

1 ● Bölüm

Radyo Elemanları ve Frekans Tayfları

“İletişim teknolojisinin altındaki tekniğin
bilinmesinin değeri, bir kablosuz ağ kurarken ortaya çıkar.”

GİRİŞ

Bu bölüm radyo iletişimi mümkün kılmak için gereken bilimsel temelleri içermektedir. Radyo endüstrisinde iletişimin temel bileşenleri radyo cihazları ve ilgili frekans aralığıdır. Radyo, elektrik işaretlerini veya elektromanyetik dalgaların kablosuz ortamlarda iletilmesi ve alınmasıdır. Elektromanyetik dalgalar mevcut tüm frekansları temsil ederler, ancak mevcut durumda tüm tayfin (spektrumun) sadece sinyal iletimine ayrılmış küçük bir parçasını kullanabiliriz. Bu küçük frekans parçası genel olarak kullanılan Radyo Frekans (RF) tayfi olup frekans aralığı yaklaşık 9 KHz ile 300 GHz arasındadır.

Bu bölümde elektromanyetik dalgaların temel bilimi ve radyo sinyallerinin taşıyıcı dalgaların üzerine neden ve nasıl module edildikleri incelenecektir.

Anten tasarımı, dalga yayılım teknolojileri ile ilişkileri ve sinyal gücü ile bir kablosuz ağını oluşturan elemanlar incelenecektir.

Son olarak, değişik hücreli sistemler ve radyo iletişimin nasıl ve neden regüle edildiği tartışılacaktır.

Elektromanyetik Dalgalar ile Radyo Sinyalinin İletimi

Alman bilim adamı Heinrich Hertz 1887'de elektrik enerjisinin elektromanyetik dalgalar üzerinde iletildiğini bulmuştur. Her ne kadar Profesör Hertz bu olayı ilk olarak bulan kişi olmasına rağmen buluşun sonuçlarını kendisi alamamıştır. Kendisi ile aynı dönemde olan Guglielmo Marconi adında genç bir İtalyan Hertz'in buluşundan esinlenerek sinyal iletimini bulmuş ve böylelikle ilk radyo sinyali ortaya çıkmıştır.

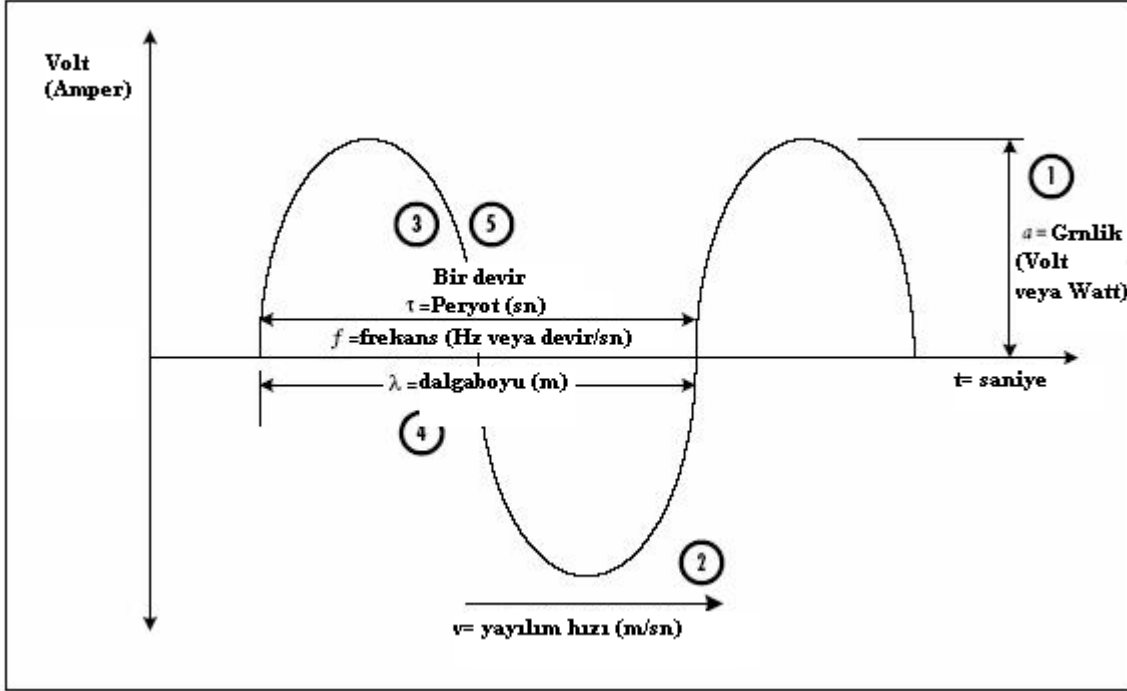
Elektrik alanları pozitif ve negatif yüklerin ayrışmasıyla oluşur. Hareket eden yükler (elektrik akımı) elektrik alanını oluşturur. Elektrik alanının değişmesi ile manyetik alan oluşur. Böylece bir elektrik alan içerisinde herhangi bir alternatif (değişken) akım manyetik alanı oluşturur. Elektrik akımının sürekli değişmesi ile (antene giriş ve çıkış yönünde) manyetik alan salınımı oluşur. Bu salınımdan da elektromanyetik dalga meydana gelir. Elektromanyetik alan salınımı ile elektrik alan salınımlarının birbirlerini oluşturmasından kaynaklanan elektromanyetik dalgalar enerji biçiminde yayılır.

Bir Dalganın Yapısı

Radyolar, tayfın içerisindeki diğer elektromanyetik dalgalardan farklı olarak, belirli bir frekansta elektromanyetik dalga yapısı şeklinde sinyalleri çok geniş alanlara ve uzak mesafelere iletir ve alır.

En basit ve yaygın olarak bilinen sinüsoidal dalga yapısı Şekil 1.1'de görülmektedir.

Şekil 1.1 : Sinüsoidal Dalga



Bir devir, dalga biçiminin en küçük parçasıdır. Eğer devir tekrarlanırsa tüm dalgayı temsil eder. Dalga boyları aşağıdaki özellikleri taşırlar:

1. $a = \text{Genlik (Amplitude)}$
Genlik dalga biçiminin referans olarak alınan merkezden çıktığı yükseklik olup ölçü birimi genellikle Volt veya Watt'tır.
2. $v = \text{Yayılm Hızı (Velocity of Propagation)}$
Bir dalganın yayılma hızı, dalganın ekseninde aldığı yoldur ve genellikle saniyede gidilen metre cinsinden mesafe olarak ölçülür.
3. $\tau = \text{Peryot (Period)}$
Bir dalganın periyodu dalganın belirli bir dönüşü için geçen zamandır ve ölçü birimi genellikle saniyedir.
4. $\lambda = \text{Dalgaboyu (Wavelength)}$

Bir dalğanın dalgaboyu bir salınımında gittiği mesafedir ve genellikle metre cinsinden ölçölür.

5. $f =$ Frekans(Frequency)

Bir dalğanın frekansı o dalğanın belirli zaman içerisinde yaptığı salınım sayısıdır ve genellikle bu zaman saniye cinsinden verilir veya Hertz (Hz) olarak adlandırılır.

Genlik dışındaki tüm bu özellikler bir formölde aşğıdaki gibi yer alır:

$$f = 1/\tau = v / \lambda$$

Bir elektromanyetik dalğanın yayılma hızı nispeten sabittir ve pratikte ışık hızına eşit olarak sabittir (3.00×10^8 m/s). Bu sabiti yerine koyduğumuzda formöl aşğıdaki gibi olur:

$$f = (3.00 \times 10^8 \text{ m/s}) / \lambda$$

Bu nedenle önceki formölde başka formüller elde edebilmek amacıyla frekans (f) ve dalga boyu (λ) kendi aralarında yer değiştirebilir.

Radyo olarak iletilen en yaygın sinyaller ses ve müziktir.

1 KHz'lik bir sinyal herhangi bir A noktasından bir B noktasına normal yollardan taşınmak istenirse yapılması gereken tek şey her iki noktayı bir çift bakır tel ile birleştirmek olacaktır. Burada bakır kablo çiftinden birisi referans (toprak), diğeri ise alternatif sinyal voltajını A noktasından B noktasına iletim için kullanılır.

Ancak bu sinyal kablosuz olarak iletilmek istenirse, bu işlem biraz daha karmaşık olur, çünkü sinyalin parazit olmadan iletilmesi gerekir.

Bir Radyo Sinyalinin Örnekleme

1 KHz'lik sinyali kablosuz olarak iletmek için gereken ilk işlem, bu sinyalin modüle edilerek (örnekleyerek) daha yüksek taşıyıcı bir frekansa bindirilerek iletilmesidir. Sinyalin daha yüksek taşıyıcı frekanslara module edilmesi için birkaç neden vardır.

Birinci neden; daha iyi bir iletim için module edilir. İletilmek istenen frekansların çoğu düşük frekans sinyalleridir. Bu sinyaller elektromanyetik dalgalar kadar iyi yayılan sinyaller değildir. Bu nedenle modülasyon yöntemi ile iletimin daha iyi ve etkin olduğu frekans seviyesine çıkarılır.

İkinci neden; birden fazla sinyalin birbirine karışmadan bir taşıyıcı frekans üzerinden aynı anda iletimini sağlamaktır. Ses frekansları birbirine yakın frekanslardır. Aynı anda birden fazla kimsenin radyo frekansını kullanarak arkadaşları ile çift yönlü iletişim kurmak istediklerini farzedelim. Eğer sinyaller farklı taşıyıcı frekansa module edilmez ise, herkesin frekansı birbirine karışır. Ancak eğer ses sinyali başka taşıyıcı frekanslara örnekleirse herkes

kendi frekansı üzerinden arkadaşı ile görüşür ve hiçbiri diğeri ile karışmaz. Her özel taşıyıcı frekans aralığına kanal denilmektedir.

Üçüncü neden; taşıyıcı dalgaların anten ebatları ile sınırlanmalarıdır. Anten uzunluğu iletilmek veya alınmak istenen dalganın uzunluğuna bağlıdır. En basit antenler genellikle dalga boyunun yarısı veya dörtte biri boyundadır. Düşük frekansların dalga boyu daha fazladır, bu nedenle düşük frekanslar için tasarımı yapılan antenler daha büyüktür. Örneğin, 60 Hz insan kulağı için çok düşük bir frekanstır. Işık hızında iletilen 60 Hz'lik bir dalganın boyu yaklaşık 5000 km'dir. Böylece dalga boyunun yarısı olması gereken antenin boyu da yaklaşık 2500 km olmaktadır.

Modülasyonda en az iki frekansa ihtiyaç vardır ve bunlardan birisi *taşıyıcı* diğeri ise *sinyal*'dir.

Taşıyıcı frekans örneklenen dalgadır. Çünkü bu frekansın özellikleri asıl sinyali taşımak amacı ile değiştirilmektedir. Asıl sinyal ise örnekleyen dalga olarak adlandırılır çünkü taşıyıcı frekansın özelliklerini değiştirmektedir. Örnekleyen dalga analog sestem bilgisayar ile üretilen dijital kare dalgaya kadar herhangi bir frekans olabilir. Hemen hemen tüm taşıyıcı dalgalar belirli bir frekansta periyodik sinüsoidal dalgalardır ve çoğunlukla örnekleyen dalgadan daha yüksek frekanstadır.

Değişik birçok modülasyon metodu vardır. Bazı modülasyon metodları analog dalga biçimlerini taşımak için geliştirilmiştir. Ancak bilgisayarın bulunmasından sonra dijital dalga biçimlerini taşımak için birçok yeni modülasyon modeli geliştirilmiştir.

Analog Modülasyon Sistemleri

İki çeşit yaygın kullanılan analog modülasyon sistemi vardır.

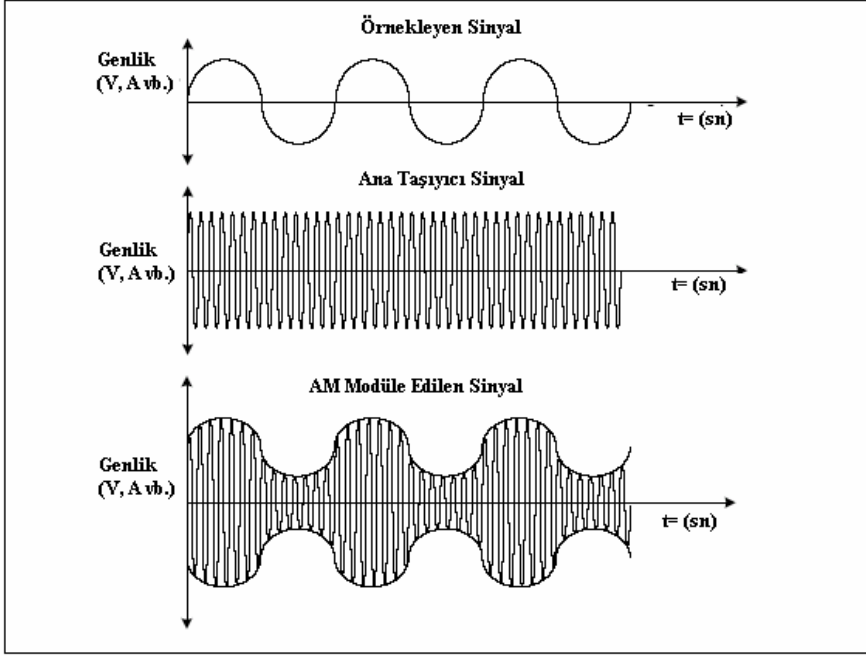
Bu iki modülasyon çeşidi:

- Genlik Modülasyonu (Amplitude Modulation (AM))
- Frekans Modülasyonu (Frequency Modulation (FM))

Genlik Modülasyonu, taşıyıcı dalganın genliğinin örneklemesidir.

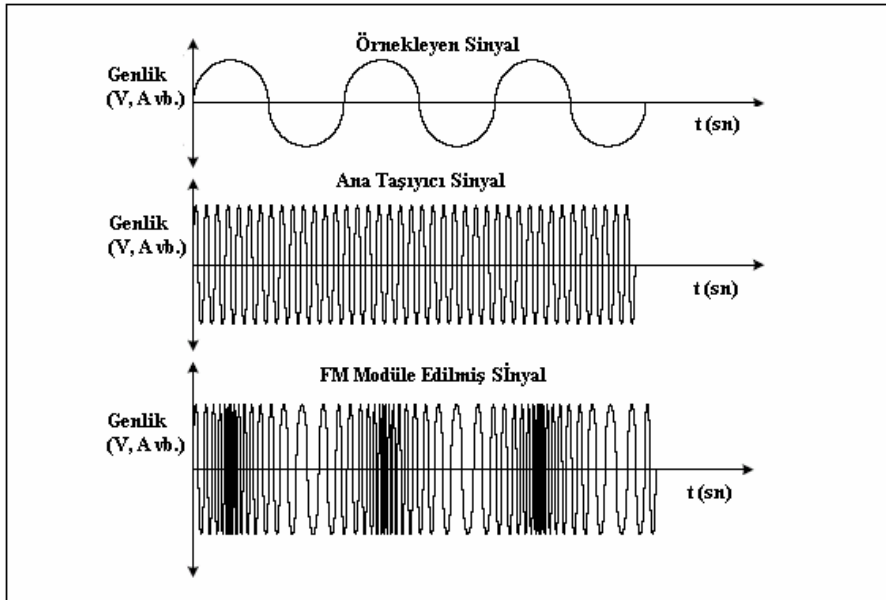
Aşağıda Genlik Modülasyon sinyali görülmektedir.

