞ TEKNOLOJİLERİ VE UYGULAMALARI

KABLOSUZ YEREL ALAN AĞLARI



# Kablosuz Yerel Alan Ağları

(Wireless Local Area Networks, WLAN)

- ❑ En yaygın ve en başarılı kablosuz ağ örneğidir.
- ❑ Kablolu LAN teknolojilerinin kablosuz ortamdan sağlanmasını amaçlar.
- ❑ Çoğunlukla RF teknolojiyi kullanır.
- ❑ Kısaca **WLAN** (Wireless Local Area Network) olarak adlandırılırlar.
- ❑ Kullanılan teknolojiye bağlı olarak kapalı ortamlarda 25m, açık alanlar da ise 100m civarında kapsama alanı sunar.
- ❑ İki temel standardı vardır:
  - IEEE 802.11 ailesi
  - HiperLAN



**Bilgi :** WLAN'lar bir ev, ofis, bina, okul, alışveriş merkezi, kampüs gibi sınırlı bir coğrafi alanda kurulan çoğunlukla kablosuz arabirime sahip bilgisayar, tablet PC vb. gibi cihazlardan oluşan ağıdır.



# Kullanım Alanları

- ❑ Hemen hemen kablolu ağların kullanıldığı tüm yerlerde kullanılabilir.
- ❑ Tipik uygulama alanları arasında,
  - Kısa mesafeli ortamlarda LAN oluşturma,
  - Bilgisayar ve yazıcı gibi çevresel birimleri arasında iletişim,
  - Kampüs, kafeterya, alışveriş merkezi gibi yerlerde internete bağlanmak için geçici ağ hizmeti oluşturma,
  - Teletıp, uzaktan hasta izleme (**healthcare**) sistemler,
  - Otomasyon uygulamaları,



# Kablosuz Yerel Alan Ağlarının Avantaj ve Dezavantajları

---

❑ Genel olarak kablosuz ağların avantaj ve dezavantajlarına sahiptir.

❑ **Avantajları:**

- Kablolu ağların tüm imkanlarını sağlaması,
- Hareket kısıtlaması olmaması,
- Kolay kurulum,
- 128 bit şifreleme ile güvenlik sağlama,

❑ **Dezavantajları:**

- Kısa iletişim mesafesi,
- ISM bandını diğer kablosuz teknolojilerin kullanması sebebiyle oluşan girişim,
- Herkese açık iletim ortamı sebebiyle güvenlik tehdidi,



# WLAN İletişim Teknolojileri

## Darband Teknolojisi

- ❑ Darband metodu, radyo sinyal frekansını sadece verinin geçebileceği kadar ve mümkün olduğunca dar tutar.
- ❑ İletişim kanalları arasında istenmeyen kanal karışması, değişik kullanıcıların farklı kanallara yönlendirilmesiyle önlenir.
- ❑ Basit bir telefon hattını radyo frekansına benzetirsek, nasıl her ev kendine ait özel bir telefon hattına sahipse ve komşu evler yapılan konuşmaları kendi hatları üzerinden duyamıyorsa, radyo sistemi de bu girişim ve gizliliği ayrı radyo frekansları kullanarak sağlar.
- ❑ Darband tekniğinde, veri iletim hızı düşük olmasına karşın iletişim mesafesi uzundur.
- ❑ Girişime karşı duyarlı olduğundan her kullanıcının farklı frekans kanalı kullanması gereklidir. Bu sebeple, kullanıcı sayısının fazla olduğu yerlerde kullanışlı değildir.
- ❑ Bu teknik, WLAN'lar için tercih edilmemektedir.

