

Kablosuz LAN Teknolojileri

Yasin KAPLAN - kaplan@intrakets.com.tr

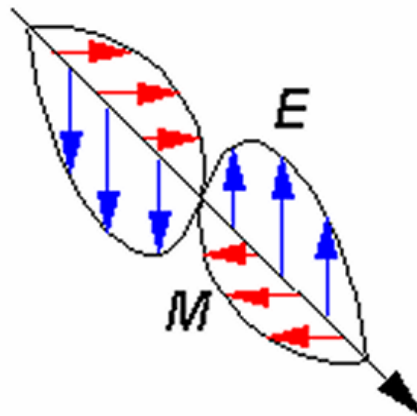
Yirminci yüzyılın başlarında ilk transatlantik radyo işaretleri Guglielmo Marconi tarafından İngiltere'den Newfoundland'a iletilmiştir. Bunu takiben radyo haberleşmesi sürekli bir biçimde gelişmiştir. Radyo haberleşmesi ve prensipleri günümüzde halen yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Televizyonlar, kablosuz telefonlar, garaj kapısı açıcılar, uzaktan kumandalı model uçaklar ve araçlar, çağrı cihazları, cep telefonları ve güvenlik sistemleri yaygın radyo haberleşmesine verilebilecek örneklerdir.

Günümüzde kablosuz iletim sistemleri hızla yaygınlaşmakta, kullanılan teknoloji türleri de çoğalmaktadır. Bu makalede veri iletiminde kullanılan kablosuz sistemler incelenmektedir.

Giriş

Elektromagnetik radyasyon, foton adı verilen ayrık enerji paketlerinden oluşur. Bir foton titreşim halindeki bir elektrik alan (E) ve titreşim halindeki bir magnetik alan (M) bileşeninden oluşur. Bu bileşenler birbirlerine ve fotonun yayılma yönüne diktirler. Fotonun hareket yönü boyunca elektrik ve magnetik alan bileşenleri yer değiştirirler. Bir saniyede bu değişimler veya titreşimlerin sayısı frekans olarak adlandırılır ve Hertz (s^{-1}) ile ölçülür.



Bir fotonun yayılım yönü, Elektrik ve Magnetik alan bileşenleri

Farklı enerjilerdeki fotonlar, farklı şekillerde etkileşirler. Fotonlar enerji seviyelerine göre elektromagnetik spektrumda farklı yerlerde yer alırlar. Aşağıdaki tabloda bu spektral bölgeler, frekans aralıkları ve dalga boyları ile belirtilmişlerdir:

Işınım Türleri [4]

Işınım Türü	Frekans Aralığı (Hz)	Dalgaboyu Aralığı
Gamma	10^{20} - 10^{24}	<1 pm
X	10^{17} - 10^{20}	1 nm-1 pm
Morötesi	10^{15} - 10^{17}	400 nm-1 nm
Görünür	4 - 7.5×10^{14}	750 nm-400 nm
Kızılötesi yakını	1×10^{14} - 4×10^{14}	2.5 μ m-750 nm
Kızılötesi	10^{13} - 10^{14}	25 μ m-2.5 μ m
Mikrodalga	3×10^{11} - 10^{13}	1 mm-25 μ m
Radyo	$<3 \times 10^{11}$	>1 mm

Aşağıdaki tabloda ise tanımlı radyo frekansı aralıkları gösterilmektedir:

Tanımlı Radyo Frekansı Aralıkları

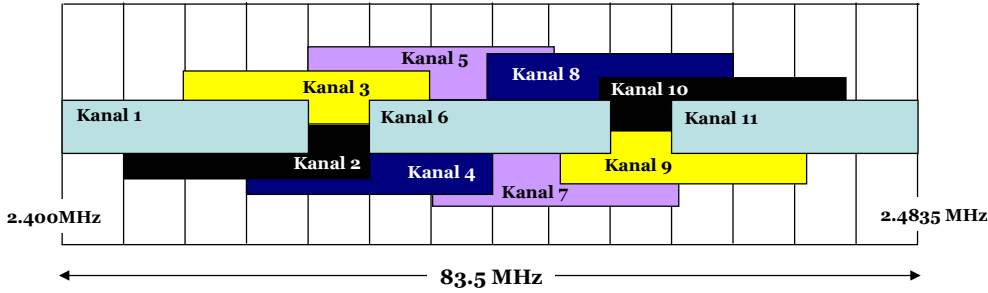
3 - 30 KHz	Very Low Frequencies (VLF)
30 - 300 KHz	Uzun Dalga (<i>Long Wave, LW</i>)
300 - 3000 KHz (3 MHz)	Orta Dalga (<i>Medium Wave, MW</i>)
3 - 30 MHz	Kısa Dalga (<i>Short Wave, SW</i>)
30 - 300 MHz	Yüksek Frekans (<i>Very High Frequency, VHF</i>)
300 - 3000 (3 GHz)	Ultra Yüksek Frekans (<i>Ultra High Frequency, UHF</i>)
3 GHz - 30 GHz	Süper Yüksek Frekans (<i>Super High Frequency, SHF</i>)
300 - 3000 GHz	Mikrodalga Frekansları

Kablosuz Veri İletim Sistemleri

Radyo veya yayılan elektromagnetik dalgaların kullanımı, kara, deniz veya havada hareket halinde insanlar veya araçlarla haberleşmenin yegane pratik yoludur. Böylelikle kablo bağlantısının elverişli olmadığı durumlarda noktadan noktaya bilginin aktarımı mümkün olmaktadır. Mesafe

Bluetooth teknolojisinin kullanıldığı durumlarda olduğu gibi birkaç metre, mikrodalga radyo alıcı vericilerinin kullanıldığı durumlarda olduğu gibi birkaç kilometre veya daha fazla olabilir.

