

Haberleşme Sistemleri	Hafta
1)Haberleşme sistemlerinin temel bileşenleri verici, alıcı, iletim ortamı, gürültü, distorsyon,	1
2) Isaret ve spektrum kavramı, Isaretlerin zaman ve frekans analizi, Fourier serileri ve Fourier dönüşümü	1,2
3) Isaret çeşitleri (random deterministik, kare üçgen, sinüzoidal, AC DC)	2
4)Lineer sistemler ve Filtreler	3
5) Haberleşme sistemlerinde Güç, enerji, güç spektral yoğunluğu ,	4
6) Distorsyon kavramı, distorsyon çeşitleri lineer sistemlerde genlik ve faz distorsiyonu	4
7) Genlik modülasyonu, taşıyıcısı bastırılmış çift yan bantlı genlik modülasyonu Tek yan bant modülasyonu, artık yan bant modülasyonu Genlik Modülatörleri Genlik Demodülasyonu	5,6
8) Açık Modülasyonu, Frekans modülasyonlu işaretin üretilmesi Frekans modülasyonlu bir işaretin geri elde edilmesi	7,8
9) FM(Frekans modülasyonu) ve AM (Amplitude (genlik) modülasyonu) radyo sistemleri	9
10) Siyah-beyaz ve renkli televizyon prensipleri	10,11
11)Sayısal haberleşme kavramı.	12,13
12) haberleşme kanalları, uydu hab, fiber optik kablo, koaksiyel, kablo	14

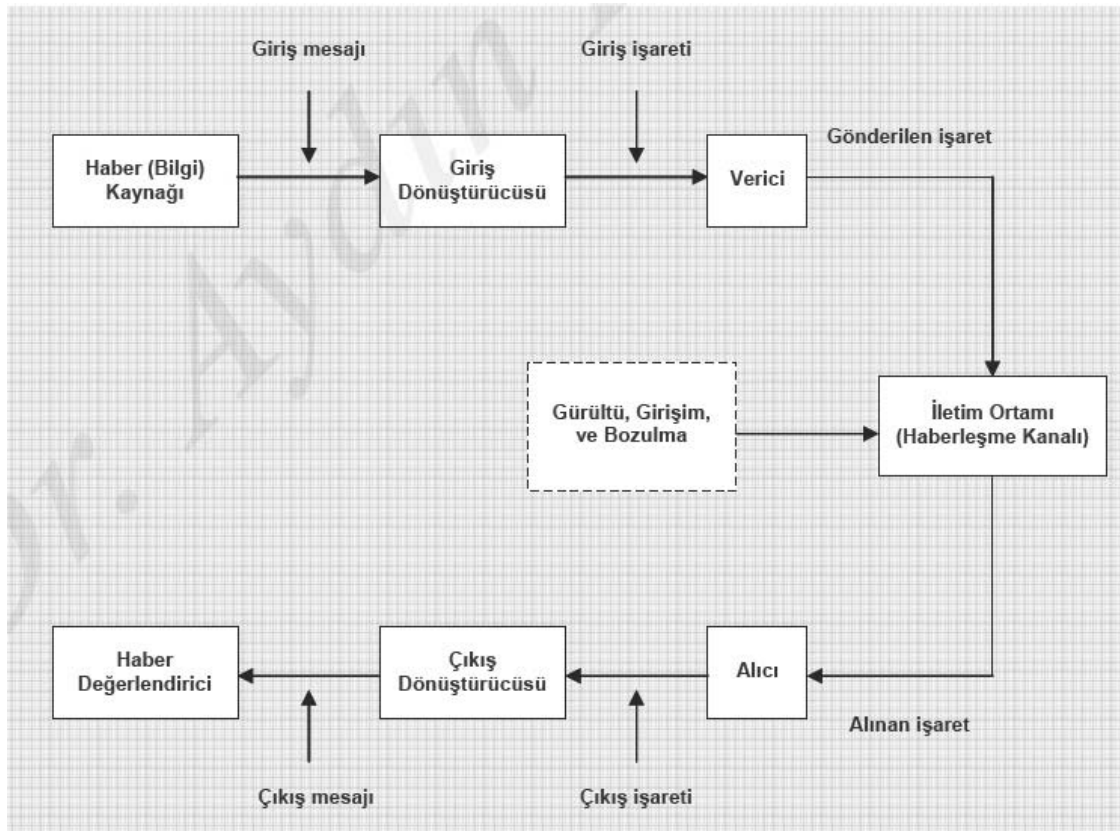
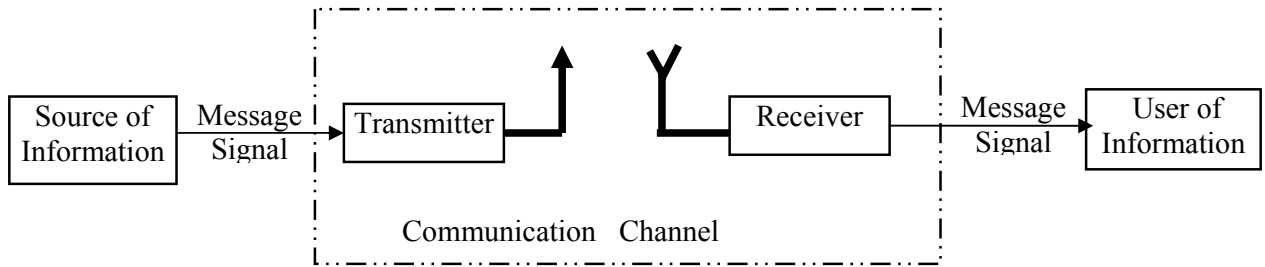
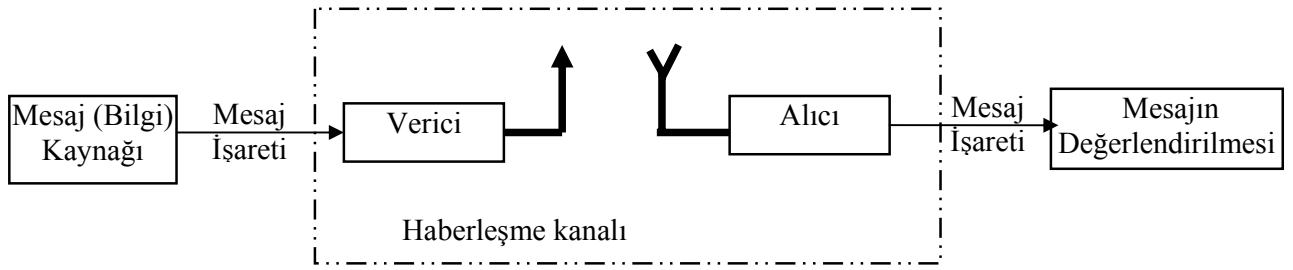
Dersin Amacı	Haberleşme sistemleri hakkında lisans seviyesinde ilk ders olan bu dersin amacı, analog haberleşme sistemlerini analiz edebilmek ve tasarlayabilmek için gerekli olan temel kavramları tanıtmaktır
Dersin Öğrenme Çıktıları	Haberleşme sistemleri hakkında temel kavramları (isaret gürültü, distorsyon, haberleşme kanalı vb) öğrenmek. Genlik modülasyonunu kavramak Tek yan bant modülasyonunu kavramak Artık yan bant modülasyonunu kavramak Frekans ve faz modülasyonunu kavramak Gürültünün genlik ve açık modülasyonlu sistemler üzerindeki etkilerini kavramak Taşıyıcının faz ve frekansının faz kenetlemeli çevrim kullanarak kestirilmesini kavramak sayısal haberleşme sistemleri hakkında genel bilgi sahibi olmak Haberleşme kanalları hakkında genel bilgi sahibi olmak.
Dersin İçeriği	Haberleşme sistemleri, isaret ve spektrum kavramı, Genlik modülasyonu (AM), tek yan bantlı modülasyon (SSB), artık yan bant modülasyonu (VSB), genlik demodülasyonu, faz ve frekans modülasyonu (FM), FM demodülasyonu, radyo ve televizyon sistemleri, gürültünün genlik ve açık modülasyonlu sistemlerin üzerindeki etkileri,

Hafta Konular	
1	Fourier serileri ve Fourier dönüşümü
2	Bant sınırlı işaretlerin örneklenmesi ve bant geçiren işaretlerin temsil edilmesi
3	Genlik modülasyonu, taşıyıcısı bastırılmış çift yan bantlı genlik modülasyonu
4	Tek yan bant modülasyonu, artık yan bant modülasyonu
5	Genlik Modülatörleri
6	Genlik Demodülasyonu
7	Açı Modülasyonu, Frekans modülasyonlu işaretin üretilmesi
8	Frekans modülasyonlu bir işaretin geri elde edilmesi
9	FM ve AM radyo sistemleri
10	Siyah-beyaz ve renkli televizyon prensipleri
11	Siyah-beyaz ve renkli televizyon prensipleri devam
12	Gürültünün doğrusal modülasyon sistemleri üzerindeki etkileri
13	Faz kenetlemeli çevrim ile taşıyıcı fazının kestirilmesi, gürültünün açı modülasyonu üzerindeki etkileri
14	Çeşitli uygulamalar (final projelerinin sunulması)

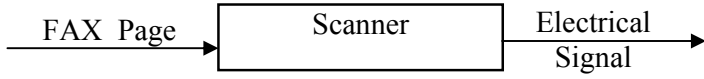
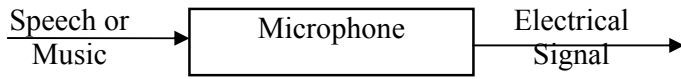
KAYNAKLAR	
Ders Notu	[1] Ders Notları, [2] Kayran, A.H., Analog Haberleşme, Birsen Yayınevi, 2000.
Diğer Kaynaklar	[1] J. G. Proakis, M. Salehi, Coomunication Ssystems Engineering, third edition, Prentice Hall, 2005. [2] S. Haykin, Coomunication Systems, fourth edition, Wiley, 2000. [3] C. R. Johnson Jr., W. A. Sethares, Telecommunication Breakdown, Prentice Hall, 2004. [4] J. D. Gibson, Principles of Digital and Analog Communications, Macmillan, 1993. [5] Hsu, H.,P., Analog ve Sayısal İletişim (Schaum Serisi), Nobel Dağıtım, 1993.

Kaynaklar
Kayran, A.H., Analog Haberleşme, Birsen Yayınevi, 2000.
G. Proakis, M. Salehi, Coomunication Ssystems Engineering, third edition, Prentice Hall, 2005.
S. Haykin, Coomunication Systems, fourth edition, Wiley, 2000.
C. R. Johnson Jr., W. A. Sethares, Telecommunication Breakdown, Prentice Hall, 2004.
Hsu, H.,P., Analog ve Sayısal İletişim (Schaum Serisi), Nobel Dağıtım, 1993.

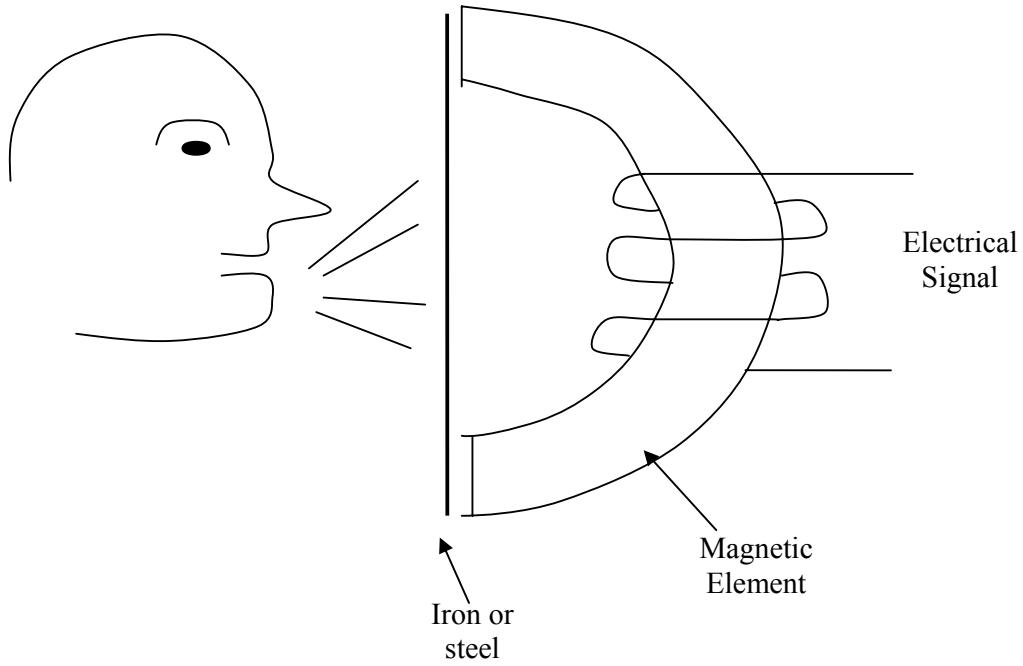
Haberleşme: Bir bilginin bir noktadan başka bir noktaya iletilmesidir.



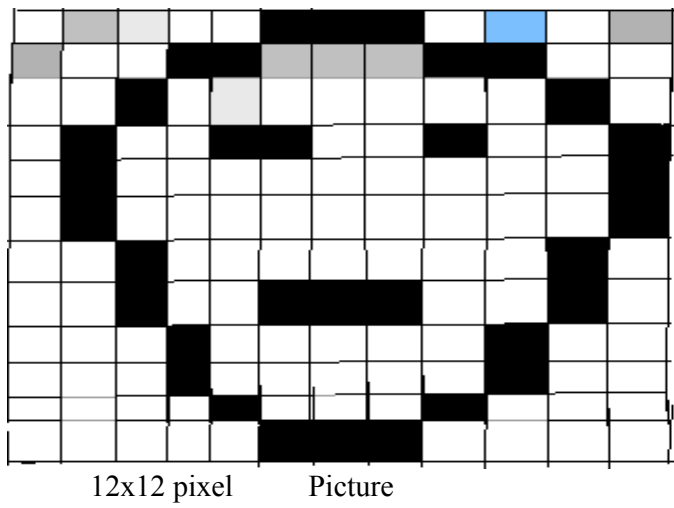
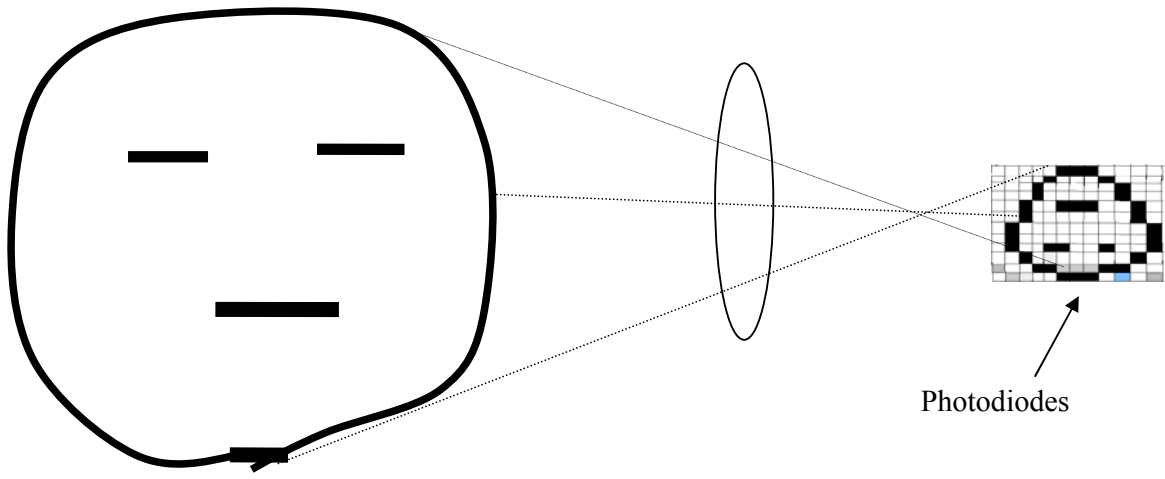
Source of information (Mesaj Kaynağı): Speech, FAX, Image, Computer MODEM
Haberleşmede ilk adım mesaj işaretinin elektriksel işarete dönüştürülmesidir.



A SIMPLE MICROPHONE

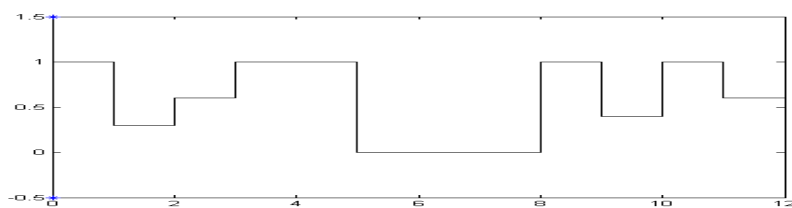


SCANNER SYSTEMS

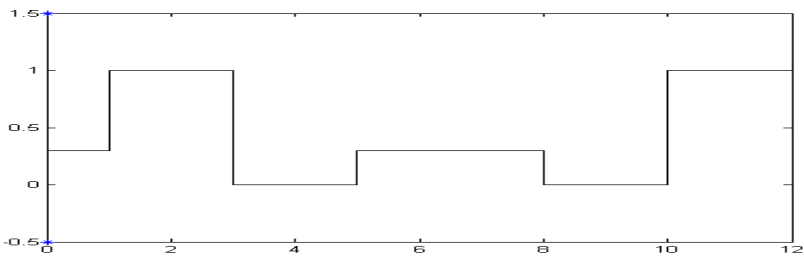


1	0.3	0.6	1	1	0	0	0	1	0.4	1	0.6
0.3	1	1	0	0	0.3	0.3	0.3	0	0	1	1
1	1	0	1	0.6	1	1	1	1	1	0	1
1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1
1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1
1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1
1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1

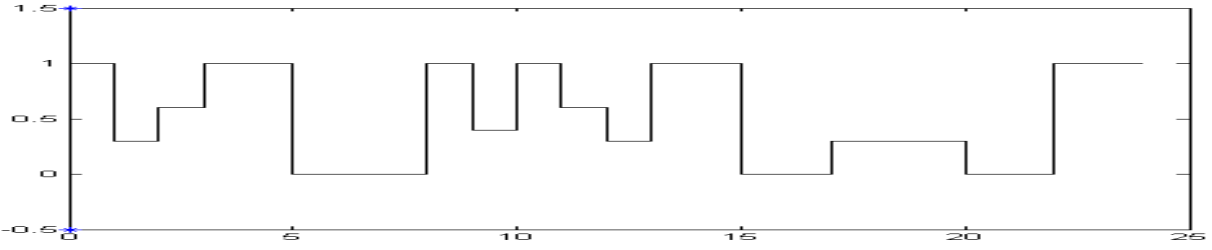
Voltage levels of the picture



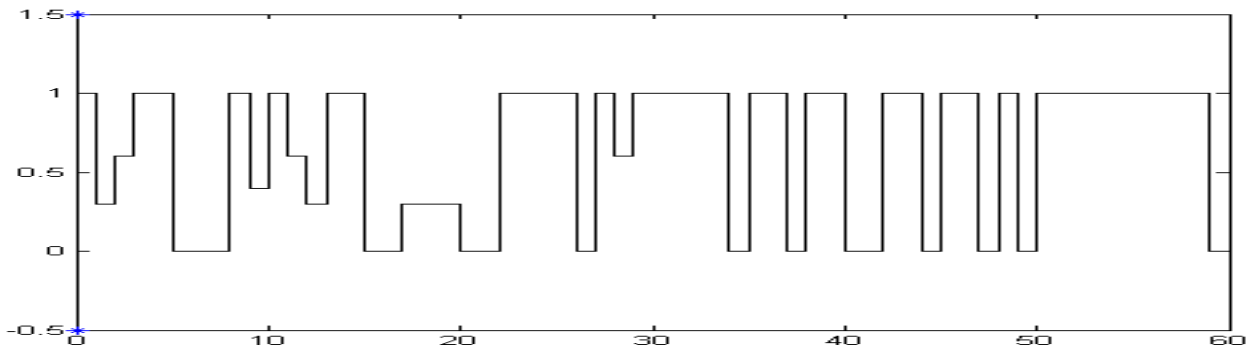
Signal of the first row (1, 0.3, 0.6, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0.4, 1, 0.6)