# WLAN İletişim Teknolojileri

## Geniş Spektrum Teknolojisi

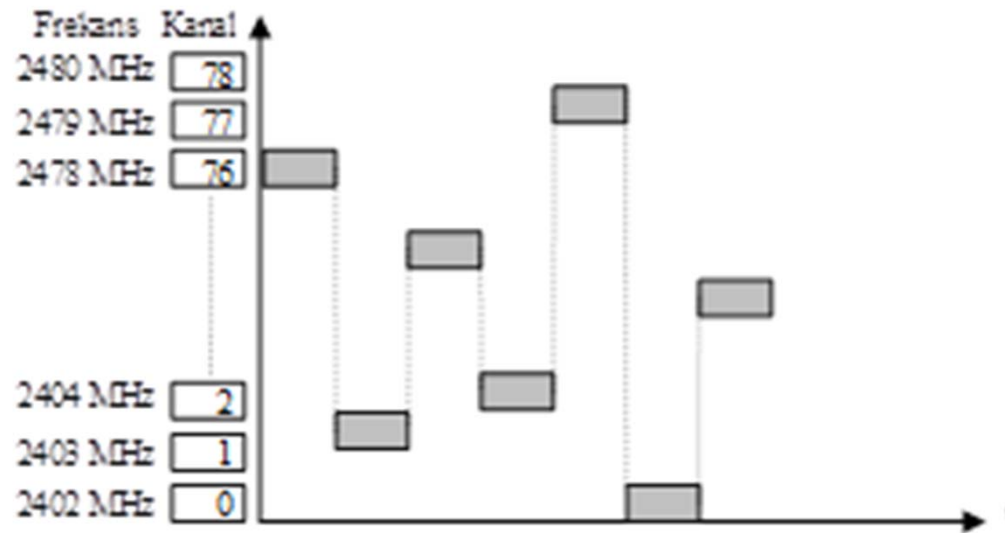
- ❑ Birçok kablosuz sistem, kritik, güvenli ve gizli haberleşme için genişband radyo frekans tekniğini kullanır.
- ❑ Bu teknikte, gönderilecek sinyal, kod kullanılarak bandın tümüne yayılarak belirlenmiş düzende devamlı frekans atlatılarak gönderilir.
- ❑ Alıcı kısımda özel devreler, kodları ayırarak iletişimi gerçekleştirirler. Burada önemli husus, alıcının özel kodu bilmesidir. Eğer bilmezse, algılanan sinyaller gürültü olarak değerlendirilecektir.
- ❑ Genişband spektrum tekniği WLAN uygulamalarında genellikle tercih edilir.
- ❑ Temel geniş spektrum işaret karakteristikleri şu şekilde özetlenebilir :
  - Gönderilen işaretin band genişliği, orijinal verinin band genişliğinden oldukça büyüktür.
  - Gönderilen işaret, yalnızca alıcı ve göndericinin bildiği, veriden bağımsız kod ve veri yardımıyla belirlenir.



# WLAN İletişim Teknolojileri

## Geniş Spektrum Teknolojisi: Frekans Atlamalı Geniş Spektrum (FHSS)

- ❑ Frekans atlamalı geniş spektrum (Frequency-Hopping Spread Spectrum, FHSS)
- ❑ FHSS, alıcı ve verici cihazın bildiği bir şablon çerçevesinde bir darband taşıyıcı ile frekansı değiştirmektedir.
- ❑ FHSS 2402-2480 MHz Band genişliği içerisinde 1 MHz'lik frekans aralıkları ile oluşturduğu kanallar üzerinden verinin iletimini sağlar.
- ❑ Parazitleri engellemek amacı ile band genişliği üzerindeki 78 kanal 26'lı olacak şekilde 3 gruba ayrılır. FHSS aynı alanda çok sayıda ağın birlikte çalışmasına imkan tanır.
- ❑ FHSS, IEEE 802.11'de tanımlanmasına rağmen IEEE 802.11 grubu ve cihaz üreticileri tarafından çeşitli dezavantajları dolayısıyla tercih edilmemektedir.





# WLAN İletişim Teknolojileri

## Geniş Spektrum Teknolojisi: Düz Sıralı Geniş Spektrum (DSSS)

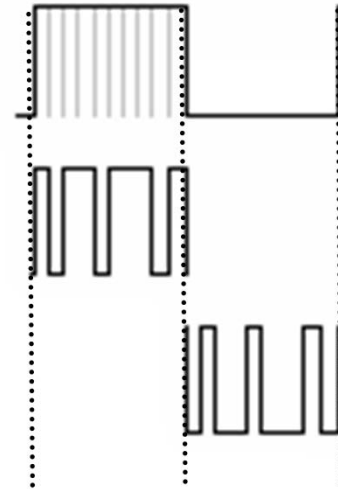
- ❑ Düz sıralı geniş spektrum teknolojisi (Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS)
- ❑ DSSS'de gönderilecek olan her bit, kullanılan kodlama tekniğine göre çok sayıda bit ile ifade edilir.

Orijinal Veri

Her '1' veri biti için  
kodlanmış kelime

'0' veri biti için

terslenmiş kod



- ❑ DSSS ile birlikte BPSK, DBPSK, DQPSK, QPSK vb. gibi modülasyon teknikleri de kullanılmaktadır.
- ❑ FHSS'in güçlü yönü, büyük veriler için kapasitesinin yüksekliği iken DSSS'in üstünlüğü ise, ek kullanıcılara destek vermenin kolay oluşudur.

