

**BSM 422**

# **KABLOSUZ AĞ TEKNOLOJİLERİ VE UYGULAMALARI**

**Prof.Dr. Cüneyt BAYILMIŞ**



BSM 422  
KABLOSUZ AĞ TEKNOLOJİLERİ VE UYGULAMALARI

6. Hafta

KABLOSUZ KİŞİSEL ALAN AĞLARI



# Kablosuz Kişisel Alan Ağları

(Wireless Personal Area Networks, WPAN)

- ❑ Kablosuz Kişisel Alan Ağları yakın/kısa mesafedeki bilgisayar, yazıcı, cep telefonu, klavye, fare, kulaklık, joystick vb. gibi cihazları kablosuz iletişim teknolojileri (ağırlıklı olarak RF) kullanarak birbirine bağlayan ağlardır.
- ❑ Kablosuz Kişisel Alan Ağlar diğer ağlara göre daha düşük veri iletim hızına ve kapsama mesafesine sahiptir.
- ❑ Hızları genelde 1 Mbit/s ve kapsama alanları da 10m civarındadır.
- ❑ Kablosuz Kişisel Alan Ağlarının standartlaştırılma çalışmaları, IEEE 802.15 çalışma grubu tarafından yürütülmektedir.
- ❑ Kablosuz Kişisel Alan Ağı olarak adlandırılan birkaç teknoloji vardır. Bunlar:
  - Bluetooth (IEEE 802.15.1),
  - ZigBee (IEEE 802.15.4),
  - HomeRF,
  - IrDA
  - Kablosuz Vücut Alan Ağlar (Wireless Body Area Network, WBAN – IEEE 802.15.6)



# Bluetooth

- ❑ Bluetooth, ev, küçük ofis ve araç gibi ortamlarda bilgisayar temelli elemanların bağlantılarında kablonun yerini almayı hedefleyen düşük maliyetli kablosuz teknolojidir.
- ❑ Temel Bluetooth standardı, lisans gerektirmeyen 2.4 GHz ISM bandında maksimum 1 Mbit/s veri iletim hızı ile 10m gibi kısa mesafede ses ve veri transferini desteklemektedir.
- ❑ İlk Bluetooth sürümü olan 1.0 2001 yılında sunulmuştur.
- ❑ Bluetooth, kişisel, ofis ve endüstri ortamlarında kısa mesafeli, hızlı, güvenilir, düşük maliyetli bir kablosuz ağ modelidir.
- ❑ Bluetooth açık bir standart olup, üretici bağımsız bir teknolojidir.



**Bilgi :** Bluetooth, IEEE 802.15 standart ailesinin temeli olarak kabul edilir.



# Bluetooth İsmi Nereden Geliyor

- ❑ Bluetooth adını, MS 940-981 yılları arasında yaşamış, İskandinav insanlarını birleştirmeyi başaran **Danimarka Kralı Harald Blatand**'tan almıştır.
- ❑ Kral mavi böğürtlüni çok sevdiği için sürekli dişleri mavi olarak dolaştığından kendisine İngilizce de mavi diş anlamına gelen '**Bluetooth**' ismi verilmiştir.
- ❑ Danimarka Kralı Harald'ın Norveç ile Danimarka'yı birleştirmesi gibi **Bluetooth** teknolojisi de cep telefonları, bilgisayarlar, PDA'lar, yazıcı gibi cihazların birbirleriyle ve telekom dünyası ile kablosuz olarak birleştirmektedir.
- ❑ Kablosuz veri iletişimi teknolojisine bu ismin verilmesinin nedeni ise, bu sistemin gelişmesine öncülük eden sektörün iki büyük şirketi, Ericsson ve Nokia'nın İskandinav kökenli olmasıdır.
- ❑ İlk olarak 1994 yılında Ericsson firması, cep telefonları ve aksesuarları arasında kablosuz iletişim kurabilecek, düşük güç tüketimli ve düşük maliyetli bir radyo arabirimi üzerinde çalışmaya başladı. Bu çalışma **Bluetooth** teknolojisinin kapılarını açan ilk adımdır.



# Bluetooth Special Interest Group (SIG)

- ❑ Bluetooth SIG, 1998'in Şubat ayında iletişim ve bilgisayar sektörünün lider firmalarından Ericsson, Nokia, IBM, Intel ve Toshiba tarafından oluşturulmuştur.
- ❑ 1999 Aralık ayında Microsoft, Lucent, Motorola ve 3Com'unda eklenmesi ile destekleyici grup sayısı 9'a çıkmıştır.
- ❑ Bu sayı irili ufaklı diğer firmaların da eklenmesi ile günümüzde 3000'nin üzerindedir.
- ❑ Bluetooth SIG'e üye olan firmalar, onun özelliklerine ve spesifikasyonlarına öncelikli olarak bakma imtiyazına sahiptirler.
- ❑ Grubun amacı, birlikte çalışarak, açık mimariye sahip, telif ve kullanım hakkı içermeyen, kablo bağlantısını ortadan kaldırarak hemen hemen tüm taşınabilir cihazların telsiz bağlantısını sağlayacak ve birbirleri ile sorunsuzca haberleşmesini gerçekleştirecek bir teknolojik ortam oluşturmak ve ortamı desteklemektir.



# Bluetooth Teknolojisi Neden Popüler

- ❑ Ofis içi kablosuz bağlantılar için yüksek performanslı, uygun ve düşük maliyetli bir çözüm sunar.
- ❑ **Bluetooth** kablosuz teknoloji uluslararası bir standarttır. Bu nedenle **Bluetooth** cihazlar, üreticisi ne olursa olsun diğer Bluetooth cihazlar ile haberleşir.
- ❑ Kablo yerine RF ile bağlantı sağladığından 10m'lik alan içerisinde çok büyük bir hareket esnekliği sağlar.
- ❑ **Bluetooth** cihazlar, aynı kişisel alan ağına üye olan eş **Bluetooth** cihazların alanı içerisinde her zaman bir kablo bağlantısı olmaksızın veri senkronizasyonu sağlar. Böylelikle bilgiler sürekli güncellenir.
- ❑ 2,4 GHz frekans bandında FHSS tekniği ile çalıştığından, aynı frekans bandında çalışan WLAN cihazları, mikrodalga fırınlar, kablosuz telefonlar gibi diğer cihazlardan kaynaklanan parazitlerden etkilenmez.
- ❑ **Bluetooth** kablosuz teknoloji, kimlik belirleme, kodlama ve gizlice dinlemeyi ortadan kaldıran FHSS tekniği ile güvenli bir iletişim sağlar.
- ❑ 10m gibi kısa mesafelerde etkili olduklarından çok düşük güç tüketimi gerektirir. Dolayısıyla, mobil cihazlar için batarya sorununa büyük bir çözümdür (Aktif modda 30 -100 mw).
- ❑ **Bluetooth** cihazlar, eş zamanlı olarak bir veya daha fazla (max 8) **Bluetooth** cihaz ile haberleşebilir.
- ❑ Yüksek hızlı veri ve ses transferine olanak sağlar.



# Bluetooth Kullanım Modelleri

- ❑ Kablosuz çevresel bağlantı,
- ❑ Telefon başlık seti,
- ❑ Bir telefon cihazında üç hat,
- ❑ İnteraktif konferans,
- ❑ İnternet köprüsü,
- ❑ Ad – Hoc Bluetooth erişim,
- ❑ Yüksek hızlı kablosuz veri transferi,





# Bluetooth Ağ Topolojisi

- ❑ Yakınlık ağ mantığına dayanan eş-eş (peer to peer, ad-hoc) topolojiyi destekler.
- ❑ İki eleman birbirlerinin alanı içerisine girdiğinde otomatik olarak haberleşme bağlantısı kurarlar.
- ❑ Bluetooth cihazlar Master ve Slave olarak çalışır.
- ❑ Birbirleri ile haberleşen Bluetooth cihazların oluşturduğu en küçük ağ birimi Piconet olarak adlandırılır.