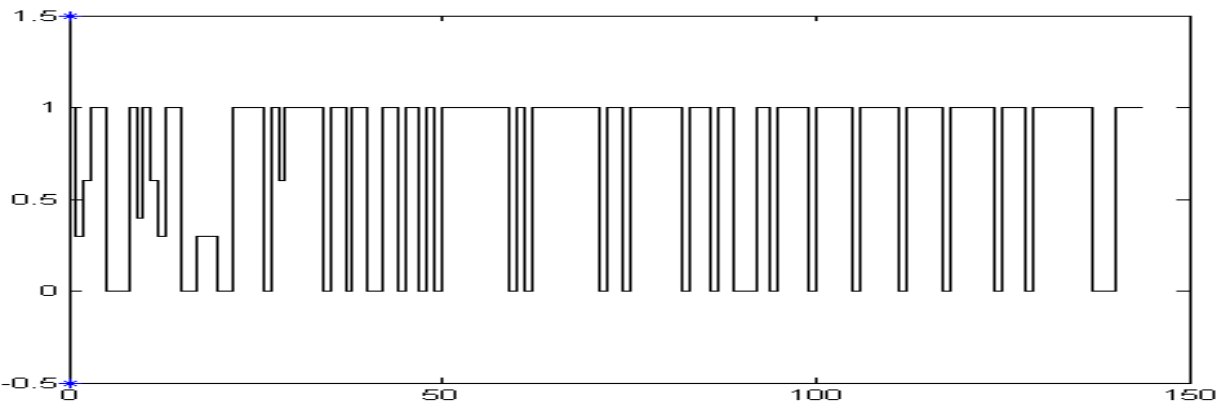
Signal of the second row (0.3, 1, 1, 0, 0, 0.3, 0.3, 0.3, 0, 0, 1, 1)



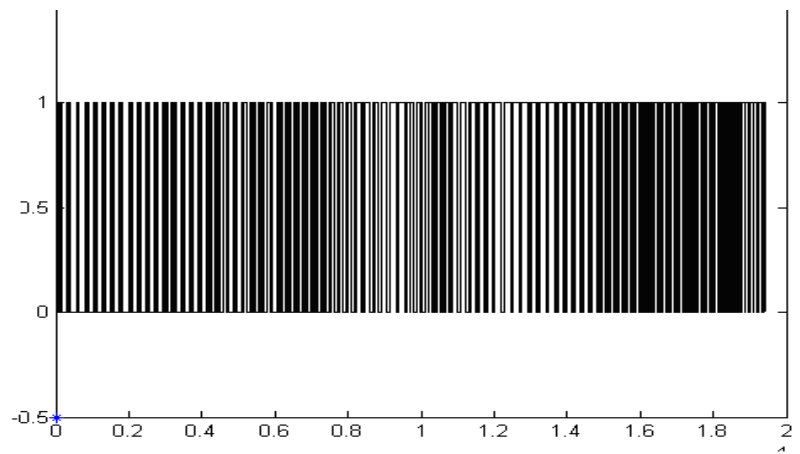
Signal of the first+second row (1, 0.3, 0.6, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0.4, 1, 0.6 --- 0.3, 1, 1, 0, 0, 0.3, 0.3, 0.3, 0, 0, 1, 1)



Signal of the first 5 row



Signal of the whole picture



A real Picture and its signal.

One picture is approximately $600 \times 400 = 240000$ pixel.

TV has 25 picture in one second $25 \times 240000 = 6000000$ pixel. =6megapixel

A TV signal carries 6 megapixel in one second (It is a 6 Megahertz signal)

1. ANALOG HABERLEŞME

1.1. Temel Kavramlar

1.1.1. Haberleşme

Anlamalı bir bilginin karŐılıklı alıŐveriŐine haberleşme denir. Haberleşmenin elektronik ortamda yapılmasına telekomünikasyon denir. Teknolojinin hızla ilerlemesi, elektronik medya, internet ve kablosuz iletiŐimin de yaygınlaŐmasıyla elektronik cihazlarla haberleşme, günümüzde iletişim kavramına küresel bir anlam katmıŐ ve iletiŐimin büyük bir kısmı artık elektronik ortamda yapılır hâle gelmiŐtir.

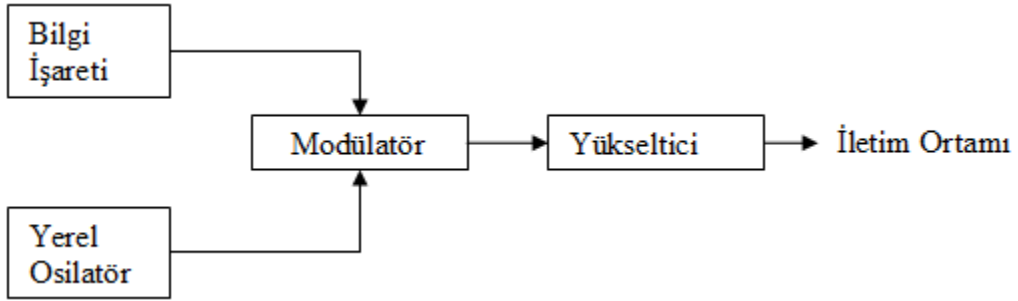
1.1.2. Haberleşme sisteminin baŐlıca elemanları

Tüm haberleşme sistemleri aşağıda belirtilen elemanlara sahiptir.

1.1.2.1. Verici

Verici bilgi işaretini haberleşme kanalının özelliğine göre iletilebilecek formata dönüŐtüren elektronik devrelerdir. Radyo ve televizyon yayınlarında, her bir verici istasyonu için frekans aralıkları tahsis edilmiŐtir. Burada amaç, gönderilecek işaretlerin birbirine karıŐmasını engellemek ve frekans bandından olabildiğince yararlanmaktır. Bu sebeple verici, kendine tahsis edilen frekans bandında olacak Şekilde gönderilecek olan işaretleri ilgili frekans bandına kaydırır. Böylece, birçok radyo istasyonu tarafından gönderilen işaretler birbirleriyle karıŐmaz.

Vericilerin gücüne göre iletim yapabildikleri mesafeler değifmektedir. Örneğın, telsiz vericileri 2 W-600 W, radyo vericileri 1000 W-10KW, baz istasyonları 25W, cep telefonu 3 W (bek 500 mw) çıkış gücüne sahiptir.



Şekil 1.1: Genel bir vericinin blok şeması

1.1.2.2. İletim Ortamı

Verici ile alıcı arasında bilginin ilerlediği ortama iletim ortamı denir. Örneğin, TV verici anteninden evlerde kullanılan TV alıcı antenleri arasında bilgi, havayı iletim ortamı olarak kullanırken TV alıcı anteni ile evdeki televizyon arasında bilgi, bakır kabloyu iletim ortamı olarak kullanır. Genel olarak iletim ortamlarını aşağıdaki gibi gruplandırılabilir:

- Bakır kablolar
 - Çift bükümlü kablolar
 - Koaksiyel kablolar
- Dalga kılavuzları
- Fiber optik kablolar
- Hava, boşluk ve su gibi doğal ortamlar

1.1.2.3. İletim Ortamından Kaynaklanan Bozulmalar ve Gürültü

Bilgi vericiden alıcıya ulaşmaya kadar çeşitli bozulmalara uğrar. Bu bozulmaların bir kısmı vericideki elektronik elemanlardan kaynaklanırken bir kısmı da iletim ortamından kaynaklanır. Habere ait bir işaretin aslına uygun bir biçimde bozulmadan iletimi için alıcı tarafındaki çıkış işareti şu iki şartı sağlamalıdır:

- Çıkış işareti, giriş işaretinin genliğinin küçülmüş veya büyümüş şekli olmalıdır yani giriş işaretinin biçiminde bir bozulma olmamalıdır.
- Çıkış işareti, giriş işaretinin zaman ekseninde bir miktar kaymış şekli olmalıdır yani gecikme söz konusudur. Elektromanyetik dalgaların sonlu yayılım hızı yüzünden bu gecikmeyi hiçbir zaman sıfır yapmak mümkün değildir.

Bir iletim ortamında oluşan bozulmalar aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

- **İşaret zayıflaması:** İletim ortamına bağlı olarak işaretin genliğinde oluşan düşüşlerdir. Bir sinyali oluşturan harmonikler iletim ortamında farklı miktarda zayıflar. Ses iletimi yapan bir kanalda frekans arttıkça zayıflama artar ve frekans bandı daralır. Bunun sonucu olarak sesin anlaşılabilirliği azalır. Farklı frekansların farklı zayıflama oranlarını

engellemek amacı ile iletim hatlarına dengeleyiciler (ekolayzer) yerleştirilir. Böylece bütün frekanslar için sabit bir zayıflama oranı oluşturulur.

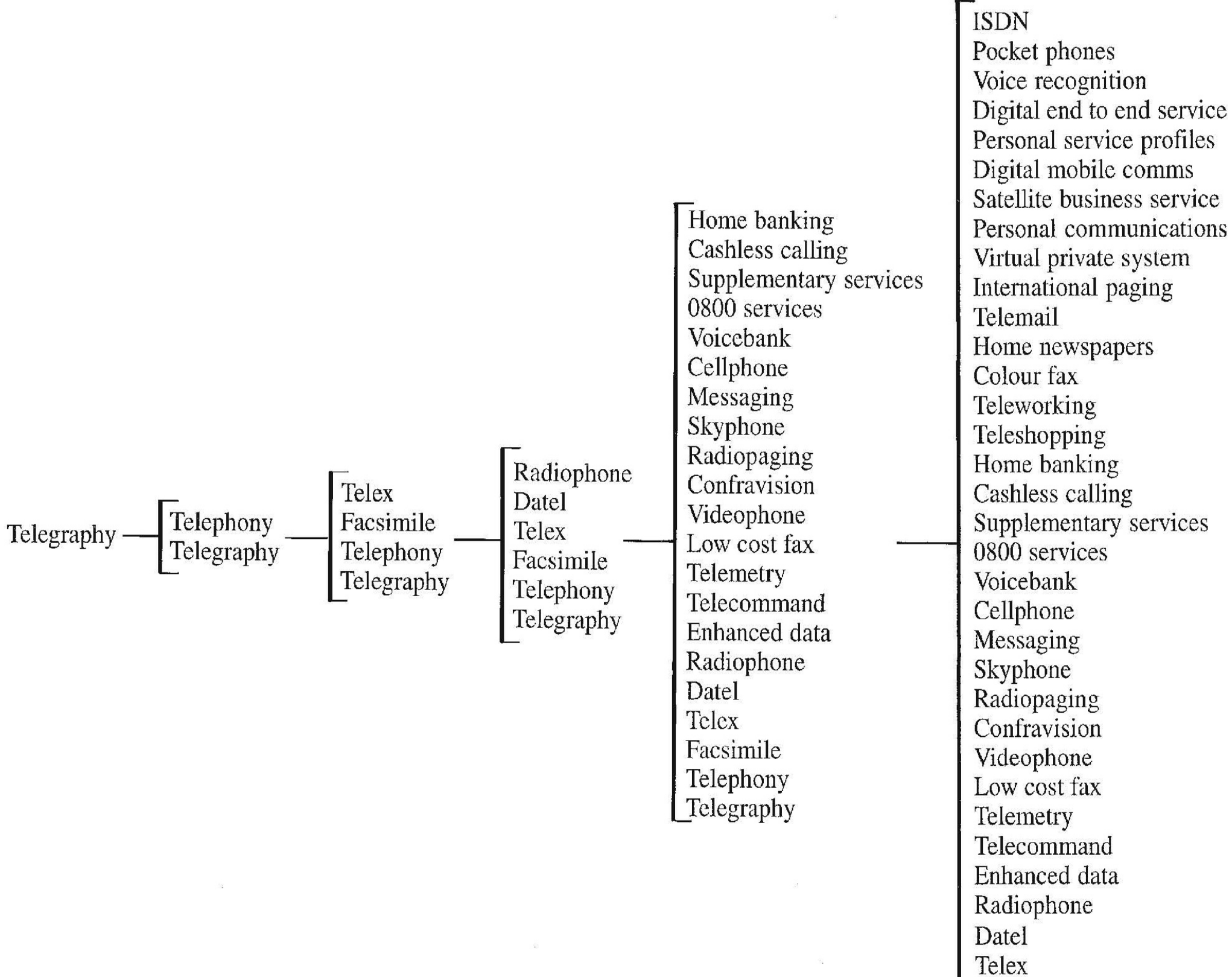
- Zayıflama bozuklukları, iletim yapılan frekans bandı içerisinde en küçük ve en büyük zayıflamalar arasındaki fark ile belirtilmiştir. Uygulamada, belirli sınırlar içerisinde kalmak şartıyla haberin anlaşılmasına zarar vermeyecek kadar genlik değişimlerine izin verilir.
- Uzun mesafeli haberleşme sistemlerinde zayıflamaları engellemek için belli mesafelerle tekrarlayıcılar kullanılır.
- **Gecikme bozulması:** Farklı frekansların iletim zamanları da farklı olur. Bundan dolayı sinyali oluşturan farklı frekansların hedefe farklı zamanlarda varmasının sonucu olarak işaret şeklinin değişmesi meydana gelir. Bir benzer durum fiber optik kablo içindeki ışık ışınlarının farklı yollar takip etmesi sebebiyle alıcıya farklı zamanlarda ulaşmasıyla oluşur. Bu tür bozulmalara gecikme bozulması ya da iletim zamanı bozuklukları adı verilir.
- **Modülasyonlar arası bozulma (Arakipleme):** Sinyaller harmonik frekansların toplamından oluşur. 1 KHz'lik bir kare dalga, 1KHz, 3KHz, 5KHz, 7KHz gibi sonsuz sayıda sinüsoidal tek harmonik frekansların toplamından oluşur. İki tane farklı kare dalga sinyal birlikte yükselttiklerinde bu frekansların harmonikleri de beraber yükseltilir. Yükseltilen bu harmonikler içinde yer alan iki harmonik frekansın birbirine karışması, modülasyonlar arası bozulmayı (intermodulation) meydana getirir.
- **Gürültü:** Bir haberleşme sisteminde istenmeyen işaretlere gürültü denir. Genel olarak elektriksel gürültü, işarete oluşan rastgele oluşan dalgalanma olarak tanımlanır. Gürültü sistem performansını sınırlayan en önemli unsurdur. Haberleşme sisteminde gürültüler aşağıdaki gibi gruplanabilir:
 - **Parazit (Interference-Girişim):** İstenmeyen sinyaller sisteme girerek sinyalde bozucu etki meydana getirmesine parazit denir. Parazit etkisinden kurtulmak için istenmeyen sinyal kaynakları sistemden uzaklaştırılır.
 - **Termal (Isıl) Gürültü:** Isıl gürültü, tüm iletim ortamlarında ve haberleşme cihazlarında var olan gürültüdür. Termal gürültü, devreyi oluşturan, direnç, transistör vb. elemanlarda bulunan serbest elektronların ısı nedeniyle rastgele hareketleri sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu çeşit gürültü termal gürültü, beyaz gürültü,

Brown gürültüsü, Johnson gürültüsü, rastgele gürültü ve direnç gürültüsü olarak isimlendirilir.

- **Diyafoni (Crosstalk -Çapraz konuşma-Yan Ses):** Komşu devrelerden istenmeyen haber geçişi ile ilgilidir. Bunun en önemli nedeni, haber taşıyan devreler arasındaki bağlaşma yani kuplajlardır. Diğer bir nedeni de hatalı filtrelemedir.
- **Schottky gürültüsü:** Schottky gürültüsü, ayırık taşıyıcıların bir engelden düzensiz olarak geçmesi veya yarı iletkenlerin çalışmalarında olduğu gibi düzensizlikleri sonucu ortaya çıkar.
- **Darbe gürültüsü:** Bu gürültü, süreksiz olup yüksek genlikli düzensiz darbeler biçiminde ortaya çıkar. Çalışma şartlarına bağlı olarak ortaya çıkan etkilerdir. Elektrik motorlarının, ateşleme sistemlerinin, elektromekanik rölelerin ürettikleri gürültüler, iletilen veri üzerinde bozucu etki yapabilir.

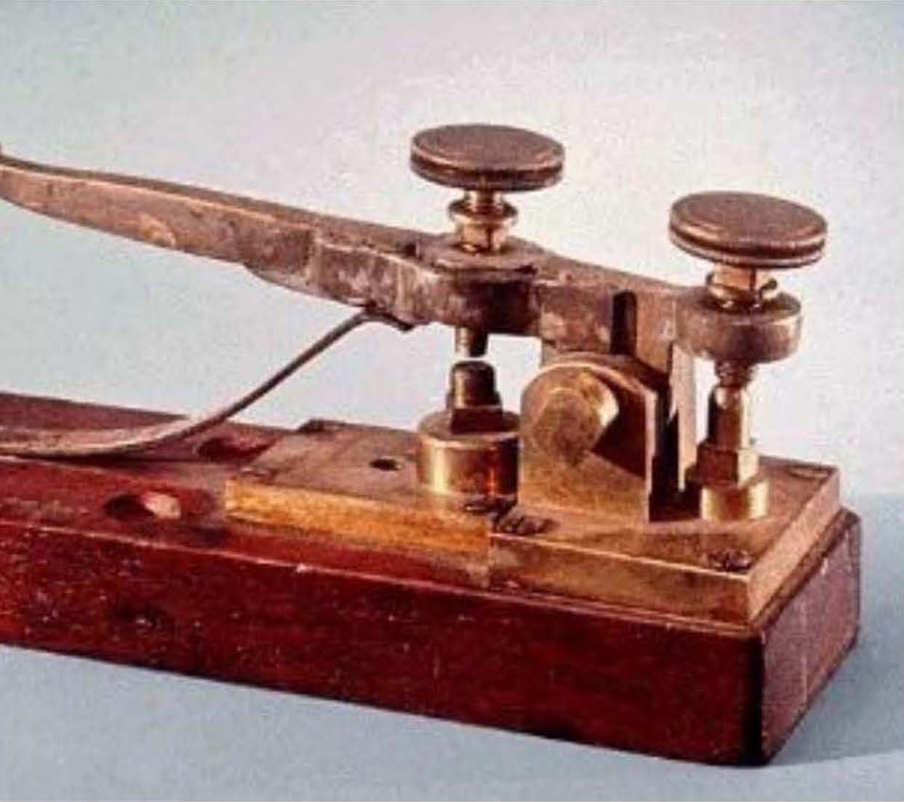
Haberleşme mühendisliğinde, işaretin gürültüye oranı (SNR), bir telekomünikasyon sistemi tasarlanırken ve sistemin performansını değerlendirmede muhtemelen en çok kullanılan ölçütlerden birisidir. Be nedenle teori ve tasarımda önemli bir parametredir. SNR, belirlenen bant genişliği içerisinde, desibel cinsinden işaret seviyesinin gürültü seviyesinden farkını ifade eder.

Tarihsel olarak desibel terimi ilk olarak telefon tekniğinde kullanılmıştır. O zamandan beri bu terim, tüm haberleşme alanında iletim faktörünü belirlemek amacıyla kullanılmaktadır.



Haberleşmenin tarihsel gelişimi içerisinde yer alan önemli olaylar aşağıda belirtilmiştir.