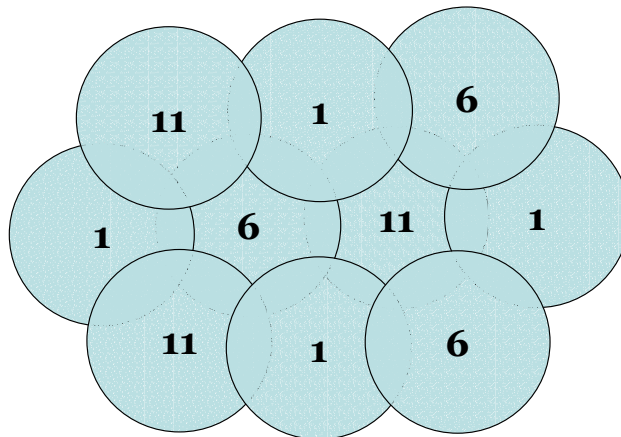
Radyo haberleşmesinin temelinde gönderilecek bilginin (Örneğin bir ses işareti) taşıyıcı bir işaret üzerine bindirilmesi (Modülasyon), anten ile yayınlanması, alıcı anteni tarafından alınan işaret içinden taşınan bilginin ayıklanması bulunmaktadır. Temiz, modüle edilmemiş bir radyo taşıyıcı işareti spektrumunda ölçülemeyecek kadar küçük bir yer işgal eder. Ancak modülasyon gerçekleştiğinde spektruma bir yayılma gerçekleşecektir; bu yayılım işgal edeceği radyo frekansı aralığı kanal olarak adlandırılır. Birim zamanda taşınacak bilgi miktarı arttıkça ihtiyaç duyulacak kanal kapasitesi de artacaktır.



802.11 kanallarının yaklaşık olarak spektral yerleşimi

Antenden ayrılan radyo işareti mesafe ile ters orantılı olarak zayıflayacaktır. Alıcı uçta işaretin algılanabilmesi için işaretin belirli bir eşik değerinin üstünde bir güce sahip olması gerekir. Radyo yayının gerçekleştirileceği alan üzerindeki doğal (Dağ, tepe veya ormanlar) veya insan yapısı engeller (Binalar), radyo işaretinin zayıflamasına sebep olurlar. Ancak uzay boşluğunda bu engeller bulunmadığından radyo işaretleri oldukça uzun mesafeler boyunca taşınabilirler.

Radyo işaretinin üzerindeki etkilerden en önemlisi multipath'dır. Bu etki radyo işareti alıcısına sadece doğrudan yayınımla değil, yer küre üzerindeki nesnelere veya atmosferden (İyonosfer) yansıması ile ulaşmasından kaynaklanır. Yer yer olumlu etkileri olsa da çoğunlukla faz farkı olan işaretlerin birbirlerini bastırarak asıl işareti söndürmeleri söz konusudur. Bu yüzden haberleşme mühendislerinin radyo işaretinin yayılacağı alanı çok iyi modellemeleri gerekir.



FCC 2.4 GHz ISM bandında, 11 kanal tanımlanmıştır. Bunlardan yalnızca üçü birbirinin üstüne taşmaz. Bu frekanslar kullanılarak yukarıdaki hücre yerleşimi ile frekans aralıkları coğrafi olarak birbirinden yeterince ayrı konumlarda yeniden kullanılabilirler.

Radyo haberleşmesi ile ilgili başka bir konu da aynı kanalın birden fazla uçbirim tarafından kullanımıdır. Eğer frekans bakımından yeterli bir ayırım varsa ve kanallar çakışmıyorsa radyo spektrumunun aynı alanının birden fazla uçbirim tarafından kullanımı mümkündür. Ayrıca eğer vericilerin gücü uygun ayarlanırsa, radyo yayını hücreleri kullanılarak aynı frekansların coğrafi olarak birbirinden ayrı alanlarda tekrar tekrar kullanmak mümkündür (*Frequency Reuse*).

İşaret Tipleri ve Modülasyon Hakkında Detaylar

Sayısal ve Analog olmak üzere iki temel tür işaret vardır. Analog bir işaret belirli azami ve asgari değerleri arasında sürekli olarak değişen bir işaret (*İnsan sesi gibi*) iken sayısal işaretler sembol olarak adlandırılan sonlu sayıda değerler kümesinden değerler alırlar. Bir elektrik devresinde akımın varlığı veya yokluğu, fiber optik kabloda bir ışık darbesi olması veya olmaması sayısal işaretlere örneklerdir. Bu fiziksel durumlar ikilik düzende sayılara karşılık getirilerek noktadan noktaya bilgi aktarımı sağlanabilir.

Bir radyo sisteminde taşıyıcı işaret frekansının (*Hertz olarak*) yanı sıra, radyo dalgası genliği ve fazı ile de karakterize edilir. Modülasyon bu üç temel karakteristik büyüklüğün biri veya birkaçının birden değiştirilmesi ile gerçekleştirilir. Bu değişimler alıcı uçta iletilen işaretin yeniden inşa edilmesi için kullanılır. Kullanılan modülasyon türüne göre ihtiyaç duyulan kanal kapasitesi de farklılık gösterir. Genlik modülasyonunda kanal genişliği, bilgi işaretindeki en yüksek frekansın iki katı kadar olmalıdır. Frekans modülasyonunda ise bilgi işaretindeki en yüksek frekanstan birkaç katı olmalıdır. Her ne kadar frekans modülasyonu radyo spektrumunun verimsiz kullanımına sebep olsa da (*İhtiyaç duyulan kanal kapasitesi genlik modülasyonuna göre çok geniştir*) geniş kanallara yayılmış işaretler gürültü ve enterferansa çok daha dirençlidirler.