# Bluetooth Ağ Topolojisi

## Master ve Slave'lerin Rolü

- ❑ Temel band seviyesinde iki eleman arasında bir **Bluetooth** bağlantı kurulduğunda, **Bluetooth** cihazların biri **Master** (Efendi) diğeri **Slave** (Köle) olur.
- ❑ Bir **Bluetooth** cihaz herhangi bir haberleşme bağlantısı için **Master** olurken başka bir bağlantı için **Slave** olabilir.
- ❑ **Master**'ın görevi, **Bluetooth** cihazlar arasındaki FHSS haberleşmenin senkronizasyonunu yönetmektir.
- ❑ **Master**, frekans atlama dizisini belirler ve saati ile bu diziyi çalıştırır.
- ❑ Bir **Master** 7 aktif **Slave** ve 255'e kadar park (parked) **Slave** ile haberleşebilir.
- ❑ **Slave**'in görevi ise **Master**'dan frekans atlama şemasını alıp, **Master**'ın saatine göre gerekli zamanlamayı yaparak **Bluetooth** kablosuz ağ haberleşmesini sürdürmektir.
- ❑ **Master-Slave** ilişkisi düşük seviyeli haberleşmelerde gereklidir. Fakat genelde elemanlar beraber (peer) çalışır.



# Bluetooth Ağ Topolojisi

## Bağlantı Güç Modları

- ❑ **Aktif mod (Active Mode):** Bir Piconet'te **Master**, 7 aktif **Slave** ile haberleşebilir. Bir **Slave** aktif modta, **Master**'ın göndermeleri için daima dinler.
- ❑ **Koklama modu (Sniff Mode):** Bu mod, güç tüketimini azaltmak için bir metottur. Bu modda, bir **Slave** aslında periyodik olarak aktif olur.
- ❑ **Durağan mod (Hold Mode):** Durağan modda, bir **Slave** belirtilen zaman aralığı için paketlerin tamamını dinlemeyi durdurabilir. **Master** ve **Slave** durağan zamanı için anlaşır ve bu sürede haberleşme bağlantısı hareketsizdir.
- ❑ **Park mod (Parked Mode):** Bir Piconet'te **Master**, 255 tane park modundaki **Slave** sayısına kadar bağlantı kurabilir. Park modda bir **Slave**, **Master** ile senkronizasyonu korur.

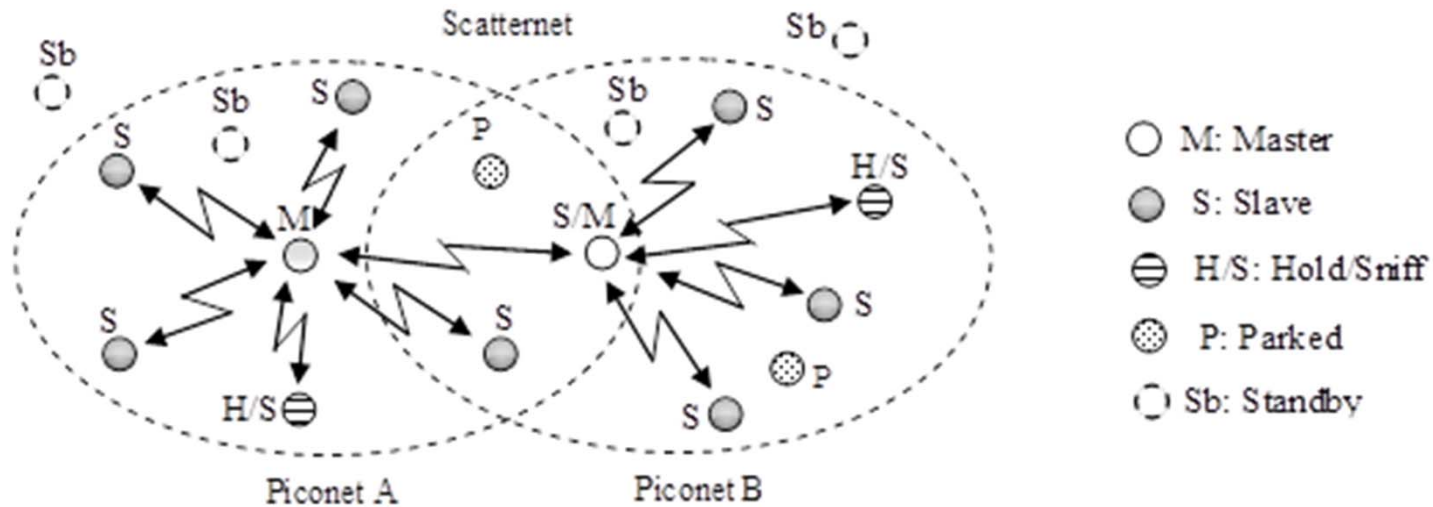
	Aktif	Koklama / Durağan	Park
Duyarlılık	En hızlı	Orta	En yavaş
Güç Tüketimi	En fazla	Orta	En az



# Bluetooth Ağ Topolojisi

## Piconet ve Scatternet

- ❑ Bir **Piconet** maksimum 8 aktif cihazdan oluşur ve bunlardan biri **Master** diğerleri **Slave** olarak ağ içerisinde çalışırlar. Ayrıca **Master**, park modundaki 255 **Slave**'e kadar bağlantı kurabilir.
- ❑ Bir **Piconet**in oluşturulması için gerekli olan işlemler **Bluetooth** protokol yığınındaki Temel Band katmanı tarafından yerine getirilir.
- ❑ **Bluetooth** kablosuz haberleşme, FHSS tekniğini kullanarak farklı 79 kanal üzerinden iletişimi sağladığından **Piconet** içerisinde yani **Master** ile **Slave**'ler arasında bir haberleşme olabilmesi için bütün cihazların aynı frekans atlama dizisini ve aynı saati kullanması gerekir.
- ❑ İki veya daha fazla **Piconet** kısmen üst üste bindiğinde oluşan yapıya **Scatternet** denir.



# Bluetooth Teknolojisi

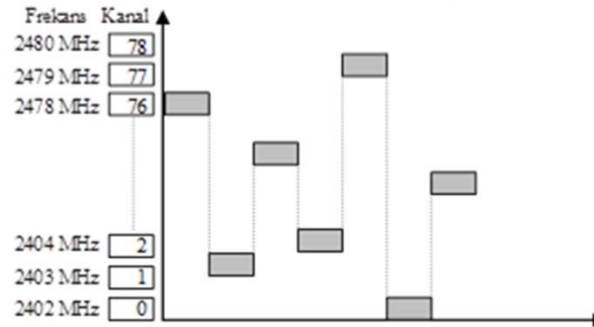
<b>Mesafe</b>	10 m	
<b>Frekans Aralığı</b>	2402-2480 MHz	
<b>Kanal Sayısı ve Bant Genişliği</b>	1 MHz'lik bant genişliğine sahip 79 kanal	
<b>Modülasyon</b>	Gaussian Frequency Shift Keying (GFSK)	
<b>Sembol Hızı</b>	1 M sembol/sn	Binary GFSK kullanır, bağlantı hızı 1 Mbps ve bit gönderme zamanı 1µsn
<b>Frekans Atlama Oranı</b>	1600 atlama/sn	Kanalda kalma zamanı 625µsn
<b>Gönderme Gücü</b>	Sınıf 3 : 0 dBm (1 mW ) Sınıf 2 : 4 dBm (2,5 mW) Sınıf 1 : 20 dBm (100 mW)	
<b>Alıcı Hassasiyeti</b>	Bir Bluetooth alıcı, -70 dBm veya daha düşük bir giriş sinyal seviyesinin %0.1 oranında ham bit hata oranına (BER) ulaşmalı	-70 dBm hassasiyet seviyesi herhangi bir eş Bluetooth gönderici tarafından üretilen giriş sinyeli için elde edilecek