Tarih	Önemli Olay
1844	Telgrafın keşfi
1865	Paris ' te Uluslararası Telgraf Toplantısı
1876	Telefon patentinin Amerika'lı Alexander Graham Bell tarafından alınması
1889	Alman B.Strowger tarafında ilk telefon santralının yapılması
1895	Radyo yayınlarının başlaması
1921	Amerika'da resmi radyo yayınının başlaması
1923	Televizyonun keşfi
1947	Birleşmiş Milletler İçinde ITU'nun Kurulması
1961	İlk Uydunun fırlatılması
1965	DARPA'da bilgisayarların birbirleriyle iletişim kurabilmesi
1969	Arpanet çerçevesinde internet haberleşmesi
1969	Apollo 11' in aya inmesi ve uydu iletişim projelerinin yoğunlaşması
1978	Mikroişlemci ve mikrodenetleyicilerin yaygınlaşması
1981	IBM tarafından ilk PC nin yapılması
1982	TCP/IP protokolünün Arpanet içerisinde kullanılması



HARFLER

A	· - -	K	- - - -	Ş	- - - -
B	- - - -	L	- · - - -	T	- - - -
C	- - · - -	M	- - - -	U	- - - -
D	- - · -	N	- · -	Ü	- · -
E	·	O	- - - -	V	- · -
F	· - - -	Ö	- - - -	W	- · - -
G	- - - ·	P	- · - - ·	X	- · - -
H	- - - -	Q	- - - -	Y	- · - -
I	· -	R	- · - -	Z	- - - -
J	- - - -	S	- · -		

SAYILAR

1	- - - - -
2	- · - - -
3	- · - - -
4	- · - - -
5	- · - - -
6	- · - - -
7	- · - - -
8	- · - - -
9	- · - - -
0	- - - - -

İŞARETLER

Nokta (.)	-
Virgül (,)	-
İki nokta üst üste (:)	-
Tire (-)	-
Taksim (/)	-
Parantez açma (-
Parantez kapama)	-

Temel Isaret Bilgisi

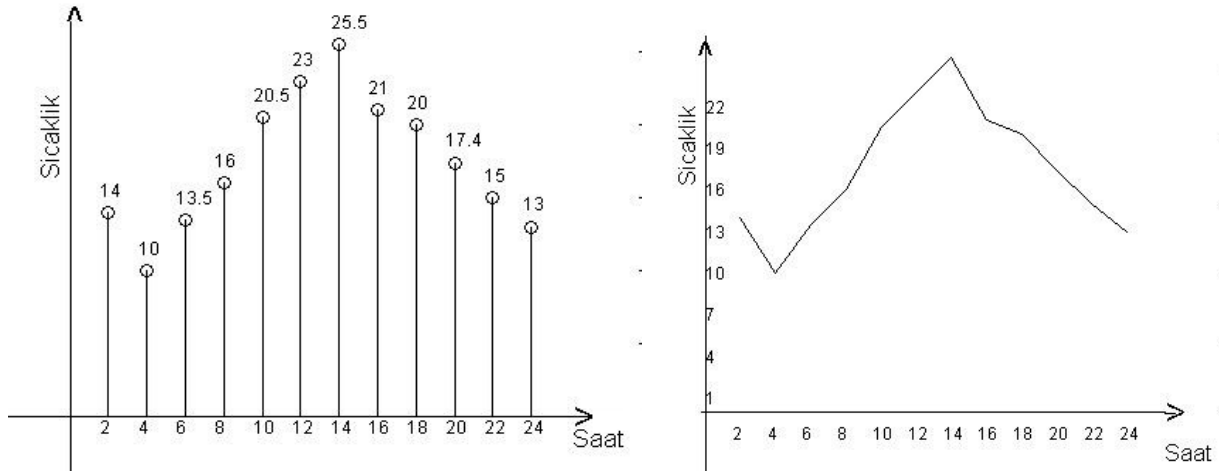
Isaret Kavrami

Zamana bagli olarak degisen buyuklukler isaret olarak adlandirilir. Gunun degisik saatlerindeki elektrik tuketimini gosteren grafik veya oda sicakligin zamana gore degisimini gosteren grafik muhendislik dilinde isaret olarak adlandirilir.

Mesela Tablo(1.1)de gosterilen gunun degisik saatlerindeki sicalik degerlerini ele alalim. Bu tablo gercekte bir isareti gosterir. Isaretin grafigi sekil(1.1)'de gosterilmistir. Bunun gibi sekil(1.2)'de gosterilen icten yanmali bir dizel motorun icindeki sicakliklarin degisimini gosteren grafik de isaret olarak adlandirilir.

Saat	02	04	06	08	10	12	14	16	18	20	22	24
Sicaklik ⁰ C	14	10	13.5	16	20.5	23	25.5	21	20	17.4	15	13

Tablo(1.1) Gunun degisik saatlerindeki sicaklik degisimi



a)stun gosterimi

b)cizgi grafik gosterimi

Sekil(1.1)Gunun degisik saatlerindeki sicakligin grafik olarak gosterimi

Sekil (1.1)a ve (1.1)b degosterilen grafikler ayni veriyi kullanirlar. Veri sayisi az ise a)gosterimi daha kolay anlasilir. Veri sayisi cok ise (1.1.)b de verilen grafik daha kolay anlasilir.

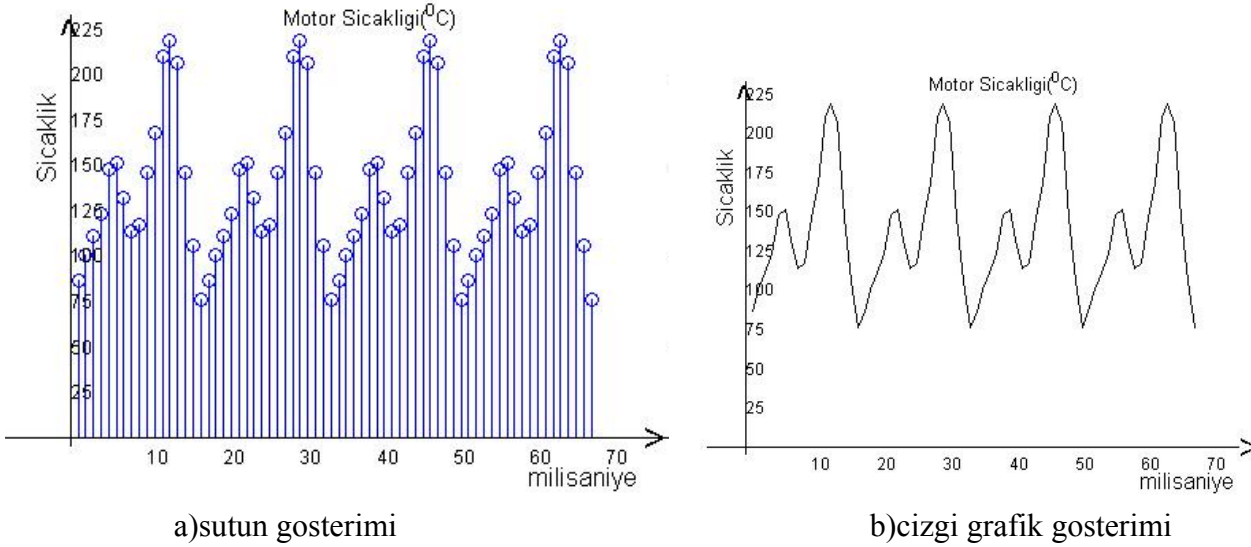
Tablo(1.2) de bir dizel motorun sicakliginin 60 milisaniye sure ile degisimi verilmistir.

Zaman (milisan)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
sicaklik	87	100	111	123	148	151	132	114	117	146	168	210	219	207	146	105	76	87	100	111

Zaman (milisan)	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
sicaklik	123	148	151	132	114	117	146	168	210	219	207	146	105	76	87	100	111	123	148	151

Zaman (milisan)	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
sicaklik	132	114	117	146	168	210	219	207	146	105	76	87	100	111	123	148	151	132	114	117

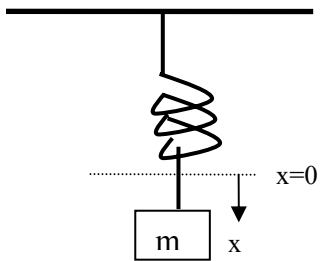
Tablo(1.2)Bir dizel motorun sicakliginin degisimi



Sekil(1.2)Bir dizel motorun sicakliginin degisiminin grafigi

Gunun sicakliginin degisimi ile, motorun sicakliginin degisimi, her ikiside bir isarettir. Birisinde degisim cok yavas digerinde cok hizlidir.

Sekil(1.3)de gosterilen duzenegi ele alalim. Burada m ile gosterilen bir agirlik bir yaya baglanmis ve yay da bir iple sabit bir noktaya baglanmistir. m ile gosterilen kutleye asagiya dogru, F kuvveti uygulansin. Bu durumda kutle once asagi dogru hareket edecek sonra yukariya dogru hareket edecek ve bu islem surekli olarak tekrar edecektir. Ortamda hava surtunmesi oldugundan bu hareket belli bir zaman sonra duracaktır. Simdi m kutlesine hic kuvvet uygulanmadigi durumda kutlenin alt ucunu $x=0$ noktasi olarak ele alalim. Kuvvetin uygulandigi ani $t=0$ ani kabul ederek zamana gore kutlenin hareketini kaydederek sekil(1.4)de oldugu gibi grafiginin cizelim. Elde edilen bu $x(t)$ muhendislik terminolojisinde mekanik bir isaret olarak isimlendirilir



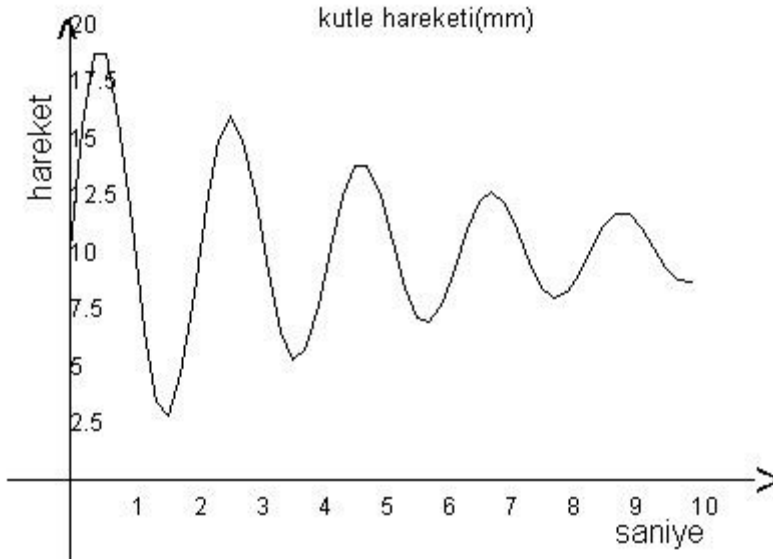
Sekil(1.3) Yay kutle sistemi

Zaman (saniye)	4	4.2	4.4	4.6	4.8	5	5.2	5.4	5.6	5.8	6	6.2	6.4	6.6	6.8	7	7.2	7.4	7.6	7.8
Hareket (mm)	7.59	10.1	12.5	13.8	13.7	12.4	10.4	8.4	7.1	6.89	7.74	9.29	11	12.2	12.6	12.1	10.9	9.53	8.42	7.93

Zaman	4	4.2	4.4	4.6	4.8	5	5.2	5.4	5.6	5.8	6	6.2	6.4	6.6	6.8	7	7.2	7.4	7.6	7.8
-------	---	-----	-----	-----	-----	---	-----	-----	-----	-----	---	-----	-----	-----	-----	---	-----	-----	-----	-----

(saniye)																				
Hareket (mm)	7.59	10.1	12.5	13.8	13.7	12.4	10.4	8.4	7.1	6.89	7.74	9.29	11	12.2	12.6	12.1	10.9	9.53	8.42	7.93

Tablo(1.3) Yay kutle sisteminin zamana gore degisim degerleri



Sekil(1.4) Yay kutle sistemi ve mekanik $x(t)$ isareti.

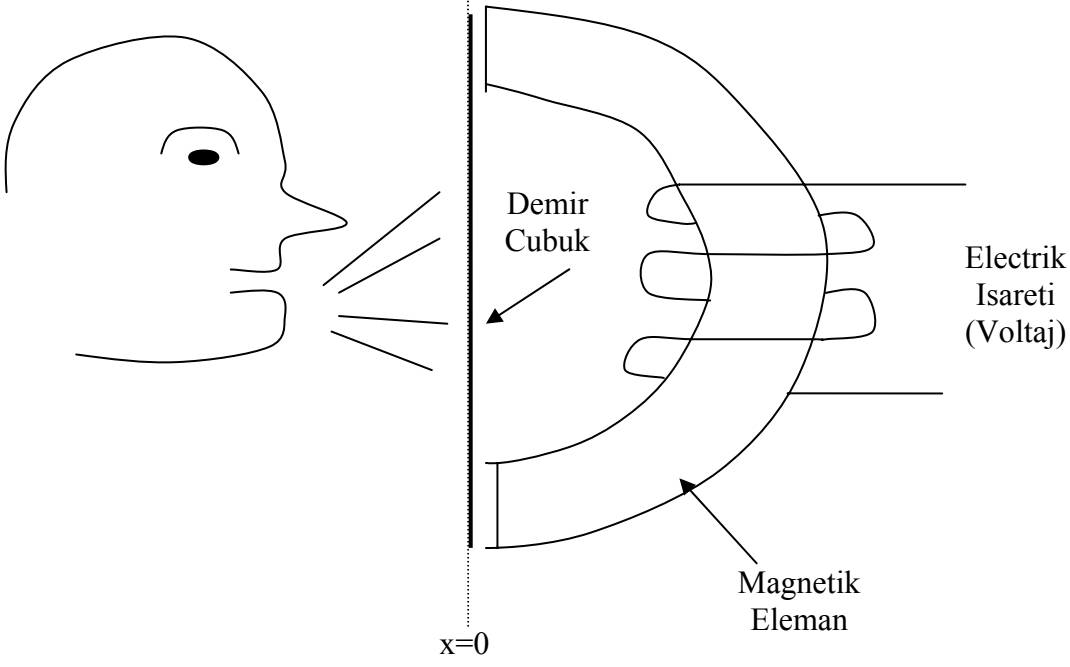
Sekil(1.5) Depremde olculen sismik isaret

Sekil(1.6)da basit bir mikrofonun calisma prensibi gorulmektedir. Insan konustugunda (veya herhangi bir cisim ses cikardiginda) havadaki molekulleri titrestirir. Bu titresim bir basinc olusturur. Bu basinc dalgasi bizim kulagimiza gelir ve biz de ses istiriz. Tablo(1.6) da mikrofon hareketine iliskin veriler, sekil(1.7)de ise bu verilerin grafik gosterimi verilmistir. Sekil(1.8)a,b,c de bir insanin aaaa, eeee ve harran universitesi teleffuz ederkenki grafigi verilmistir.

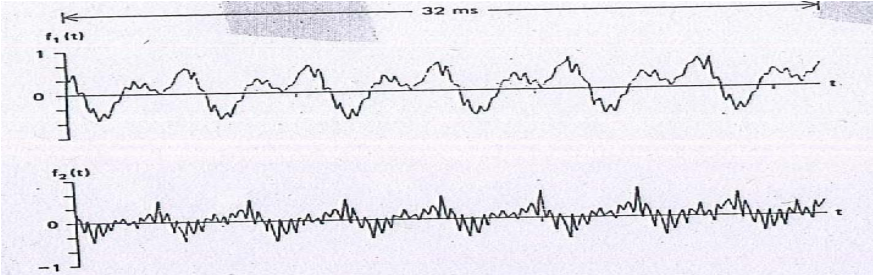
Insandaki kanin basincini gosteren kalb kardiografisi olarak bilinen grafik tibbi bir isarettir.

Bunun gibi elektrik, elektromekanik, hidrolik, pnumatik, kimya, jeodezi, tip vb gibi bilim dallarinda da isaret kavrami benzer sekilde tanimlanmistir.

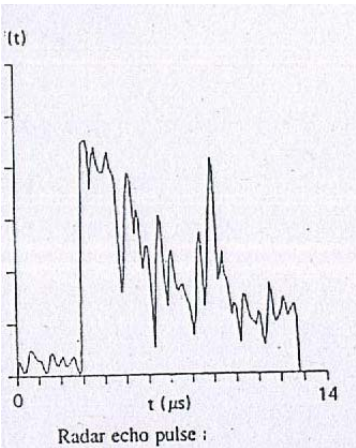
Mikrofonun Calisma Prensibi



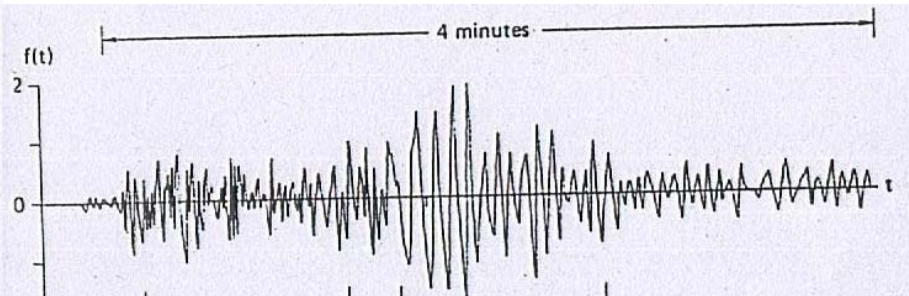
Sekil(1.6) Mikrofon sistemi



EEE sesi (Ustteki adama ait eee sesi alttaki cocuga ait eee sesi)

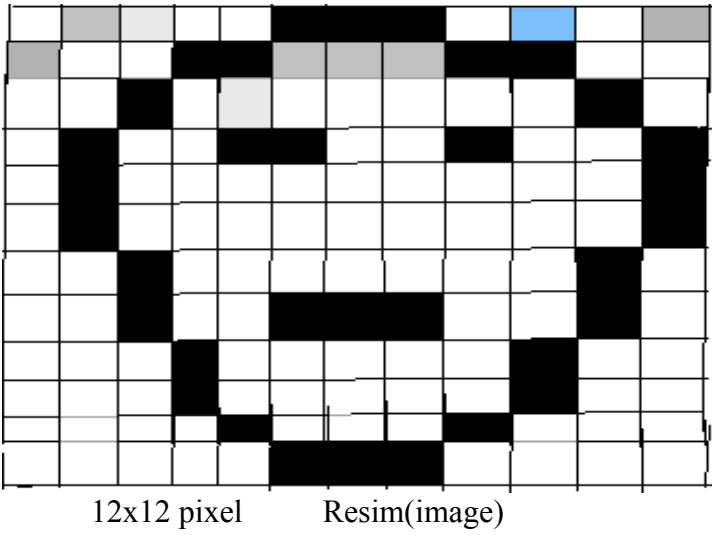
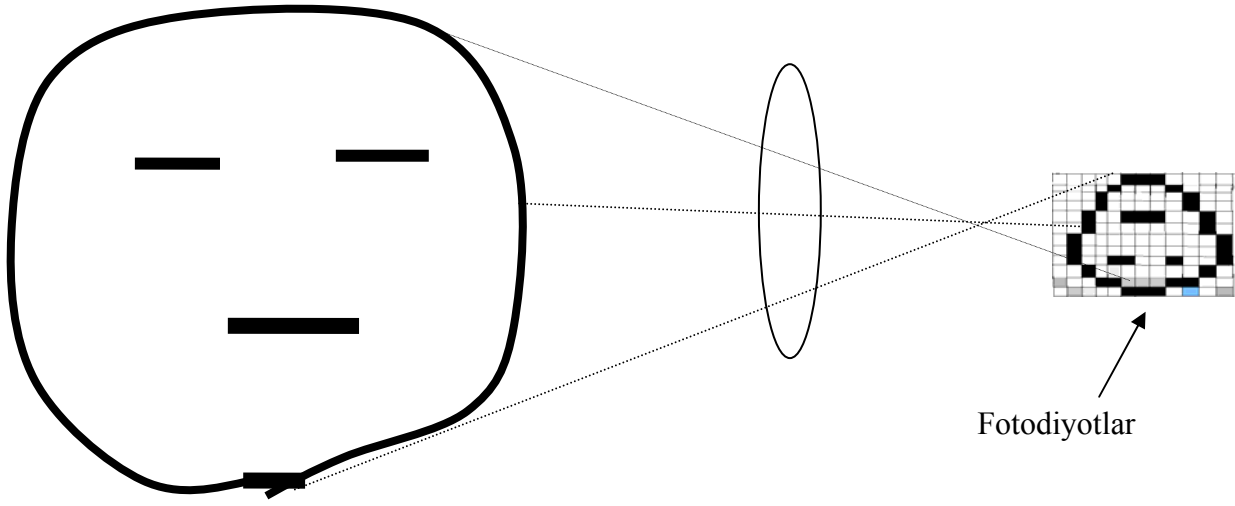