Şekil 1.2 : Genlik Modülasyon (Amplitude Modulation (AM))



Frekans Modülasyonunda, taşıyıcı frekansın gönderilen frekansı temsil edecek şekilde örneklenmesidir. Aşağıda Frekans Modülasyon örneği görülmektedir.

Şekil 2.3 : Frekans Modülasyon (Frequency Modulation (FM))



Sayısal Modülasyon Sistemleri

İnsan olarak iletmek istediğimiz çoğu bilgi kaynakları analog sinyallerdir. İnsan konuşmaları, müzik, video ve resimlerin hepsi doğal olarak analogdur. Bununla beraber bilgisayarlar

bilgiyi işleyip depolamak için ikili sistemi kullandığından analog bilgi kaynakları sayısala dönüştürülmelidir. Bu sinyalin bilgisayar tarafından mümkün olduğu kadar yaklaşık olarak tekrar üretilebilmesi için 1 ve 0 kodları ile simgelendiği anlamına gelir. Sinyal sayısallaştırılırken oluşan hataya “quantizasyon hatası” denir. Eğer sayısal kodlama teknolojisi iyi tasarlanmış ise işlem sonunda elde edilen sinyal orijinaline çok yakın olur ve aradaki fark insan tarafından ayır edilemez.

Bilgisayarlar depolama, yayın ve hatta sinyal modifikasyonunda daha fazla aktif rol oynamaya devam ettikçe havadan bilgi yayınına artan talebi karşılamak amacı ile daha başarılı bir şekilde bilginin sayısallaştırılması gerekmektedir. Bu şekilde sayısal bilginin taşınması için tasarlanan modülasyon sistemlerine olan ihtiyaç artar. Sayısal sinyallerin bir avantajı sıkıştırmayı kolaylaştırmasıdır. Çoğu analog sinyaller sayısallaştırıldıklarında fiziksel olarak deplanmada daha az yer kaplar ve değişik sıkıştırma tekniklerine göre iletimde daha az bant genişliği harcarlar.

Sayısal modülasyon analog modülasyondan daha kolaydır. Sayısal sinyallerde en basit şekilde ayırt edilecek sadece iki sinyal değeri vardır: bit değeri 1 ve bit değeri 0. Bununla birlikte iletim hızı ve değişik modülasyon tipleri karıştırılarak bant genişliği artırıldıkça sayısal modülasyon sistemleri daha karmaşık hale gelir.

Aşağıdaki sayısal modülasyon tiplerinin en basit şekilleri incelenecektir:

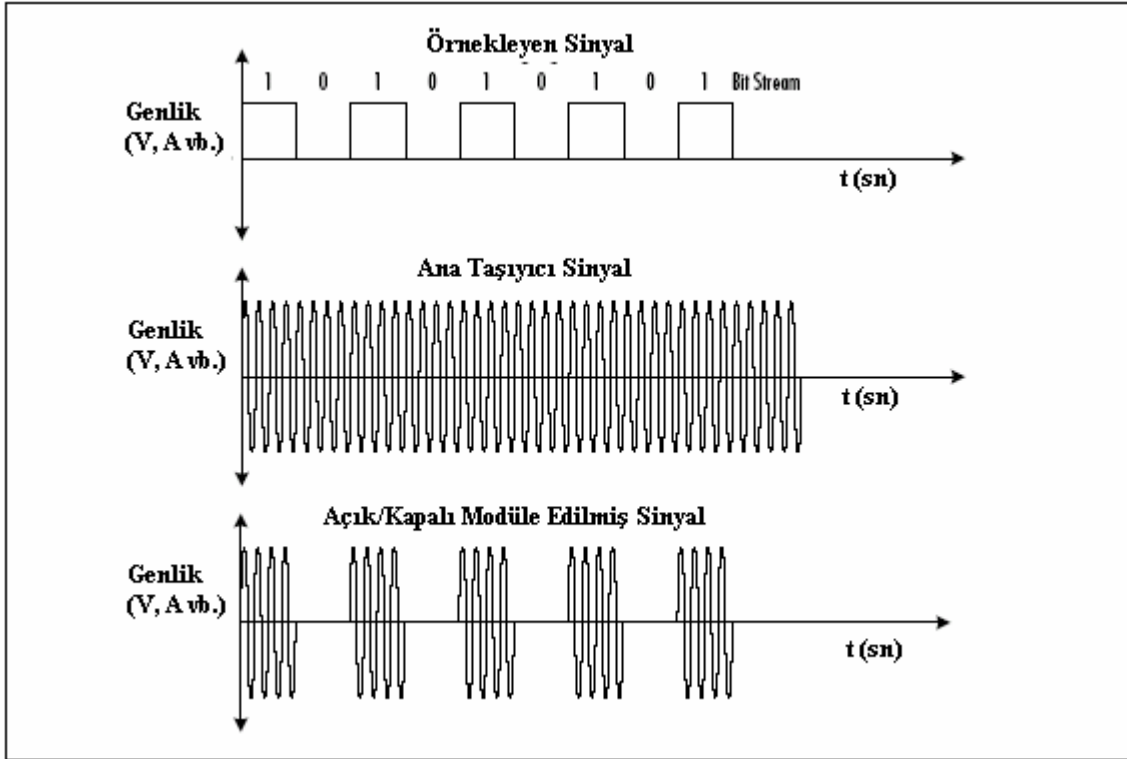
- Açık/Kapalı Anahtarlama (On/Off Keying (OOK))
- Frekans Kaydırmalı Anahtarlama (Frequency Shift Keying (FSK))
- Faz Kaydırmalı Anahtarlama (Phase Shift Keying (PSK))
- Darbe Genlik Modülasyonu (Pulse Amplitude Modulation (PAM))

Açık/Kapalı Anahtarlama sayısal veya analog modülasyonun en basit şeklidir ve Marconi tarafından bulunan ilk radyoda kullanılan modülasyondur ve mors kodunun temelidir. Açık/Kapalı Anahtarlama anten ile devre arasındaki iletişim sağlayan devreyi açma ve kapama için kullanılan bir mekanizmadır. Şekil 1.4’te Açık/Kapalı Anahtarlama Modülasyonu açıklamaktadır.

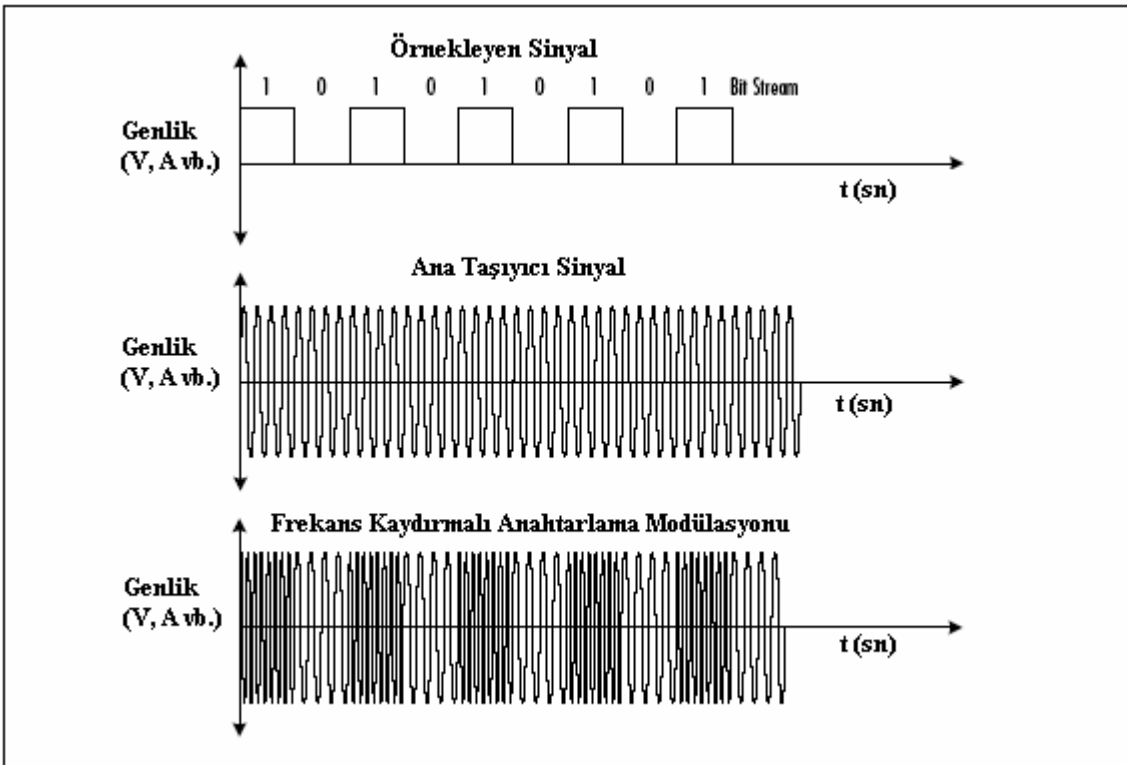
Frekans Kaydırmalı Anahtarlama Açık/Kapalı Anahtarlama’ya benzemektedir, fakat taşıyıcı sinyal ile anten arasındaki devreyi açıp kapamak yerine, Frekans Kaydırmalı Anahtarlama, taşıyıcı frekans dalgası ile taşıyıcı frekans dalgasına ilave edilen dengeleme (offset) frekansı arasında değişimi sağlar. Bu frekans değişikliğinin ortaya çıkarılması ile iletilen dijital sinyali üretilir.

Şekil 1.5 Frekans Kaydırmalı Anahtarlama’yı göstermektedir.

Şekil 1.4 : Açık/Kapalı Anahtarlama (On/Off Keying (OOK))

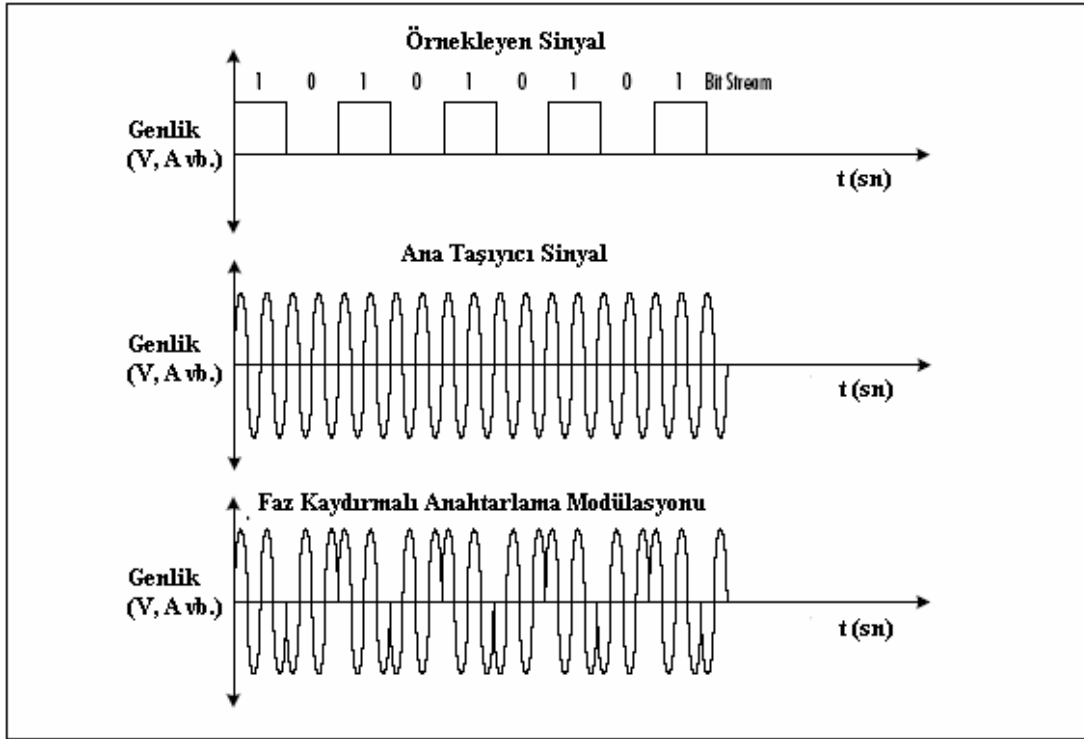


Şekil 1.5 : Frekans Kaydırmalı Anahtarlama (Frequency Shift Keying (FSK))



Faz Kaydırmalı Anahtarlama, Açık/Kapalı Anahtarlama ile Frekans Kaydırmalı Anahtarlama yönteminden taşıyıcı frekansın değişmemesi bakımından farklılık gösterir. Faz Kaydırmalı Anahtarlama dijital modülasyon dalgasının referansında taşıyıcı dalganın fazını değiştirir. Bu faz kaydırmanın ortaya çıkarılması ile dijital sinyal üretilir. En basit şekilde, Faz Kaydırmalı Anahtarlama bir dalganın boyunun yarısı veya 180 derece kadar kaydırılır. Şekil 2.6 Faz Kaydırmalı Anahtarlama'yı göstermektedir.