Sayısal işaretler de Analog işaretler gibi, radyo işaretlerinin karakteristik özellikleri değiştirilerek iletilebilirler. Sayısal iletimin ilk örneği Mors alfabesinin kullanıldığı telgraf haberleşmesidir. Ancak radyo haberleşmesinde özellikle iletilen sıfırların algılanması çözülmesi gereken bir sorundur; alıcının işaretin sıfır mı yoksa sönümlenen bir işaret mi olduğunu ayırabilmesi gerekir. Çözüm için en açık yollardan biri bir frekansa doğru yaklaşımın bir diğerine yaklaşımın ise sıfır olarak modellenmesidir. Bu yöntem FSK (*Frequency Shift Keying*) olarak adlandırılır. Modern sayısal iletim sistemlerinde haberleşme kanalından daha fazla sayıda bit taşınabilmesi için frekans, faz ve genlik modülasyonlarının kombinasyonları kullanılır.

Günümüzde kablosuz iletim sistemlerinde (*Kablolu olanlarda olduğu gibi...*) sayısal iletim tekniklerinin kullanımı yaygındır. Sayısal işaretler gürültü ve enterferansa daha bağımsızdır; iletilen sayısal işaretlerde hata tespiti düzeltimi mümkündür ve ayrıca sayısal olarak örnekleniş işaret teorik olarak evrenin bir köşesinden diğerine bozulmadan taşınabilir. Ayrıca sayısal bilgi kolaylıkla sıkıştırılıp taşınabildiği gibi kriptolama daha etkin bir şekilde gerçekleştirilebilir.

Çoklu Erişim ve Çoğullama Yöntemleri

Radyo frekansı spektrumu sonlu bir kaynaktır. Bu yüzden aynı anda iletimde bulunacak uçbirimlerin kaçınılmaz bir şekilde belirli frekans aralıklarını paylaşmaları söz konusudur. Frekans spektrumun bölünmesi ve birçok kullanıcı arasında paylaşımının birkaç yolu bulunmaktadır. En basit ve açık yol Frekans Bölümlemeli Çoklu Erişim (*Frequency Division Multiple Access, FDMA*) yöntemidir. FDMA ile frekans spektrumu, frekans domeninde birbiri üzerine taşmayan bölmelere ayrılır. Bu bölmeler uçbirimlerin belirli bir çağrısı için elle veya otomatik olarak, uçbirimlere atanırlar. Örneğin 150 MHz'lik bir spektrum bloğu, 25 MHz bölmelere ayrılarak aynı anda altı uçbirimin eş zamanlı haberleşmesi sağlanabilir. Her bir çağrı için frekansı ayrı bir taşıyıcı

işaret bulunacaktır. FDMA geleneksel olarak Analog sistemlerde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Zaman Bölümlemeli Çoklu Erişim (*Time Division Multiple Access, TDMA*) yönteminde ise, eldeki spektrum zaman domeninde bölmelere ayrılmaktadır. Yukarıdaki örnekteki 150 MHz'lik blok bu sefer altı zaman bölmeli ve tekrar eden çerçevelere ayrılacak, çerçevenin her bir altı gözünde altı farklı çağrıya ait bitler yer alacaktır. Başka bir deyişle uçbirimler eldeki spektrumun, birim zamanda kendilerine ait 1/6'lık bölümüne sıra ile erişebileceklerdir. Eğer çerçeveler yeterince hızlı tekrar edilirse uçbirimler haberleşme sırasında bir kesilme ve gecikmeyi hissetmeyeceklerdir.

Teorik olarak, kullanıcı açısından FDMA ve TDMA arasında bir kanal kapasitesi farkı görünmemektedir. Günümüzde sayısal iletim sistemleri her ikisinin de kombinasyonları olan yöntemleri kullanmaktadırlar. Başka bir deyişle frekans aralığı hem frekans ve hemde zaman domeninde bölünmekte, uçbirimler belirli bir taşıyıcı frekansı yakaladıktan sonra o frekandaki zaman bölmesini kullanmaktadırlar.

Üçüncü bir erişim yöntemi ise Kod Bölümlemeli Çoklu Erişim (*Code Division Multiple Access, CDMA*) olarak bilinir. Bu yöntem, Dağılmış Spektrum kavramına dayanan, hem bir modülasyon ve hem de bir erişim yöntemidir. Bir dağılmış spektrum sisteminde bilgi işaretinin taşınması için, bilgi işaretinin sahip olduğu band genişliğinden çok daha geniş bir frekans aralığı kullanılır. Örneğin 3 KHz'lik bir ses haberleşmesi için 1 MHz ya da daha geniş bir frekans aralığı kullanılır.

Dağıtık spektrum sistemlerinde eldeki spektrum hem zaman ve hem de frekans domeninde, çağrılar arasında paylaşılır. Bu yüzden bir CDMA sisteminde spektrum FDMA ve TDMA'da olduğu gibi frekans ve zaman domeninde kanallanmaz. Bunun yerine çağrılar kodlama ile birbirlerinden ayrılırlar. Bu yaklaşımda iletimde bulunan her uç, her bir ayrı çağrı için benzersiz bir dağıtma kodunu, bilgi işaretini eldeki frekans aralığına yaymak için kullanır. Alıcı aynı benzersiz kodu kullanarak bilgi işaretini ayıklar; alıcı için diğer işaretler arka plan gürültüsü olarak algılanacaktır. Bu yolla aynı spektrum bloğunda aynı anda birden fazla çağrı gerçekleştirilebilir.