Radara gelen yansima isarti



Deprem esnasinda olculen titresim isareti

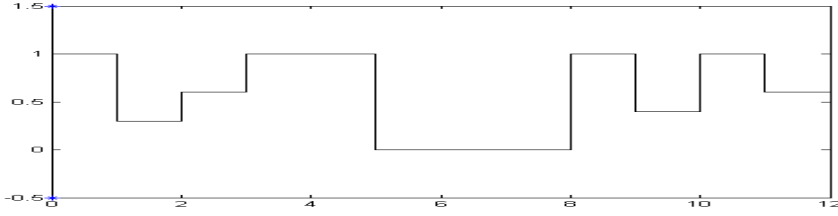
SCANNER SISTEMI



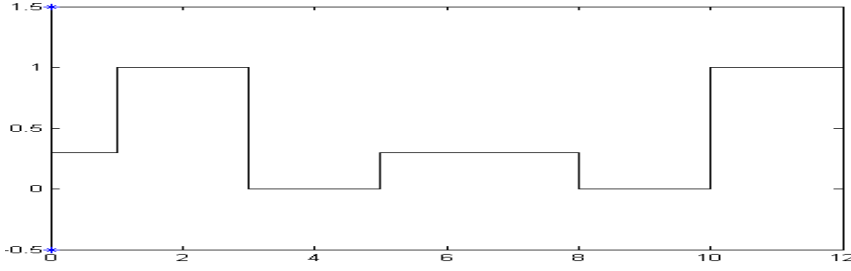
1	0.3	0.6	1	1	0	0	0	1	0.4	1	0.6
0.3	1	1	0	0	0.3	0.3	0.3	0	0	1	1
1	1	0	1	0.6	1	1	1	1	1	0	1
1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1
1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1
1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1

1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1

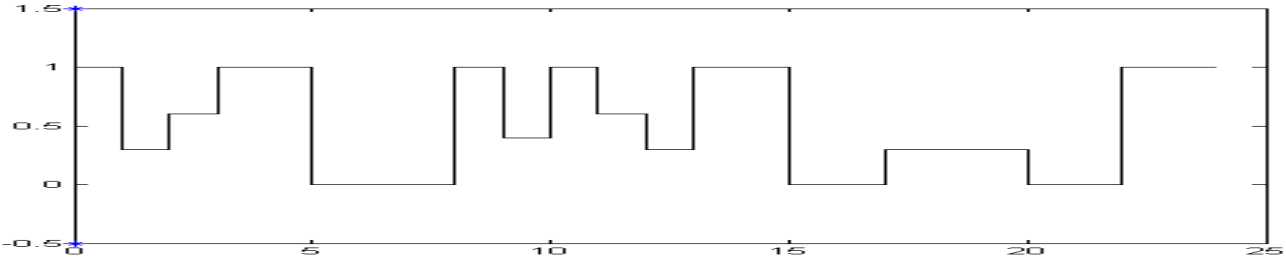
Resme karsilik gelen volt degerleri



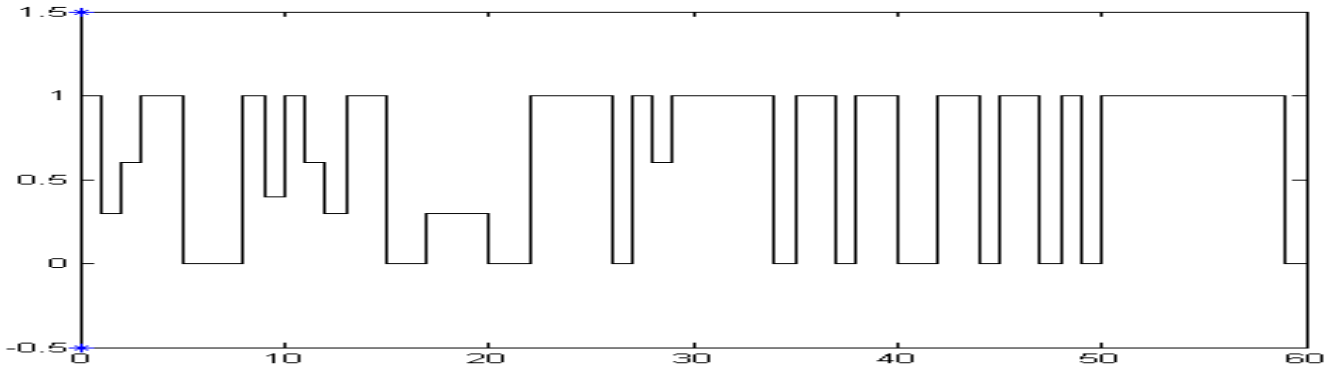
Birinci satira ait volt degerleri (1, 0.3, 0.6, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0.4, 1, 0.6)



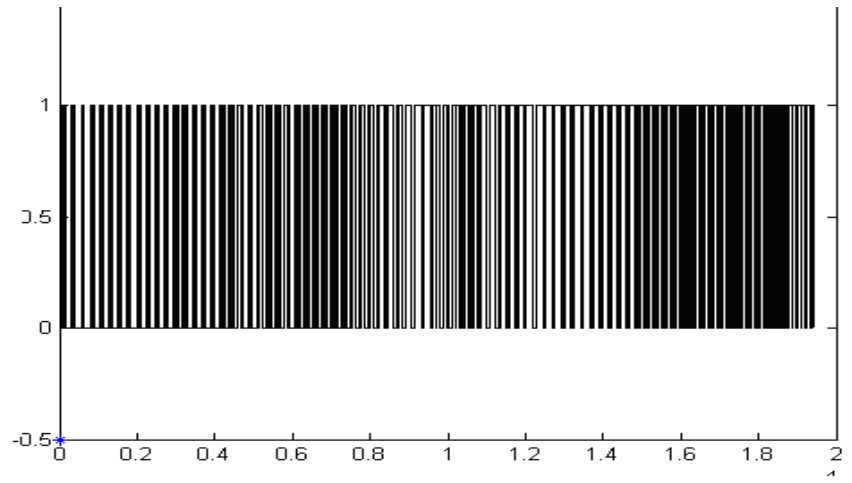
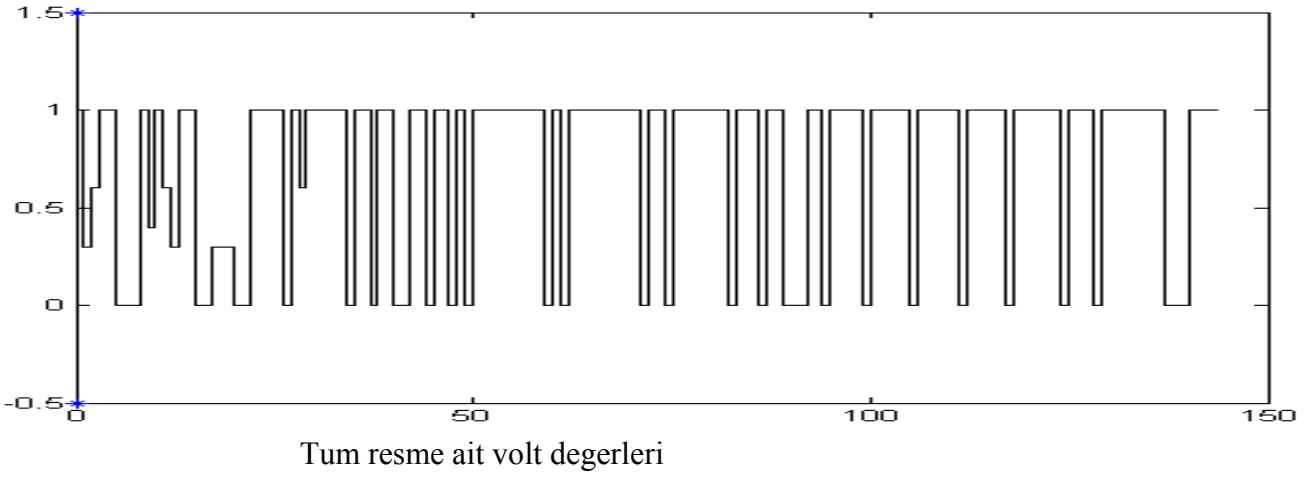
Ikinci satira ait volt degerleri (0.3, 1, 1, 0, 0, 0.3, 0.3, 0.3, 0, 0, 1, 1)



Birinci+ikinci satira ait volt degerleri (1, 0.3, 0.6, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0.4, 1, 0.6 --- 0.3, 1, 1, 0, 0, 0.3, 0.3, 0.3, 0, 0, 1, 1)



Ilk 5 satira ait volt degerleri

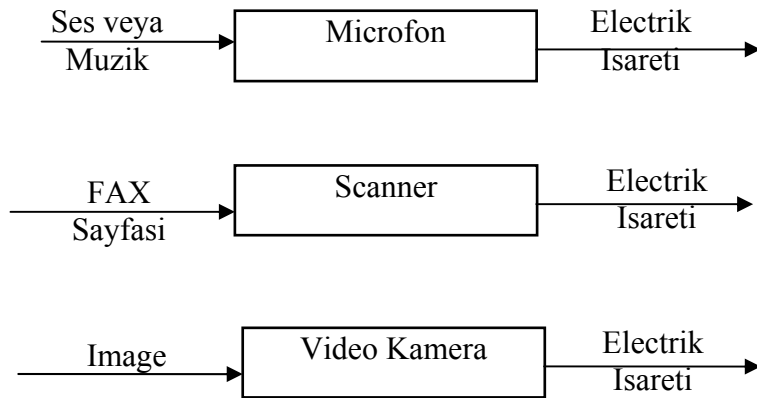


Gercek bir resim ve ona ait volt degerleri

Bir resim yaklasik olarak $600 \times 400 = 240000$ pixel.

TV: bir saniyede 25 resim var. $25 \times 240000 = 6000000$ pixel. =6megapixel

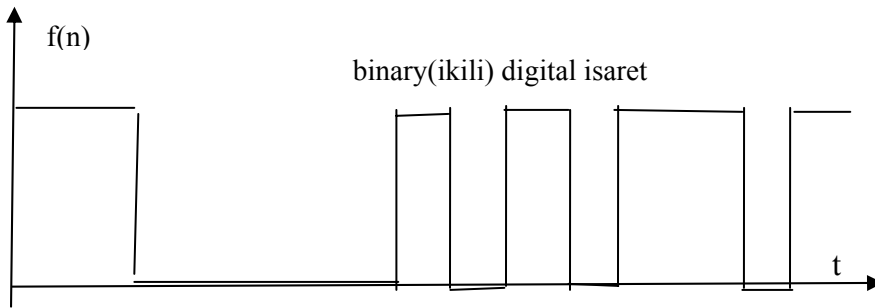
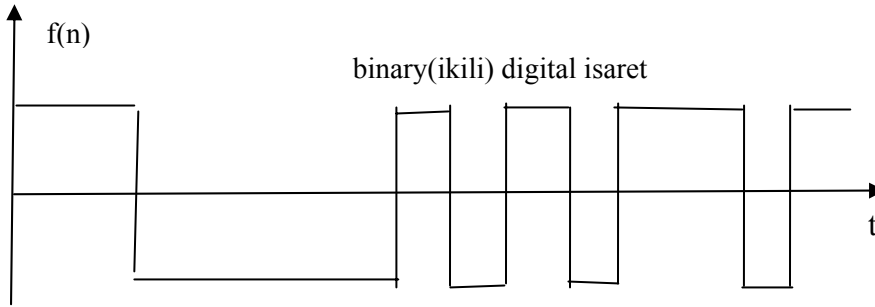
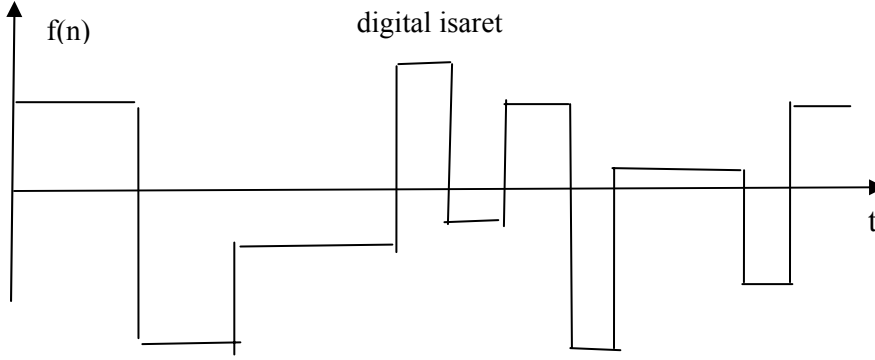
Bir TV signalini bir saniyede 6 megapixel veri tasir. (6 Megahertz'lik bir signal)

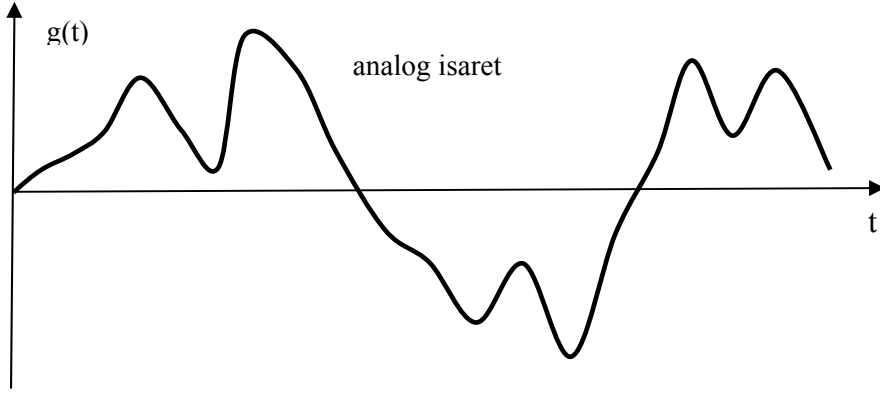


Analog ve Digital isaretler:

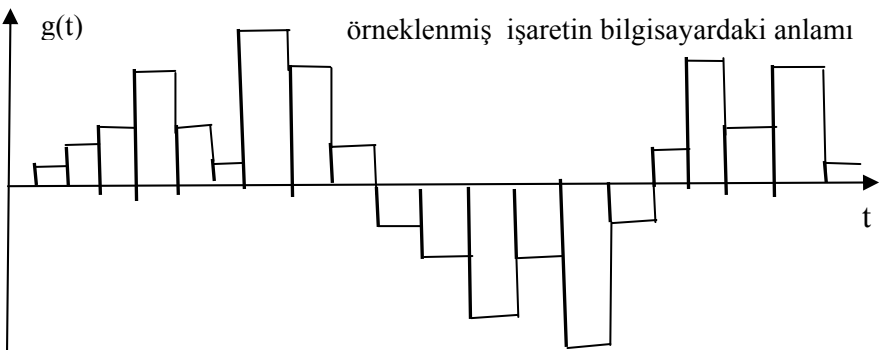
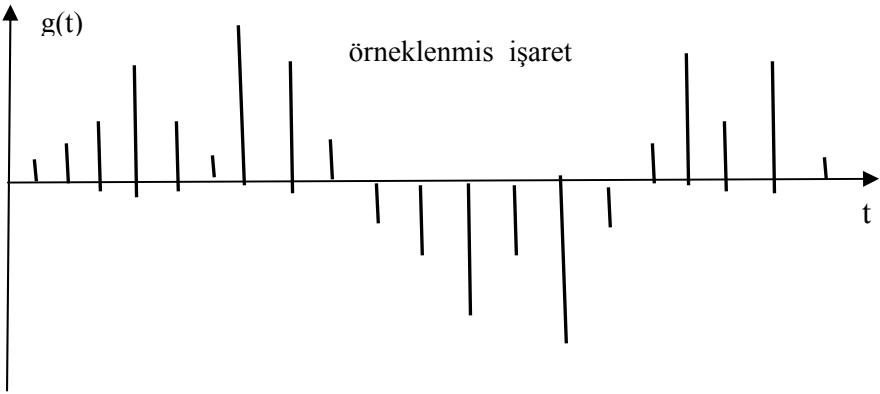
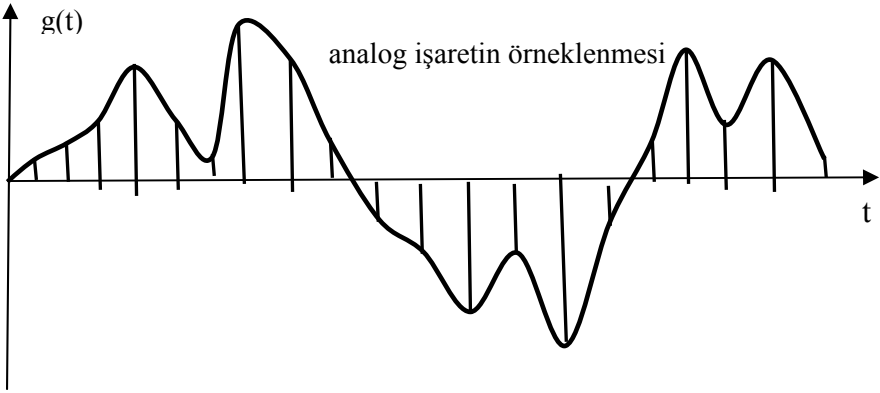
Fiziksel isaretler surekli isaretlerdir. Mesela mikrofondan gelen ses isareti, TV isareti, kalbin atis isareti, motor sicakligini olcen aletten gelen isaret vs hepsi surekli isaretlerdir.

Bilgisayar digital isaretler ile calisir. Bir isaret bilgisayara aktarilmak istendiginde digital hale geitirmek zorundadir.

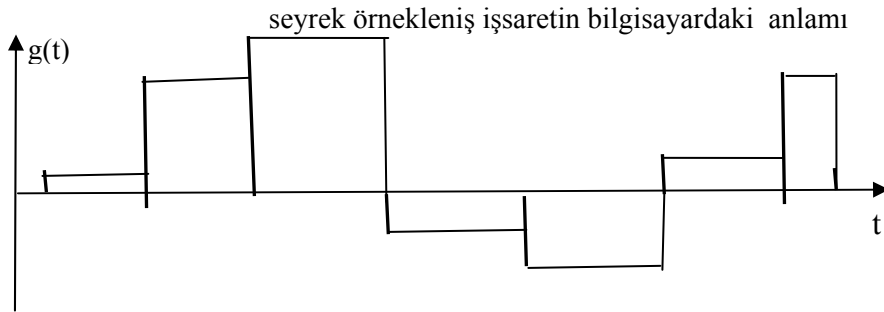
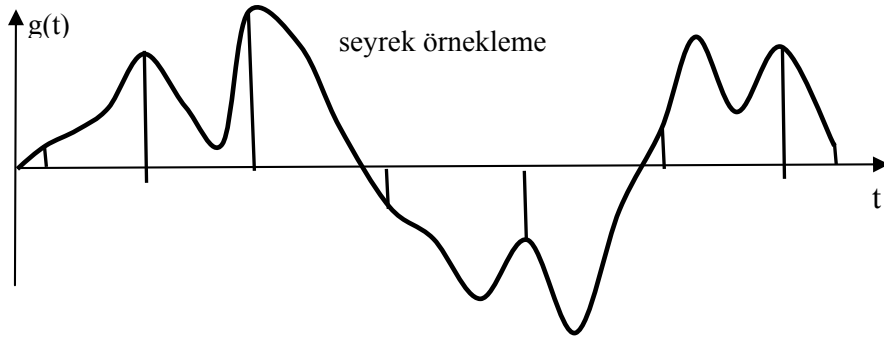




Analog isaret surekli isarettir. her t ani ici bir degeri vardir. Digital isaretin ise belli anlarda degeri vardir. ADC (analog digital converter) aletleri yardimiyla analog isaretler digital hale getirilebilir.



Orneklenmiş isarette iki örnekleme anı arasındaki bilgiler kaybolmuştur. Dolayısıyla örnekleme aralığı yeterince sık olmalıdır.