# WLAN İletişim Teknolojileri

## Dikey Frekans Bölmeli Çoklama (OFDM)

- ❑ Dikey Frekans Bölmeli Çoklama (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM)
- ❑ 802.11a standardı ile birlikte karşımıza çıkmaktadır.
- ❑ Çok sayıda taşıyıcı modülasyon olarak da adlandırılan OFDM, yalnızca bir taşıyıcı yerine çok sayıda taşıyıcı dalga kullanan bir metottur.
- ❑ OFDM tek bir dijital sinyali eş zamanlı olarak 1000 veya daha fazla taşıyıcı sinyale böler. Sinyaller birbirlerine düz açılarla gönderilirler ve böylelikle birbirlerine parazit yapmazlar.
- ❑ Geleneksel iletim şablonlarından daha küçük band genişliği kapladığından frekans spektrumunu verimli kullanır.
- ❑ OFDM multipath etkilerinin üstesinden gelme yeteneğine sahiptir.
- ❑ OFDM ileri hata düzeltme (FEC) algoritmaları ile iletilen verinin güvenilirliğini sağlar.



# WLAN Bileşenleri

## Kablosuz Ağ Arayüz Kartı

- ❑ Kablosuz ağ oluşturmak ya da kablosuz bir ağa bağlanabilmek için ilk gerekli bileşen, kablosuz ağ arayüz kartıdır.
- ❑ Özellikle günümüzde neredeyse tüm taşınabilir cihazlarda (laptop, akıllı telefon, PDA, tablet PC vb.) kablosuz ağ kartı (**Network Interface Card, NIC**) standart olarak bulunmaktadır.
- ❑ Kablosuz ağ arayüz kartına sahip olmayan masaüstü bilgisayar ya da diğer cihazlara da harici olarak (örneğin USB şeklinde) takılabilmektedir.
- ❑ Masaüstü bilgisayar ya da diğer cihazlara takılan kablosuz ağ arayüz kartlarına PCI (**Peripheral Component Interconnect**), dizüstü bilgisayarlara takılanlara ise PCMCIA (**Personal Computer Memory Card International Association**) denir.



# WLAN Bileşenleri

## Kablosuz Modem

- ❑ Kablosuz modem, telefon şebekesine kablo bağlantısı olmaksızın erişmeyi sağlayan modem türüdür. Kablosuz modem aracılığı ile Telekom ya da internet servis sağlayıcı şirket üzerinden internete erişilebilir.
- ❑ Kablosuz modemler, bağlı oldukları internetten gelen bilgileri/verileri alır, radyo frekansına (RF) dönüştürür ve bulunduğu ortama antenler vasıtasıyla kablosuz sinyaller olarak yayar. Aynı şekilde kablosuz ortamdan algıladığı sinyalleri, alır, çözer ve kablolu Ethernet ile internete gönderir.
- ❑ Kablosuz modemler, ev, alışveriş merkezi, havaalanı, otobüs, otel, kütüphane gibi yerlerde internete erişim sağlamak amacıyla kullanılır.
- ❑ Kablosuz modemler seçilirken dikkat edilecek özellikler arasında, desteklediği kablosuz teknoloji (802.11 b/g/n), port sayısı, desteklediği bağlantı teknolojisi (Adsl, Adsl2, Adsl2+), yönlendirici özelliği (router), güvenlik için şifreleme desteği sayılabilir.



**Bilgi :** Günümüzde satılan kablosuz modemler, aynı zamanda erişim noktası ve kablosuz router özelliklerini de sağlamaktadır.



# WLAN Bileşenleri

## Kablosuz Erişim Noktası

- ❑ Kablosuz erişim cihazları, kablosuz modemler gibi kablolu ağlar ile kablosuz ağlar arasında köprü görevi görür.
- ❑ Erişim noktaları kısaca AP (**Access Point**) olarak bilinir.
- ❑ AP, hub'a, anahtar'a veya kablolu yönlendiriciye takılır ve kablosuz iletişim sağlar.
- ❑ Erişim noktaları, WLAN'ların kapsama alanını genişletir ve veri transferini güçlendirir.
- ❑ Erişim noktaları, ağa güvenli giriş işlemi yerine getirir.
- ❑ Erişim noktaları OSI Veri Bağı Katmanından çalışır.



**Bilgi :** Kablosuz erişim noktaları, **erişim noktası**, **yönlendirici** (router) ve **kablosuz köprü** olmak üzere 3 farklı görev yapar.