# Bluetooth Teknolojisi

## Frekans Atlamalı Geniş Spektrum (Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS)

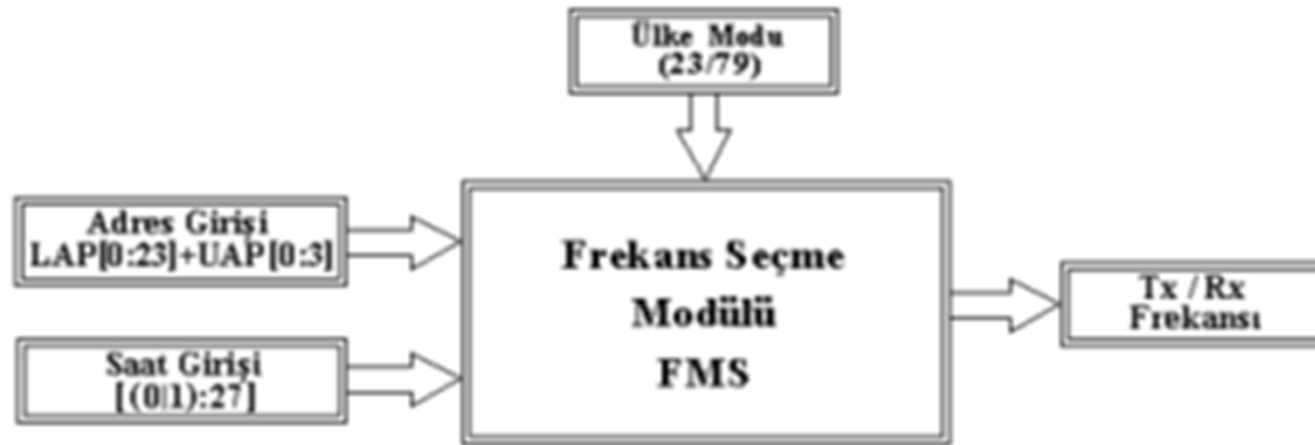
- ❑ **Bluetooth** kablosuz haberleşme, ses ve veri gönderimi için **Frekans Atlamalı Geniş Spektrum** (FHSS) tekniğini kullanır. FHSS bir modülasyon şeması olup, alıcı ve verici cihazın bildiği bir şablon çerçevesinde, bir darband taşıyıcı ile frekansı değiştirmektedir.
- ❑ FHSS, bir **Bluetooth** modülün göndericisinden diğerinin alıcısına data gönderimi için paket anahtarlama kullanır.
- ❑ Yani data çok küçük paketlere bölünerek, mevcut frekans bandı içerisinde diğer cihaza, sahte rasgele (**pseudo random**) değişen 79 (**bazı ülkelerde 23**) frekans noktası üzerinden gönderilir.
- ❑ Gönderim yapılan bu frekans noktaları kanal olarak adlandırılır. Kanalların band genişlikleri 1 MHz'dir.
- ❑ Örneğin bir paket belirli bir frekans noktası üzerinden yani bir kanaldan gönderilirken, bir sonraki paket başka bir kanaldan gönderilir. Bu kanallar arası değişim, yani frekans atlamalar saniyede 1600 kezdir.
- ❑ Sadece önceden frekans atlama dizisini bilen, alıcı ve verici cihazlar data alıp gönderebilirler. Bu frekans atlama dizisi, **Frekans Seçme Modülü** (**Frequency Select Module, FSM**) ile belirlenir.



# Bluetooth Teknolojisi

## Frekans Seçme Modülü

- ❑ Bluetooth cihazlar, birbirleri ile haberleşmek için aynı zamanda ve aynı frekans üzerinden verileri almalı ve göndermelidir.
- ❑ Bu haberleşme esnasında kullanılacak frekans atlama dizisi FSM ile seçilir.
- ❑ Frekans seçme modülü, çeşitli çalışma şartları altında kullanılacak bir sonraki frekansı seçme prosedürünü içerir.
- ❑ Frekans seçiminde etkili unsurlar şekilden de görüldüğü gibi ülke modu, Bluetooth cihaz adresi ve Bluetooth saatidir.



# Bluetooth Teknolojisi

## Radyo ve Diğer Özellikler

- ❑ **Bluetooth** radyo, 2,4 GHz ISM bandında FHSS tekniğini kullanarak çalışır.
- ❑ Geniş bir spektrum ve saniyede azami 1600 frekans atlamasına müsaade eden çift yönlü (**full-duplex**) sinyal iletişimi kullanılır.
- ❑ **Bluetooth** radyo, biri kısa mesafe (10m) diğeri opsiyonel olarak orta mesafeli (100m) olmak üzere iki bağlantı şekli tanımlar. Bu bağlantı kanal başına maksimum 721 Kbit/s'lik veri ve ses iletişimi yürütebilir.
- ❑ Her **Bluetooth** cihaz bağımsız çalışan 28 bit Bluetooth saate sahiptir. **Bluetooth** cihazlarının saatleri asla ayarlanmaz ve asla kapanmaz.
- ❑ Saat tikleri saniyede 3200 kez, diğeri bir deyişle her 312,5  $\mu$ sn'de 1 kez atar. Saat tikinin her iki atması ile frekans atlama dizisinin 1600 atlama/sn değeri ve haberleşme sırasında kanallarda kalma süresi olan 625  $\mu$ sn elde edilir.
- ❑ **BD\_ADDR** her **Bluetooth** cihazın değişmez kimlik adresidir. **BD\_ADDR** her Bluetooth cihaz üzerine elektronik olarak 48 bit şeklinde yazılmıştır.