Örnekleme aralığı çok seyrek olursa işaret tamamen bozulur.

input sound: giriste ses isareti

signal=isaret

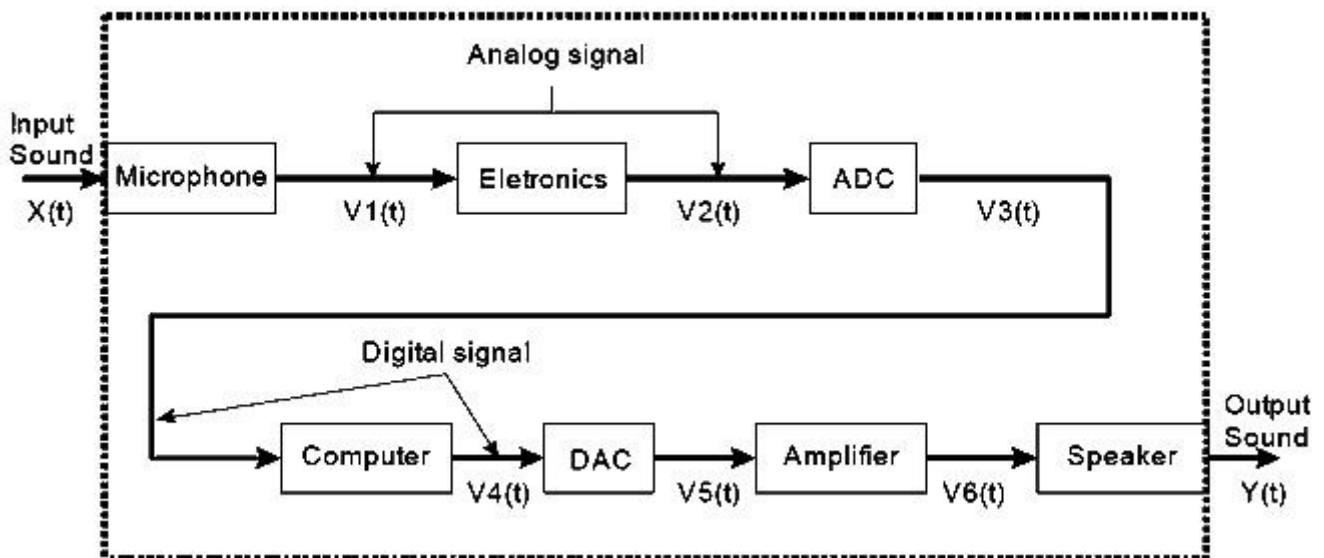
ADC=(analog digital converter) analog isareti dijital isaret ceviren alet

amplifier= yükseltici, kuvvetlendirici

speaker=hoparlor

output sound=cıkısta ses isareti

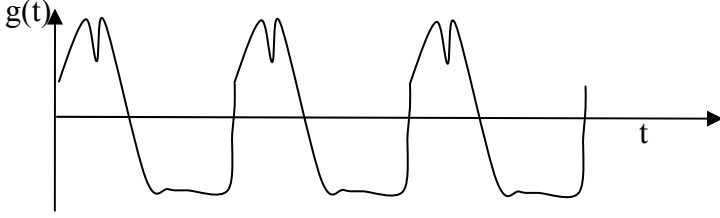
DAC=(dital analog converter). dijital isareti analog hale donusturen alet.



PERİYODİK İSARETLER VE SPEKTRUMLARI

Periyodik İisaretler

Önceki bölümde açıklanan işaretler genel olarak periyodik işaretlerdir. Mesela şekil(1.33)'deki yay-kütle sisteminde hava sürtünmesi olmasa $x(t)$ grafiği sonu sınırlanmadan sonsuza kadar periyodik olarak artıp azalacaktır. Böyle bir $x(t)$ işareti periyodik bir işaret olarak adlandırılır.



Şekil(1.33) Periyodik İşaret

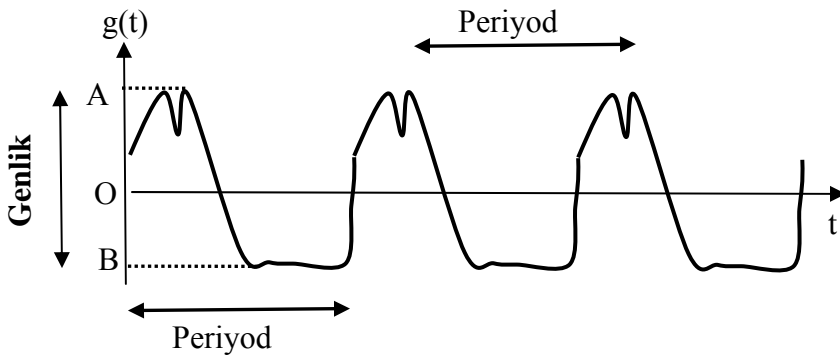
Bu kitapta küçük harf zamana bağlı işareti büyük harfle o işaretin Fourier dönüşümü, Laplas dönüşümü veya Z dönüşümü gösterir. Küçük 'x' ile büyük 'X' birbirine benzediğinden karışıklığa sebep olmaması için işaret $g(t)$ veya $f(t)$ notasyonları ile gösterilecektir.

Periyodik işareti karakterize eden 3 temel özellik vardır. Genlik, frekans ve faz Şekil(1.21) de bu özellikler gösterilmiştir.

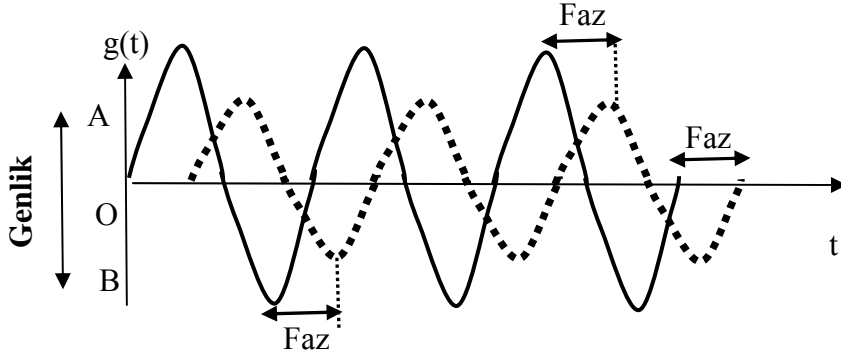
Genlik (amplitude, magnitude): Genlik olarak bazen alt tepeden üst tepeye uzaklık olan AB uzaklığı alınır, işaretin pozitif ve negatif tarafları simetrik ise çoğu kere tepeden tepeye uzaklığın yarısı olan OA uzaklığı genlik olarak alınır.

Periyot: $g(t)=g(t+T)$, $T \neq 0$ eşitliğini sağlayan en küçük T değerine $g(t)$ işaretinin periyodu denir.

Frekans (frequency): $f=(1/T)$ ifadesine $g(t)$ nin frekansı, $\omega=2\pi f=(2\pi)/T$ ifadesine $g(t)$ nin açısal frekansı denir. T'nin birimi saniye, f'nin birimi Hertz, ω 'nın birimi radyan'dır.



Şekil(1.33) Periyodik İşaretin genliği ve periyodu



Sekil(1.34)Periyodik iki isaret arasindaki faz farki

Faz (aci)(phase): Periyodik bir isaretin acisi(fazi) ya sabit bir referans noktasina gore veya ayni periyotda baska bir sekle gore tarif edilir. Bir periyotluk zaman 360° ye karsilik gelir. Sekil(1.34) de ayni periyotda iki isaret arasindaki faz farki gosterilmistir.

Dalga Boyu: Bir dalganin bir periyodunun aldigi yol.



$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{\text{Dalganin Hizi}}{\text{Dalganin frekansi}}$$

periyot: Bir su molekulunun inip kalkma suresi.

Dalga'nin hizi: dalga tepesinin ilerleme hizi (su molekulunun ilerleme hizi degil.)

Örnek: Frekansı 1Mhz olan sinyalin peryodunu bulunuz.

$$\text{Çözüm: } T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1 \cdot 10^6} = \frac{10^{-6}}{1} = 10^{-6} \text{ sn} = 1 \mu\text{sn}$$

1.1.3.3. Dalga Boyu

Bir işaretin 1 saykılının aldığı yola dalga boyu denir. ? Simgesi ile gösterilir. Birimi metredir.

$$\lambda = \frac{\text{ışık hızı}}{\text{frekans}} = \frac{c}{f}$$

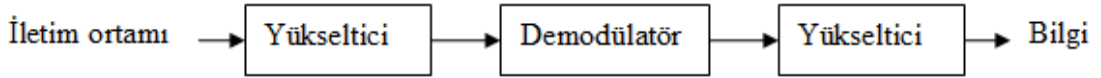
$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3000000000 \text{ m / sn}}{\text{Hertz}}$$

Örnek: Frekansı 100KHz olan bir sinyalin dalga boyu ne kadardır?

$$\text{Çözüm: } \lambda = \frac{c}{f} = \frac{300 \cdot 10^6}{100 \cdot 10^3} = 3 \cdot 10^3 \text{ m} = 3000 \text{ m} = 3 \text{ Km}$$

1.1.2.4. Alıcı

Verici tarafından gönderilen sinyali alarak bu sinyalden tekrar bilgi sinyalini elde eden elektronik devrelerdir.



Şekil 1.2: Genel bir alıcının blok şeması

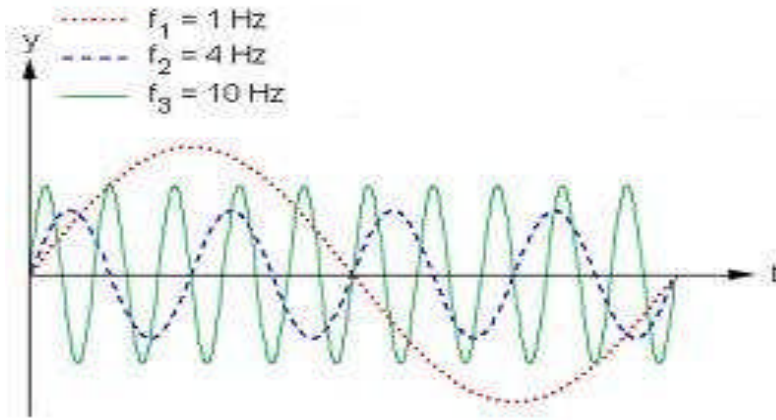
1.1.3. Frekans, Periyot ve Dalga Boyu

Frekans bir işaretin bir saniyedeki titreşim sayısı olarak ifade edilir. Birimi Herz (Hz)dir. f harfi ile ifade edilir.

Frekans $f = \frac{1}{T}$ formülüyle hesaplanabilir. Burada

f = Frekans

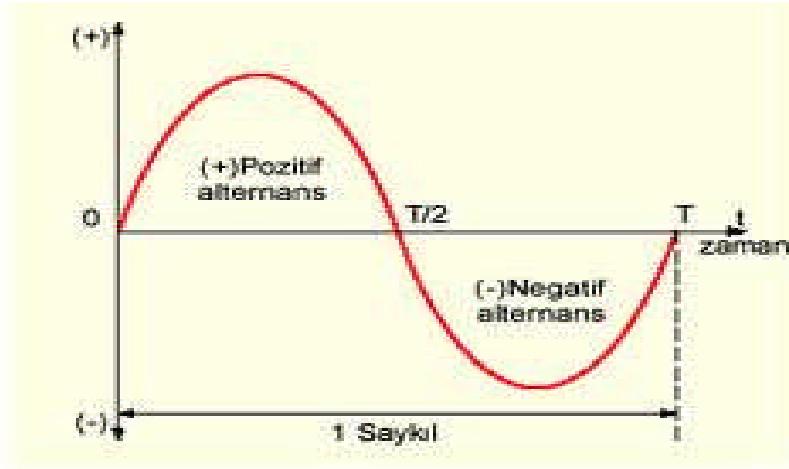
T= Periyottur.



Şekil 1.3: Çeşitli frekanslar

İşaretin bir saykılını tamamlama süresine periyot denir. Birimi saniyedir. Frekansın

tersidir. $T = \frac{1}{f}$ formül ile hesaplanır.



Saykıl ve periyot

Şekil 1.4: Saykıl ve periyot

1. **Örnek:** Frekansı 1Mhz olan sinyalin periyodunu bulunuz.

Çözüm: $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1 * 10^6} = \frac{10^{-6}}{1} = 10^{-6} sn = 1\mu sn$

2. **Örnek:** Periyodu 1mS olan sinüsoidal sinyalin frekansını hesaplayınız.

Çözüm: $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1 * 10^{-3} sn} = \frac{10^3}{1} = 1000Hz = 1KHz$

Bir işaretin 1 saykılının aldığı yola dalga boyu denir. Birimi metredir. λ ile ifade edilir. Fizikte sabit hızlı bir aracın aldığı yol aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\text{Gidilen Mesafe} = \text{Aracın Hızı} * \text{Zaman}$$

Elektromanyetik sinyalin hızı boşlukta ışık hızı olarak kabul edilir. Periyodu da o sinyalin ilerlediği süre olduğuna göre dalga boyu,

$$\text{Dalga Boyu } (\lambda) = \text{Işık Hızı } (C) * \text{Periyot } (T)$$

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{Olduğuna göre}$$

$$\lambda = \frac{\text{ışık hızı}}{\text{frekans}} = \frac{c}{f}$$

3. **Örnek:** Frekansı 100KHz olan bir sinyalin dalga boyu ne kadardır?

Çözüm: $\lambda = \frac{c}{f} = \frac{300 * 10^6}{100 * 10^3} = 3 * 10^3 m = 3000m = 3Km$

1.6 Frekans ,Peryot ve Dalga Boyu

Frekans: İşaretin 1 saniyedeki tekrarlama sayısıdır. Birimi Hertz'dir

$$f = \frac{1}{T}$$

$$f = 1 \text{ KHz} = 1000 \text{ Hz} = 10^3 \text{ Hz}$$

$$f = 1 \text{ MHz} = 1\,000\,000 = 10^6 \text{ Hz}$$

$$f = 1 \text{ GHz} = 1\,000\,000\,000 = 10^9 \text{ Hz}$$

Peryot: 1 Hertzlik işaretin kendini tamamlama süresidir. Birimi saniyedir.

$$T = \frac{1}{f}$$

Dalga Boyu: Bir hertzlik işaretin aldığı yola dalga boyu denir. Birimi

metredir

$$\lambda = \frac{\text{ışık hızı } c}{\text{frekans } f}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{300000000 \text{ m/sn}}{\text{Hertz}}$$

$$\lambda = \frac{300}{f(\text{MegaHertz})} \text{ [m]}$$

$$\lambda = \frac{30}{f(\text{GigaHertz})} \text{ [cm]}$$

Dalga boyunun pratik bulunuşu:

Aşağıdaki formüller frekans gözönüne alınarak doğrudan kullanılabilirler

Eğer frekans MHz olarak verilmişse ;

$$\lambda = \frac{300}{f(\text{MHz})} \text{ [m]}$$

Eğer frekans GHz olarak verilmişse ;

$$\lambda = \frac{30}{f(\text{GHz})} \text{ [cm]}$$

ÖRNEK:

f = 10 MHz ise $\lambda = ?$

$$\lambda = \frac{300.000.000}{10.000.000} = 30 \text{ m}$$

ÖRNEK:

f = 300 MHz ise $\lambda = ?$

$$\lambda = \frac{300}{300} = 1 \text{ m}$$

ÖRNEK:

f = 50 MHz ise $\lambda = ?$

$$\lambda = \frac{300}{50} = 6 \text{ m}$$

ÖRNEK:

Cep telefonunda f = 1GHz ise dalga boyunu bulunuz.

$$\lambda = \frac{30}{1} = 30 \text{ cm}$$

ÖRNEK:

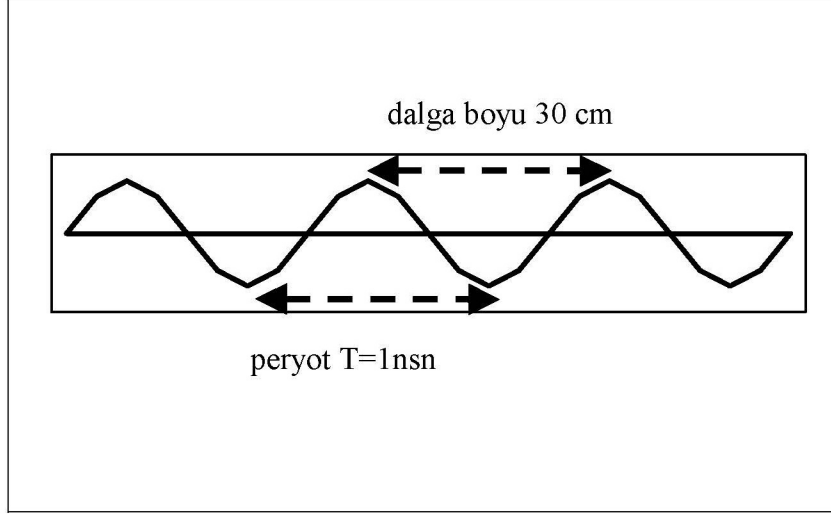
Cep telefonunda f = 900 MHz ise

$$\lambda = \frac{300}{900} = 0,33 \text{ m} = 33 \text{ cm}$$

FREKANS VE DALGA BOYUNA AİT ÖRNEKLER

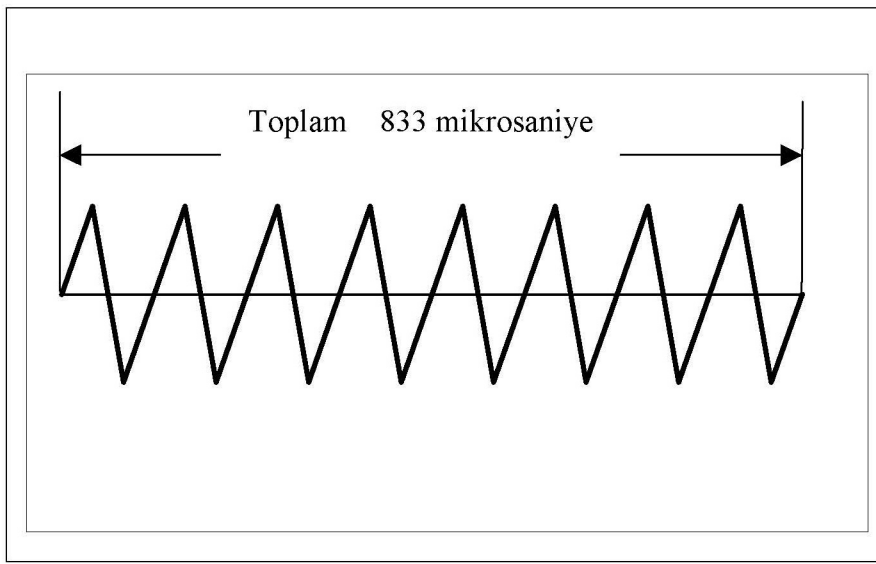
ÖRNEK: $f=1$ GHz için λ dalga boyunu ve işaret periyodunu çizerek gösteriniz.

ÇÖZÜM:



$$T = \frac{1}{f} = 10^{-9} \text{ saniye} = 1 \text{ nano saniye}$$

ÖRNEK: Aşağıda bir testere dişi işaretin osiloskopta elde edilen şekli verildiğine göre bu sinyalin frekansını bulunuz.



ÇÖZÜM:

Bir hertzlik sinüs için geçen süre (T)

$$T = \frac{833 \mu sn}{8} = 104,125 \mu sn$$

$$\text{Frekans} = \frac{1}{T}$$

$$f = \frac{1}{104,25 \mu sn} = \frac{1000000}{104,125} = 9604 \text{ Hertz}$$

1.7 Modülasyon

Bilgi işareti tarafından taşıyıcı frekansına ait herhangi bir özelliğin (genlik, frekans, faz vb.) değiştirilerek, bilgi iletilmesine modülasyon denir.

1.8 Modülasyonun Gerekliliği

Bilgi işaretini göndermek için gerekli anten boyu, dalga boyunun katları olmak zorundadır. $f_m = 3 \text{ kHz}$ lik bir bilgiyi modülesiz gönderirsek dalga boyu 100 km olur. Aynı işareti $f_c = 100 \text{ MHz}$ lik bir taşıyıcı ile gönderirsem dalga boyum 3 m olur. Anten boyları genellikle $\lambda/2$ ve $\lambda/4$ uzunluktadır.