# Kablosuz Yerel Alan Ağ Topolojisi

## Eş-eş (Ad-Hoc) Ağ Topolojisi

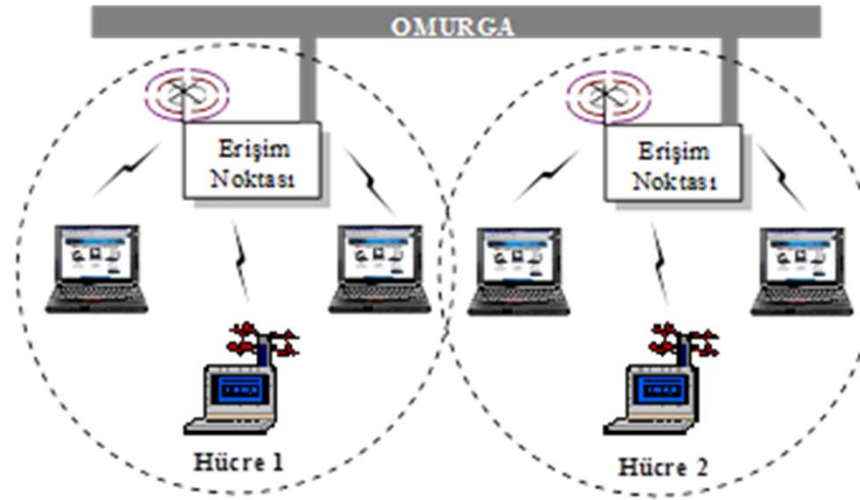
- ❑ Eş-eş ağlar (Ad-Hoc), kablosuz yerel alan ağlarının en temel ağ topolojisidir.
- ❑ Bir Ad-Hoc ağ, aynı protokolü kullanan en az iki kablosuz terminalin bir araya gelmesi ile oluşur.
- ❑ Ad-Hoc ağlar, geçici bağlantılar sağlamak üzere kurulan bir ağ yapısıdır.
- ❑ Bu ağ tipinde terminaller herhangi bir erişim noktası (AP, Access Point) ihtiyacı olmaksızın birbirleri ile doğrudan haberleşirler.



# Kablosuz Yerel Alan Ağ Topolojisi

## Erişim Noktalı (Infrastructure) Ağ Topolojisi

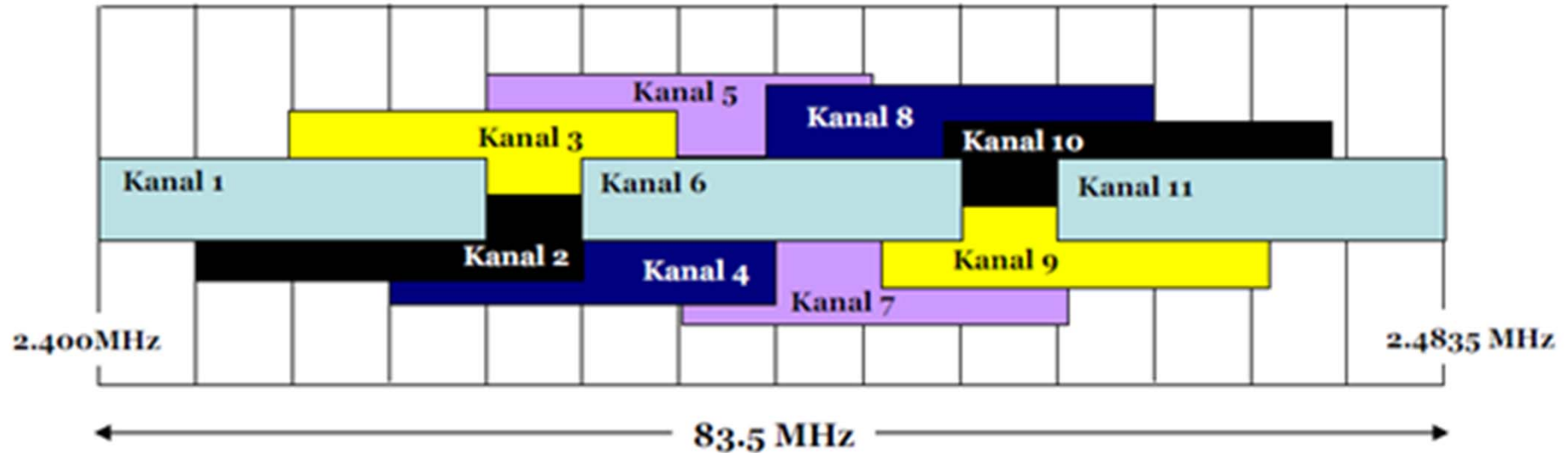
- ❑ Bu yapıda hücre içerisinde iletişim koordinasyonunu sağlayan erişim noktaları (Access Point, AP) kullanılır.
- ❑ AP'ler kablolu ve kablosuz yerel alan ağları arasında köprü görevi gördüğü gibi kablosuz yerel alan ağlarının bant genişliklerini arttırarak daha çok sayıdaki kablosuz terminalin daha uzun mesafeli haberleşmelerini de sağlar.
- ❑ Kullanılmakta olan AP'ler, 802.11'in birçok versiyonunu desteklemektedir.
- ❑ Birden fazla hücreden oluşan kablosuz ağ yapısı **genişletilmiş BSS** (Extended Service Set, ESS) olarak adlandırılır.