Kablosuz haberleşme ile ilgili başka bir kavram ise çift yönlü haberleşmedir (*Duplexing*). Birçok haberleşme sisteminde iki yönlü kullanım, telefon haberleşmesinde olduğu gibi, istenen bir durumdur. En yaygın olarak kullanılan yöntem eldeki spektrumun alışı ve veri yönünde birbiri ile etkileşimde bulunmayacak şekilde ayrılmasıdır. Bu düzenleme Frequency Division Duplexing (*FDD*) olarak adlandırılır.

Yaygın olmayan, başka bir yöntem ise sayısal dünyada iki yönlü iletimin gerçekleştirilebilmesi için kullanılan Time Division Duplexing (*TDD*) yöntemidir. Yöntem TDMA'ye dayanır ancak bu yöntemde zaman bölmeleri ileri ve geri yönlü iletim için gruplandırılırlar.

Kablosuz Yerel Alan Ağları (Wireless Local Area Networks, WLAN)

Yerel ağların ve taşınabilir bilgisayar teknolojilerinin gelişimi ile kablosuz veri haberleşme üzerindeki ilgi yoğunlaşmıştır. Doksanlı yılların ortalarından itibaren yerel ağ ortamlarında veri iletimi için teknolojiler pazarda boy göstermeye başlamıştır.

Günümüzde bu teknolojiler artık LAN ortamları dışında da Pazar bulmaya başlamış kamusal Internet erişiminin sağlanması için modeller uygulanmaya başlamıştır. Ayrıca bu teknolojiler dördüncü nesil telefon sistemlerinde de kullanılması tartışılmaktadır.

1. IEEE 802.1x

IEEE 802.11 tanımı lisans gerektirmeyen üç ayrı kablosuz yöntemi içerir. Bu yöntemlerden ikisi radyo frekansını biri infrared ışığı kullanır. Infrared sınırlı bir teknolojidir ve görece çok kısa mesafelerde işletelebilmektedir.

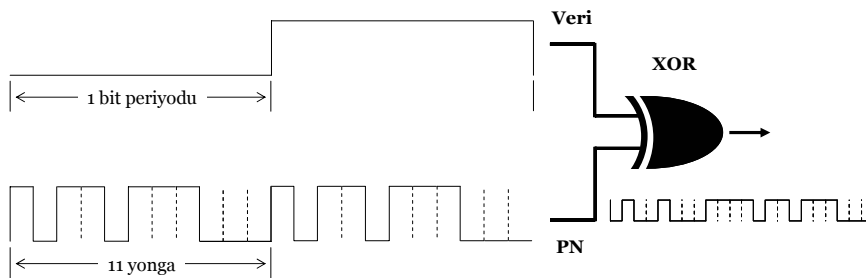
1997'de IEEE tarafından duyurulan 802.11 standardı, yerel ağlarda kablosuz Ethernet bağlantılarını olanaklı kılmaktadır. İlk standart 802.11-1997 olarak yayınlanmıştı, geçtiğimiz yıllarda standart geliştirilmiş ve bugünkü halini alarak 802.11-1999 olarak yayınlanmıştır. Son standart ANSI ve ISO (*ISO/IEC 8802-11:1999*) tarafından da kabul edilmiştir. İlk standartta 1 ve 2 Mbps'lik çalışma hızları belirlenmişti. İdeal ortamlarda FHSS (*Frequency Hopping Spread Spectrum*) ile 2 Mbps, parazitik etkileri etkin olduğu ortamlarda DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*) ile 1 Mbps veri iletim oranları sağlanmaktaydı. Her iki yöntemde lisans gerektirmeyen 2.4 GHz ISM (*Industrial, Scientific and Medical, 902-928 MHz, 2.4-2.4835 GHz, 5.725-5.850 GHz*) bandında çalışmakta idi. Ayrıca çok bilinmeyen ancak tanımlanmış olan kızılötesi temel band iletim ortamı da bulunmaktaydı.

Aşağıdaki tabloda şu ana kadar tanımlanmış 802.11 ailesi protokolleri, üzerinde çalışma devam eden protokoller ve çalışma grupları yer almaktadır.

DSSS

DSSS, belirli bir frekans bandında sabit kalan bir taşıyıcıyı kullanır. Veri işareti mikro dalga iletiminde olduğu gibi dar bir frekans aralığı yerine, özel bir kodlama yöntemi kullanılarak çok daha geniş bir frekans bandına dağıtılır. Kullanılan kodlama yöntemi Sahte Gürültü Düzeni (*Pseudo-Noise, PN, 15, 63 ve 127 bitlik*) olarak adlandırılır. Her kod bir bit dizisinden oluşur ve ver veri biti bu kodlarla taşınır.

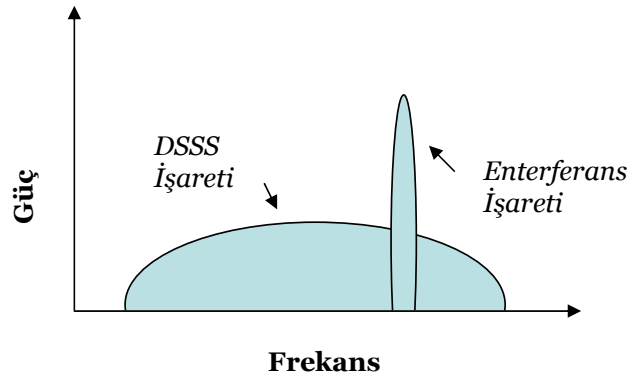
Dar bantlı işaretler ve dağıtık spektrum işaretleri aynı bilgiyi taşımak için aynı miktarda iletim gücünü kullanırlar. Ancak dağıtık spektrumda güç yoğunluğu dar bantlı işaretlerden çok daha düşüktür (*Güç yoğunluğu belirli bir frekans aralığı üzerindeki güç miktarıdır*). Sonuç olarak radyo frekans spektrumunda dağıtık spektrum işaretinin tespiti çok zordur. Bu da DSSS cihazlarının güvenli bir iletim ortamı oluşturmalarını sağlar.