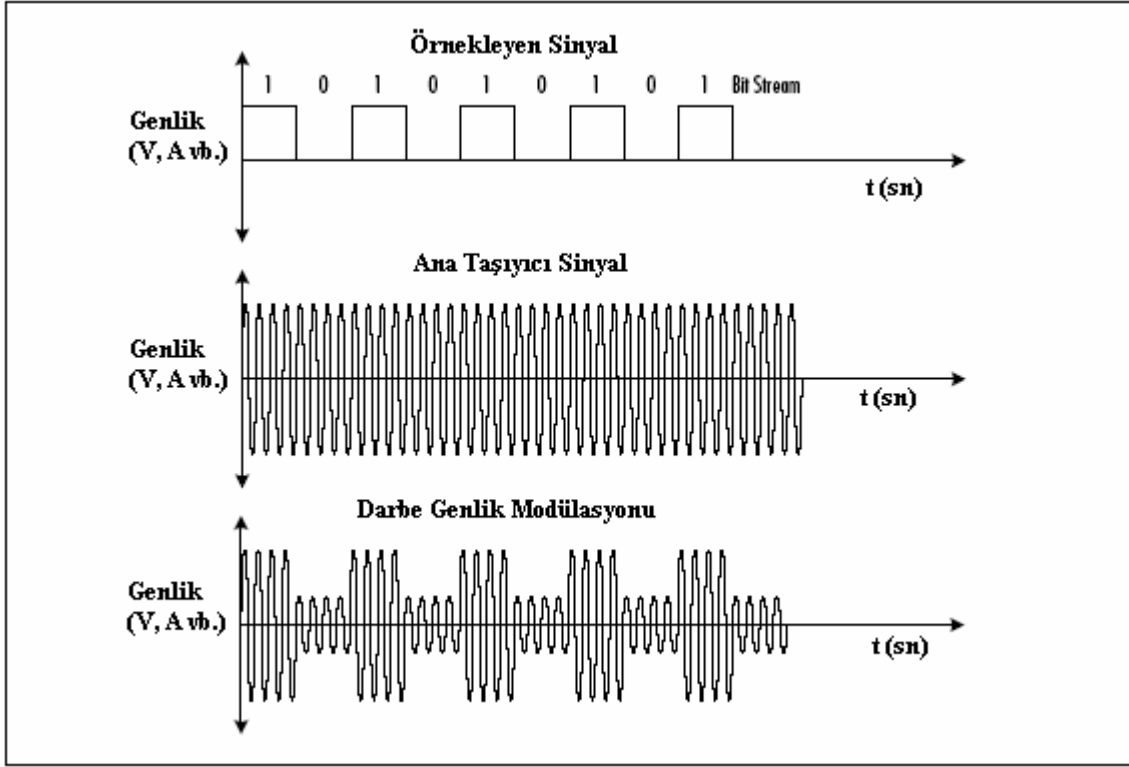
Figure 1.6 : Faz Kaydırmalı Anahtarlama (Phase Shift Keying (PSK))



Darbe Genlik Modülasyonu taşıyıcı dalganın frekansını hiç değiştirmez. Adından da anlaşılacağı gibi taşıyıcı frekansın genliğini değiştirir. Bu modülasyon türünün en önemli özelliği modüle edilmiş dalganın zarfı (sinyali kaplayan kenarları) mesaj sinyali ile aynı biçimdedir. Genlik modülasyonu yapabilmek için taşıyıcı dalganın genliğini, iletilecek olan mesaj işaretinin doğrusal bir fonksiyonu olarak değiştirmek gerekir. Yani taşıyıcının sadece genliği mesaj işareti tarafından değiştirilir. Şekil 1.7 Darbe Genlik Modülasyonu görülmektedir.

Modülasyonun nasıl tamamlandığının ve değişik tiplerinin bilgileri önemlidir çünkü bu bilgisayar sistemlerinin iletişimlerine uygulanır. Frekans Kaydırmalı Anahtarlama, frekans atlamalı yayılma tayfı, direkt sıralı yayılma tayfı ve 802.11 standardı gibi kablosuz teknolojileri içerisinde kullanılan bir modülasyon tekniğidir. Bunlara ilave olarak modülasyon metodu mobil ve optik kablosuz iletişimlerinde de kullanılmaktadır.

Şekil 1.7 Darbe Genlik Modülasyonu (Pulse Amplitude Modulation (PAM))



Güçlü Radyo Sinyali Üretmek

Kablosuz iletişimde sinyalin vericiden alıcıya kadar aldığı yolun sonunda, alıcının ne gönderilmiş olduğunu anlayabilmesi için gönderilmiş olan sinyalin yeterince güçlü olması gerekir. Sinyalin vericiden alıcıya doğru yayılmasını etkileyen birçok etken vardır. Yayını etkileyen bazı etkenler, düşük frekans sinyallerinin yüksek frekans sinyallerini etkilediklerinden daha farklı olarak etkilerler. Bu bölümde elektromanyetik dalgaları etkileyen birkaç etken incelenecek ve düşük frekans ile yüksek frekansların yararları karşılaştırılacaktır.

Sinyal Gücünü ve Sinyal-Gürültü Oranı

Alıcı tarafında alınan elektromanyetik dalganın yer parazitinden ayrıştırılabilmesi için gönderilmiş olan sinyalin yeterince güçlü olması gerektiği kablosuz iletişimin bir prensibidir.

İnsan duyumuna bir benzeşim yaparsak: Herhangi birisinin sizinle konuşması sırasında, sizin beyninizin konuşulanı algılayıp tercüme edebilmesi için konuşan kişinin sizin duyabileceğiniz kadar yüksek sesle ve anlaşılır şekilde konuşması gerekir. Sizin beyniniz ve kulağımızın minimum ses seviyesi ve anlaşılma seviyesi vardır. Beyin bu seviyelerin üzerindeki konuşmaları doğru algılayabilir.

Aynı şekilde radyo alıcısının almış olduğu sinyalden dalganın ilk orijinal halini elde edebilmesi için bu sinyalin minimum güç seviyesinin üzerinde bir gücünün olması gerekir.

Elektromanyetik dalgalar genellikle Watt veya daha spesifik olarak sinyal gücünün 1 miliwatt'a bölünmesinin logaritmik oranı ile ölçklendirilir. Bu orana desibel üzeri 1 miliwatt (dBm) denilmektedir.

Sinyal gücünü tanımlamak için kullanılan diğer bir yaygın özellik de sinyal-gürültü oranı'dır. S/G oranı sinyalin kesin gücünü tanımlamaz ancak bunun yerine yer gürültü gücü ile sinyalin gücünün oranını tanımlar. Ne kadar büyük oran olursa o kadar iyi sinyal olduğunu gösterir.

Eğer insan duyma örneğine dönersek, bir kimse size sessiz bir odada fısıltı halinde konuşsa bile siz onun söylediğini anlayabilirsiniz, ancak gürültülü bir odada sizin anlayabilmeniz için aynı kimsenin bağırarak konuşması gerekir.

Radyo frekansı ile kablosuz iletişimde de aynı durum geçerlidir. S/G oranı arkaplan gürültü seviyesini gösterir ve göndericinin sinyal gücünün gösteriminde yaygın olarak kullanılır.

Değişik modülasyon ve şifreleme teknikleri işlevlerini yapmak için değişik minimum S/G oranına ihtiyaç duyarlar. Çoğu dijital modülasyon sistemleri analog modülasyon sistemlerinden daha düşük S/G oranına ihtiyaç duyarlar. Bunun sebebi, dijital alıcının sadece lojik 1 ve 0'ları ayırt etmeye ihtiyacının olmasıdır. Çok yüksek gürültü olmasına rağmen alıcı önceden ayarlanmış dijital kare dalgaların eşik değerlerinin aşılıp aşılmadığını ayrt edebilir ve orijinal kare dalgayı üretebilir.

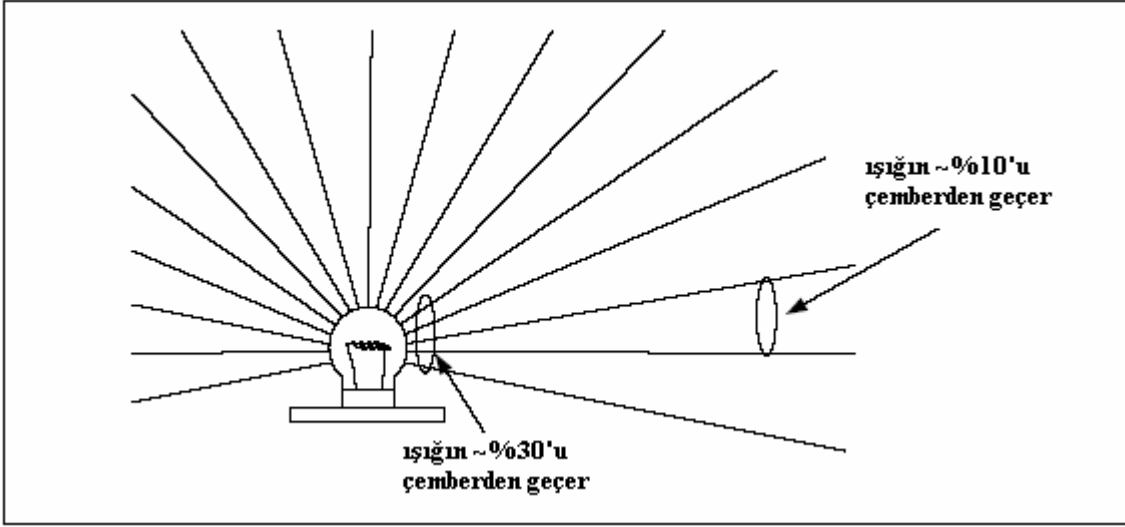
Bunun aksine analog alıcının örneklenen sinyalde ayırt etmesi gereken sonsuz sayıda seviye vardır; alınan sinyal 1 ve 0 olarak farz edilerek yeniden üretilemez. Sinyali aldıktan sonra sinyalin şifresini çözmesi ve sonraki cihaza bir amplifikatör gibi orijinal sinyali temsil eden işareti iletmesi gerekir. Bundan dolayı bir analog sinyale yayılım sırasında eklenen her gürültü orijinal sinyali değiştirecektir.

Örneklenen radyo frekans sinyalinin gücü arka plan gürültüsünden birkaç kez daha yüksek seviyede olması durumunda sinyale eklenmiş olan gürültü farkedilmez veya bu gürültü filtrelenerek elimine edilebilir. Eğer gürültü sinyal ile aynı güçte ise, sonuç olarak elde edilen sinyal orijinalinden farklı olacaktır. Bu duruma genelde statik adı verilir. Sinyal gürültü oranı aę dizaynında özönüne alınması gereken önemli bir konudur. Üreticiler tarafından dizaynı yönlendiren kendi ürünlerine has kurulan mühendislik kuralları vardır.

Sinyal Zayıflaması (Attenuation)

Kırsal alanda araçla seyahat halindeyken radyo dinlemeye çalışıldığında sinyalin yayınlandığı kaynaktan uzaklaştıkça radyo sinyalinin zayıfladığı görülür. Bu duruma sinyal zayıflaması denilir. Mesafenin dışında sinyal zayıflamasına neden olan birkaç sebep daha vardır. Ses dalgalarından farklı olarak elektromanyetik dalgalar yayılım için herhangi bir ortama ihtiyaç duymaz ve uzayın havasız ortamında da rahatlıkla yayılabilirler. Uzayda sinyalin ilerlemesine engel olabilecek herhangi bir engel olmamasına rağmen yine de sinyal zayıflaması olmaktadır. Bunun nedenine sinyal yoğunluk ıraksaması denilmektedir. Şekil 1.8 bu olguyu ışık kullanarak göstermektedir.

Şekil 1.8 Sinyal Zayıflaması



Yukarıdaki şekilde gösterilen olguda her bir ışığın aynı enerji ile gönderildiğini farz edersek, ışığın kaynağından uzaklaştıkça ıraksamanın arttığı görülür. Bunun sonucunda da ışığın yoğunluğunun azalması meydana gelir. Görülebilen ışık dalgaları yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalardır, bu nedenle radyo frekans tayfının içerisinde elektromanyetik dalgalar da vardır. Dalgalar her yöne doğru yayıldığından hepsini tek bir alıcıda toplamak mümkün değildir. Böylece alıcılar iletilen enerjinin sadece küçük bir parçasını alırlar, ve aradaki mesafe arttıkça alınan bu küçük enerji parçası azalır. Boş uzayda elektromanyetik dalgaların gücüne mesafenin etkisi aşağıdaki eşitlik ile gösterilir:

$$P \sim 1 / r^2$$

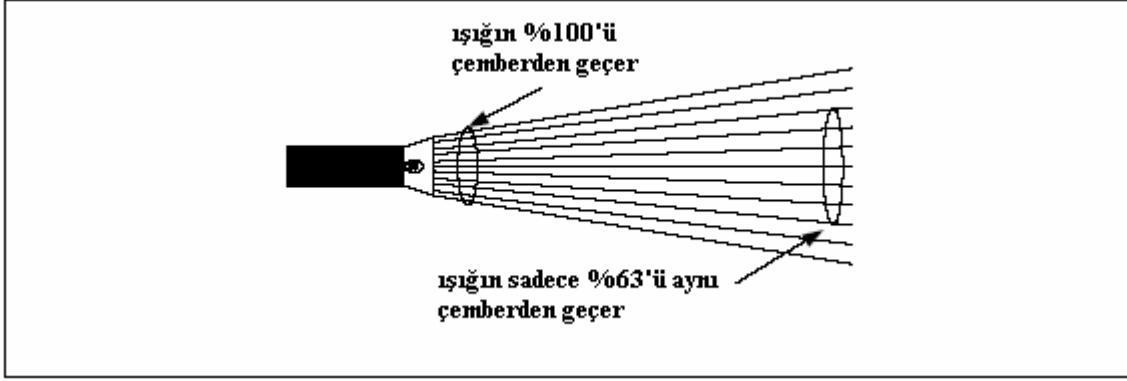
Burada P güç, r ise kaynaktan alıcıya kadar olan mesafedir. Eşitlikten de anlaşılacağı gibi mesafe ikiye ($2 \times r$) katlandığında elektromanyetik dalganın gücü dört kat ($2^2 = 4$) azalır. Bazı engeller (dağ gibi) sinyali yüzde yüz zayıflatır ve iletişimi engeller. Bazı engeller (yağmur, bina, tepe vb.) sinyalin yayılma alanına girerse sinyalin zayıflamasını artırır.

Karasal elektromanyetik yayılımının etkileri aşağıdaki eşitlikle gösterilir:

$$P \sim 1 / r^3$$

Bu eşitliğe göre alıcı ile gönderici arasındaki mesafe iki katına ($2 \times r$) çıkarsa sinyalin zayıflaması sekiz katına ($2^3 = 8$) çıkar. İletilen enerjinin ıraksamasını azaltmanın bir yolu özel olarak bir yöne yöneltilmiş yönlü anten kullanmaktır. Şekil 1.9 da yönlü anten kullanımına örnek gösterilmektedir.