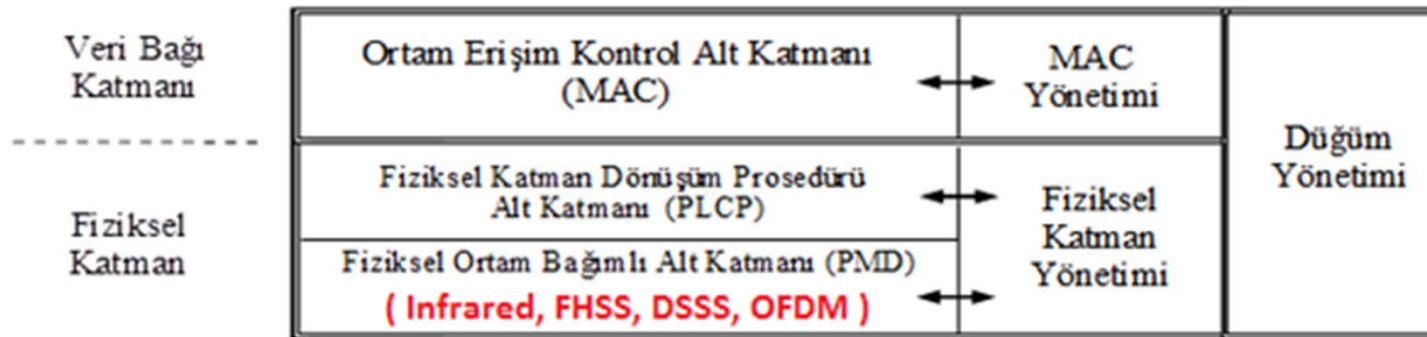
- ❑ IEEE Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (*The Institute of Electrical and Electronic Engineers*) tarafından 1997 yılında geliştirilmiştir. .
- ❑ Kablolu yerel alan ağlarındaki Ethernet bağlantılarını kablosuz ortam üzerinden sağlayan bu standart, kablosuz yerel alan ağı standartları ailesinin temelini oluşturmaktadır.
- ❑ 802.11 kablosuz yerel alan ağı standart ailesi, sonunda bulunan **a/b/g/n** gibi harfler, farklı özellik ve iletim hızlarına sahip alt standartları göstermektedir.
  - **802.11** : orijinal WLAN standardıdır. 802.11 ailesinin çekirdeğini oluşturur.
  - **802.11a** : 5 GHz bandında çalışan, HiperLAN2 teknolojisinin rakibidir.
  - **802.11b** : En yaygın olan WLAN standardıdır. 11 Mbit/s hızları desteklemektedir. Daha çok WiFi (*Kablosuz bağlılık/bağlantı, Wireless Fidelity*) olarak bilinmektedir.
  - **802.11g** : 802.11b standardı üzerine kurulmuş, 54 Mbit/s gibi yüksek hızları desteklemektedir. Günümüzde 802.11b'nin yerini almıştır.
  - **802.11n** : 802.11g'den daha yüksek hızları hedeflemektedir.
- ❑ 802.11 standartları aynı ortam erişim mekanizmasını kullanırlar.



- ❑ IEEE 802.11 çekirdek standardı ve 802.11b 2.4 GHz ISM bandında 11 adet kanal tanımlamıştır.
- ❑ Kanal 1, 6 ve 11 haricindeki diğer kanallar üst üste geldiği noktalar vardır.
- ❑ Üstüste gelmeyen bu 3 kanal, hücre mimarisi kullanımı sebebiyle coğrafik olarak ayrı konumlarda tekrar kullanılabilir.



- ❑ OSI referans modelinin Fiziksel ve Veri Bağı katmanlarını kapsar.
- ❑ Fiziksel katman iki alt katmandan oluşmaktadır
  - Fiziksel Katman Dönüşüm Prosedürü (Physical Layer Convergence Procedure, PLCP)
  - Fiziksel Ortam Bağımlı (Physical Medium Dependent, PMD)
- ❑ PMD alt katmanı, kablosuz ortam karakteristiklerini (DSSS, FHSS veya DFIR) ve kablosuz ortam yoluyla veri iletimi için gerekli metotları (modülasyon, kodlama vb.) tanımlar.
- ❑ PLCP katmanı ise, MAC katmanından gelen paketleri PMD alt katmanı için düzenler ve MAC için taşıyıcı sezme ve kanal tahsis (carrier sensing and channel assessment) işlemini gerçekleştirir.
- ❑ MAC katmanı, kablosuz ortamın kullanıcılar arasında etkin olarak paylaşılmasını yani kullanıcıların ortama erişim mekanizmasını tanımlar.