ÖRNEK:

$$f_m = 3 \text{ kHz}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{300}{0,003 \text{ MHz}}$$

$$\lambda = \frac{300000}{3} = 100000 \text{ m}$$

Anten boyu $\frac{\lambda}{4}$ ise

Anten boyu 25000 metre olmalıdır

ÖRNEK:

$$f_c = 100 \text{ MHz}$$

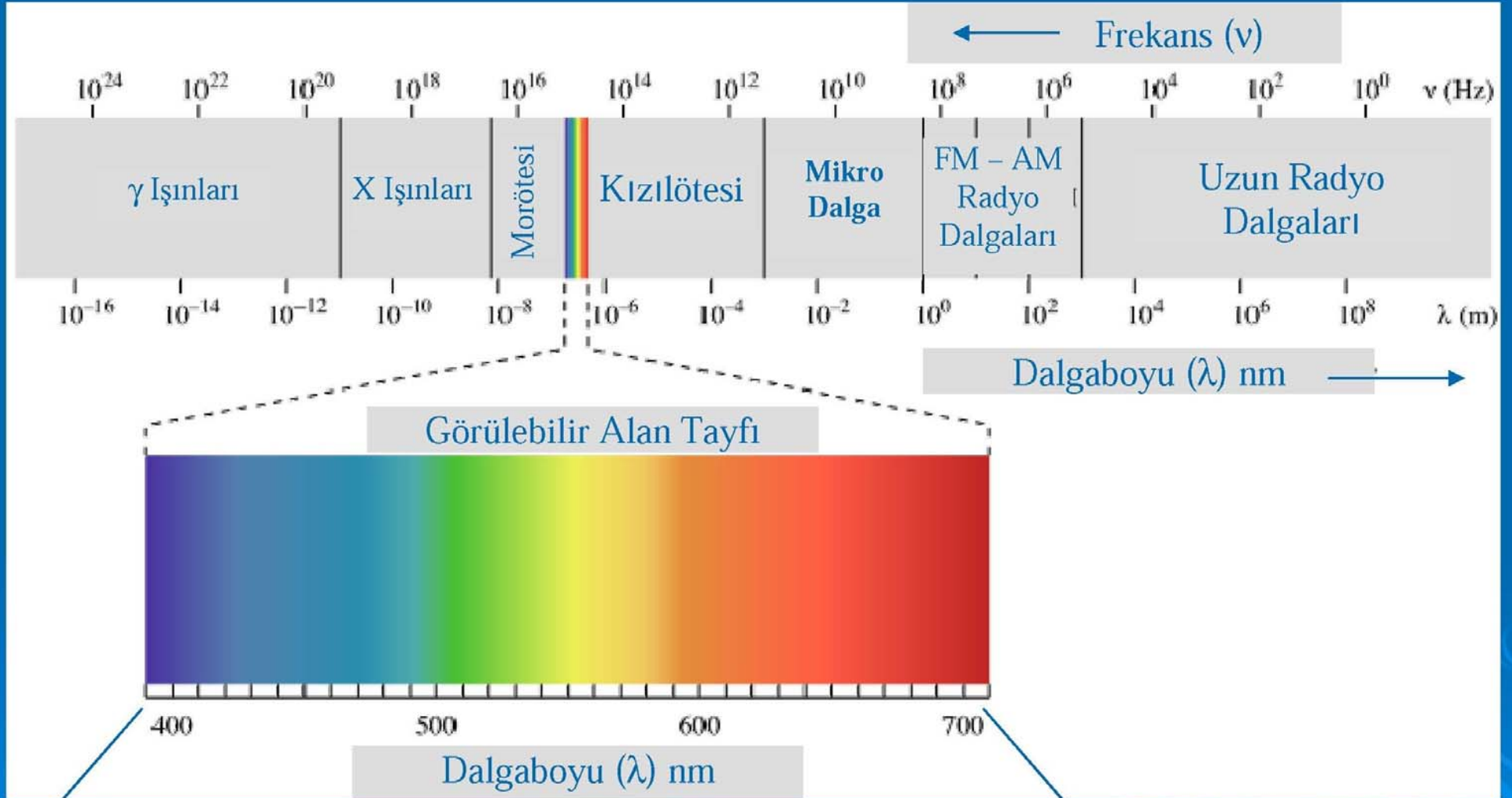
$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{300}{100} = 3 \text{ m}$$

Anten boyu $\frac{\lambda}{4}$ ise

Anten Boyu 75 cm olur

Elektromanyetik Tayf

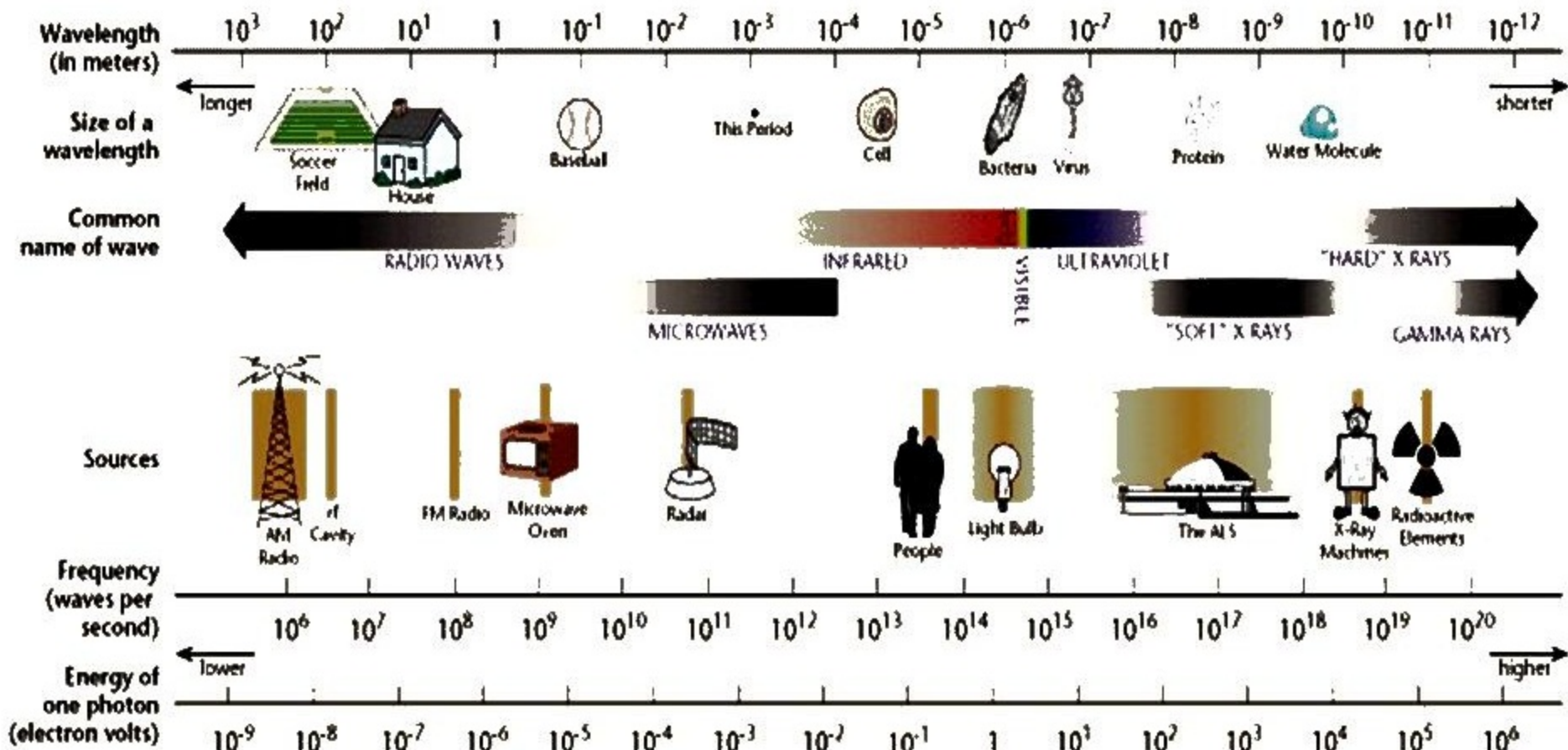
Algılanabilir dalgaboyu aralığı 380nm ile 750 nm



Mor = 380 ~ 400 nM

Kırmızı = 750 ~ 780 nM

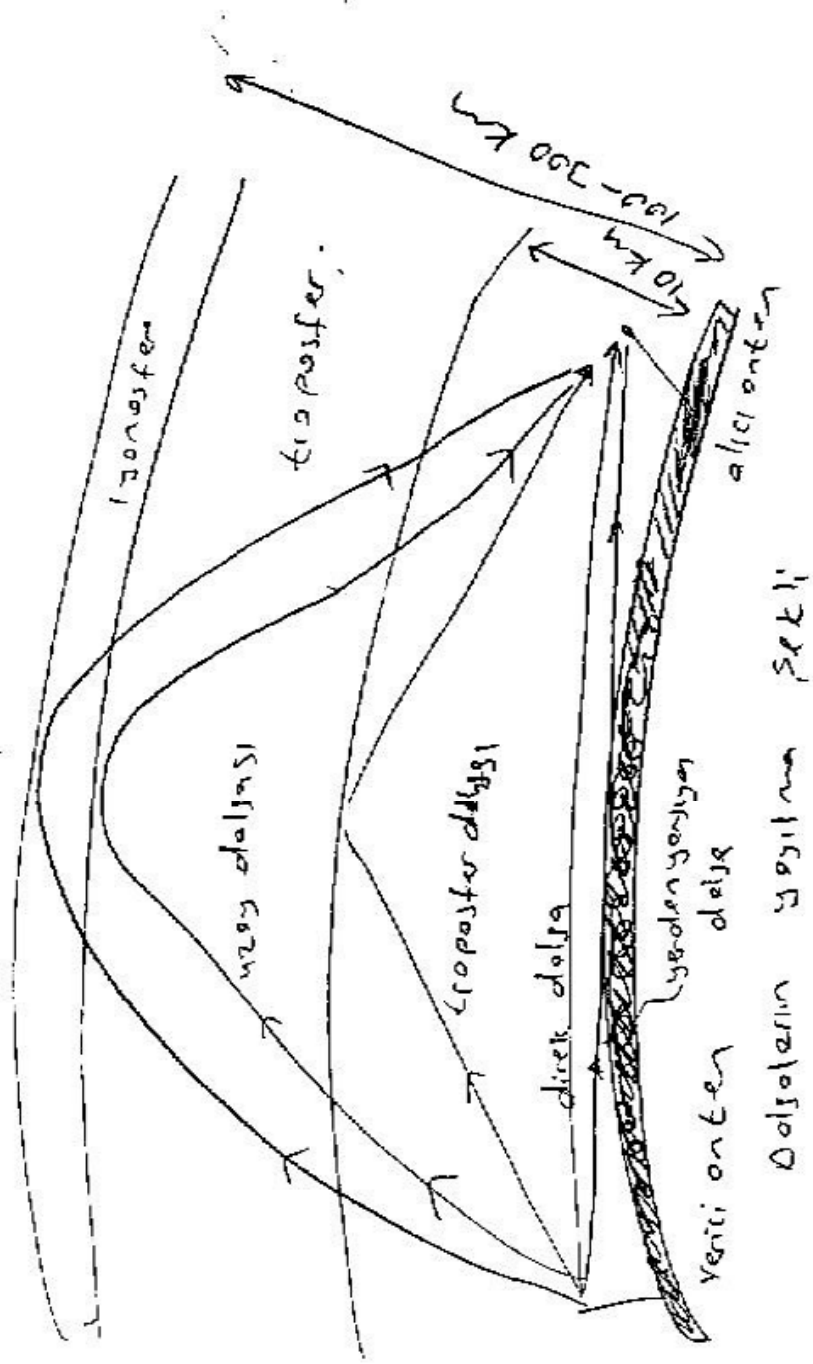
THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM



İletim ortamı Frekans

İki tel	1 kHz
Birbirine temas.	10 kHz
	100 kHz
	300 kHz
Koaksiyel kablo (1cm çap)	100 kHz
	1 MHz
	3 MHz
Koaksiyel kablo (15cm çap)	100 MHz
Optik fiber boruda	10 GHz
kleme dalgası (5x2.5cm)	
Helezon boruda	100 GHz
kleme dalgası 5cm çap	
Çam elyaf kablo	$4 \cdot 10^{14}$ Hz

Dalgaların uzayda yayılması



Dalgaların yayılma şekli

bandında olacak şekilde gönderilecek olan işaretleri ilgili frekans bandına kaydırır. Böylece, birçok radyo istasyonu tarafından gönderilen işaretler birbirleriyle karışmazlar. Tüm bu işlemler, modülasyon ile sağlanır.

Analog iletişim sistemlerinde modülasyon, analog sinüzoidal bir taşıyıcının belirli bir özelliğini (genlik, frekans ve faz) mesaj işaretine göre değiştirme ve daha sonra da modülasyonlu taşıyıcının iletimini gerçekleştirme sürecidir. Üç tip taşıyıcı modülasyonu olup, bunlar; *genlik modülasyonu* (amplitude modulation, AM), *frekans modülasyonu* (frequency modulation, FM), ve *faz modülasyonu* (phase modulation, PM) olarak adlandırılırlar. Bu modülasyon türlerinin her biri ayrıntılı olarak ileriki bölümlerde incelenecektir.

1.2.2.2. Haberleşme kanalı (communication channel)

Haberleşme kanalı, mesaj işaretini vericiden alıcıya göndermek (aktarmak) için kullanılan fiziksel bir iletim ortamıdır. Telsiz haberleşmesinde, kanal genellikle atmosferdir (serbest uzaydır). Diğer taraftan, telefon kanalları, telli bağlantılar (havai hatlar, kablolar), fiber optik kablolar ve telsiz (mikrodalga radyo) gibi çeşitli iletim ortamlarını kullanırlar. Ayrıca, koaksiyel (coaxial) kablolar, lazer ışınları ve dalga kılavuzları da haberleşme kanallarına örnek olarak verilebilir. Bu haberleşme kanallarından bazılarına ilişkin önemli özellikler aşağıda özetlenmiştir.

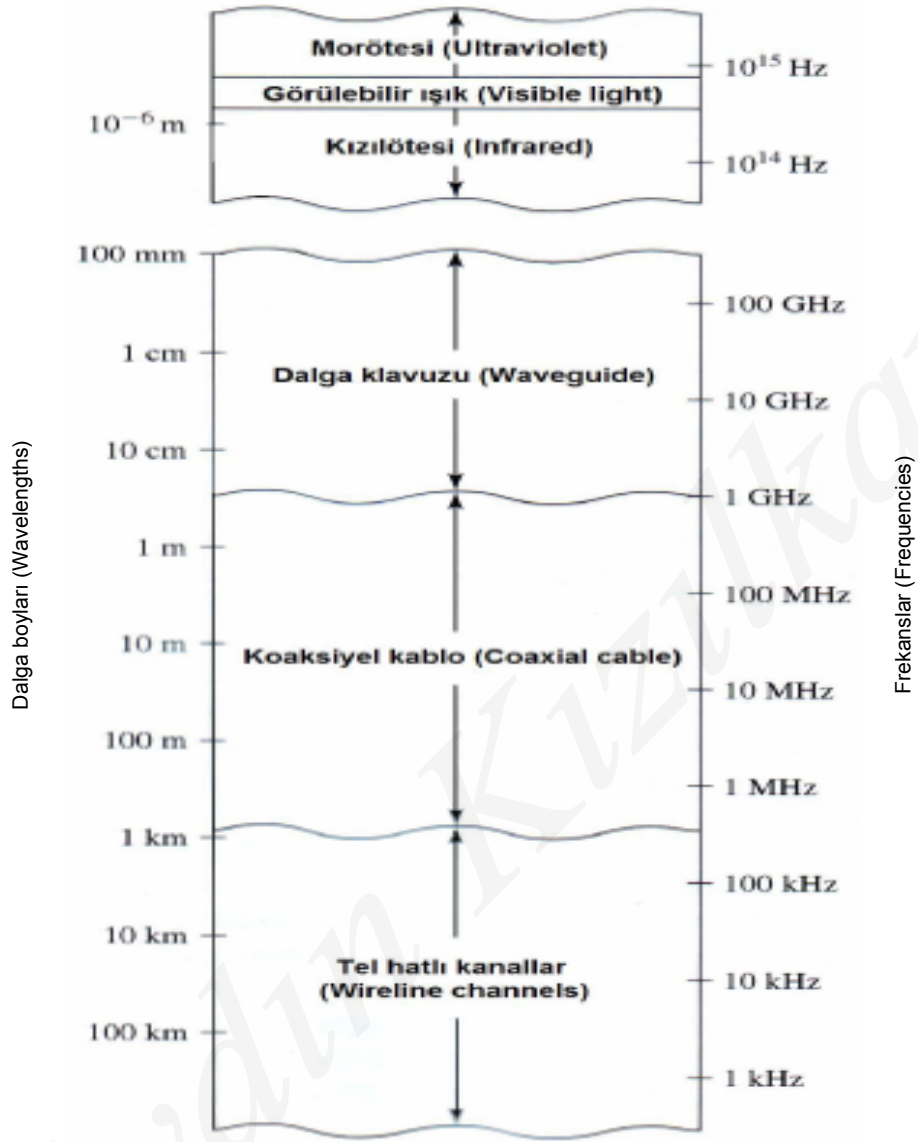
1.2.2.2.1. Tel hatlı kanallar (Wireline channels)

Telefon ağları, ses işaretlerinin iletimi ve aynı zamanda veri ve görüntü iletimi için tel hatların kullanımını yaygınlaştırmıştır. Bükülü çift iletkenli hatlar ve koaksiyel (eşmerkezli, eş eksenli) kablolar[†], temel olarak orta seviyede bant genişlikleri sağlayan kılavuzlanmış elektromanyetik kanallardır. Şöyle ki, genellikle bir kullanıcıyı merkez ofise bağlamak için kullanılan telefon hatları bir kaç yüz kilo hertz (KHz) bant genişliklerine sahipken koaksiyel kablo mega hertzler (MHz) mertebesinde kullanılabilir bant genişlikleri sunar. Şekil 1.2 'de, dalga kılavuzları ve fiber optikleri de kapsayan kılavuzlanmış elektromanyetik kanalların frekans aralıkları gösterilmektedir. Bu tip kanallar yoluyla iletilen işaretler, hem genlik hem de faz bozulmalarına ve de toplamsal gürültüye maruz kalırlar. Bükülü çift iletkenli hatlar ayrıca birbirine yakın kanallardan dolayı oluşan girişime (crosstalk interference) meyillidirler.

1.2.2.2.2. Fiber optik kanallar (Fiber optic channels)

Fiber optik kanallar, koaksiyel kablolardan kat kat fazla bant genişlikleri sunarlar. Bir haberleşme kanalının bilgi taşıma kapasitesi, bu kanalın bant genişliği ile doğru orantılıdır. Başka bir deyişle, bant genişliği ne kadar fazla olursa, kanalın bilgi taşıma kapasitesi de o kadar fazla olur. Fiber optik kanallarda kullanılan taşıyıcı ışık frekansları 10^{14} Hz ile 10^{15} Hz arasında olup, bu yaklaşık olarak 100.000 GHz'lik bir kanal bant genişliği kapasitesi demektir. Bu açıdan bakıldığında fiber optik kablolar, telefon şirketlerinin kullanıcılarına ses, veri, fax, ve görüntü iletimi gibi geniş bir yelpazede hizmet vermesine imkan sağlar. Bir fiber optik haberleşme sisteminde verici veya modülasyon işlemini gerçekleştiren modülatör, ya bir ışık yayan diyot (LED) ya da bir lazer'dir. Bilgi, mesaj işareti ile ışık kaynağının şiddeti değiştirilerek (modülasyon) iletilir. Işık, bir ışık dalgası olarak fiber yoluyla yayılır ve iletim yolu boyunca işaret zayıflamasını karşılamak, telafi etmek için periyodik olarak kuvvetlendirilir (Sayısal haberleşmede ise ışık ilk olarak belirlenir ve tekrarlayıcılar (repeater) ile yeniden üretilir). Alıcı tarafta ise ışık şiddeti bir foto diyot ile tespit edilir. Foto diyot çıkışı, üzerine çarpan ışığın gücü ile orantılı olarak değişen bir elektriksel işarettir. Fiber optik iletişim ile ilgili geniş bilgi için kaynağa[†] başvurulabilir.

[†] W. Tomasi, *Endüstriyel okullar için Elektronik İletişim Teknikleri*, Milli Eğitim Yayınları, 1997



Şekil 1.2 Kılavuzlanmış tel hatlı kanallar için frekans aralıkları.