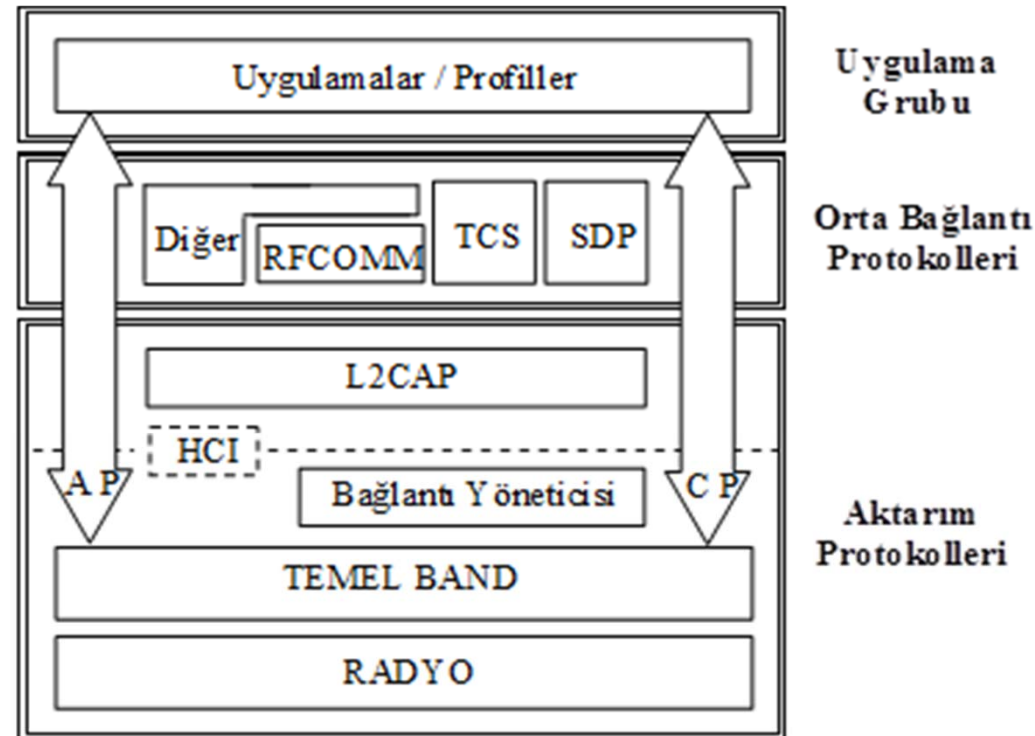


# Bluetooth Teknolojisi

## Protokol Mimarisi

❑ Bluetooth protokol mimarisi 3 başlık altında ele alınabilir.

- Aktarım Protokolleri (Transport Protocols)
- Orta Bağlantı Protokolleri (Middleware Protocols)
- Uygulama Grubu (Application Group)



HCI: Host kontrolcü arayüzü  
A P: Ses yolu C P: Kontrol yolu

# Bluetooth Protokol Mimarisi

## Aktarım Protokolleri

- ❑ Bluetooth cihazların birbirleri ile haberleşmesini sağlayan fiziksel ve lojik bağlantıların oluşmasını, yönetimini belirler.
- ❑ Aktarım protokolleri,
  - Radyo,
  - Temel band,
  - Bağlantı Yöneticisi,
  - Mantıksal Bağlantı ve Adaptasyon
  - Host Kontrolcü Arayüzü protokolleri
- ❑ Aktarım protokolleri ses ve veri trafiğini destekler.
- ❑ Ses uygulamaları için beklenen yüksek servis kalitesinin korunması için ses trafiğine yüksek öncelik tanınır. Bunun için ses uygulamaları, arada bulunan protokol katmanlarının hepsinden geçerek Temel band katmanına doğrudan uygulanır.
- ❑ Aktarım protokolleri, OSI protokol modelindeki fiziksel katman ile data link katmanına karşılık gelmektedir.



# Bluetooth Protokol Mimarisi

## Orta Bağlantı Protokolleri

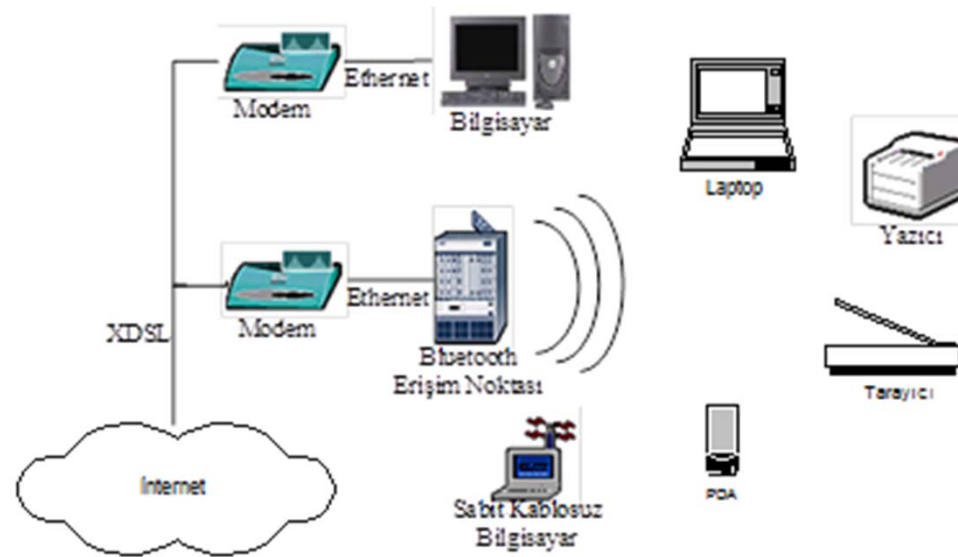
- ❑ Bluetooth cihazların birbirlerinin servislerini bulmalarına izin veren Servis Bulma Protokolü (**The Service Discovery Protocol, SDP**),
- ❑ Telefon işlemlerinin ileri kontrolü için paket temelli Telefon Kontrol İşaretleşme Protokolü (**The Telephony Control Signaling, TCS**),
- ❑ Bluetooth aktarım protokolleri üzerinden bağlantısız seri port işlemleri için Seri Port Emülatör Protokolü (**RFCOMM**)
- ❑ ve diğer protokollerdir.



# Bluetooth Protokol Mimarisi

## Uygulama Protokolleri

- ❑ Bluetooth bağlantılarını kullanan gerçek uygulamalardan oluşur.
- ❑ Fonksiyonların gerçekleştirilmesi için gerekli olan Uygulama grubunu SIG değil, Uygulama Programlama Arabirimi (Application Programming Interfaces, APIs) tanımlar.
- ❑ Bu grup Bluetooth kullanım modülleri konusunda belirtilen modüllerin çalışması için gerekli olan protokolleri tanımlar.



# Bluetooth Genel Paket Biçimi

- ❑ Bluetooth paketinde, kullanıcı verisi 0-2745 bit arasında değişmektedir.
- ❑ Bir paketin içerdiği alanlar, işlevine bağlı olarak değişiklik göstermektedir.
- ❑ Yalnızca erişim kodu, erişim kodu ve başlık alanına birlikte ya da tüm alanlara sahip olabilir.
- ❑ Erişim kodu, eşzamanlılık tanımlama, çağrı ve sorgulama da kullanılır.
- ❑ Kullanıcı verisi, yükü (veriyi) içerir ve gerçek iletim hızını belirler.
- ❑ Erişim kodu, cihazın adresini tanımlayan koddur.