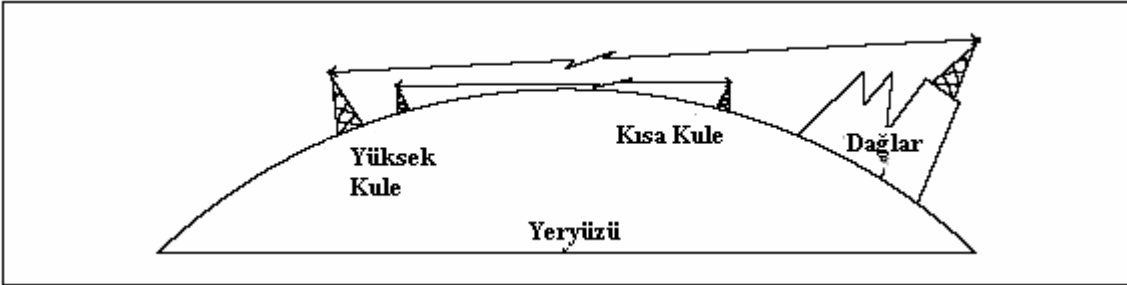
Şekil 1.9 Bir Kaynaktan Yönlü Yayılan Işıkların Iraksama Zayıflaması



Şekil 1.8'de çokyönlü ve Şekil 1.9'da el feneri örneği ile yönlü olarak gönderilen ışıkların aynı enerji ile iletildiğini farz edelim. Her iki örnekteki aynı mesafede bulunan alıcıya farklı, ikinci örnekte gösterilen ve fenerden yönlü olarak iletilen sinyalin çok yönlü olarak iletilen sinyalden daha kuvvetli olarak alınacağı kolayca görülebilir.

Elektromanyetik dalgalar yere iyi nüfuz etmezler. Bu nedenle yer yüzünde bir yerden diğer bir yere yapılmak istenen yayımların çoğu için olabilecek en büyük mesafe kısıtlaması sinyalin gidebileceği en uç mesafedir. Alıcı ile vericinin bir dağ veya tepeye kurulması ile ulaşılabilecek uç mesafe artırılabilir. Şekil 1.10 yüksekliğin mesafeyi artırışı gösterilmektedir.

Şekil 1.10 Tepeler Mesafeyi Nasıl Artırır



Yağmur Zayıflatması (Rain Attenuation)

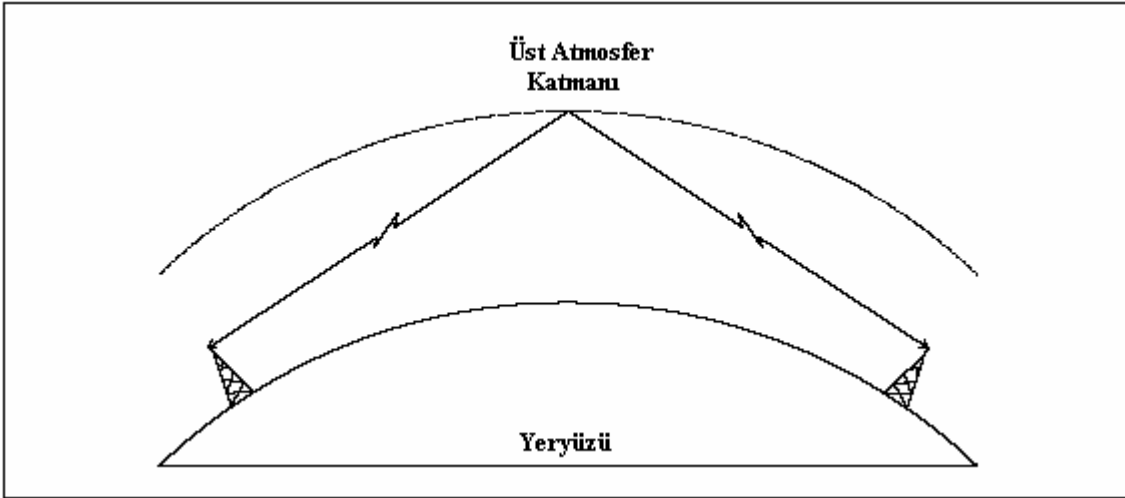
Yağmur zayıflatması bir sinyalin yağışa bağlı olarak zayıflamasıdır. Bu tür zayıflatmalar yüksek frekanslı dalgaları düşük frekanslı dalgalardan daha fazla etkiler. Bunun nedeni yüksek frekanslı dalgaların yağmura da iyi nüfuz etmemeleridir. Yağmur zayıflatma olgusu bazı sistemlerin avantajları için kullanılmıştır (yağmur radarı gibi.). Yağmur anlamına gelen havadaki su damlacıkları veya bulutlar yüksek frekanslı radar sinyallerini yansıtarak zayıflatırlar. Bu sayede radar sistemi nemin fotoğrafını çekebilir.

Yansıma (Bouncing)

Elektromanyetik dalgalar bazı nesnelere içerisinden geçebilirken aynı zamanda aynı nesneden yansır. Birçok durumda, sinyalin bir kısmı enerji nesne içerisinde ilerlemeye çalışırken sinyalin enerjisinin geri kalanı nesneden yansır. Buna örnek olarak su havuzu verilebilir. Bir su havuzunun başında suya bakıldığında ışığın bir kısmının suyu geçtiği ve havuzun tabanından yansyarak havuzun tabanının görülmesini sağladığı görülür. Aynı suya bakan kişi suda kendini de görebilir. Bunun anlamı bazı sinyaller suya işlemiş bazıları ise yansımıştır.

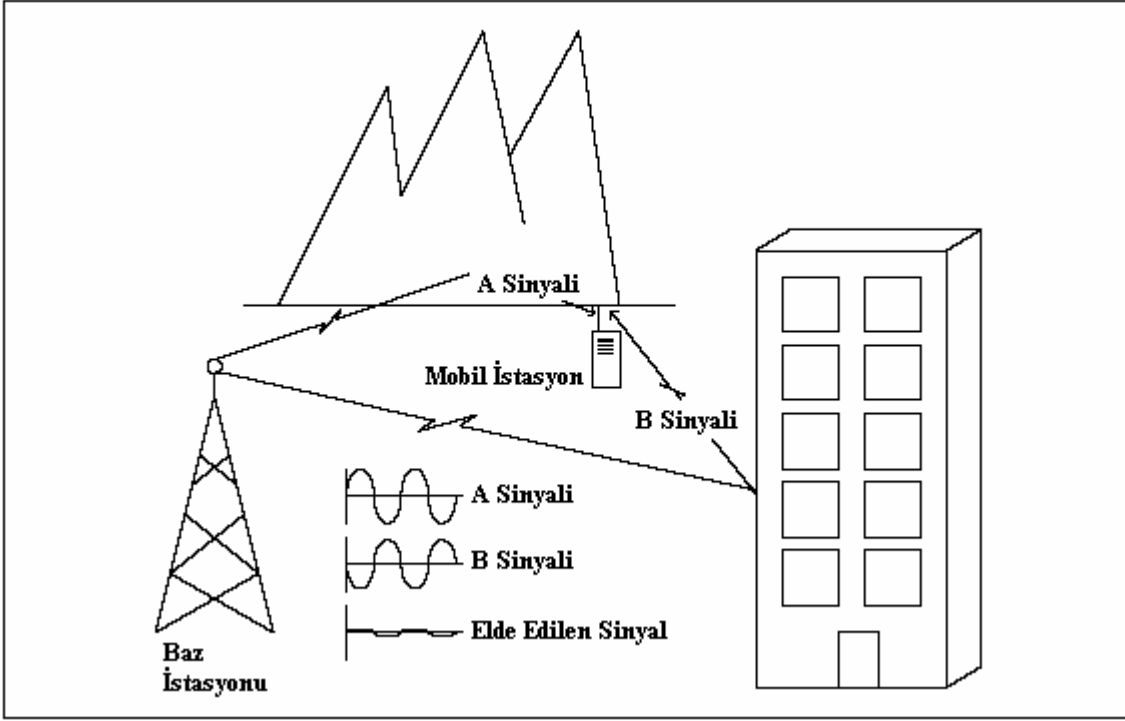
Yansıma bazı sistemlerin performansını düşürürken ve bazı sistemlerin performansını artırabilir. Örneğin AM Radyo yayın sinyalleri yerin üst atmosfer katmanları tarafından yansıtılabilir. Şekil 1.11 bunun nasıl olduğunu göstermektedir.

Şekil 1.11 Sinyal Yansıması İletişim Mesafesini Nasıl Etkiler



Düşük frekans kullanan birçok uygulama atmosferin katmanlarını pasif yansıtıcı olarak kullanabilir. Böylece iletişim mesafesini uzatarak performansı da artırır. Ancak yüksek frekanslar atmosferde iyi yansımazlar. Yüksek frekans dalgaları atmosfer katmanlarından yansmadan uzay boşluğuna çıkarlar. Bu durum yüksek frekansları uydu iletişimde kullanılmak için uygun kılar. Uydular aktif yansıtıcı olarak kullanılır. Uydular aldıkları sinyali tekrar iletebildiklerinden uçsuz mesafelere yayın yapılmasına olanak sağlar. Birden fazla uydu birbirine ilişkilendirilerek bir sinyalin dünyanın her tarafına gönderilmesi sağlanabilir. Yaygın bir yansıma tipi de mobil iletişimi etkileyen çok yönlü saçılma. Çok yönlü saçılma, bir sinyalin ulaştığı alıcıdan yansımasına neden olan bazı unsurlardan dolayı birçok yöne doğru yansımasıdır. Eğer bu sinyaller alıcıya farklı fazda ulaşırsa sinyaller kendi kendilerini yok ederler. Eğer sinyaller aynı fazda ulaşır ama senkronize olmazlarsa, echo sinyalleri olarak yansır. Şekil 1.12 çok yönlü sinyallerin saçılmasını göstermektedir. Çok yönlü saçılmayı CDMA (Code Division Multiple Accessing) teknolojisi kullanmaktadır.

Şekil 2.12 Çok Yönlü Saçılma



Kırılma (Refracting)

Yayını etkileyen diğer bir özellik dalganın kırılmasıdır. Bir gözlüğün ışık dalgalarını kırdığı gibi yağmur damlacıkları da atmosferde radyo dalgalarını kırabilirler. Bir sinyal yerkürenin eğimi ile belirli bir boyuta kırılabilir veya eğilebilir.

Mutlak ufuk verici veya alıcıdan yerkürenin eğimine teğet olan olan düz hattır. Eğer alıcı ve verici bu hat üzerinde değilse iletişim sağlamak mümkün olmaz. Ancak, eğer sinyal yerkürenin eğimine göre eğilirse o zaman mutlak ufuktaki alıcılara ulaşabilir.

Görüş Alanı (Line of Sight)

Vericiden alıcıya kadar olan düz engelsiz yola görüş alanı denilmektedir. Bu alanın yayımlanan sinyal için ne kadar gerekli olduğu görülmektedir. Görüş alanı gibi direkt bir yol olmasa da sinyalin hedefini bulabilir. Tüm sinyaller direkt bir yol olunca en iyi yayılımı yaparlar. Yüksek frekanslı sinyallerin düşük frekanslı sinyallere oranla daha çok görüş hattına ihtiyaçları vardır. Kıvılcık iletişimi özellikle görüş alanındaki engellere karşı hassastır.

Penetrasyon (Penetration)

Bazı sinyaller bazı materyallerin içerisinden geçebilirken bazılarında yansımaktadırlar. Sinyalin materyallerden geçişini etkileyen, materyalin tipi, sinyalin frekansı ve sinyalin gücü

gibi bazı etkenler vardır. Bu en çok tıbbi X ışını uygulamalarında belirgindir. Aşırı yüksek frekanslı X ışını dalgaları vücudun yumuşak dokulardan rahatlıkla geçer ancak kemikler tarafından engellenir. Bu durum X ışınlarına duyarlı bir filmin kemik yapısını gösteren resmi oluşturmasını sağlar. Bu durum karasal iletişimde dağ, tepe, ağaçlar gibi doğal ve binalar gibi insan yapımı engellerde büyük bir etkidir. Tablo 1.1 de düşük radyo frekans dalgalarının değişik materyallerine karşı penetrasyon seviyelerinin karşılaştırması vardır.

Tablo 1.1 Değişik Frekansların Değişik Materyallere Karşı Penetrasyon Seviyeleri

| Materyal | Penetrasyon Seviyesi | | |
|----------|----------------------|--------------|----------------------|
| | Düşük Frekans | Orta Frekans | Yüksek Frekans |
| Boşluk | İyi | İyi | İyi |
| Hava | İyi/Yansıma | İyi | İyi/Yağmur Zayıflama |
| Su | Orta | İyi | Çok Kötü |
| Yer | Kötü | İyi | Kötü |

Tablo 1.1'deki materyaller arasında metal olmadığı görülmektedir. Metal, elektromanyetik dalgaların penetrasyonu açısından özel bir durumdur.

Öncelikle bir antenin nasıl çalıştığını inceleyelim. İletim modülünün son katmanı ile anten arasında bir kablo vardır. Sinyal bu kablo aracılığı ile modülden antene iletilir. Bu durum antende salınım yapan bir voltaj oluşturur. Bu voltaj anten ile toprak seviyesi arasında salınan bir elektrik alanı meydana getirir. Salınan elektrik alanı, salınan bir manyetik alan oluşturur ve dalga antenden çıkarak kablosuz iletim ortamında yayılır.

Alıcı tarafında, antene çarpan dalga antende salınan bir manyetik alan oluşturur. Bu manyetik alan da elektrik alanı oluşturur ve doğal olarak da değişken bir voltaj oluşur. Bu voltajın oluşması neticesinde bir akım sayesinde sinyal kablo üzerinden taşınarak alıcı modüle iletilir. Herhangi bir iletkenin parçasının toprak ile teması olmadığı halde anten olarak davrandığını farzedelim. Manyetik ve elektrik dalgalar bu iletkende bir voltaj oluşmasına neden olurlar. Metalin toprak ile teması olmadığından ve sinyali taşımak için herhangi bir iletken kablo olmadığından, metale çarpan dalga antende kalır. Bu bekleyen dalga bir manyetik alan oluşturarak antenden tekrar yayılacaktır. Bu nedenle bir sinyal alınır alınmaz, alındığı gibi tekrar iletilir. Sinyalin bir kısmı metalin bir tarafından tekrar iletildiğinden sanki metal parçası sinyali bir taraftan yansıtırken diğer taraftan alıyor gibi görünür. Bu metal parçası toprakla irtibatlandırıldığı zaman elektromanyetik dalga metalde bir voltaj oluşturur. Bu voltaj da doğal olarak irtibatlanılan nesne üzerinden toprağa akarak kaybolur, dolayısı ile alınan sinyal de kaybolur.

Bilindiği gibi telsiz telefonlar asansör içerisinde iyi çalışmazlar. Bunun nedeni sinyalin metale işlememesi gibi basit değildir. Farzedelim ki bir kürenin içerisindeyiz. Bir elektromanyetik dalga küreye çarptığında küre bir anten gibi davranır ve dalga metalde bir voltaj oluşturur. Bu voltaj kürenin havaya yayılım yaptığı dış yüzeyinde dolaşır. Böylece sinyal kürenin iç

yüzeyine işlemez. Bu nedenle asansör ve metal binalar içerisinde telsiz telefonlar iyi çalışmaz.