## ❑ Dağıtık Eşgüdüm Fonksiyonu (**Distributed Coordination Function, DCF**)

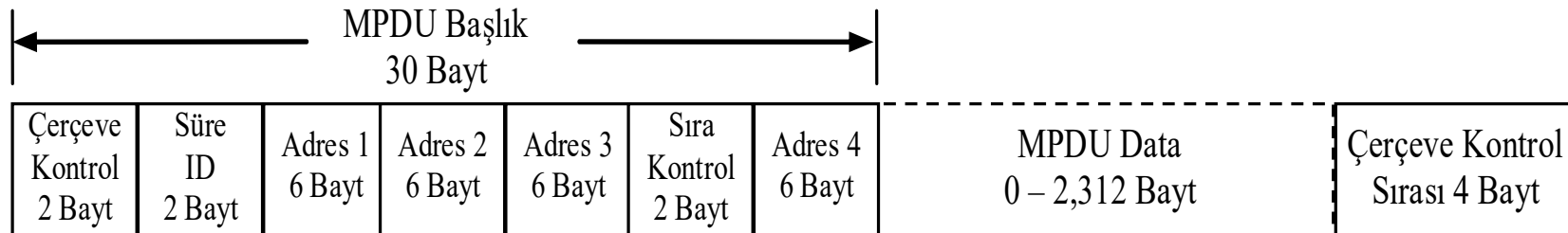
- Daha çok CSMA/CA (**Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance**) olarak bilinir.
- CSMA/CA protokolü dağıtık kontrolü kullandığından WLAN içerisindeki erişimi düzenleyecek merkezi bir denetleyici yoktur.
- Bundan dolayı düğümler protokol kurallarına uydukları sürece istedikleri zamanda veri iletiminde bulunabilirler.

## ❑ Nokta Eşgüdüm Fonksiyonu (**Point Coordination Function, PCF**)

- **PCF**, gecikmeye duyarlı trafiklerin iletimi için kullanılmaktadır.
- IEEE 802.11 MAC, PCF yöntemini yalnızca erişim noktası kullanılan altyapılı topolojilerde (**infrastructure network**) kullanabilir.
- PCF genel olarak merkezileştirilmiş, çekişmeden bağımsız (**contention-free**) çoklu erişim şemasıdır.
- PCF merkezi düğüm olan erişim noktası üzerinde çalıştırılır ve merkezi erişim noktası kapsama alanındaki hangi düğümün iletimde bulunabileceğine karar verir.

❑ WLAN ortam erişim katmanında farklı amaçlar için kullanılan üç temel MAC çerçeve biçimi (MAC Protocol Data Unit, MPDU) vardır.

- Veri çerçeveleri,
- Kontrol çerçeveleri
  - ❖ RTS (Request To Send),
  - ❖ CTS (Clear To Send),
  - ❖ ACK,
- Yönetim çerçeveleri



Standart	Özellikleri
<b>IEEE 802.11</b>	Orijinal WLAN standardı. 1-2 Mbit/s veri iletim hızlarını destekler.
<b>IEEE 802.11a</b>	5 GHz bandında çalışan yüksek hızlı WLAN standardı. Kanal başına 54 Mbit/s veri iletim hızını desteklemektedir.
<b>IEEE 802.11b</b>	Şu an en yaygın olan WLAN standardıdır. 11 Mbit/s veri iletim hızını desteklemektedir.
<b>IEEE 802.11e</b>	IEEE WLAN yapıları için QoS mekanizmaları tanımlar.
<b>IEEE 802.11f</b>	AP'ler arasında haberleşme protokolüdür (Inter Access Point Protocol, IAPP).
<b>IEEE 802.11g</b>	802.11b standardı üzerine kurulan bu standart 2,4 GHz'de 54 Mbit/s veri iletim hızına ulaşabilmektedir.
<b>IEEE 802.11h</b>	IEEE 802.11a için dinamik kanal seçimi ve iletim gücü kontrolü sağlar.
<b>IEEE 802.11i</b>	IEEE 802.1X ile kombine güvenlik özellikleri sunmaktadır.
<b>IEEE 802.11n</b>	Yüksek hızlı WLAN. 2.4 GHz ve 5 GHz frekanslarında 150 Mbit/s'e kadar hız sağlamaktadır.
<b>IEEE 802.1X</b>	IEEE ağları için güvenlik çerçeve standardı.
<b>IEEE 802.11y</b>	3.7 GHz'de çalışan çıkış gücü yükseltilmiş WLAN'dır. 54 Mbit/s hız desteği ile kapalı alanda 50m, açık alanda 5 km'ye kadar iletişim sunar.