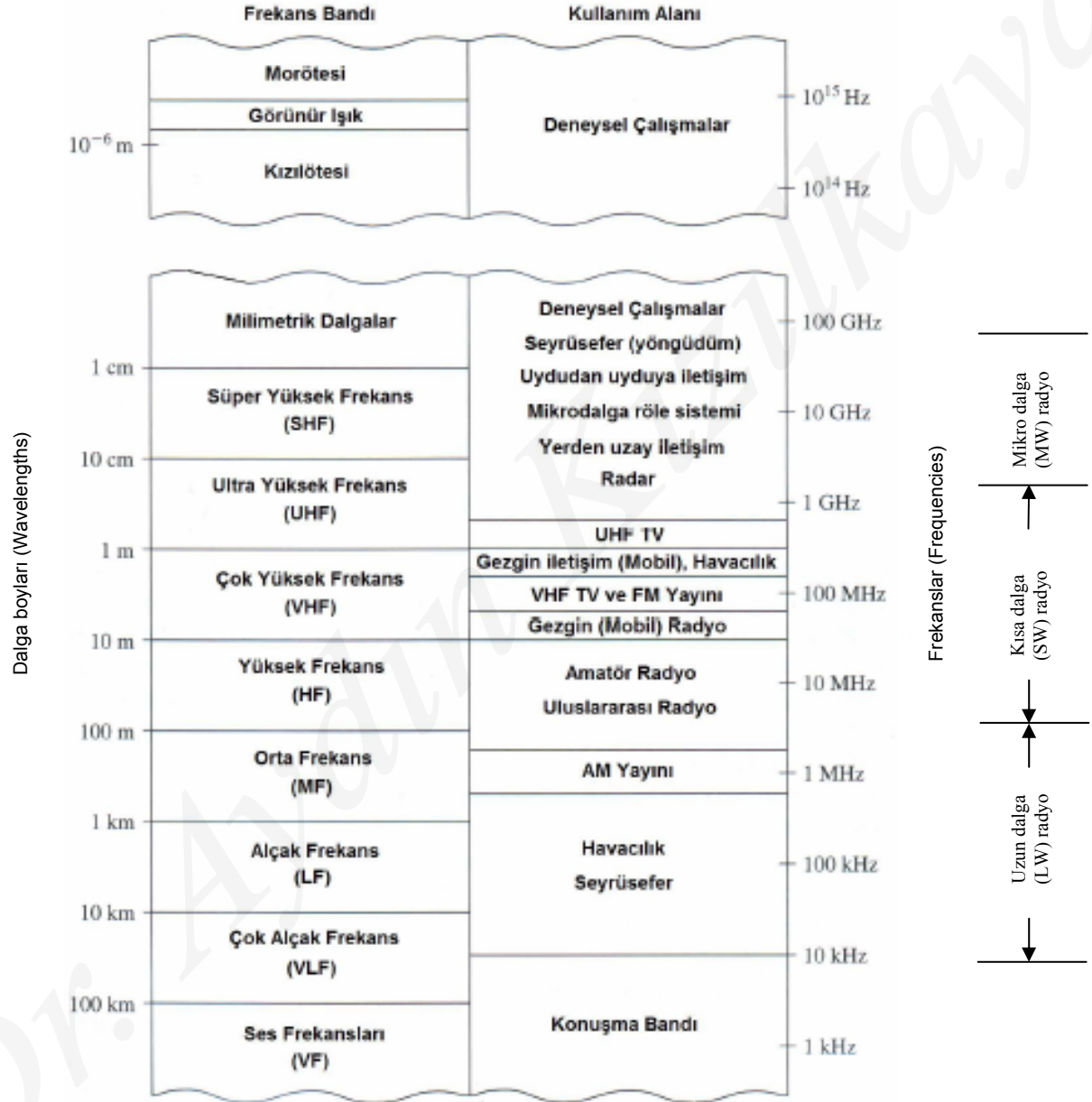
1.2.2.2.3. Telsiz elektromanyetik kanallar (Wireless electromagnetic channels)

Radyo haberleşme sistemlerinde elektromanyetik enerji, iletim ortamına (serbest uzay) bir anten ile aktarılır. Antenin fiziksel boyutu ve yapısı, esas olarak, iletilmek istenen işaretin frekansına bağlıdır. Elektromanyetik ışınımın (radyasyon) verimli olabilmesi için, antenin boyu dalga boyunun $1/10$ 'unda daha büyük olması gerekir. Sonuç olarak, AM frekans bandında yayın yapan bir radyo istasyonu, örneğin $f = 1$ MHz için, en az 30 metrelik bir antenin kullanımını gerektirir. Şöyle ki,

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8 [m / sn]}{1 \times 10^6 [sn]} = 300 [m]$$

c	→	Işık hızı
f	→	iletilecek işaretin frekansı
λ	→	dalga boyu

Şekil 1.3’de telsiz elektromanyetik kanalların frekans bantları verilmiştir. Serbest uzayda elektromanyetik dalgaların yayılım biçimleri[†]; yer dalgası yayılımı (ground-wave propagation), gök dalgası yayılımı (sky-wave propagation), ve uzay dalgası yayılımı (hem direkt hem de yerden yansıyan dalgaları içerir) olmak üzere üç sınıfta incelenebilir. Uzay dalgası yayılımına aynı zamanda görüş hattı iletimi (**Line-Of-Sight (LOS) propagation**) de denir.

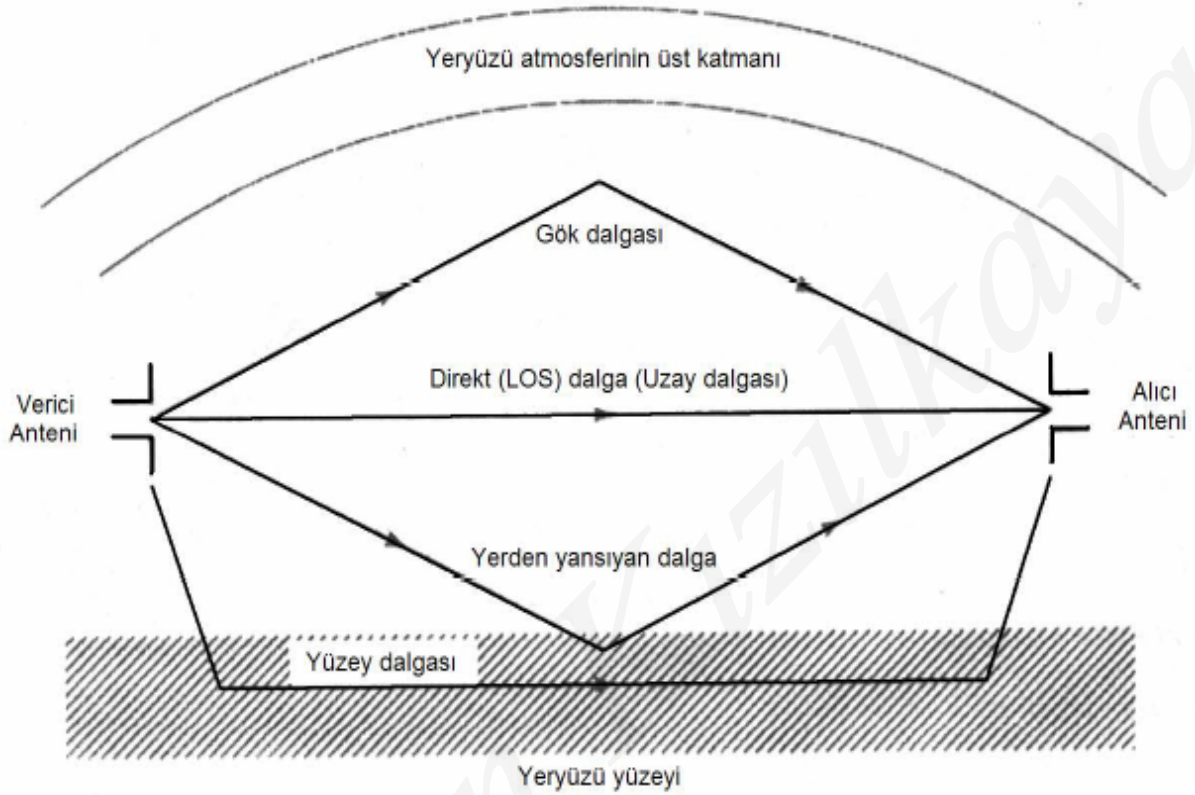


Şekil 1.3 Telsiz elektromanyetik kanallar için frekans tahsisleri.

Şekil 1.4’de verici ve alıcı antenleri arasında dalga yayılımının biçimleri gösterilmektedir. Bu yayılım biçimlerinin hepsi her radyo iletişim sisteminde mevcuttur. Ancak, bunlardan bir veya ikisi, belli frekans aralıklarında ya da belirli tür ortamlar için (arazi yapısı) ihmal edilebilirler. Örnek olarak, 1.5 MHz altındaki frekanslarda en iyi iletimi yer dalgaları

[†] W. Tomasi, *Endüstriyel okullar için Elektronik İletişim Teknikleri*, Milli Eğitim Yayınları, 1997

gerçekleştirir. Buna karşılık, frekansın artmasıyla yer kayıpları hızla artar. Gök dalgaları, yüksek frekans uygulamaları için kullanılırken, uzay dalgaları ise çok yüksek frekanslar (VHF) ve üstünde kullanılır.



Şekil 1.4 Elektromanyetik dalgaların yayılım biçimleri.

Dalga boyunun 10 km'den fazla olduğu VLF (Very Low Frequency) ve ELF (Extremely Low Frequency) frekans bantlarında, yeryüzü ve iyonosfer, elektromanyetik dalga yayılımı için dalga kılavuzu görevini görür. Bu nedenle, bu frekans bantları temel olarak gemiler arası ve gemi-kıyı arası haberleşmede kullanılır ve bu frekans bantlarında tahsis edilen kanal bant genişlikleri oldukça düşüktür (genellikle merkez frekansının %1-%10'dan daha küçüktür). Sonuç olarak, bu kanallarla bilginin iletimi nispeten düşük hızlı olup sayısal haberleşme yapmaya sınırlandırılmışlardır. Sözü edilen frekanslarda etkin olan gürültü tipi, özellikle tropik bölgelerdeki gök gürültüsünün sebep olduğu gürültüdür. Örtüşme veya girişim (interference) olarak adlandırılan iletişim kargaşası, bu frekans bantlarının birçok kullanıcı tarafından meşgul edilmesi nedeniyle oluşur.

Yer dalgası yayılımı, orta frekans (MF) bandındaki frekanslara sahip işaretlerin baskın olduğu yayılım biçimi olup, bu frekans bandı AM yayını ve denizcilik haberleşmesinde kullanılır. AM yayınında, güçlü radyo istasyonlarının varlığında bile, yer dalgası yayılımı yaklaşık olarak 100 mil (**1 mil = 1.609344 km**) ile sınırlıdır.

Gök dalgası yayılımı, ufkun üzerine yönlendirilmiş elektromanyetik dalgaların yayılım biçimi olup yüksek frekans (HF) bandındaki (yaklaşık olarak 30 MHz'e kadar olan işaretler) işaret iletimleri için kullanılır. Bu yayılım biçiminde çok sık karşılaşılan sorunlardan biri, *çok-yollu işaret* (signal multipath) kavramıdır. Çok-yollu işaret, vericiden gönderilen işaretin alıcıya farklı gecikmelere sahip bir çok yayılım yolları ile ulaşması durumunda oluşur. Çok-yollu işaret genel olarak sayısal bir haberleşme sisteminde *semboller arası girişimin* (ISI,

InterSymbol Interference) oluşmasına neden olur. Ayrıca, bu şekilde alıcıya ulaşan işaretin bazı özelliklerinde (genlik, faz, frekans) bozulmaların oluşması olasıdır. Haberleşme literatüründe bu olumsuz duruma, *işaret sönümlenmesi* (signal fading) adı verilir. Bir çok insan geceleyin radyo dinlerken bu durumu tecrübe etmiştir, gürültülü ses ve seslerin birbirine karışması durumu. Yüksek frekanslardaki (HF) *toplamsal gürültü* (additive noise), atmosfer gürültüsü ve *ısı gürültüsünün* (thermal noise) bir bileşimidir.

30 MHz'in üzerindeki frekanslar, oldukça düşük kayıplarla iyonosfer yoluyla yayını yaparlar ve uydu haberleşmesine imkan sağlarlar. Bu sebeple VHF (Very High Frequency) ve üzerindeki frekans bantlarında baskın (dominant) olan yayını biçimi, uzay dalgası veya LOS yayını biçimidir. Kara haberleşme sistemlerinde, verici ile alıcı antenlerinin görüş hattında bu antenlerin birbirini görmesini engelleyecek arada herhangi bir engelin bulunmaması gerekir. Bu yüzden, VHF ve UHF (Ultra High Frequency) frekans bantlarında yayını yapan TV istasyonlarının geniş bir coğrafi alan üzerinde etkin olabilmesi için verici antenleri yüksek tepeler üzerine inşa edilirler.

Genel olarak, yeryüzünün eğikliği uzay dalgası yayınına sınırlama getirir. Dağ ve benzeri fiziksel engellerin olmadığını varsayarak, yeryüzü yüzeyinden h ft ($1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m}$) yüksekliğe kurulan bir verici anteni için görüş hattı radyo ufku yaklaşık olarak $d = \sqrt{2h}$ mil'dir. Örneğin; 1000 ft'lik bir tepe üzerine monte edilen bir TV anteni, yaklaşık olarak 50 mil'lik bir bölgeye yayınlarını ulaştırabilme imkanına sahiptir. Diğer bir örnek, 1GHz'in üzerindeki frekanslarda telefon ve video haberleşmesinde yaygın olarak kullanılan radyo röle sistemleri oldukça yüksek tepelere veya yüksek binaların (gökdelen) üzerine monte edilirler.

VHF ve UHF frekans bantlarında çalışan haberleşme sistemlerinin performansını sınırlayan baskın gürültü, alıcının girişi ve çıkışında üretilen ısı gürültü ve antende toplanan kozmik gürültülerdir. 10 GHz üzerinde SHF (Super High Frequency) bandındaki frekanslarda, atmosferik şartlar işaretin iletiminde önemli rol oynarlar. Bu şartlar işaretin iletimini zorlaştırır ve işarete ciddi oranda zayıflamaların oluşmasına neden olur. Örneğin, şiddetli yağış haberleşme sisteminin devre dışı kalması ve bilgi iletiminin tamamen kesilmesine kadar varan son derece yüksek yayını kayıplarına neden olabilir.

EHF (Extensively High Frequency) bandı ve üzerindeki frekanslar, serbest uzayda LOS optik haberleşme sağlayabilen elektromanyetik spektrumun kızılötesi ve görünür ışık aralığına karşı düşer. Şu ana kadar, bu frekans bantları deneme amaçlı olarak örneğin uydudan uduya haberleşmede kullanılmaktadır.

1.2.2.2.4. Sualtı akustik kanallar (Underwater acoustic channels)

Son zamanlarda deniz altı araştırmalarında gözlenen sürekli artış, deniz altından sensörler vasıtasıyla elde edilen verilerin işlenmesini gerekli hale getirmiştir. Bu amaçla, bilginin uydu yardımıyla veri toplama merkezine aktarılması mümkün kılınmıştır.

Elektromanyetik dalgalar, son derece alçak frekanslar hariç, deniz altında uzun mesafelere yayını yapamazlar. Ancak, bunun gibi alçak frekanslardaki işaretlerin iletimi, büyük ve güçlü vericilerin kullanımı gerektirdiğinden dolayı zor ve pahalı bir işlemdir. Su içerisinde elektromanyetik dalgaların zayıflaması, *deri kalınlığı* (skin depth) adı verilen bir ölçüt ile ifade edilebilir. Deri kalınlığı, işaretin $1/e$ ($e \sim 2.71$) çarpanı ile genliğinin zayıflatıldığı mesafeye karşı düşer. Deniz suyu için deri kalınlığı, $\delta = 250/\sqrt{f}$ ifadesi ile hesaplanır, burada f Hertz, δ ise metre boyutundadır. Örneğin, $f = 10$ kHz'lik bir işaret için deri kalınlığı $\delta = 2.5$ m'dir. Diğer taraftan, akustik işaretler onlarca hatta yüzlerce kilometre mesafelere yayını yapabilirler.

Bozucu etki olarak gürültü, etkisini deniz altı işaret haberleşmesinde de gösterir. Buradaki gürültü, insan tabanlı akustik gürültü, midye, balık ve buna benzer deniz varlıklarının sebep olduğu gürültüler olarak ifade edilebilir.

HABERLEŞME SİSTEMLERİNDE GÜÇ ORANI VE İŞARET DÜZEY BİRİMLERİ

2-1 Bell ve Decibell

Sinyaller iletim hattı üzerinde giderken zayıflarlar. Zayıflayan bu sinyaller tekrarlayıcılar vasıtasıyla yeniden kuvvetlendirilerek hatta verilirler. Zayıflamanın ya da kuvvetlendirmenin logaritmik ölçüsü Bell laboratuvarı tarafından Amerika'lı Alexander Graham Bell' in hatırasına Bell olarak isimlendirilmiştir.

Bell ; bağıl güç ya da voltaj düzeyini logaritmik olarak ifade etmekte kullanılır.

$$\text{Bell} = \text{Log}_{10} \frac{P_{\text{çıkış}}}{P_{\text{giriş}}} \quad (\text{Güçlerin oranının logaritması Bell dir})$$

Bell büyük bir birim olduğu için Bell' in 10 katı olan decibell (dB) tanımı yapılmıştır..

İletim hattı üzerinde sinyal kuvvetlendirmesi varsa dB pozitif ,sinyal zayıflaması varsa dB negatif çıkar.

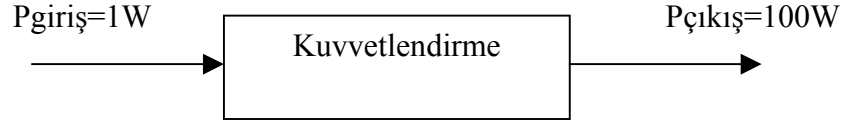


$$\text{dB} = 10 \text{Log}_{10} \frac{P_{\text{çıkış}}}{P_{\text{giriş}}} \quad (\text{Güçlerin oranı olarak dB tarifi})$$

$$\text{dB} = 20 \text{Log}_{10} \frac{V_{\text{çıkış}}}{V_{\text{giriş}}} \quad (\text{Voltajların oranı olarak dB tarifi})$$

Örnek: Kuvvetlendirici girişi 1Watt olan bir sinyal , kuvvetlendirici tarafından 100 Watt'a çıkartılıyorsa kuvvetlendiricinin kazancını dB olarak bulunuz.

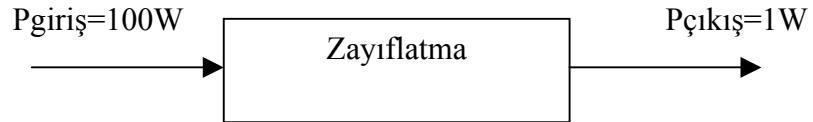
Çözüm:



$$10\text{Log}_{10} \frac{100\text{ Watt}}{1\text{ Watt}} = 20\text{ dB}$$

Örnek: Zayıflatıcı girişi 100 Watt olan bir sinyal, zayıflatıcı tarafından 1 Watt'a düşürülüyorsa zayıflatmayı dB olarak bulunuz.

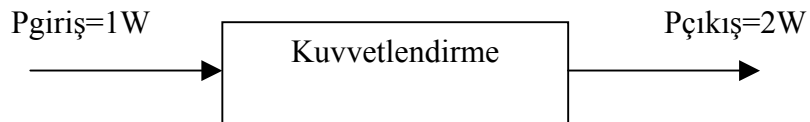
Çözüm:



$$10\text{Log}_{10} \frac{1\text{ Watt}}{100\text{ Watt}} = -20\text{ dB}$$

Örnek: Bir kuvvetlendiricide çıkış gücü, giriş gücünün 2 katı ise dB olarak kazancı bulunuz.