Bu özellikler elektromanyetik dalgaların ekranlanmasında (korunmasında) metalin kullanılması fikrini ortaya çıkarmaktadır. Koaksiyel kabloların merkezinde bulunan iletkenin sinyali iyi iletmesi için dışsal koruma (ekran) kullanılmaktadır. Dışsal koruma bir anten gibi davranarak istenmeyen sinyalleri üzerinde toplayarak asıl sinyali bozmalarını engeller. Bu metal koruma toprağa irtibatlı olduğundan istenmeyen elektromanyetik dalgaların oluşturduğu voltajı toprağa akıtır. Bu şekilde korumanın tüm bilgisayar veya tüm odayı kapsayacak şekilde büyütüldüğü uygulamalar vardır. Bu tip koruma tıbbi cihazlar, havacılık ile ilgili kontrol cihazları ve mikrodalga fırınlar gibi birçok cihazlar için önemlidir.

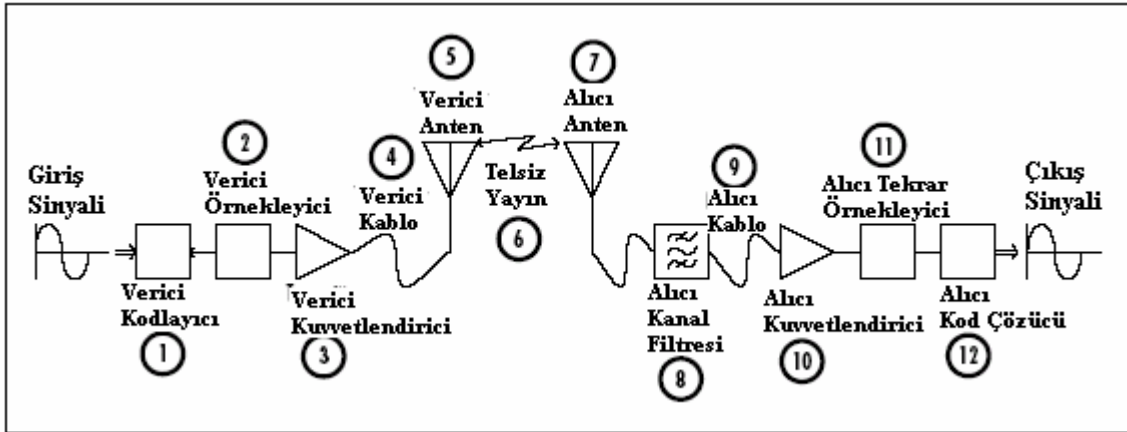
Telsiz Elementler

Bir kablosuz ağda hangi elementler vardır? Aslında iki element vardır, anten ve telsiz cihazı. Telsiz Lokal Alan Ağı içerisinde erişim noktaları, telsiz PC kartları ve antenler vardır. Burada gerçek anlamdaki tek telsiz iletişim, anten ile telsiz PC kartı arasında meydana gelir. Erişim noktası ağa, anten ise erişim noktasına kablo ile bağlıdır. Burada belirli bir ortama veya uygulamaya göre optimize edilmiş değişik tipte antenler vardır. Telsiz ağ dizaynında uygun anten seçimi yapmak ve çeşitleri birbirinden ayırt edebilmek önemlidir.

Jenerik Radyo Bileşenleri

Tüm radyolar temel bir kavramsal dizaynı paylaşırlar. Şekil 1.13 jenerik radyo bileşenlerini göstermektedir.

Şekil 1.13 Jenerik Radyo Bileşenleri



Resimdeki her bir kutu radyonun bir alt sistemini temsil eder; her biri oldukça karışıktır ama bu resimde herhangi bir fonksiyonu temsil eden bir kutu şeklinde basite indirgenmiştir. Her bir kutunun fonksiyonu kısaca aşağıdaki gibi açıklanabilir.

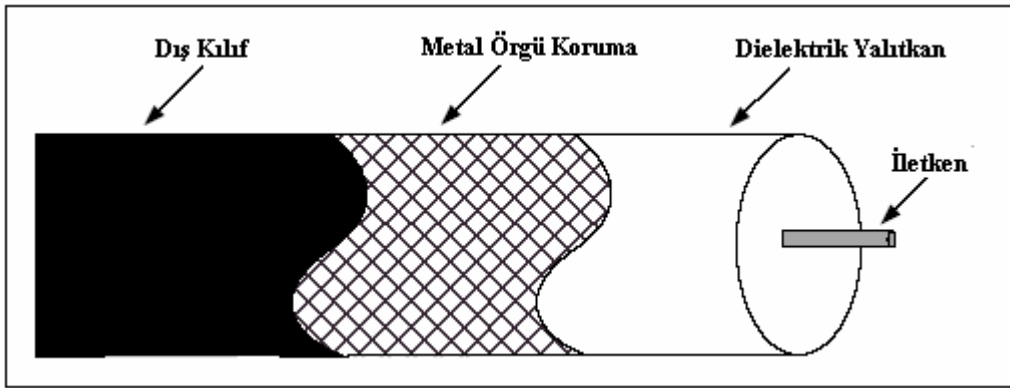
1. Verici Kodlayıcı (Şifreleyici) : Giriş sinyali kodlayıcıya gelir. Burada kodlayıcı analog ses sinyalini analog elektriksel sinyale çeviren bir mikrofon olabilir. Burada ana fikir, orijinal sinyal modülatöre girmeden genellikle değiştirilir veya kodlanır.

2. Verici Örnekleyici : Örnekleyici kutusu taşıyıcı dalganın modülasyonunu yapar.

3. Verici Kuvvetlendirici : Giriş sinyalini yani bilgiyi iletişim ortamına aktaran dönüştürücü bir ünedir. Sinyal modüle edildikten sonra kuvvetlendirilir. Bu sayede antene erişebilmesi için yeterli güce erişmiş olur.

4. Verici Kablo : Bu noktaya kadar olan elementlerin çoğu bir fiziksel cihazın içerisinde bulunur. Bazen anten bile bu cihazın içine entegre edilir. Ancak, bazen de anten radyonun dışında uzak bir yere iletişim odasının uzağına kurulur. Sinyalin antene ulaştırılması için kablo kullanılır. Bu kablo yüksek frekanslı elektrik sinyallerini taşımak amacı ile özel üretilen bir kablodur. Şekil 1.14’de kesiti görülen kabloya koaksiyel kablo denilmektedir. Koaksiyel hatlar, iç içe iki hattan oluşmaktadır. Bu iletkenler arasındaki açıklığı sabit tutabilmek için, ya belirli aralıklarla heliax, ya da sürekli olarak yalıtkan maddeler kullanılır. Kullanılacak yalıtkan malzemeler dielektrik kaybı düşük malzemelerden seçilir. Bu malzemeler, çoğunlukla polietilen, köpüklü polietilen veya teflon gibi yalıtkanlardır. İç iletken mono bakır olabileceği gibi çoklu bakır, gümüş, bakır kaplı çelik veya boru şeklinde iletken olabilir. Dış iletken ise örgü şeklinde, bant şeklinde veya spiral boru şeklinde olabilir. Koaksiyel kablolar ile 3000 MHz e kadar sinyaller taşınabilir. Frekans daha yükselince kayıplar çoğalır.

Figure 1.14 Koaksiyel Kablo Kesiti



Kablonun dış örgü koruması istenmeyen elektromanyetik sinyalleri toprağa akıtmak için kullanılır. Bu koruma toprak ile irtibatlı olduğundan referans görevi de görür. Dış koruma ile sinyali taşıyan iletken arasındaki mesafe çok önemlidir ve sabit olmalıdır.

5. Verici Anten : Bir antenin görevi elektrik sinyalini radyo dalgalarına veya tersine radyo dalgalarını elektrik sinyaline çevirmektir.

6. Telsiz Yayın : Antendeki salınım yapan voltaj anten ile toprak arasında salınım yapan elektrik alan oluşturur. Salınan elektrik alan, salınan bir manyetik alan oluşturur, manyetik alan da tekrar elektrik alan yaratır ve dalga antenden yayılmaya başlar.

7. Alıcı Anten : Verici antene benzer, alıcı anten radyo dalgalarını elektrik sinyaline dönüştürür.

8. Alıcı Kanal Filtresi : Her ne kadar antenler belirli bir frekans için dizayn edilse de tayftaki tüm elektromanyetik enerjileri alırlar. Çoğu elektriksel bileşen belirli bir frekans aralığına göre dizayn edilir ve bu frekans aralığı dışındaki frekanslar ile ilgilenmezler. Bu amaçla dizayn edilen alıcı kanal filtresi sadece istenilen frekans sinyalini geçirir, geri kalan tüm sinyalleri söndürür.

9. Alıcı Kablo : Verici kablosu ile aynı kablodur. Verici tarafında sinyal ana devreyi terk etmeden önce kuvvetlendirildiği için oluşan kayıplar önemli değildir. Ancak alıcı tarafında kablunun uzunluğu ve kalitesi yüzünden zayıflayan sinyal kayıpları oluşabilir.

10. Alıcı Kuvvetlendirici : Alınan sinyal genellikle çok zayıftır ve karmaşık alıcı bileşenler tarafından işlenmeden önce kuvvetlenmesi gerekir. Bazı alıcı dizaynlarında sinyalin antenden ana alıcıya gelene kadar kaybolmaması için kuvvetlendirici eklenmiştir.

11. Alıcı Tekrar Örnekleyici : Orijinal kodlanmış sinyali taşıyıcı sinyalden ayırır.

12. Alıcı Kod Çözücü : Orijinal giriş sinyali temsil eden sinyali elde etmek için taşıyıcısından ayrılan sinyalin şifresini çözer. Gürültü artar veya alınan sinyalin gücü azalırsa çıkışta alınan sinyal orijinaline daha az benzer.

Antenler

Telsiz cihazının ürettiği sinyallerin başkalarına ulaşması, başkalarının yaydığı sinyalleri de anlaşılır bir şekilde alabilmemiz için antene gereksinim duyarız. Bir çoğumuz telsiz cihazına gösterdiğimiz özenin aynısını anten seçiminde göstermiyoruz. Eğer iyi şekilde duyulmak ve zayıf sinyalleri de iyi almak istiyorsak, antenin oynadığı rolün bilincinde olmamız gerekir.

Tanım olarak, bir anten radyo dalgalarını almak veya iletmek için kullanılan bir cihazdır. Daha önce antenlerin telsiz ağ dizaynlarındaki en basit pasif cihaz olduğundan bahsedilmişti. Ancak ihtiyacı tam olarak karşılayacak antenin dizaynında muazzam mühendislik matematiksel işlemler vardır.

Bazı antenler her yöne yayın yapması amacı ile dizayn edilir, bunlara çok yönlü anten denilmektedir. Yönlü anten türleri çoktur, bu nedenle bu tür bir anten kullanılmak istendiğinde antenin yerleştirileceği yerin fiziksel özellikleri ve kullanılacak bütçeye göre seçim yapılmalıdır.

Hemen hemen bütün ülkelerde yasal olarak izin verilen vertikal/çubuk antenlerin karşısında yönlü antenler bir seçenek olarak ortaya çıkmaktadır. Bu tür antenler, adından da anlaşılacağı üzere, bütün yönlere sinyal yayınlamak yerine, antene gelen sinyali sadece bir yöne yönlendirir.

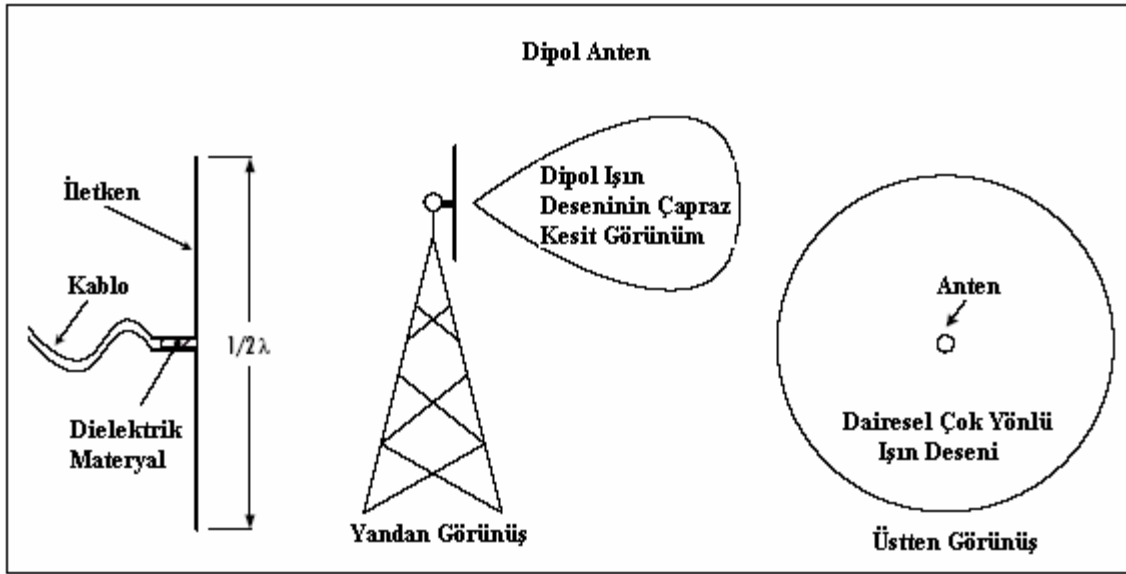
Çok Yönlü Antenler

Çok yönlü antenler tüm yönlerden sinyal alır veya her yöne sinyal gönderirler. Bu tip antenler radyo istasyonları ve mobil cihazlarda olduğu gibi tek noktadan çok noktaya yapılan yayınlarda kullanılmaktadır.

Yarım Dalgaboyu Dipol

Yarım dalgaboyu dipol en basit antendir. Aralarında küçük bir boşluk olan birbiri ile aynı yönde iki iletken çubuktan oluşur. Aradaki boşluk genelde hava, plastik, silikon veya kauçuk yalıtkan ile doldurulur. İletken çubukların boyu alınacak veya yayınlanacak dalganın dalgaboyunun birbuçuk katı olmalıdır. Eğer anten FM radyo frekans bandı gibi bir yayın aralığı için tasarım edilecekse uzunluk genelde frekans aralığının ortasındaki frekansın dalgaboyunun yarısı kadar olmalıdır. Şekil 1.15 yarım dalgaboylu dipol anteni ve onun çok yönlü yayın modelini göstermektedir.

Şekil 1.15 Dipol Anten



Eğer antenin boyu dalgaboyunun yarısına yakın olmazsa anten dalganın oranını ve empedans özelliğini yanlış algılayacağından performansı aşırı derecede düşer.