# Bluetooth Sürümleri

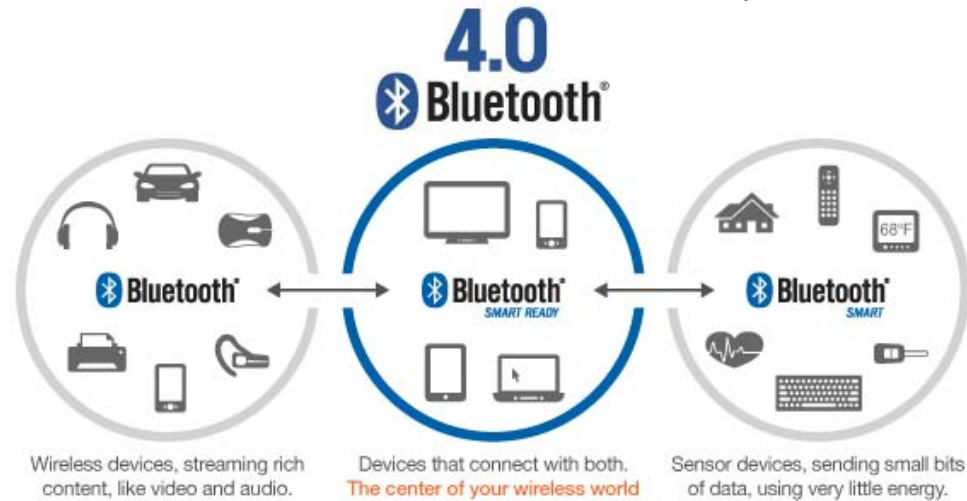
- ❑ Bluetooth teknolojisi geliştirildiği günden bugüne birçok sürüme sahiptir. 2000'de ilk telefon, bilgisayar kartı ve kablosuz mouse tanıldı. İlk Bluetooth teknolojisi 2001'de piyasaya sürüldü. Bu ilk versiyon ile dizüstü bilgisayar, yazıcı ve araç kiti şeklinde idi. 2002'de Bluetooth 1.1 sürümü yayınlandı. 721 Kbit/s veri iletim hızına sahip Bluetooth 1.2 versiyonu 2003'de tanıtıldı. 2.0 versiyonu 2 Mbit/s, 2.0 EDR versiyonu ile hız 3 Mbit/s'ye çıkarılmıştır. Bu Bluetooth versiyonları önceki 1.1 ve 1.2 sürümleri ile uyumlu çalışabiliyordu. 2007 yılında sunulan Bluetooth 2.1 versiyonunun hızı ise 784 Kbit/s'dir. Bu versiyonda 1.2 ve 2.0 versiyonları ile uyumlu çalışmakta idi. Bluetooth 3 ve 4 versiyonlarında ise hız oldukça artarak 24 Mbit/s'ye ulaşmıştır.
- ❑ 2009 yılında sunulan Bluetooth 3.0 versiyonunun öne çıkan özelliği daha düşük enerji tüketimi ve yüksek hızlı veri taşıyıcı olarak 802.11'in eklenmesidir.
- ❑ Bluetooth 4.0 versiyonunun öne çıkan özelliği ise yüksek güvenlik için 128 bit AES şifreleme kullanmasıdır.



# Bluetooth Low Energy (BLE)



- ❑ Bluetooth smart veya Bluetooth 4.0 olarak ta bilinir.
- ❑ Bluetooth teknolojisi ile aynı kapsama alanına sahip olup düşük enerji tüketimi sunar.
- ❑ Teknik Özellikleri
  - Frekans Atlamalı Geniş Spektrum (Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS),
  - 2.4 GHz frekans bandı (Industrial Scientific Medical, ISM),
  - Zaman Bölmeli Çoklu Erişim (Time Division Multiple Access, TDMA) ortam erişim yöntemi,
  - 1 Mbit/s veri iletim hızı,
  - 5917 slave ile ölçeklenebilirlik,
  - 0.01 – 0.5 w güç tüketimi,



# Bluetooth Low Energy (BLE)



❑ BLE 7 profil sunar.

- Health care profiles
- Sports and fitness profiles,
- Internet Connectivity,
- Generic Sensor,
- HID Connectivity,
- Proximity sensing,
- Alert and time profiles,





# Bluetooth Low Energy (BLE)



- ❑ Bluetooth Düşük Enerji (BLE) teknolojisinin kısa mesafeli diğer kablosuz teknolojiler ile karşılaştırılması

Kablosuz teknoloji	Veri iletim hızı	Çalışma frekansı	Kapsama alanı	Ortalama ağ ömrü
BLE IEEE802.15.1 (v4)	1 Mbit/s	2.4GHz	10-50 m	1-2 yıl
Bluetooth IEEE802.15.1	1-24 Mbit/s	2.4GHz	10-100m	Gün – ay
UWB IEEE802.15.3a	110–480 Mbit/s	3.1 -10.6 GHz	10 m	1 – 2 yıl
ZigBee IEEE802.15.4	20–250 Kbit/s	2.4GHz	100 m	6 ay – 1 yıl
Z-Wave	40 Kbit/s	868/908MHz 2.4 GHz	100 m	1 yıl



Kaynak: C. Bayılmış, M. Özdemir, "Bluetooth Düşük Enerji Teknolojisine Sahip İşaretçi ve Akıllı Telefon Temelli Öğrenci Yoklama Sistemi", Gazi Üniversitesi Bilişim Teknolojileri Dergisi, 9 (3), 249–254, 2016.



# Kablosuz Algılayıcı Ağlar

(Wireless Sensor Networks, WSN)

❑ Kablosuz Algılayıcı ağlar, algılayıcı düğümlerinin bir araya gelmesi ile oluşan ağıdır.

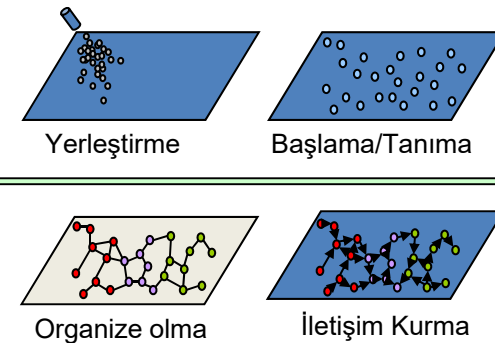
## ❑ Algılayıcı Düğüm

- Ortamdaki fiziksel büyüklükleri algılayabilen
- Nem
- Sıcaklık
- Işık vb.
- Sınırlı şekilde işlem yapma kabiliyetine sahip olan
- Kısa mesafede kablosuz ortam üzerinden haberleşen
- Küçük boyutlu
- Düşük güçlü
- Düşük maliyetli tüm devredir.