Çözüm:

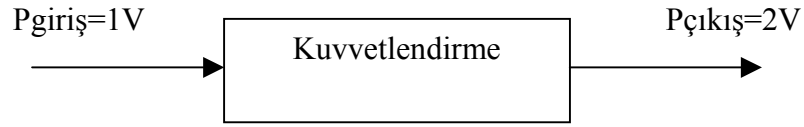


$$10\text{Log}_{10} \frac{2\text{ Watt}}{1\text{ Watt}} = 3\text{ dB}$$

NOT: 3 dB lik bir artış çıkış gücünün giriş gücünün 2 katı olması anlamına gelir.
-3db'lik bir azalma çıkış gücünün giriş gücünün yarısı olması anlamına gelir.

Örnek: Bir kuvvetlendiricide çıkış voltajı , giriş voltajının 2 katı ise dB olarak kazancı bulunuz.

Çözüm:

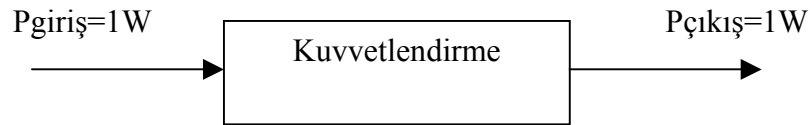


$$20\text{Log}_{10} \frac{2 \text{ Volt}}{1 \text{ Volt}} = 6\text{dB}$$

NOT: 6 dB lik bir artış çıkıştaki voltajın 2 kat artması anlamına gelir.
-6db'lik bir azalma çıkıştaki voltajın yarıya düşmesi anlamına gelir

Örnek: Bir kuvvetlendiricide çıkış gücü, giriş gücünün aynı ise dB olarak kazancı bulunuz.

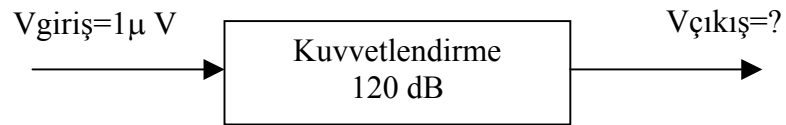
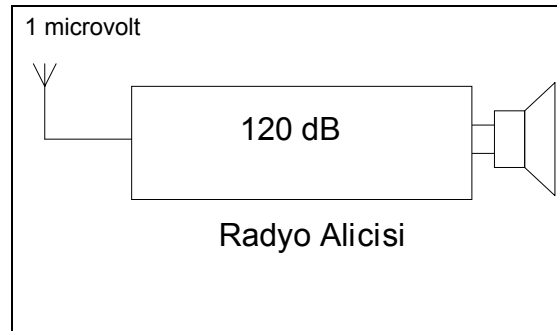
Çözüm:



$$10\text{Log}_{10} \frac{1 \text{ Watt}}{1 \text{ Watt}} = 0 \text{ dB}$$

Örnek: Radyo alıcıları seçiciliği ve duyarlılığı olan ortalama 120 dB voltaj kazancı sağlayan yükseltme devreleridir. Bir radyo alıcısının antenine 1 mikrovolt' luk bir sinyal geldiğinde hopalör çıkışındaki voltajı bulunuz.

Çözüm:



$$120 \text{ dB} = 20 \log_{10} \frac{V_{\text{çıkış}}}{1 \text{ mikro Volt}}$$

$$6 \text{ dB} = \log_{10} \frac{V_{\text{çıkış}}}{10^{-6} \text{ Volt}}$$

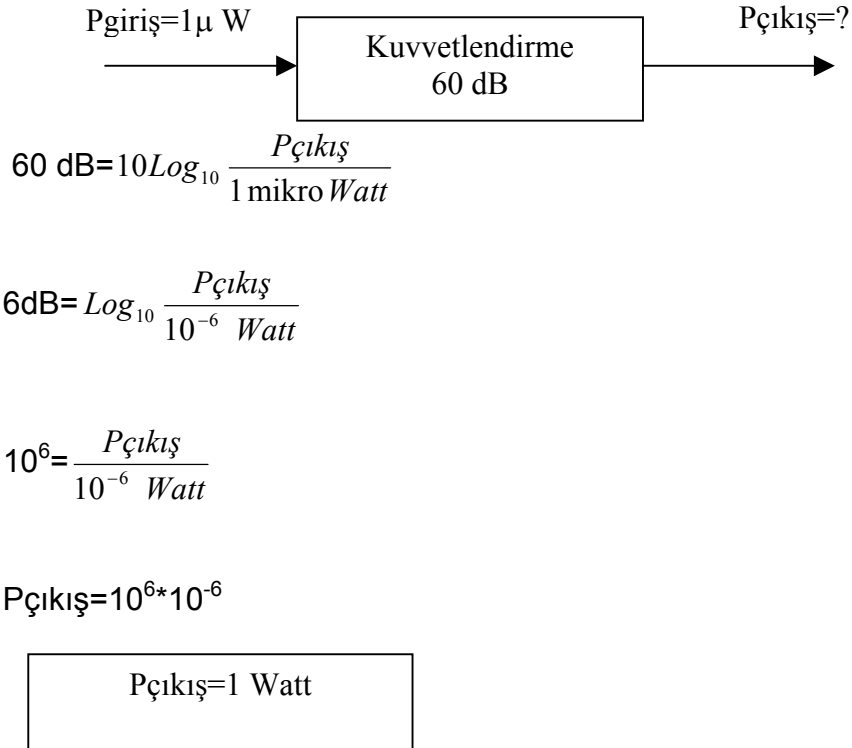
$$10^6 = \frac{V_{\text{çıkış}}}{10^{-6} \text{ Volt}}$$

$$V_{\text{çıkış}} = 10^6 * 10^{-6}$$

$$V_{\text{çıkış}} = 1 \text{ Volt}$$

Örnek: Bir radyo alıcısı 60 dB güç kazancı sağlamaktadır. Bu radyo alıcısının antenine 1 mikrowatt'lık bir güç geldiğinde hopalör çıkışındaki gücü bulunuz.

Çözüm:



2.2 Referans Düzeyli Decibell

dBm: Referans düzeyi olarak 1 mW alınır

$$\text{dB} = 10 \log_{10} \frac{P_{çıkış}}{P_{giriş}}$$

$$\text{dBm} = 10 \log_{10} \frac{P_{çıkış}}{1 \text{ mW}}$$



Örnek: 200 mW dBm olarak ifade ediniz?

çözüm:

$$10 \log 200 = 23 \text{ dBm}$$

Örnek: 2 W kaç dBm'dır.

çözüm:

$$\text{dBm} = 10 \log 2000 \text{ mW} / 1 \text{ mW}$$

$$\text{dBm} = 10 \log 2000 = 33,41$$

$$\text{dBm} = 10 \log 2000 = 33,41$$

$$= 33,41 \text{ dBm}$$

dBv: Referans düzeyi olarak 1 Volt alınır

$$\text{dBv} = 20 \log_{10} \frac{V_{\text{çıkış}}}{1 \text{ Volt}}$$

Örnek: 25,7 V'un dBv değeri nedir?

çözüm:

$$20 \log 25,7 = 28,2 \text{ dBv}$$

Örnek:

çözüm:

0,05 V'u dBv olarak ifade et?

$$20 \log 0,05 = 26 \text{ dBv}$$

dBw: Referans düzeyi olarak 1 W alınır

$$dB = 10 \log_{10} \frac{P_{\text{çıkış}}}{P_{\text{giriş}}}$$

$$dBw = 10 \log_{10} \frac{P_{\text{çıkış}}}{1W}$$

dBkw: Referans düzeyi olarak 1 kW alınır

$$dBkw = 10 \log_{10} \frac{P_{\text{çıkış}}}{1 \text{ kW}}$$

Örnek: Bir radyo istasyonunun çıkışı 2kW'dır. Bunu dB kW olarak hesap ediniz?

çözüm:

$$dB_{kW} = 10 \log P_{\text{çık}} / 1 \text{ kWatt}$$

$$dB_{kW} = 10 \log 2 \text{ kW} = 3 \text{ dB}_{kW}$$

Neper

Bir iletim hattı boyunca sinyal zayıflatmasını ifade etmek üzere neper kullanılır. Neper teorik çalışmalar için uygun olan bir birim olup pratikte decibel daha çok kullanılmaktadır.

Neper akımlar oranının tabii logaritmasıdır

$$N = \log_e \left(\frac{I_2}{I_1} \right)$$

Neper ve decibel arasında aşağıdaki formül ilişkisi vardır.

$$dB = 8.686 * N$$

Burda:

dB: Decibel

N: Neper



Örnek:

10 Neper kaçdecibel yapar?

$$dB=8.68*10=86.8$$

10 Neper 86.8 dB yapar

Örnek:

10 decibell kaç neper yapar?

$$N=10/8.68=1.152 \text{ Neper Yapar}$$

2-3 dB Verildiğinde güç oranlarının pratik bulunuşu

Sinyal seviyelerindeki 10 dB lik bir artış oran olarak sinyal gücünün10 ile çarpılması anlamına gelir

Sinyal seviyelerindeki 10 dB lik bir azalma oran olarak sinyal gücünün 10 ile bölünmesi anlamına gelir

Sinyal seviyelerindeki 3 dB lik bir artış oran olarak 2 kat artışa karşılık gelir

Sinyal seviyelerindeki 3 dB lik bir azalma oran olarak sinyal gücünün 2 ile bölünmesi anlamına gelir

örnek: Giriş gücü 3W olan bir sinyal 6 dB kuvvetlendirilirse çıkış gücü ne olur?

çözüm:

3 W önce 3 dB kuvvetlendirilirse 6 W olur. Daha sonra 6W ,3dB kuvvetlendirilirse 12 W olur.

$$6 \text{ dB} = 3 \text{ dB} + 3 \text{ dB}$$

$$\begin{array}{ccc} \downarrow & & \downarrow \\ * 2 & * & 2 = * 4 \end{array}$$

$$\text{Çıkış gücü} = \text{giriş gücü} * 4$$

$$\text{Çıkış gücü} = 3 * 4 = 12 \text{ W}$$

UZUN YOL İLE ÇÖZÜM

$$dB = 10 \log_{10} \frac{P_{\text{çıkış}}}{P_{\text{giriş}}}$$

$$6 = 10 \log_{10} \frac{P_{\text{çıkış}}}{3W}$$

$$0,6 = \log_{10} \frac{P_{\text{çıkış}}}{3W}$$

$$10^{0,6} = \frac{P_{\text{çıkış}}}{3W}$$

$$P_{\text{çıkış}} = 3,98 \cdot 3 = 11,94W$$

ÖRNEK: Giriş gücü 3W olan bir sinyal 16 dB kuvvetlendirilirse çıkış gücü ne olur?

$$16 \text{ dB} = 10 \text{ dB} + 3 \text{ dB} + 3 \text{ dB}$$

$$\begin{array}{ccc} \downarrow & \downarrow & \downarrow \\ *10 & *2 & *2 = *40 \end{array}$$

$$\text{Çıkış gücü} = \text{giriş gücü} \cdot 40$$

$$\text{Çıkış gücü} = 3 \cdot 40 = 120W$$

ÖRNEK: Giriş gücü 3W olan bir sinyal 6 dB zayıflatılırsa çıkış gücü ne olur?

ÇÖZÜM:

3 W önce 3 dB zayıflatılırsa yarıya düşer 1,5W olur. Daha sonra 1,5W ,3dB zayıflatılırsa 0,75W olur.

$$-6 \text{ dB} = -3 \text{ dB} - 3 \text{ dB}$$

$$\begin{array}{ccc} \downarrow & \downarrow & \\ /2 & /2 & = /4 \end{array}$$

$$\text{Çıkış gücü} = \text{giriş gücü} / 4$$

$$\text{Çıkış gücü} = 3 / 4 = 0,75W$$

ÖRNEK: Giriş gücü 3W olan bir sinyal 17 dB kuvvetlendirilirse çıkış gücü ne olur?

ÇÖZÜM

$$17 \text{ dB} = +10\text{dB} + 10 \text{ dB} - 3 \text{ dB}$$

\downarrow \downarrow \downarrow
***10** ***10** **/ 2 = *50**

Çıkış gücü=giriş gücü*50

Çıkış gücü=3*50=150W

2.4 dB Verildiğinde voltaj oranlarının pratik bulunuşu

ÖRNEK:

Giriş voltajı 3Volt olan bir sinyal 6 dB kuvvetlendirilirse çıkış voltajı ne olur?

ÇÖZÜM:

3 Volt ,6 dB kuvvetlendirilirse 6 Volt olur.

6 dB



*** 2**

Çıkış voltajı=giriş voltajı*2

Çıkış voltajı=3*2=6 Volt

ÖRNEK

Giriş voltajı 3Volt olan bir sinyal 14 dB kuvvetlendirilirse çıkış voltajı ne olur?

ÇÖZÜM: 3 Volt ,6 dB kuvvetlendirilirse 6 Volt olur.

14dB= 20dB- 6 dB



***10**

/2 =5



Çıkış voltajı=giriş voltajı*5

Çıkış voltajı=3*5=15 Volt

Haberleşme mühendisliğinde, işaretin gürültüye oranı (SNR), bir telekomünikasyon sistemi tasarlanırken ve sistemin performansını değerlendirmede muhtemelen en çok kullanılan ölçütlerden birisidir. Be nedenle teori ve tasarımda önemli bir parametredir. SNR, belirlenen bant genişliği içerisinde, desibel cinsinden işaret seviyesinin gürültü seviyesinden farkını ifade eder.

Tarihsel olarak desibel terimi ilk olarak telefon tekniğinde kullanılmıştır. O zamandan beri bu terim, tüm haberleşme alanında iletim faktörünü belirlemek amacıyla kullanılmaktadır.

Desibel ölçümünün orijinal tanımı, iki güç seviyesinin karşılaştırılmasına dayanır. Çıkış gücünün giriş gücüne logaritmik oranını 10 katı bize desibel seviyesini verir.

$$G(dB) = 10 \log_{10} G = 10 \log_{10} \frac{P_2}{P_1}$$

G: Kazanç P_2 =Çıkış gücü P_1 =Giriş gücü ifade eder.

Desibel tanımına dikkat edilecek olunursa desibel mutlak bir birim değildir. Bir büyüklüğün bir diğeri ile karşılaştırılmasıdır. Buna göre örneğin, bir işaretin seviyesinin 6dB olduğunu söylemek, referans seviyesi belirtilmedikçe bir anlam ifade etmez. Bununla birlikte 1 miliwatt (mW) referans seviyesi üzerinde 6 dB işaret seviyesi doğru olan bir ifadedir. Hangi referans seviyesine göre desibel ölçümünün yapıldığı kısaltma ile gösterilir.

Üç çeşit referans seviyesi vardır:

- dBm: 1 mW referans alınırsa dBm, güç seviyelerini 1mW seviyesine göre ifade eder. O hâlde dBm güç seviyesi

$$\text{Güç Seviyesi (dBm)} = 10 \log_{10} \frac{\text{Güç (mW)}}{1 \text{ mW}}$$

biçiminde tanımlanır.

- dBW: Vericiler gibi yüksek güçlü uygulamalarda 1 W standart seviye olarak kullanılır. dBW güç seviyelerini 1 W seviyesine göre ifade eder. Buna göre dBW güç seviyesi

$$\text{Güç Seviyesi (dBW)} = 10 \log_{10} \frac{\text{Güç (W)}}{1 \text{ W}}$$

biçiminde tanımlanır.

- dBf: Son zamanlarda geliştirilen diğer bir standart referans seviyesi de çok küçük güç seviyeleri için kullanılır. Bu seviye, 1 femtowatt (fW)'tır, $1 \text{ fW} = 10^{-15} \text{ W}$. Bu seviye için dBf kısaltması kullanılır. Buna göre dBf güç seviyesi fW güç seviyesi

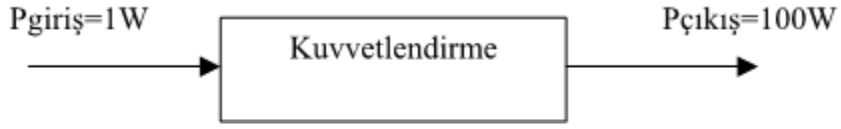
$$\text{Güç Seviyesi (dBf)} = 10 \log_{10} \frac{\text{Güç (fW)}}{1 \text{ fW}}$$

biçiminde verilir.

Sonuç olarak SNR, belirlenen bant genişliği içerisinde, desibel cinsinden işaret seviyesinin gürültü seviyesinden farkını ifade ettiğine göre aşağıdaki formül ile hesaplanabilir.

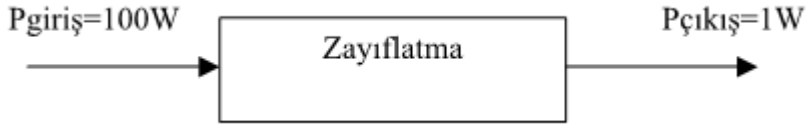
$$SNR_{db} = 10 \log \frac{\text{sinyal gücü (W)}}{\text{gürültü gücü (W)}}$$

1. Örnek: Kuvvetlendirici girişi 1 Watt olan bir sinyal, kuvvetlendirici tarafından 100 Watt'a çıkartılıyorsa kuvvetlendiricinin kazancını dB olarak bulunuz.



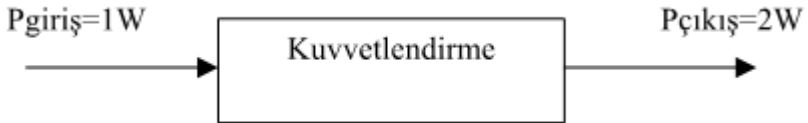
$$10\text{Log}_{10} \frac{100 \text{ Watt}}{1 \text{ Watt}} = 20 \text{ dB}$$

2. Örnek: Zayıflatıcı girişi 100 Watt olan bir sinyal, zayıflatıcı tarafından 1 Watt'a düşürülüyorsa zayıflatmayı dB olarak bulunuz.



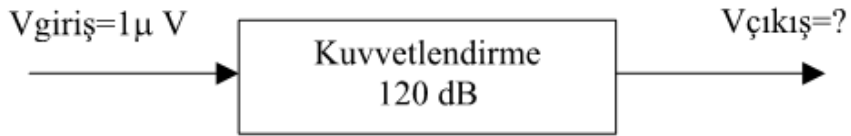
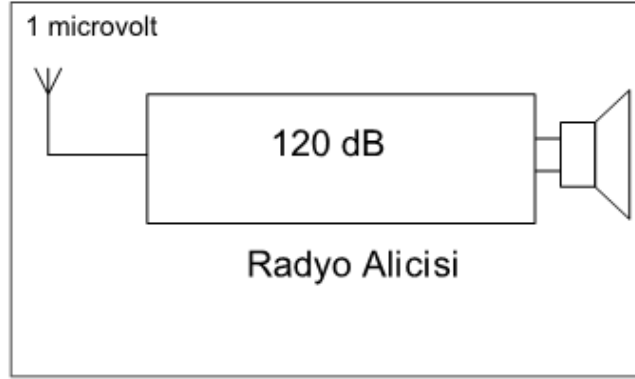
$$10\text{Log}_{10} \frac{1 \text{ Watt}}{100 \text{ Watt}} = -20 \text{ dB}$$

3. Örnek: Bir kuvvetlendiricide çıkış gücü, giriş gücünün 2 katı ise dB olarak kazancı bulunuz.



$$10\text{Log}_{10} \frac{2 \text{ Watt}}{1 \text{ Watt}} = 3 \text{ dB}$$

4. Örnek: Radyo alıcıları seçiciliği ve duyarlılığı olan ortalama 120 dB voltaj kazancı sağlayan yükseltme devreleridir. Bir radyo alıcısının antenine 1 mikrovoltluk bir sinyal geldiğinde hoparlör çıkışındaki voltajı bulunuz.



$$120 \text{ dB} = 20 \text{Log}_{10} \frac{V_{\text{çıkış}}}{1 \text{ mikro Volt}}$$

$$6 \text{ dB} = \text{Log}_{10} \frac{V_{\text{çıkış}}}{10^{-6} \text{ Volt}}$$

$$10^6 = \frac{V_{\text{çıkış}}}{10^{-6} \text{ Volt}}$$

$$V_{\text{çıkış}} = 10^6 * 10^{-6}$$

$$V_{\text{çıkış}} = 1 \text{ Volt}$$