Çeyrek-Dalgaboyu Dipol

Çeyrek dalgaboyu dipol anteni yarım dalgaboyu dipol antenin özel bir versiyonudur. Yarım dalgaboyu dipol antenin toprağa bağlı bir tarafını ihtiva eder, araba tavanındaki antenler buna örnektir. Bu tür antenler yarım dalgaboyu dipol antenlerin kazancından daha düşük kazançta sahiptir ama aradaki fark çok fazla değildir. Bu tür antenler genellikle arabalarda AM ile FM radyo yayını almakta kullanılırlar. Bunun dışında el alıcıları, cep telefonları ve telsiz telefonlarda kullanılmaktadır.

Yönlü Antenler

Yönlü antenler alıcı/vericiden gelen gücün aynısını alabilir ve bir veya iki yönde yayınlanmış en etkili yayına odaklanırlar. Yönlü antenler iki genel kategoriye ayrılırlar:

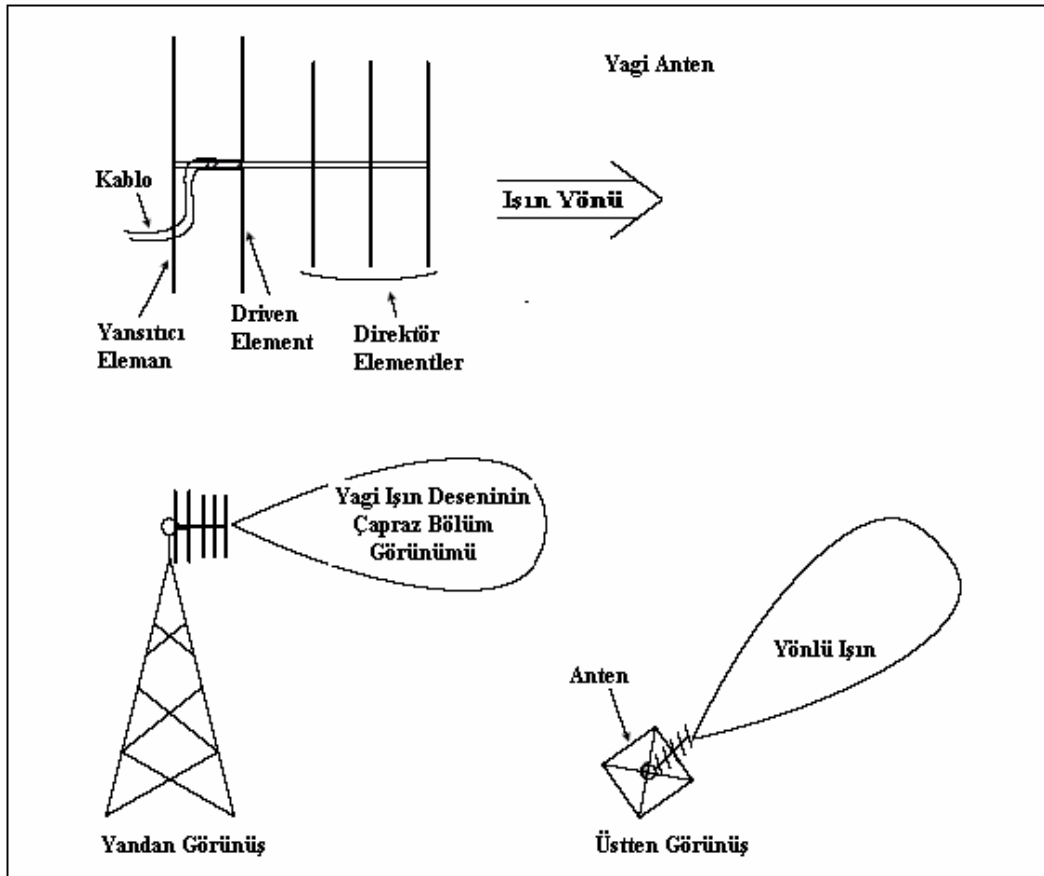
Parabolik ve Faz Taramalı

Parabolik antenlerin fonksiyonu, ışık demetini daha kuvvetli iletmek için yansıtıcı kullanan bir el fenerine benzer. Faz taramalı antenlerin nasıl çalıştığını ifade etmek daha zordur. Çünkü son derece karışık matematik ve elektromanyetik teori içerirler. Çok yönlü antenler bazı dalgaları kuvvetlendirmek ve diğerlerini söndürmek için birlikte çalışırlar.

Yagi Anten (Kısa Dalga Anteni)

En çok kullanılan ucuz ve kolay bir yönlü anten tipidir. Yagi antenlerin ismi onu bulan Dr. Hidetsugu Yagi'den gelmektedir. Yagi antenler üç veya daha fazla dipol anten içerirler. Antenin tüm bileşenleri birlikte çalışarak aldıkları radyo enerjisini odaklandıkları yere verirler. Bu tür antenlerin kazancı yarım dalga dipol antenlerin kazancından çok daha fazladır.

Şekil 1.16 Yagi Anten



Arkadaki elementler daha uzundur ve ileriye doğru gidildikçe kısalırlar. Arka elemente *yansıtıcı(reflector)* denilir. Bunun hemen önündekine *süren element (driven element)* denir. Süren elementin önündeki bir veya birden fazla elementlere yönetici(director) elementler denir.

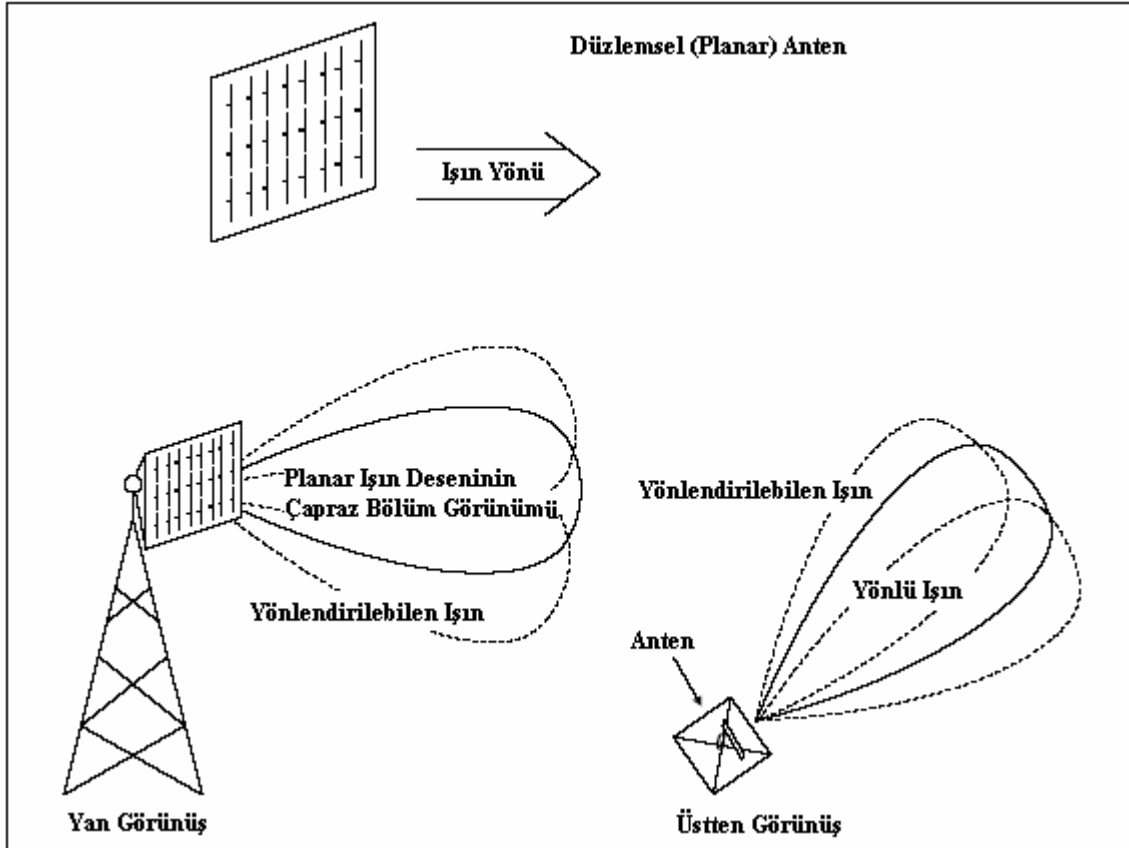
Bir dipol antenin önüne (direktör) veya arkasına (reflektör) uygun boyda bir eleman daha ilave edilirse bir yagi anten yapılmış olur. Bu halde dipol anten elemanı süren (driven) adını alır. Genellikle reflektör elemanı 1 adet, direktör elemanları birden fazla olur. Antenin, Direktör eleman yönünde maksimum, yan taraflardan ise minimum kazancı vardır.

Bir yagi antende sadece süren aktif elementtir ve bir kablo ile alıcı/vericiye bağlıdır. Diğer elementler ise parazitlik olarak kullanılırlar.

Düzlemsel Antenler

Düzlemsel antenler tüm elementlerin aktif ve parazitik olması haricinde kavramsal olarak yagi antenlerine benzerlik gösterirler. Şekil 1.17’de bir düzlemsel anten görülmektedir.

Figure 1.17 Düzlemsel (Planar) Anten

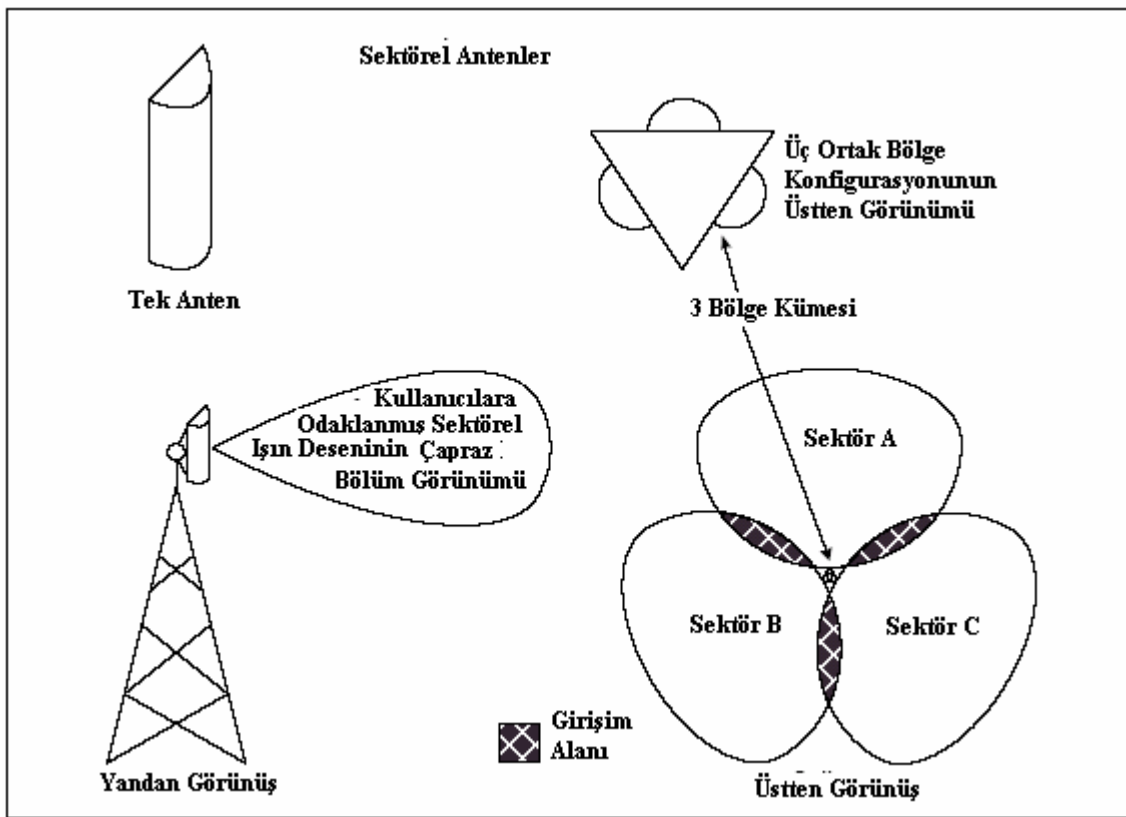


Bu antenlerde birden fazla aktif element bulunur. Anten fiziksel olarak hareket ettirilmeden sinyalin gücü ve fazı değiştirilerek spesifik anten elementleri ile yönlendirilmesi sağlanabilir. Bu tür antenler askeri radarlarda kullanılırlar.

Sektörel Antenler

Sektörel antenler dairesel kapsama alanını sektörlere bölerek kanal atamasına yardım etmek ve kullanmak için tasarlanmışlardır. Bu antenler genelde telsiz telefon uygulama ve kulelerinde kullanılmaktadır. Şekil 1.18’de sektörel antenler görülmektedir.

Figure 1.18 Sektörel Antenler

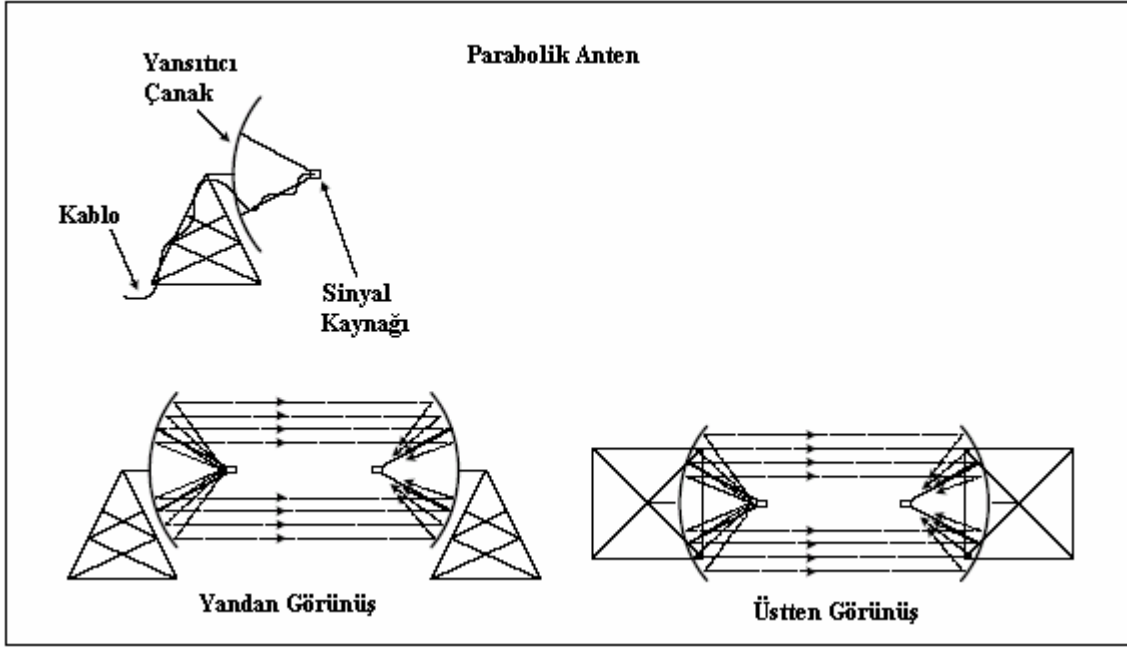


Burada bölgeleri girişim olmaması için dikkatlice planlamak önemlidir.