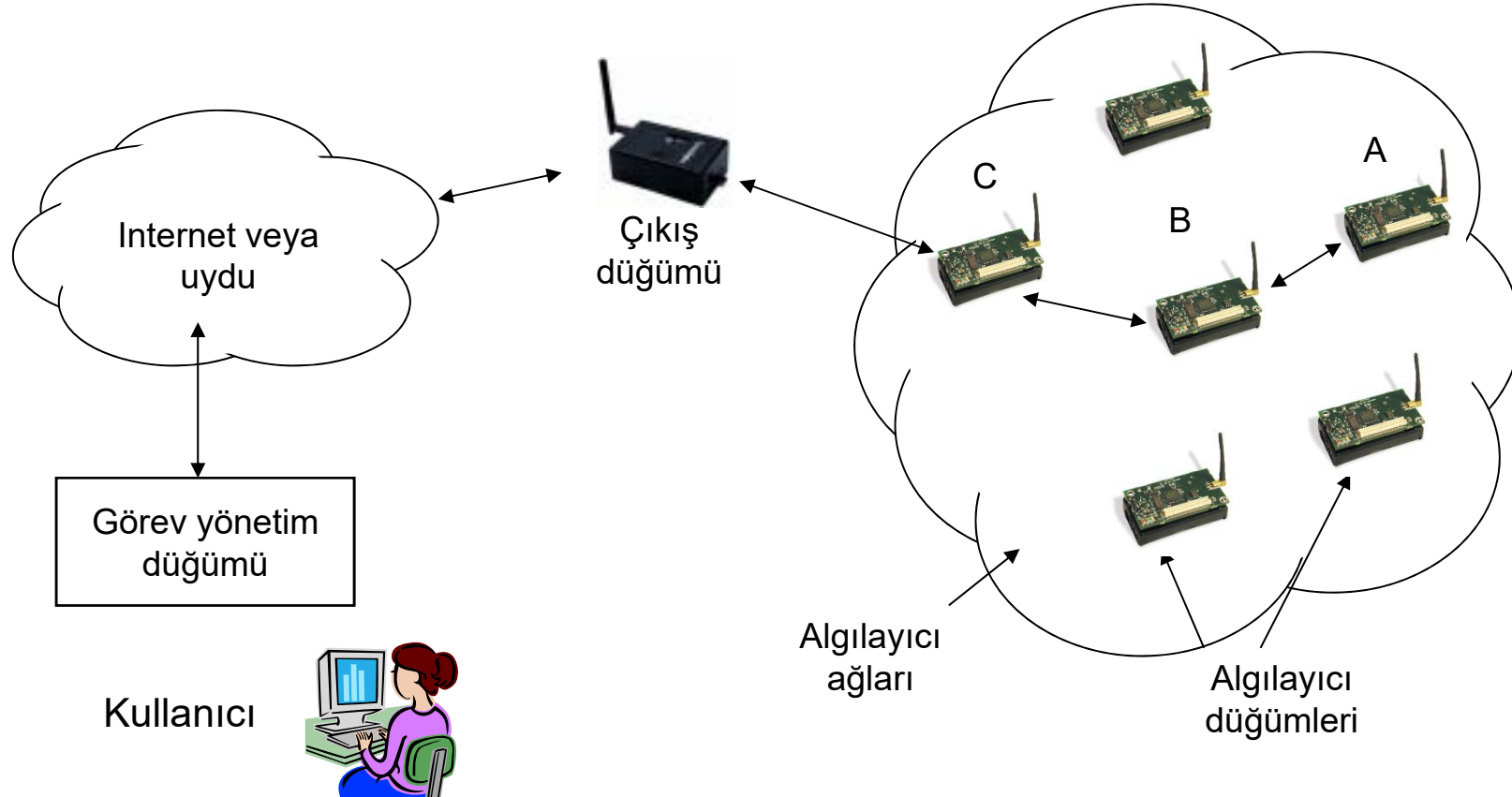
## ❑ Temel Özellikler

- Rasgele yerleştirilebilme
- Kendi kendine organize olabilme
- Ortak çalışma
- Yerel hesaplama yapma



# Kablosuz Algılayıcı Ağlar

## Ağ Mimarisi



- ❑ Uygulamaya bağlı olarak yüzlere, binlere ve hatta yüz binlere varan sayıda düğüm içerebilirler.

# Kablosuz Algılayıcı Ağlar

## Uygulama Alanları

### ❑ Askeri Alanlar

- Hedef tespiti, saldırı tespiti, savaş alanının gözetim altında tutulması,
- Dost-düşman ayrımı vb.

### ❑ Çevresel Alanlar

- Orman yangını, sel vb. doğal afetlerin tespiti,
- Bir bölgenin ekolojik olarak izlenmesi,

### ❑ Sağlık ile İlgili Alanlar

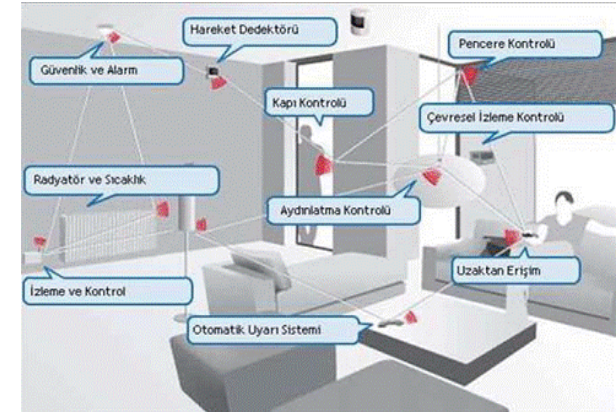
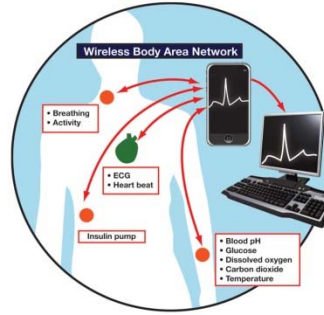
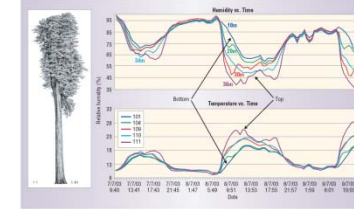
- Hastaların izlenmesi

### ❑ Ev Otomasyon Uygulamaları

- Akıllı binalar,
- Bina güvenliği,

### ❑ Ticari Uygulamalar

- Endüstriyel otomasyon,
- Trafik sinyalizasyonu (zeki yollar),
- Binaların yapı denetimi,



# Kablosuz Algılayıcı Ağlar

ZigBee



- ❑ ZigBee, adını arıların çiçekler arasındaki zig-zaglı karmaşık hareketlerinden almaktadır. Bu zig-zaglı yapı karmaşık ağlardaki düğümler arası haberleşmeyi sembolize eder.
- ❑ Wi-Fi ve Bluetooth gibi kablosuz haberleşme teknolojilerinin kimi uygulamalarda elverişsiz olmaları nedeniyle 1998 yılından itibaren ZigBee stili ağlar üzerinde çalışılmaya başlanmıştır.
- ❑ Daha çok endüstriyel uygulamaların düşük güç tüketimi ve düşük veri iletim hızı ihtiyaçlarını karşılamak için geliştirilmiştir.
- ❑ Kablosuz Algılayıcı Ağlar olarakta bilinir.
- ❑ ZigBee teknolojisi IEEE 802.15.4 ve ZigBee Alliance gruplarının birlikte çalışması neticesinde ortaya çıkmıştır.
- ❑ Zigbee Alliance, ZigBee teknolojisinin standartlarından sorumlu dünya çapında bir birim olup; güvenilir, düşük maliyetli ve güç tüketimi az ürünler ortaya çıkarmak için birçok firmanın bir araya gelerek oluşan bir topluluktur.
- ❑ Amaç güvenilirliği yüksek, düşük maliyetli, enerji tasarruflu, görüntüleme ve yönetme amaçlı ağlar kurmaya elverişli ürünler ortaya çıkarmaktır.



# Kablosuz Algılayıcı Ağlar

## ZigBee Özellikleri

- ❑ Düşük hızlı kablosuz kişisel ağ haberleşme teknolojisi (**Low-Rate Wireless Personal Area Network, LR-WPAN**) olarak bilinen **ZigBee** teknolojisi, küçük boyutta veri alışverişi ile gerçekleştirilmesi mümkün uygulamalarda düşük maliyetli olması, minimum güç tüketme prensibine dayanması, kurulumunun kolay ve esnek yapıda olması açısından büyük oranda tercih edilmektedir.
- ❑ **ZigBee** veri alışverişi yapmadığı zamanlarda yönlendirici ve koordinatör dışındaki aygıtların uyku modu (**sleep mode**) durumuna geçmesi sayesinde güç tüketimini azaltmış olur.
- ❑ Kullanılan BPSK ve O-QPSK modülasyon çeşitleri çok fazla güç tüketmez. Kısa zamanlı görev çevrimi (**Low duty cycle**): yayın alma ve yayın verme sürelerinin çok kısa ve bu iki süreç arasındaki zaman aralığının uzun tutulmasıyla cihazın aktif çalışma zamanı kısaltılır, böylelikle **ZigBee**'de daha az güç tüketilmiş olur.
- ❑ **ZigBee**'nin önemli özellikleri
  - Güvenilirlik
  - Fazla sayıda düğüm desteği
  - Hızlı ve kolay kurulum
  - Uzun pil ömrü
  - Güvenlik
  - Düşük Maliyet
  - Üretici/Sağlayıcı bağımsız





# Kablosuz Algılayıcı Ağlar

## ZigBee ile Diğer Kablosuz Teknolojilerin Karşılaştırılması

- ❑ ZigBee, pil ömrünün uzunluğu, istenildiği kadar ağ kurma avantajı, sistem kaynaklarını minimumda kullanması sayesinde izleme ve kontrol amaçlı uygulamalarda kullanılabilecek en uygun teknolojidir.
- ❑ Ayrıca ZigBee lisans gerektirmeyen frekans bandını kullanır, kurulumu ucuz ve kolaydır
- ❑ Dezavantajı ise büyük boyutlarda veri akışı sağlayamamasıdır.