PN dizisi ile Sayısal Modülasyon

PN dizisi tarafından kullanılan algoritma rasgele gibi numara üretir ve bu veri dizisinden gelen ikilik düzende bilgi ile, ikilik düzende bir kodlama işlemi ile birleştirilir. Elde edilen işaret, normalde kullanılanlardan çok daha geniş bir frekans aralığına, düşük bir güç seviyesinde dağıtılır. Bu DSSS işareti ayrıca dahili bir yedekleme mekanizmasına sahiptir; Asıl verinin 10 yedek kopyası da iletilmektedir. Yedeklilik DSSS'in en avantajlı taraflarından biridir. İşaret yedekliliği enterferansa, 10 yedek işareten sadece birinin alınması ve doğru bir şekilde düzenlenmesi yeterli

olduğundan, oldukça bağışıklık sağlar. Alıcı taraf aldığı veri dizisini aynı PN koduna göre işleyerek iletilen ham veriyi elde eder.



DSSS iletiminde bozucu bir işaretin etkisi

Eğer aynı band üzerinde bozucu bir işaret mevcut ise bu işaret yüksek güçlü bir dar band işaret gibi görünecektir. Kullanılan kodlamadan dolayı geniş frekans aralığındaki rastgele bölgelerden düşük genlikli işaretler bir araya getirildiğinden alıcı tarafta dağıtık işaret toplanırken, bozucu işaretin güç yoğunluğu dağıtılmış olacaktır. Alıcı taraftaki bu işlemde bozucu işaretin güç yoğunluğu %90'ın üzerinde azaltılabilir; böylelikle enterferans neredeyse yok edilmiş olacaktır.

DSSS şu anda 802.11 uygulamalarında en yaygın olarak kullanılan modülasyon tekniğidir. 802.11b DSSS ile birlikte 1 Mbps için DBSK (*Differential Binary Phase Shift Keying*) ve 2 Mbps için DQPSK (*Differential Quadrature Phase Shift Keying*) kodlama yöntemleri kullanılmaktadır. Daha yüksek veri oranları olan 5.5 ve 11 Mbps için ise CCK (*Complementary Code Keying*) kullanılmaktadır. Tüm bu farklı modülasyon teknikleri, 802.11'de tanımlı oran anahtarlama işlemleri ile aynı ortamda, aynı anda kullanılabilir. Daha yeni bir standart olan ve 54 Mbps veri iletim oranı sağlayan 802.11a'da ise BPSK veya QPSK ve 16 QAM ile modüle edilen 52 alt taşıyıcı kullanılmaktadır. 802.11a'da ayrıca 1/2, 2/3 ve 3/4 kodlama oranları ile, DVB'de de (*Digital Video Broadcasting*) kullanılan FEC (*Forward Error Correction*) kodlaması da kullanılmaktadır.

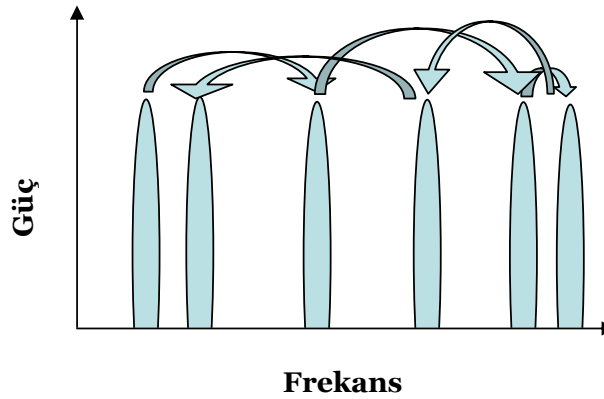
802.11 protokolleri ve çalışma grupları [1]

Standart	Açıklama
IEEE 802.11	Orijinal WLAN standardı. 1-2 Mbps veri oranlarını destekler.
IEEE 802.11a	5 GHz bandında çalışan yüksek hızlı WLAN standardı. 54 Mbps'i desteklemektedir.
IEEE 802.11b	Şu an yaygın olan WLAN standardı. 11 Mbps'i desteklemektedir.
HiperLAN2	802.11a'nın Avrupalı rakibidir. 5 GHz bandında 54 Mbps'i desteklemektedir.
IEEE 802.1X	IEEE ağları için güvenlik çerçeve standardı.
IEEE 802.11g	2.4 GHz'de 20+ Mbps'i desteklemektedir.
IEEE 802.11i	IEEE 802.1X ile kombine güvenlik özellikleri sunmaktadır.
IEEE 802.11e	IEEE WLAN yapıları için QoS mekanizmaları tanımı.