Parabolik Antenler

En yaygın parabolik anten çeşidi uydu çanak antenleridir. Parabolik antenlerin çanak şeklindeki yansıtıcısı içerisine monte edilmiş bir yayıcı bulunur. Yayıcıdan gönderilen sinyal yansıtıcı tarafından bir el fenerinde olduğu gibi bir ışın demeti şeklinde iletilir. Alıcı tarafında ise yansıtıcı çanak gelen ışın demetini yayıcı üzerine odaklayarak sinyalin kuvvetli olarak alınmasını sağlar. Şekil 1.19’da parabolik antenler görülmektedir.

Figure 1.19 Parabolik Anten



Parabolik antenler yerden uydu tarafına noktadan noktaya karasal iletişim yapmakta kullanılır. Parabolik antenler uzun mesafe telefon linklerini, koni antenler de telefon görüşmelerini bir noktadan diğerine taşımak için kullanılır.

Baz İstasyonlar ve Mobil İstasyonlar

Baz istasyonu ve mobil istasyonu çok genel terimlerdir. Baz istasyonları genellikle sabit lokasyonlarda birçok birçok mobil istasyonla iletişim için kullanılır. Baz istasyonlarının aksine mobil istasyonlar genelde durağan değildirler. Baz istasyonu ile mobil istasyonlarının birbirleri ile olan iletişimlerinde üç temel durum vardır:

1. Baz İstasyondan Baz İstasyona
2. Baz İstasyondan Mobile
3. Mobilden Mobile

Baz istasyonları genellikle birçok mobil istasyonlarının toplanma noktalarıdır. Ayrıca baz istasyonları genellikle mobil istasyonlarının geleneksel telefon ağlarına erişimi için ağ geçidi işlevi görürler.

Baz istasyonlarına örnekler:

- * **Hücrel Telefon Kulesi** birçok mobil telefonunun geleneksel telefon ağına erişmesi için kullanılır.
- * **Polis hareket istasyonu** birçok mobil ünite ile iletişimi sağlar ve koordine eder.

* **Lokal Alan Ağı için bir erişim noktası** geleneksel telli ethernet ağına bilgisayarların erişimini sağlar.

Bazı mobil istasyonları tüm iletişimlerini baz istasyonları üzerinden yaparlar. Mobil telefonlar birbirleri ile direkt olarak iletişim kuramazlar. Bunun sebebi kısmen teknolojik kısmen de ticaridir. Eğer mobil telefonlar birbirleri ile direkt olarak iletişim kurabilselerdi servis sağlayıcı ücretlendirme yapamazdı. Diğer mobil istasyonlar herhangi bir baz istasyonundan bağımsız davranabilecek şekilde dizayn edilmişlerdir.

Erişim Noktası

Erişim noktası, bir ağa erişim yeri için genel olarak kullanılan diğer bir terimdir.

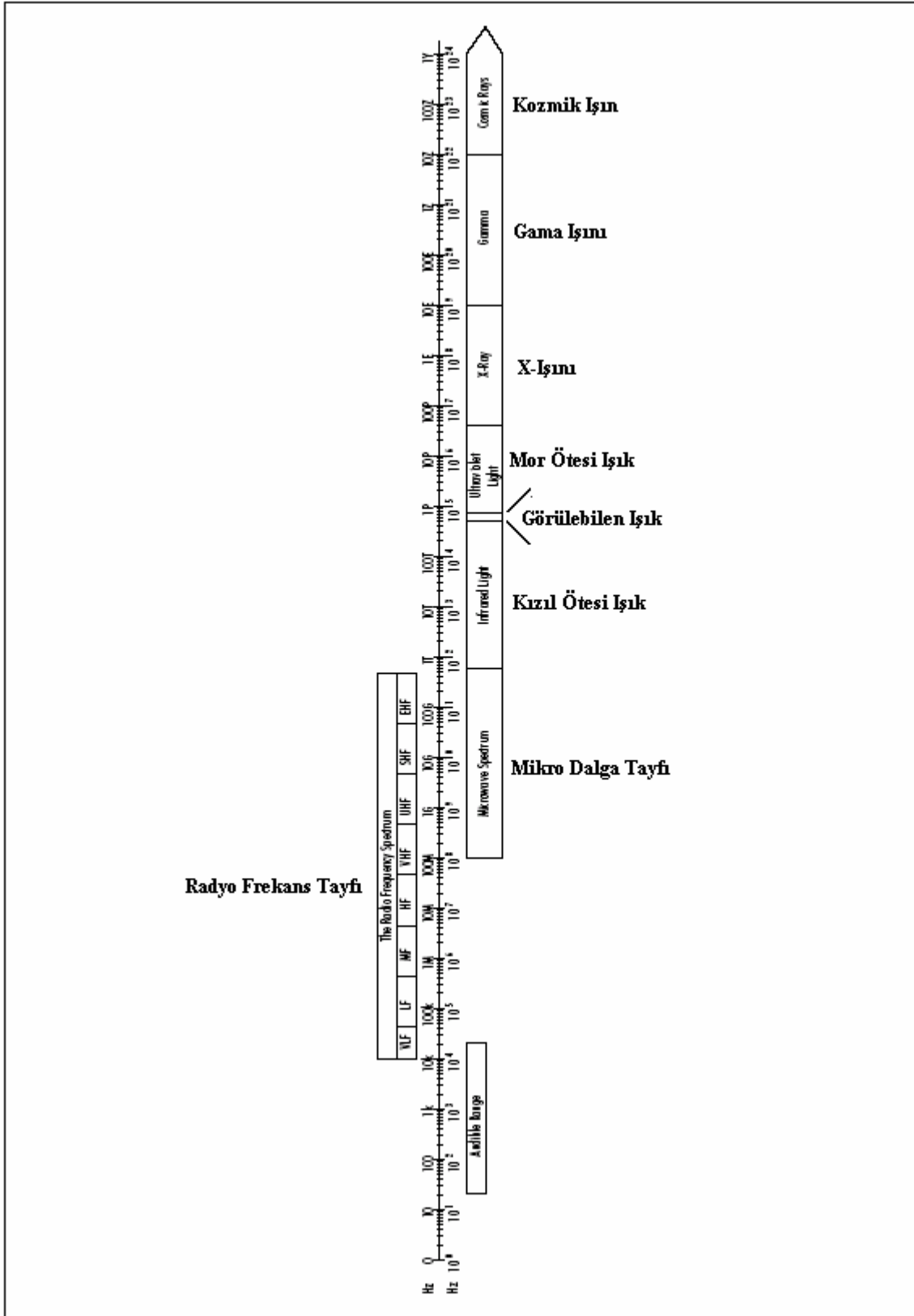
Frekans Tayfını Kanallara Ayırmak

Radyo dalgaları frekans tayfında bulunan birçok elektromanyetik bantlardan sadece birisidir. Elektromanyetik dalgaların frekans aralığı birkaç Hz'den 10^{22} Hz olan tüm kozmik radyasyona (ışınım) kadardır. Şekil 2.20'de elektromanyetik tayf görülmektedir.

Tayf aşağıdaki gibi geniş kategorilere bölünmüştür:

1. **Radyo Tayfı** 3 KHz–300 GHz
2. **Mikrodalga Tayf** 100 MHz–500 GHz
3. **Kızılötesi Işık** 500 GHz–400 THz (Terahertz, veya 10^{12} Hz)
4. **Görünebilir Işık** 400 THz–750 THz
5. **Mor Ötesi Işık** 750 THz–30 PHz (Petahertz, veya 10^{15} Hz)
6. **X-Işını** ~30 PHz – ~10 EHz (Exahertz, veya 10^{18} Hz)
7. **Gama** ~10 EHz – ~10 ZHz (Zettahertz, or 10^{21} Hz)
8. **Kozmik Işın** $>10^{22}$ Hz

Şekil 1.20 Tüm Elektro Manyetik Tayf



Tüm tayfin telsiz iletişimi için en önemli kısmı mikrodalga tayfinin büyük bir parçasını da içeren RF (Radyo Frekans) tayfidir. Telsiz iletişimde kesinti ve kaosu engellemek için hükümet kurumları frekansı regüle ederler. Tayfin bu bantları bloklara veya müşterilere tahsis edilmiş veya satılmış kanallara bölünmüştür.

Kanallara Ayırma

Tüm RF iletişimleri kendi sinyallerini iletmek için toplam RF tayfinin küçük bir parçasına ihtiyaç duyar. Bu tayfin bireysel parçalarına kanal denilmektedir. Çoklu eşzamanlı sinyallere izin vermek için değişik kanallar değişik frekanslara tahsis edilmiştir. Bu tip çoklu erişim, Frequency Division Multiple Accessing (FDMA) olarak adlandırılır. FDMA, RF de kullanılan en yaygın çoklu erişim tipidir. İlk analog teknik uygulamalarında frekans bölünerek ve her bir kanal izole edilerek uygulama yapılmakta idi. Frekansı bölmede, yelpaze 30KHz'e bölünmektedir ve kanal bir kullanıcıya özel olarak atanmamaktadır. Bu durumda ilk gelen kullanıcı boş ilk kanalı kullanır. Konuşma bitince kanal, gelen başka bir kullanıcıya atanır. Böylece konuşma süresince kanal kullanıcıya atandığından konuşma garanti altına alınmış olur.

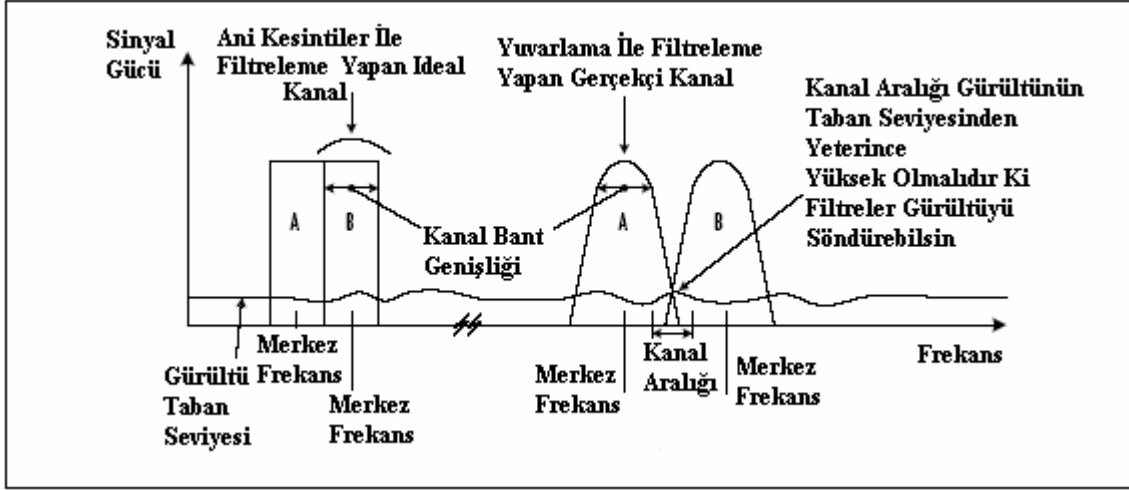
Kanal Bant Genişliği

Kanallar kendi merkez frekansları ile adlandırılır ama bu frekansın altında ve üstünde frekanslar içerirler. Buna kanal bant genişliği denilir. Bir kanalın bant genişliği birkaç etkene bağlıdır. Bu etkenler frekans ve modülasyon tekniğidir. Ancak genelde kanaldan daha fazla bilgi iletmek istendikçe kanalın bant genişliği artar. Taşıyıcı dalga, kanalın frekansı için ana belirleyici etkindir. Oluşan sinyalin anlık frekansı zamanla herhangi bir noktadan sonraki örnekleyen dalga frekansına göre değişir. Bu yüzden kanal bant genişliği merkez frekanstan sinyalin maksimum aralığına kadar değişir. FM radyo alıcılarında bu tip bir uygulama görülebilir. Çoğu alıcılar 0.2 MHz aralıklarla (Örneğin 94.1 MHz'den 94.3 MHz'e) artarlar, burada kanallar arasında kanal aralığı denilen tampon bant genişliği vardır.

Kanal Aralığı ve Tampon Alan

Teorik olarak, bir banttaki mümkün olan en fazla kanal sayısına erişebilmek için kanalları birbiri ardına kullanmak mümkündür. Bir kanalı almak için alıcıyı bu kanalın frekansına ayarlarsak alıcı diğer frekansları almaz. Ancak gerçekte filtreler bu kadar net değildir. Filtreler istenilen kanalı diğerleri ile karışmadan sürekli almak için diğer kanallarla aralarında bir tampona ihtiyaç duyarlar. Şekil 1.21 mükemmel bir bant filtresi nasıl çalışır, ve gerçek filtrenin nasıl çalıştığı görülmektedir.

Şekil 1.21 Kanallar ve Kanal Aralığı



Çoklu Kanal Sistemleri ve Kanal Dengelemeleri

Bir radyo dinleme eylemi durumunda radyo genelde alıcı durumundadır. Eğer aynı bant kullanılarak başka bir yerdeki herhangi birisi ile konuşulmak istenirse radyonun alıcı konumundan verici konumuna getirilmesi yani alım eyleminin sona erdirilmesi gerekir. Bu tür bir bantın eş zamansız olarak iletişim için kullanılmasına *yarı-ikiyönlü (half-duplex)* denilmektedir. Çünkü aynı anda aynı bant üzerinden hem dinleme hem de konuşma işlemi gerçekleştirilememektedir. Bu örnekte tahsis edilmiş herhangi bir kanalı aynı anda sadece bir iletilecek bilgi demeti kullanabilmektedir. *Tam-ikiyönlü (Full-duplex)* telsiz telefon görüşmesi sağlamak için ikinci bir kanalın ana kanala tahsis edilmesi gerekir. Bu sayede aynı anda iki yönlü bilgi iletişimi yapılabilir.

Kanal Sayısını Artırmak

RF tayfı ticari açıdan daha değerli hale gelmektedir. Gittikçe daha fazla müşteri daha fazla hizmet çeşitliliği için kanal istemektedir ve hızlıca uygun olan kanallar bu isteklere tahsis edilmektedir.