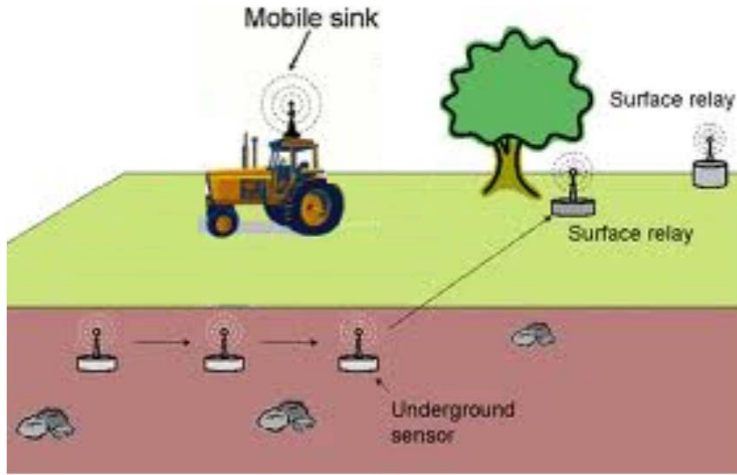
Özellik	Zigbee	GPRS/GSM	Wi-Fi	Bluetooth
<i>Odaklanma Alanı</i>	İzleme ve Kontrol	Geniş alan ses ve veri	Web, E-posta, Görüntü	Kablo Yerine
<i>Sistem Kaynağı</i>	4-32 Kb	16 Mb +	1 Mb +	250 Kb +
<i>Pil Ömrü (Gün)</i>	100-1000 +	1-7	0,5-5	1-7
<i>Ağ Boyutu (adet)</i>	Sınırsız 2 <sup>64</sup>	1	32	7
<i>Ağ Veri Genişliği (kb/s)</i>	20-250	64-128 +	11000 +	720
<i>Kapsama Alanı (metre)</i>	1-100 +	1000 +	1-100	1-10 +
<i>Başarı Alanları</i>	Dayanıklılık, Maliyet, Güç tüketimi	Ulaşılabilirlik, Kalite	Hız, Esneklik	Maliyet, Rahatlık



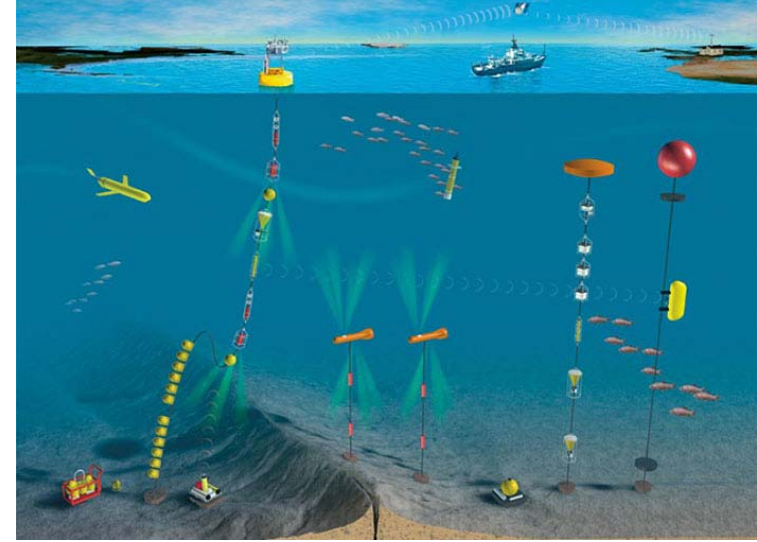
# Kablosuz Algılayıcı Ağlar

## Çeşitleri

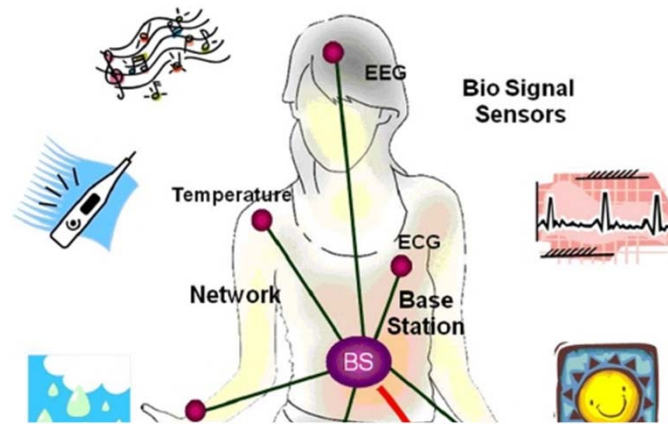
- ❑ Yeraltı Kablosuz Algılayıcı Ağlar  
(Underground Wireless Sensor Networks)



- ❑ Su altı Kablosuz Algılayıcı Ağlar  
(Underwater Wireless Sensor Networks)



- ❑ Kablosuz Vücut Algılayıcı Ağlar  
(Wireless Body Sensor Networks)





# Kablosuz Algılayıcı Ağlar

## Çeşitleri

- ❑ Kablosuz Çoklu Ortam Algılayıcı Ağlar  
(Wireless Multimedia Sensor Networks)



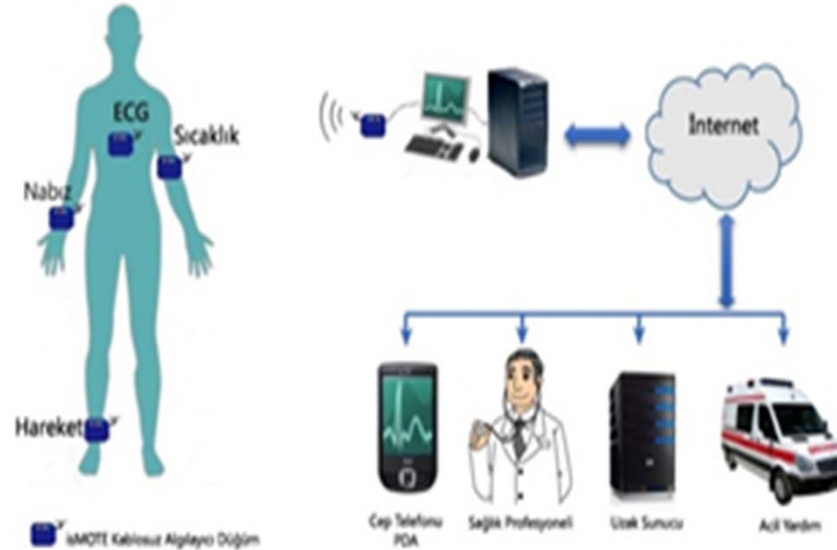
- ❑ Araç Alan Ağları  
(Vehicular Area Networks)



# Kablosuz Vücut Alan Ağları

(Wireless Body Area Networks, WBAN)

- ❑ Kablosuz Vücut Alan Ağı (KVAA) bir veya daha fazla algılayıcı düğüm bir birey üzerine, içine ya da giysisine yerleştirilip kablosuz olarak birbirleri haberleşmesiyle oluşur.
- ❑ KVAA'lar özellikle kronik hasta ve yaşlıların, mekan kısıtlaması olmaksızın yaşamlarını sürdürmelerini ve sağlık durumlarının takibini sağlamaktadır.
- ❑ KVAA'lar IEEE 802.15.6 çalışma grubu tarafından standartlaştırılmaktadır.