IEEE 802.11f	<i>AP'ler arasında haberleşme protokolü. (Inter Access Point Protocol, IAPP) Çalışma devam ediyor.</i>
IEEE 802.11h	<i>IEEE 802.11a için kanal seçimi ve iletim gücü yönetimi tanımları. Çalışma devam ediyor.</i>
WISPR (Wireless ISP Roaming)	<i>Kablosuz Ethernet Uyumluluğu Topluluğu tarafından geliştirilen, kablosuz kamusal ağlar arasında dolaşım için tavsiyeler bütünü. Çalışma devam ediyor.</i>

FHSS

FHSS'de, DSSS'te elde edilen sonuç, iletimin farklı zaman aralıklarında farklı taşıyıcı frekanslarda gerçekleştirilmesi ile elde edilir. FHSS taşıyıcısı önceden belirlenmiş, tüm band üzerinde 1 MHz'lik alt kanallar kullanılarak tanımlanmış havuzda, rastgele benzeri desen ile atlama gerçekleştirilmektedir. FCC, frekans bandının en az 75 alt kanala bölünmesini şart koşar. FHSS cihazları, belirli bir zaman aralığında kullanılan kanalda, sıradaki bir sonraki kanala atlama gerçekleştirilmeden önce, verinin küçük bir miktarının iletilmesi ile sınırlandırılmışlardır. Bu zaman birimine oturma süresi (*Dwell Time*) adı verilir. FHSS cihazlarında bu süre 400 ms ile sınırlandırılmıştır. Her atlamadan sonra, cihaz mutlaka diğer radyo uçuş birimi ile veri iletimine devam edebilmek için kendini eş zamanlı hale getirmelidir.



Frekans atlamalı iletim

Kullanılan PN kodu ile belirli bir frekansta enterferans olduğunda, iletim söz konusu frekansta çok kısa süreli gerçekleştirildiğinden, etkilene asgari miktara indirilmiş olacaktır.

802.11'de tanımlanmasına rağmen 802.11 grubu ve cihaz üreticileri tarafından pek rağbet görmeyen bir modülasyon yöntemidir. FHSS uyarlamaları DSSS'e göre daha ucuz olmalarına ve daha düşük güç tüketmelerine rağmen, düşük veri iletim oranı ve iletim mesafesinde işletilebilirler. FHSS ağır enterferans yaşanan ortamlar için daha uygun bir çözümdür.

802.11a

IEEE OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) olarak adlandırılan karmaşık bir kodlama tekniği üzerine dayanan, 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 ve 54 Mbps veri iletim oranlarını destekleyen ve lisans gerektirmeyen 5 GHz bandında çalışan 802.11a'yı tanımlamıştır. Uygulamada 6, 12 ve 24 Mbps desteği zorunlu kılınmıştır. Ancak artan veri oranı çalışma

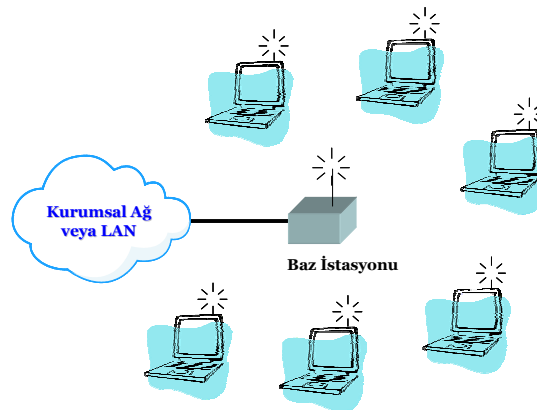
mesafesinin kısılmasına sebep olmaktadır. Ayrıca protokol fazlalığı, enterferans/hata düzeltme etkilerinden dolayı pratik veri iletim oranı önemli ölçüde düşmektedir (802.11b'nin 1/3'ü kadar). Uygulama gerçekleştirilmeden önce çevresel şartların mutlaka dikkatli bir şekilde gözden geçirilmesi gerekmektedir.

802.11b

Şu anda en yaygın olarak kullanılan 802.11 türevidir. Desteklenen veri iletim oranları 1, 2, 5.5 ve 11 Mbps'dir. DSSS modülasyonu kullanılarak 2.4 GHz bandında işletim sağlanmaktadır. Her veri iletim oranında aynı MAC (Media Access Control) protokolü olan CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) kullanıldığından farklılık sadece fiziksel radyo katmanındadır. 1/2 ve 5.5/11 Mbps DSSS ağları beraber çalışabilirler. Yerel sınırlamalara bağlı olarak 802.11b 2.4 GHz bandında 11'den 14'e kadar kullanılabilir kanal tanımlanmıştır.

Anten, Güç ve Hız

802.11 cihazları ile temel olarak iki tür anten kullanılmaktadır; noktan çok noktaya iletim için omnidirectional ve noktadan noktaya iletim için Directional. Omnidirectional anten için tipik olarak erişim mesafesi 45 m civarındadır. Yerel düzenlemelerin elverdiği durumlarda yüksek kazançlı antenler ve güçlendiricilerle mesafe 40 Km ve üstüne çıkarılabilir. Noktadan noktaya iletim için kullanılan antenler LAN'ler arası köprüleme için tercih edilmekte olup görüş hizasında hassas ayarlama gerektirirler. Omnidirectional uygulamalarda baz istasyonun yerleşimi çok önemlidir. Radyo enterferasına da dikkat edilmelidir. 802.11b cihazları, en yüksek hızda iletim için uzlaşma özelliğine sahip olup, olumsuz şartlarda iletimi sürdürmek için hız düşürebilirler. Baz istasyonun (Access Point, AP) kullanıldığı durumlarda (Infrastructure mode), baz istasyonu ile aynı anda ilişki kurmuş kullanıcı sayısı ve iletilen trafik türü performansı önemli ölçüde etkileyecektir (Ticari uygulamalarda genellikle desteklenen uç birim sayısı sınırlanır). Ses ve görüntü gibi zamanlamaya hassas trafikler 802.11 ağlarını oldukça zorlarlar. Ancak bu sorunun çözülmesi için çalışmalar devam etmektedir. [8]