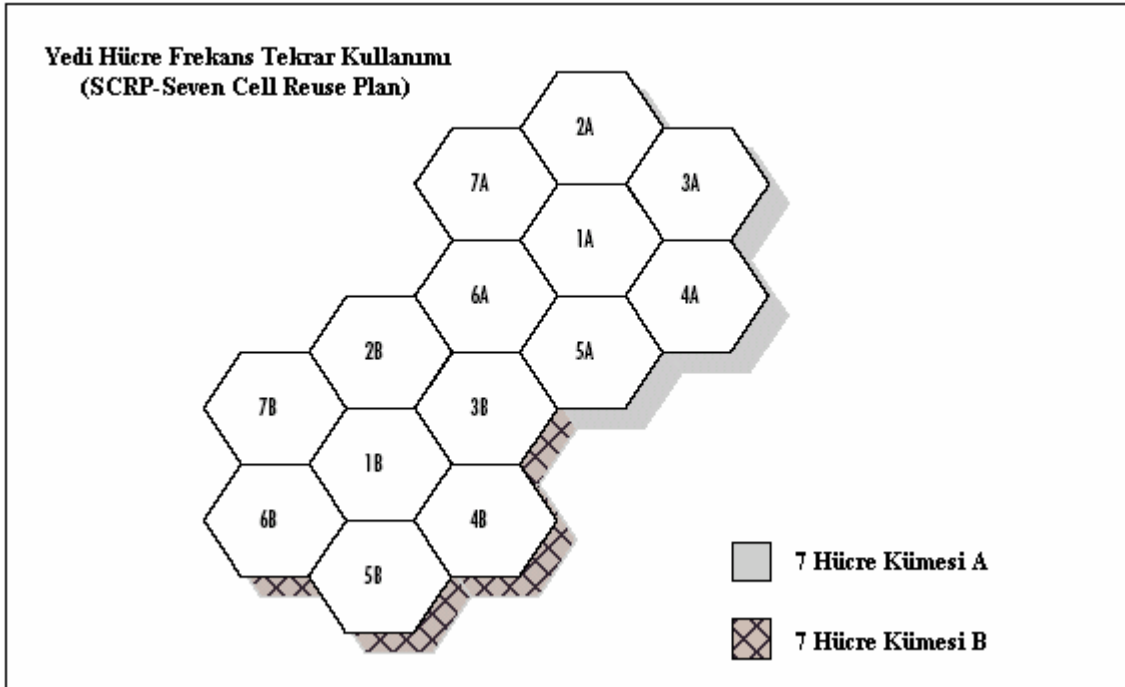
Bir sinyal vericiden ayrılır ayrılmaz güç kaybına başlar. Güç kaybı devam ettiği sürece, belirli bir mesafeden sonra asıl sinyal yer gürültüsünden daha küçük olacaktır. Bu noktada iletişim için kullanılan frekans tekrar kullanılabilir.

İstasyonlar birbirlerinde yeterince uzakta olduklarından sinyaller birbirleri ile girişim yapmazlar. Bu tip frekans tekrar kullanımı özellikle radyo yayın sistemi içerisinde kullanılmamaktadır.

Yedi Hücre Frekans Tekrar Kullanımı (SCRP-Seven Cell Reuse Plan)

İleri mobil telefon servisinden (AMPS-Advanced Mobile Phone Service) önce telsiz telefonlar için kullanılacak sınırlı sayıda kanal vardı. Kuleler mobil birimlerinden büyük geniş coğrafik bölgelere sinyal alıp vermek için dizayn edilmişlerdi. Geniş alana yayın yaparak daha az kule kullanmak ve giderleri düşürmek amaçlanmıştır. Ancak bu durum düşük kullanıcı yoğunluğu olan yerde sonuç verdi ve yüksek kullanıcı yoğunluğu olan yerde sistemin arızalanmasına neden oldu. İleri mobil telefon servisi küçük coğrafik yerlerde frekansların tekrar kullanılabilmesi için dizayn edilmişti. Bu sayede kullanıcı yoğunluğu artırılabilir.

Şekil 1.22 Hücresel Telefon, Yedi Hücre Tekrar Kullanım Planı



Her kule hücre denilen kendi küçük kapsama alanının ortasına kurulur. Her hücre diğer altı hücrelerle bal peteği şeklini oluşturacak şekilde çevrelenmiştir. Kanal girişimlerini engellemek amacı ile bitişik hücrelerde aynı kanal kullanılmaz. Sinyal bir defa 1.5 hücre mesafe ilerlediği zaman o hücrenin ana sinyali ile girişim yapmayacak derecede zayıflar. Böylece her yedi hücrede bir kanal tekrar kullanılabilir.

Çoklu Erişim (Multiple Accessing)

Çoklu erişim, ağa eşzamanlı olarak birçok kullanıcının erişimini sağlayan bir teknikler grubudur. Çoklu kullanıcılar için farklı frekanslarla kanallar tahsis etmenin bir yolu olarak FDMA'yı görmüştük, ancak bu teknik tek başına istekleri karşılamak için yetersiz kalır. İleri mobil telefon servisi (AMPS) ve kullandığı yedi hücre tekrar kullanım planı (SCRP) telsiz iletişim için dev bir adımdı. Çünkü kapsama alanlarını her hücrede daha az kullanıcının

kullanabileceği küçük hücelere bölmüştür. Ancak kullandığı yedi hücre tekrar kullanım planı (SCRIP) bile yoğun nüfus alanlarında saturasyona uğradı. Bu durum da FDMA'a ilave başka çoklu erişim tekniklerinin kullanılmasına yol açtı.

Zaman Bölmeli Çoklu Erişim (TDMA-Time Division Multiple Accessing)

Zaman bölmeli çoklu erişim (TDMA) FDMA'ya ilave olarak kullanıldı. Her kanal zaman dilimlerine bölündü. Bu uygulamada iletişim çerçeveler içine biçimlenir ve çerçeveler özel zaman dilimlerine bölünürler. Her çağrı/mesaj özel zaman dilimine atanır ve sadece bu zaman dilimini kullanmasına izin verilir. Her frekans birçok zaman dilimine bölündüğünden pek çok zaman dilimi yaratılabilir ve pek çok kullanıcı aynı frekansı fakat farklı zamanı aynı anda kullanır. Her zaman dilimi başka kullanıcıya tahsis edilir. Verici bilgiyi tüm zaman dilimleri için aynı frekans ile iletir ve alıcılar tüm zaman dilimlerini alır fakat sadece atanmış oldukları zaman dilimini dinlerler. Böylece kullanılan zaman dilimlerinin artırılması ile kanalın verimliliği artırılmış olur. En yaygın ikinci nesil TDMA telefon sistemleri üç zaman dilimi kullanırlar. TDMA'nın bir çeşidi olan GSM (Global System for Mobile Communication) dünyada oldukça yaygındır.

Kod Bölmeli Çoklu Erişim (CDMA-Code Division Multiple Access)

CDMA tahsis edilmiş frekans bloklarını bağımsız kanallara bölmez. Her sinyale benzersiz bir kod tahsis eder ve tüm sinyallerin hepsini büyük bir kanalın içerisine koyar. Alıcı birleştirilmiş sinyali alır ve aynı kodları kullanarak istenilen sinyali ayırıştırır. CDMA bant genişliğini çok iyi kullandığından ve ilave olarak her konuşma ayrı kodlandığından güvenli olması nedeniyle üçüncü nesil telsiz telefon teknolojisi olarak ünlendi.

Telsiz İletişimin Düzenlenmesi

Telsiz cihazların sayısı çok hızlı arttığından bir düzenleme kurumuna ihtiyaç duyuldu. Düzenleme kurumları telsiz sistemlerinin işletilmesi ve geliştirilmesi ile sorumludur.

Düzenleme Kurumları

The *International Telecommunication Union* (ITU) (www.itu.int/ITU-R), uluslararası standartların düzenlemelerini organize eden ve RF tayfının verimli kullanılmasını sağlayan uluslararası bir kuruluştur.

ITU dünyanın değişik bölgelerinde spesifik frekansların özel kullanımları için özel uluslararası frekans tahsis tablosu düzenledi. ITU Radyokomünikasyon Sektörü 1993 yılında kuruldu. ITU-R radyo iletişimi ile ilgili ITU'nun tüm görevlerini üstlenir.

ABD'de Federal İletişim Komisyonu (the Federal Communications Commission-FCC) ve Ulusal Telekomünikasyon ve Enformasyon Dairesi (the National Telecommunications and Information Administration-NTIA) RF tayfının düzenlenmesi ve özel frekans bantlarının dizaynı ile frekans

tahsisinin yönetiminden sorumlu kuruluşlardır. Bu iki kuruluş ABD’de tayfin hangi kısmının federal kullanımı, hangi kısmının federal olmayan kullanımlar ve hangi kısmının ortak kullanımlar için ayrıldığını düzenler.

FCC (www.fcc.gov) 1934 yılında iletişim yasası ile kurulan direkt olarak ABD kongresine karşı sorumlu bağımsız bir federal düzenleme kurumudur. FCC, ABD Başkanı tarafından beş yıllığına atanan ve Senato tarafından onaylanan beş üye tarafından yönetilmektedir. FCC frekans tayfını televizyon yayın servisleri, GSM, çağrı, kişisel iletişim servisleri, kamu güvenliği gibi sabit, mobil ve yayın servislerini de içeren ticari kullanım ve diğer özel radio servisleri için tahsis eder.

NTIA FCC’nin aksine yürütme organına bağlı bir kurumdur. Beyaz Saray’ın ve bakanlıkların bünyesinde bulunan iletişimle ilgili çeşitli birimlerin tek birim altına toplanmasıyla oluşmuştur. NTIA yenilik ve rekabeti, yeni iş alanları açmayı, tüketicilere daha fazla iletişim servis seçeneklerini en kaliteli iletişim ürünleri ile daha düşük ücretlerde sunmayı teşvik eder.

Özet

İletişim sistemlerini anlamak için özellikle fizik gibi bir çok bilim dalı vardır. Elektromanyetik dalgalar elektrik alanı içerisinde bir değişiklik üreten ve sonuçta da bir manyetik alan üreten alternatif akımın (AC) bir sonucudur. Elektrik alandan manyetik alana doğru yapılan salınım elektromanyetik dalgaları oluşturur. Bu fiziksel olgu telsiz teknolojiyi kolaylaştıran anahtardır. Dalgaların iletişimini optimize etmek ve dalgaların iletişim amacı ile kullanılabilmesi için sinyalin RF radyo frekans aralığına getirilmesi ve modüle (örneklenmek) edilmesi zorunludur. Bu durumda çoklu sinyaller eş zamanlı olarak iletilebilirler. RF dalgaların bazı değişmez özellikleri gözönüne alınmalı ve telsiz ağın dizaynı sırasında sinyal-gürültü oranı, zayıflama, yansıma, kırılma ve görüş hattı kısıtlamaları gibi hatalar düzeltilmelidir. Bu hatalar uygun telsiz cihazlarının yerleştirilmesi ve dikkatli mühendislik ile düzeltililebilir. Telsiz ağa dahil olan bazı bileşenler; antenler, baz istasyonları, mobil istasyonlar, erişim noktaları ve telsiz PC kartlarıdır. Arazi ve uygulamaya bağlı olarak yönlü ve çok yönlü olarak kategorize edilebilecek geniş anten seçme olanağı vardır. Baz istasyonları iki ana işlevi yerine getirir: birçok mobil istasyonu için toplama noktası ve yine mobil istasyonlarının sabit telli ağ veya ana omurgaya erişimleri için geçiş noktası görevini yerine getirirler. Erişim noktaları ve telsiz PC kartları telsiz lokal alan ağı (WLAN) içerisinde kullanılırlar. Erişim noktaları telsiz mobil ağındaki baz istasyonlarına benzer işlev görürler. RF aralığı kanallara bölünerek telsiz iletişim kullanımı için düzenlenmiştir. Kanal boyutu ile gösterilen kurulmuş frekans aralığı kanalın bant genişliğini kapsar.

Telsiz ağın dizaynında gözönüne alınması gereken bir diğer önemli nokta da kanal aralığıdır. Bu nokta kanallar arasında girişime neden olmadan maksimum kanal sayısını kullanmak için önemlidir.

Frekansların kullanımının maksimize edilmesinde çoklu erişim ile frekansın tekrar kullanımı iki önemli tekniktir.

Hızlı Bakış

- ⌚ Bir elektrik alan içerisinde alternatif akımın uygulanması ile manyetik alanın elde edilir. Elektrik alandan manyetik alana geçiş ile oluşan salınım sonucunda elektromanyetik dalgalar oluşurlar.
- ⌚ Sinyalin iletilmesi için modülasyon gereklidir.
- ⌚ Modülasyonun yararlarından birincisi, düşük frekanslı ses sinyallerinin yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalar gibi iyi yayınlanamaması nedeniyle orijinal sinyalin frekansının artırılması sayesinde daha iyi bir iletimin sağlanması; ikinci olarak eş zamanlı olarak çoklu sinyallerin kullanılabilmesidir.
- ⌚ Sinyalin gücü dalga yayımı için en temel gereklerden birisidir. Cihaz tarafından gürültü yerine sinyalin tanınabilmesi için sinyalin yeterince kuvvetli olması gereklidir.
- ⌚ Sinyalin iyi tanınabilmesi için sinyal-gürültü oranının yüksek olması diğer bir önemli gerekliliktir.
- ⌚ Telsiz ağ tasarımında sinyalin kaynaktan hedefe doğru ilerlerken mesafenin uzaması ile zayıflayacağı göz önüne alınmalıdır.
- ⌚ Elektromanyetik dalgaların yayımında empedans ile başa çıkacak teçhizatlar vardır. Bu potansiyel karışıklığın anlaşılması iyi birtelsiz ağın kurulmasında önemi büyüktür.
- ⌚ Temel olarak iki gerçek telsiz teçhizatı vardır: Anten ve telsiz cihazı.
- ⌚ Her türlü bölge ve uygulama için dizayn edilmiş antenler vardır.
- ⌚ RF aralığı içerisinde eş zamanlı sinyallerin optimize edilebilmesi için frekansların kanallara bölünmesi gerekir.
- ⌚ Kanalin boyutu direkt olarak kanalın bant genişliği ile ilişkilidir .
- ⌚ Kanal aralığı göz önüne alınması gereken önemli bir dizayn ögesidir. Amaç girişim olmadan mümkün olan en fazla kanalın kullanılabilmesidir.
- ⌚ Frekans tekrar kullanımı adından da anlaşılacağı gibi frekansın tekrar kullanımını sağlayan bir tekniktir.
- ⌚ Çoklu erişim, kullanıcıların ağa erişimini eş zamanlı olarak sağlayan bir teknikler grubudur. Frekans bölmeli, zaman bölmeli ve kod bölmeli teknikle buna örnek tekniklerdir.