❑ Kablosuz Vücut Alan Ağları aslında Kablosuz Algılayıcı Ağların bir alt uygulama alanıdır.

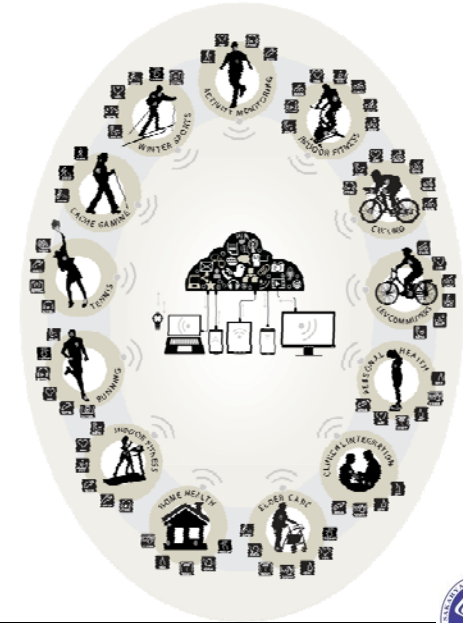
- ❑ ITU-T tarafından G.9959 tavsiye dökümanı ile onaylanmış bir protokoldür.
- ❑ Ev ve ofis ortamlarında elektrik/elektronik cihazlar ile haberleşmek için geliştirilmiş akıllı bina sistemlerinde yaygın olarak tercih edilen kablosuz haberleşme teknolojisidir.
- ❑ Z-Wave teknolojisinin en önemli özelliği, ağdaki tüm düğümlerin yönlendirme (**routing**) yeteneğine sahip olmasıdır. Böylelikle kapsama alanı ya da kablosuz iletişim problemi ortadan kaldırılmış olmaktadır.
- ❑ Mesh topoloji ve tüm düğümlerin yönlendirme yeteneği sayesinde tüm Z-Wave cihazlar birbirleri ile iletişim kurabilmekte ve bir cihazda yaşanan problem ağın tümünü etkilememektedir.
- ❑ 35 milyon üzerinde Z-Wave ürünü kullanılmaktadır. Z-Wave teknolojisine dayalı cihaz üreten firmalar arasında LG, Bosch, Zyxel, Honeywell vb. firmalar örnek olarak verilebilir.

- ❑ Z-Wave Teknolojisinin Teknik Özellikleri
  - 868 / 908 / 2400 MHz frekans bandı,
  - CSMA/CA ortam erişim yöntemi,
  - 40 Kbit/s veri iletim hızı,
  - 232 düğüm ile ölçeklenebilirlik,
  - 128 bit AES şifreleme,
  - 30m kapalı, 100m açık kapsama alanı,
  - Mesh topoloji,
  - Fullduplex (çift yönlü) veri iletişimi,
  - Z-Wave cihazların bağımsız ya da grup olarak çalışma desteği



# ANT/ANT+

- ❑ ANT, sensör ağılar, sağlık, spor gibi benzer uygulamalar için geliştirilmiş, ultra düşük güç tüketimine sahip, düşü veri iletim hızlı, kısa mesafeli bir kablosuz teknolojidir.
- ❑ ANT, Dynastream firması tarafından geliştirilmiş, bisiklet ve spor ekipmanları üreticisi olan Garmin firması tarafından satın alınmıştır.
- ❑ Tescilli bir teknoloji olmasından dolayı çok yaygınlaşmamıştır.
- ❑ ANT+ teknolojisinin yakın gelecekte akıllı telefonlarda yaygınlaşması beklenmektedir. Örnek: Samsung S7, S6, S5, Sony Xperia XZ, Z5
- ❑ ANT düğümleri/cihazları master ve slave olarak çalışabilir.
- ❑ Teknik Özellikleri
  - 2.4 GHz ISM band,
  - TDMA ortam erişim yöntemi,
  - 232 düğüm ile ölçeklenebilirlik,
  - 1-30 m kapsama alanı,
  - 40 Kbit/s
- Düşük enerji tüketimi



# HomeRF

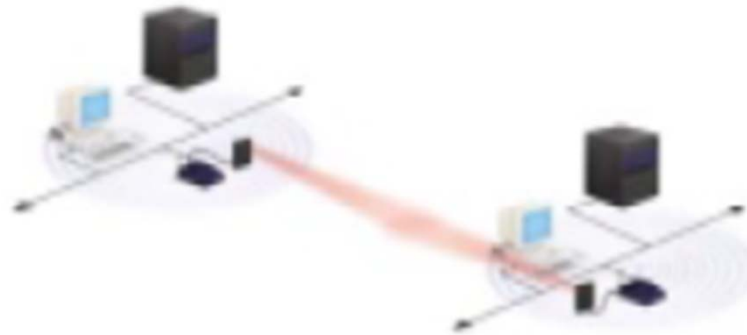
- ❑ HomeRF, 2,4 GHz bandında 2 Mbit/s'e kadar veri iletim hızı ile ev ve küçük işyerleri için bir WLAN'a dayalı kablosuz erişim standardıdır.
- ❑ Özellikleri 1998 yılında kurulan Ev Radyo Frekans Çalışma Grubu (Home Radio Frequency Working, HomeRF) tarafından paylaşımlı kablosuz erişim protokolü (Shared Wireless Application Protocol, SWAP) ile duyurulmuştur.
- ❑ IEEE 802.11 standardını destekleyen SWAP, küçük ofis ve ev ortamlarında (Small Office/Home Office, SOHO) veri, ses, görüntü iletimi ile internet hizmetlerine ulaşmak için tasarlanmıştır.
- ❑ SWAP, IEEE 802.11 standardında olduğu gibi CSMA/CA'yı kullanır. IEEE 802.11b ve HiperLan2'nin aksine, gerçek zamanlı veri, ses ve görüntü transferinde band genişliğini garanti eden TDMA'yi kullanır.
- ❑ HomeRF sistemi, 2.4 GHz ISM bandında çalışmakta ve 50 m'ye kadar kapsama alanı sunmaktadır.





# IrDA

- ❑ IrDA kablosuz iletişim teknolojisi, yönlü ışık demeti aracılığı ile ışığın dalga yapısı sayesinde kızılötesi frekanslarda çalışır.
- ❑ Alıcı ve verici cihaz arasında açık görüş hattının bulunduğu ortamlarda ve kısa mesafeler için uygun bir teknolojidir.
- ❑ Kızılötesi teknoloji çoğunlukla uzaktan kumanda cihazların haberleşmesi/kontrolünde kullanılmaktadır.
- ❑ IrDA sistemler genellikle 16 Mbit/s hızlarında çalışmaktadır.



# Bilmemiz Gerekenler

---

- ☐ Kablosuz kişisel alan ağlarının geliştirilme amaçları nelerdir.
- ☐ En yüksek veri iletim hızına sahip WPAN teknolojisi hangisidir.
- ☐ Tüm WPAN teknolojileri RF ile mi haberleşir.
- ☐ FHSS'yi kullanan WPAN standardı hangisidir.
- ☐ Bluetooth'un çalışmasını kısaca açıklayınız.
- ☐ Kablosuz algılayıcı ağlar neden bu kadar popülerdir.





# KAYNAKLAR

---

## ❖ Temel Kaynaklar

- Ders Notları – Sunular

## ❖ Diğer Kaynaklar

- Doç.Dr. Murat Çakıroğlu, “*Kablosuz Algılayıcı Ağlar*”, Ders Notu
- 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*”
- <http://www.z-wave.com/>
- <https://www.thisisant.com/consumer/ant-101/what-is-ant/>