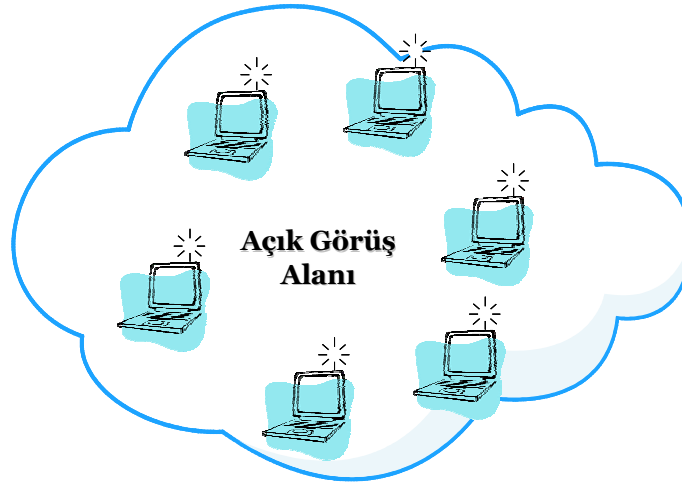
802.11 Ağında Baz İstasyonu Kullanımı (ESS - Extensend Service Set)

802.11 Baz İstasyonları ve Kullanıcılar

Tüm 802.11 cihazları Baz İstasyonu ve Kullanıcılar olarak iki grupta toplanabilirler. Baz İstasyonları, Kullanıcılar gibi davranabilirler; ancak her kullanıcı Baz İstasyonu işlevini göremez. Bu Baz İstasyonu işletiminin göre gerçekleştirilen daha karmaşık görevlerden kaynaklanır

(İlişkilendirme, Bütünleştirme ve Doğrulama gibi...). Birbirlerini gören Kullanıcılar arasında Baz İstasyonu olmaksızın bir 802.11 teşkil edilebilir (*Ad-Hoc mode*). Bu durumda tipik kablolu klasik bir Ethernet ağında olduğu gibi kullanıcılar eşit haklarla paylaşımlı bir ortamda noktadan noktaya veri iletimi gerçekleştirebilirler. 802.11 ile aynı frekansta birbirlerinden farklı SSID'ler (*Service Set Identifiers*) ile ayrılan farklı ağlar beraber işletilebilir. Kullanıcılar bu durumda sadece kendi SSID'leri ile aynı SSID'ye sahip uçlarla haberleşebileceklerdir.

Kampus gibi geniş alanlarda birden fazla Baz İstasyonu kullanılarak karmaşık yapıları ağlar inşa edilebilir. Kullanıcıların Baz İstasyonlarının kapsama alanlarında gezinmesi sırasında ağlarına ulaşımı sürekli olarak sağlar. Ayrıca frekans spektrumunu tekrar tekrar kullanılabilir. Birbirine bağlı 802.11 ağlarında döngü oluşumunu engellemek için STP (*Spanning Tree Protocol*) kullanılır. [8]



802.11 Ağında Ad-Hoc İşletimi (*IBSS - Independent Basic Service Set*)

2. HiperLAN (HiperLAN/2)

HiperLAN/2 ETSI tarafından tanımlanmış, OFDM kullanılan, 5 GHz bandında işletilen kablosuz veri iletim standardıdır. Genel işletim 802.11'e benzemektedir ancak çok daha ileri özelliklere sahiptir. 54 Mbps'e kadar veri iletim oranları desteklenmektedir. OFDM ofis ortamları gibi radyo işaretinin birçok noktadan yansıyabileceği ortamlarda işletim için çok daha uygundur. Fiziksel katmanın üzerinde TDD uygulanan bir MAC katmanı bulunmaktadır. Noktadan noktaya (*İki yönlü*) ve noktadan çok noktaya (*Tek yönlü*) iletim mümkün olup, AP'den tüm uçbirimlere iletim için ayrılmış bir yayın kanalı bulunmaktadır. HiperLAN/2 ağında AP'den uçbirimlere tüm iletim bağlantıya yöneliktir. Bağlantıya yönelik işletim QoS'in (*Quality of Service*), iletilen trafikler üzerinde kolaylıkla uygulanabilmesine olanak sağlamaktadır. Böylelikle 802.11 ağlarının aksine ses ve görüntü gibi trafikler kolaylıkla idare edilebilmektedir. HiperLAN/2'de 802.11 ağlarında olduğu gibi otomatik frekans yerleşimi desteklenmektedir. HiperLAN/2'de ayrıca güvenlik için kriptolama ve doğrulama özellikleri de bulunmaktadır. HiperLAN/2'ye has başka bir özellikte bağlantılarda işaret kalitesinin takip edilmesidir. [6]

HiperLAN/2 sadece Ethernet gibi LAN trafiği için değil, IP, ATM, Firewire, PPP ve UMTS trafikleri içinde uyarlanabilir. Bu esneklik HiperLAN/2'nin çok amaçlı kullanımına olanak tanımaktadır. Üçüncü nesil kablosuz hücresel telefon sistemleri için bir alternatif olarak da kullanılması söz konusudur.

Kablosuz Kişisel Alan Ağları

Kablosuz Kişisel Alan ağları, Bluetooth ve HomeRF gibi standartların son yıllarda duyurulması ile popülerlik kazanmış ve uygulama alanı bulmuşlardır. Genel olarak bu teknolojiler, küçük bilgi cihazları veya elektronik ev aletlerinin birbirleri ile kablo olmadan haberleşebilmelerine olanak tanımaktadırlar.