- ❑ 2,4 GHz'deki band genişliğini kullanan değişik uygulamalara, 5 GHz'lik frekans bandını tanımlayarak alternatif oluşturmuştur.
- ❑ OFDM modülasyonunu kullanır.
- ❑ Her biri 20 MHz genişliğinde 8 kanalı vardır.
- ❑ 6 Mbit/s, 9 Mbit/s, 12 Mbit/s, 18 Mbit/s, 24 Mbit/s, 36 Mbit/s, 48 Mbit/s ve 54 Mbit/s veri iletim hızlarını destekler.
- ❑ Veri iletim hızının artmasına karşın iletim mesafesi kısalmıştır.
- ❑ Gerek kullandığı modülasyon tekniği gerekse çalışma frekansından dolayı 802.11 b ve g standartları ile uyumsuzdur.
- ❑ IEEE 802.11a HiperLAN2 standardına rakip olarak geliştirilmiştir.
- ❑ DSSS yerine OFDM tekniğinin kullanılması daha iyi performans ve daha geniş kapsama alanı sunmakla birlikte daha fazla güç harcaması gerektirir.

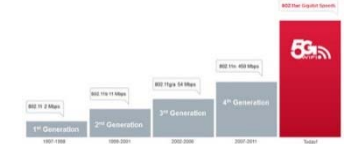
- ☐ En yaygın ve kabul gören standarttır.
- ☐ Endüstri standardı olarak kabul edilir.
- ☐ 2,4 GHz ISM bandında çalışır ve modülasyon tekniği olarak yalnızca DSSS kullanır.
- ☐ 1 Mbit/s, 2 Mbit/s, 5,5 Mbit/s ve 11 Mbit/s veri iletim hızlarını destekler.
- ☐ 2,4 GHz ISM bandının mikrodalga fırın ve Bluetooth gibi ürünler ile paylaşılması, olası parazitlerden dolayı kayıplara ve veri iletim hızlarının düşmesine neden olabilmektedir.
- ☐ Kapalı ortamlardaki iletim mesafesi 30-45m arasındadır.
- ☐ 802.11b 3'ü örtüşmeyen 11 kanala sahiptir. Böylece, 3 adet erişim noktası aynı ortamda, farklı frekanslarda tutularak bant genişliği 3 katına çıkarılabilir.

- ❑ Bu standardın kullanımındaki amaç, geçerli IEEE 802.11b standardı üzerinden veri iletim hız artırımını sağlamaktır.
- ❑ Bu nedenle 802.11b ürünleri ile uyumludur.
- ❑ Kapsama alanı mesafesi 802.11b ile aynıdır. 802.11b'de olduğu gibi 2,4 GHz bandı kullanılarak (teorik olarak) 54 Mbit/s'lik veri iletim hızı sağlar (pratikte hız biraz daha düşüktür).
- ❑ OFDM ve CCK (**Complementary Code Keying**) modülasyon tekniklerinin her ikisini de destekler.
- ❑ Günümüzde 802.11b'nin yerini almıştır.



- ❑ 802.11n standardı 2.4 GHz ve 5 GHz frekanslarında 150 Mbit/s'e kadar yüksek veri iletim hızlarını desteklemektedir.
- ❑ Öne çıkan özellikleri, her iki frekans bandını da desteklemesi, yüksek veri iletim hızı ve kapsama alanıdır.
- ❑ 2007'de standartlaştırılmaya başlanan 802.11n, Ekim 2009'da WiFi Alliance tarafından 2.0 versiyonu şeklinde yayınlanmış ve cihaz üreticilerinin lisanslı olarak kullanmasına izin verilmiştir.
- ❑ 802.11n standardı yüksek veri iletim hızı için Çoklu Giriş Çoklu Çıkış (**Multiple Input Multiple Output, MIMO**) teknolojisinden yararlanır.