1. Bluetooth

Onuncu yüzyılda ayrı krallıkları birleştirmeye çalışmış olan Danimarka krallarından birinin adı ile anılan Bluetooth, taşınabilir bilgisayarlar, modemler, kameralar, LAN erişim cihazları, telefonlar ve PDA'lar gibi elektronik cihazlar arasında veri iletimi için kısa mesafeli radyo bağlantısının sağlanması için teşkil edilen endüstri konsorsiyumunun adıdır. Bluetooth ayrıca ses iletimini de desteklemektedir. [7]

HomeRF'in aksine Bluetooth yukarıda sıralanan bilgi cihazları arasında kablo yerine kullanılacak noktadan noktaya (*Kim durumlarda noktadan çok noktaya*) bir arayüz olarak düşünülebilir. Bluetooth bir "Piconet" (*Bluetooth cihazlarının oluşturduğu mini ağ*) içinde sekize kadar cihazı desteklemektedir. Bluetooth güncel birçok kablosuz ağ teknolojisi gibi 2.4 GHz ISM bandını kullanmaktadır. [7]

Bluetooth Genel Özellikleri

Frekans Aralığı	2402 - 2480 MHz
Veri Oranı	1 Mbps
Kanal Bandgenişliği	1 MHz
Mesafe	10 metreye kadar ancak genişletilebilir
RF atlama	1600 kez/s
Kriptolama	GSM gibi, cihaz ID ve 0/40/64 bitlik anahtar uzunlukları
TX Çıkış Gücü	Azami 20 dBm (<i>0.1W</i>)

2. HomeRF

Mart 1998'de Home Radio Frequency Working Group (*HRFWG*), evde kullanılan tüketici elektronik cihazların kablosuz bir ortamda haberleşebilmesini sağlayacak Shared Wireless Access Protocol (*SWAP*)'ü duyurdu. Bu standart yine 2.4 GHz ISM bandında çalışmaktadır. Yine Bluetooth gibi kablo yerine kullanılacak bir arayüz gibi düşünülebilir. HomeRF, Bluetooth gibi kaliteli ses iletimini desteklemektedir. [5]

HomeRF Genel Özellikleri

Frekans Aralığı	2402 - 2480 MHz
Veri Oranı	2 Mbps (<i>4FSK</i>)
Kanal Bandgenişliği	1 MHz
Mesafe	100 metreye kadar

RF atlama	50 kez/s
Kriptolama	Blowfish
TX Çıkış Gücü	Azami 20 dBm (0.1W)

Güvenlik

Kablosuz ağlarda güvenlik üzerinde en çok durulması gereken konulardan biridir. Genel olarak radyo işaretlerinin havadan iletilmesi bu işaretlerin izlenebilmesini ve takip edilebilmesine olanak sağlamaktadır. Noktadan noktaya mikro dalga iletim sistemleri izlenmesi çok zor bir haberleşme yöntemidir ancak noktadan çok noktaya iletimler teknik açıdan izlenmesi daha kolay bir haberleşme türüdür. Bu tür sistemlerde dahili kriptolama özellikleri mevcut olmasında rağmen son yıllarda yapılan çalışmalar bu tür sistemlerin saldırıya sanıldığından daha zayıf olduğunu göstermiştir. Güvenliği artırmak için en basit yaklaşım VPN teknolojilerinin (*IPSec veya TLS*), kablosuz haberleşme sistemleri ile birlikte kullanılmasıdır ancak bu yaklaşım maliyetlerin artmasına neden olmaktadır. [3]

Her ne kadar dağıtık spektrum kullanan kablosuz sistemler teoride güveli gibi görünseler de, dağıtma desenleri çok sınırlı olduğundan bunları tahmin etmek ve izlemek kolaydır. Öte yandan HomeRF'de dağıtma deseni frekans atlamalarında uçbirimlere iletildiğinden, bu işareti yakalayarak trafiği izlemek mümkündür.

Kablosuz LAN'lerle ilgili başka bir sorunda ISM bandlarında işletilen farklı teknolojilerin aynı anda işletilmesinde ortaya çıkmaktadır. Aynı frekans bandında (*Çoğunlukla ISM*) işletilen radyo iletim sistemleri birbirlerinin performanslarını olumsuz bir şekilde etkilemektedirler (*Bluetooth ve 802.11 gibi*). Bu yüzden kablosuz ağlar tasarlanırken istasyon yerleşimlerine çok dikkat edilmelidir.

Sonuçlar ve Öneriler

Kablosuz erişim teknolojileri kuşkusuz önümüzdeki yıllarda özellikle veri iletimi konusunda daha yaygın olarak kullanılacaklardır. Ayrıca daha yüksek veri iletim oranları sağlayacak yeni nesil hücreli telefon sistemleri de bu ortamlardaki uygulamaların sayısı ve çeşidi hızla artacaktır.

Şu anda kablosuz veri iletim sistemlerinin en büyük rakibinin DSL sistemleri olduğu görülmektedir. Ancak çoğu yerde altyapının yetersiz olması ve genel olarak Telekom firmalarının bakır altyapılarına yatırım yapmada isteksizlikleri kablosuz iletim sistemlerinin pazarda yükselmesini sağlayacaktır.

Altyapıda kullanılacak kablosuz iletim teknolojisi seçilirken, ölçeklenebilirlik ve güvenlik göz önünde bulundurulmalıdır.

Kaynaklar

[1] Wireless Networking Standards and Organizations, 2002, Wireless LAN Association

[2] **Johnson, M.**, 1999, HiperLAN/2 – The Broadband Radio Transmission Technology Operating in the 5 GHz Frequency Band, HiperLAN/2 Global Forum

- [3] **Arbaugh, William A., Narendar Shankar, Y.C. Justin War**, 2001, “Your 802.11 Wireless Network Has No Clothes”, <http://www.cs.umd.edu/~waa/wireless.pdf>
- [4] **Kaplan, Y.**, Veri Haberleşmesi Kavramları, 2000, Papatya Yayıncılık
- [5] <http://www.umtsworld.com/>
- [6] <http://www.hiperlan2.com/default.asp>
- [7] <http://www.bluetooth.com/>
- [8] **Danielyan, E.**, 2002, Cisco Internet Protocol Journal - Mar.