# IEEE 802.11 Standartlarının Karşılaştırılması



Standart	Başlangıç Tarihi	Çalışma Frekansı (GHz)	Band Genişliği (MHz)	Veri İletim Hızı (Mbit/s)	Modülasyon	Kapalı Alanda Kapsama (m)	Açık Alanda Kapsama (m)
802.11	Haziran 1997	2.4	20	1 / 2	FHSS, DSSS	20	100
802.11a	Eylül 1999	5	20	6/9/12/18 24/36/48/54	OFDM	35	120
802.11b	Eylül 1999	2.4	20	1 / 2 / 5.5 / 11	DSSS	35	140
802.11g	Haziran 2003	2.4	20	6/9/12/18 24/36/48/54	OFDM / DSSS	38	140
802.11n	Ekim 2009	2.4 / 5	20	7.2/14.4/21.7/28.9 43.3/57.8/65/72.2	OFDM	70	250
			40	15/30/45/60 90/120/135/150			
802.11ac	2011 geliştirilmeye başlandı (Ocak 2014 onaylandı)	5	20	87,6	OFDM (256-QAM)	70	250
			40	200			
			80	433,3			
			160	866,7			
802.11ad	2009 (2012'de onaylandı)	2.4 / 5 / 60	160	7 000	OFDM	60	100



- ❑ Yüksek Performanslı Radyo Yerel Alan Ağı (High Performance Radio Local Area Network, HiperLAN) 1996 yılında geliştirilmiştir.
- ❑ HiperLAN, HiperLAN 1 ve 2 şeklinde iki versiyona sahiptir.
- ❑ HiperLAN, 5 GHz ISM bandında çalışmakta ve OFDM kodlama ve modülasyon yöntemini kullanmaktadır.
- ❑ Avrupa'da yaygın olarak kullanılan HIPERLAN2, IEEE 802.11a standardına rakiptir.
- ❑ Avantajları:
  - Gerçek zamanlı uygulamalar için QoS desteği sunar,
  - Uyku (Sleep) modu ile enerji tasarrufu sağlar,
  - Geliştirilmiş MAC katmanı ile bir hücre içerisinde daha fazla kullanıcıya hizmet sağlar,
  - Birleştirme (Convergence) katmanı ile Ethernet, IEEE 1394 (Firewire), ATM, 3G mobil sistemlerin birlikte çalışmasına izin veren omurga ağ desteği sağlar,
  - Güçlü güvenlik özellikleri sağlar,
  - IEEE 802.11a ile karşılaştırıldığında daha az sayıda AP ile aynı kapsama alanı sağladığından daha düşük maliyet gerektirir.

# Kablosuz Yerel Alan Ağlarında Güvenlik

## ❑ WEP (**W**ireless **E**quivalent **P**rivacy)

- 1999 yılında geliştirilmiştir. RC4 şifreleme algoritmasını kullanır.
- Anahtar uzunluğu 40 ya da 104 bittir. IV (Initialization Vector) uzunluğu 24 bittir.
- Tekrar saldırılarını önleyemez.

## ❑ WPA (**W**ireless **P**rotected **A**ccess)

- 2002 yılında geliştirilmiştir. WEP'in açıklarını gidermek amacıyla geliştirilmiştir.
- WEP'e göre daha güçlü şifreleme (Temporal Key Integrity Protocol, TKIP) ve asıllama (802.1x) yapısına sahiptir.
- WEP'te olmayan anahtar yönetim mekanizmasına sahiptir.

## ❑ WPA2

- 2004 yılında standartlaştırılmıştır.
- AES şifreleme algoritmasını kullanmaktadır.



# WLAN Güvenlik Protokollerinin Karşılaştırılması

	<b>WEP</b>	<b>WPA</b>	<b>WPA2</b>
<b>Şifreleme</b>	Şifreleme yapısı kırıldı. RC4 algoritması	WEP in açıklarını kapatıyor. TKIP/RC4	CCMP/AES CCMP/TKIP
<b>Şifreleme Anahtarı</b>	40 bitlik anahtar	128 bitlik anahtar	128 bit
<b>IV</b>	24 bit	48 bit	48 bit
<b>Anahtar Değişikliği</b>	Anahtar sabittir.	Anahtarlar her oturum,her paket için değişir.	Anahtar değişikliğine gerek yoktur.
<b>Anahtar yönetimi</b>	Anahtar yönetimi yoktur	802.1x	802.1x
<b>Asıllama</b>	Zayıf bir yöntem	802.1x EAP	802.1x EAP
<b>Veri Bütünlüğü</b>	ICV	MIC	MIC



# Bilmemiz Gerekenler

---

- ☐ Kablosuz yerel alan ağlarında kullanılan iletişim teknolojileri nelerdir?
- ☐ Günümüzde en çok tercih edilen 802.11 standardı hangisidir?
- ☐ WLAN'lar kaç farklı ağ topolojisini destekler?
- ☐ WLAN'larda hangi güvenlik protokolleri kullanılır?



# KAYNAKLAR

---

## ❖ Temel Kaynaklar

- Ders Notları – Sunular

## ❖ Diğer Kaynaklar

- Andreas F. Molisch, “*Wireless Communications*”, Wiley, 2005
- 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*”

