

# BÖLÜM 1

## TEMEL KAVRAMLAR

### Bölümün Amacı

Öğrenci, Haberleşme sistemlerinin kazanç, kayıp ve güç düzeyi tanımında kullanılan logaritmik birimleri, iletişimi olumsuz etkileyen gürültü ve bozulma (distortion) kaynaklarını ve etkilerini tanıyabilecektir. Herhangi bir Analog sinyalin farklı sinüsoidal harmoniklerin toplamından oluştuğunu öğrenecektir.

### Öğrenme Hedefleri

Öğrenci,

1. Kazanç ve kaybın tanımında kullanılan logaritmik birimlerden, Bell, Desibell (dB), Neperi anlar ve sistem analizinde kullanır.
2. Mutlak güç tanımı olan, Bir miliwata oranlanmış desibell'i (dBm) anlar, ölçer ve sistem analizinde kullanır.
3. Haberleşme sisteminde karşılaşılan gürültü, bozulma (distortion) zayıflama, band genişliği, gürültü ve diyafoni gibi kavramları açıklar.
4. Gürültüyü kaynağına göre dahili ve harici gürültü olarak iki gruba ayırır; ne olduklarını açıklar.
5. Basit bir kare dalganın fourier dönüşümünü yaparak, 1, 3, 5, 7,... gibi tek sayılı sinüs harmoniklerinin toplamından oluştuğunu matematiksel tabanda açıklar

## 1. TEMEL KAVRAMLAR

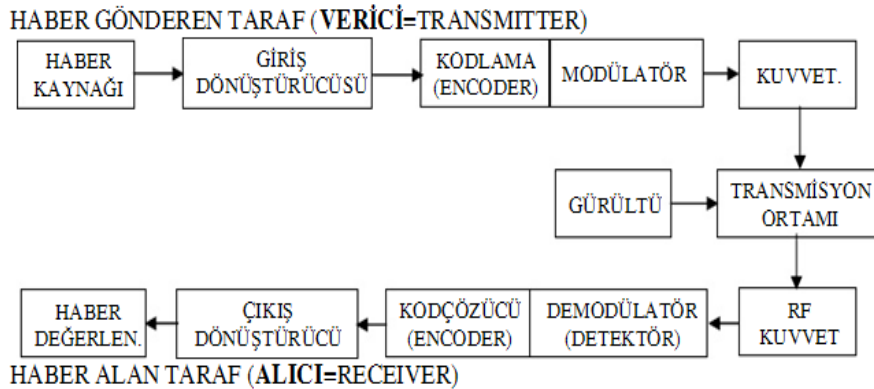
### 1.1. Haberleşme

Anlamli bir bilginin karşılıklı alış verişine haberleşme denir. Teknolojinin hızla ilerlemesi, elektronik medya, internet ve kablosuz iletişimin de yaygınlaşmasıyla elektronik cihazlarla haberleşme, günümüzde iletişim kavramına küresel bir anlam katmış ve iletişimin büyük bir kısmı artık elektronik ortamda yapılır hale gelmiştir. Elektronik anlamda haberleşme, belirli mesafeler üzerinden, çeşitli cihazlar kullanılarak bilgi aktarımının yapılması işidir.

Haberleşme sistemleri istenilen haberleşme türüne göre tasarlanır. Çeşitli haberleşme türlerine şu örnekleri verebiliriz.

- Birbirinden uzakta A ve B kişileri birbirlerine bir bilgi göndermek isterse, HAT adı verilen bir bilgi iletim kablosu kullanabilir.
- Birbirleriyle konuşmak isteyecek binlerce kişi varsa, bir veya birkaç merkezi anahtarlama istasyonu bulunan bir telefon sistemi kullanılabilir.
- Kısa uzaklıklar içinde birbirlerine bilgi iletmek isteyen az sayıda kullanıcı varsa ve bunlar sürekli yer değiştiriyorlarsa, telsiz sistemi kullanılabilir.
- Çok sayıda kullanıcıya bilgi göndermek isteyen tek bir kaynak varsa, bir radyo veya televizyon sistemi kullanılabilir

Bir bilginin bir yerden alınıp başka bir yere iletimi için kullanılan haberleşme sistemi, haberin cinsine, haberleşmenin çeşidine göre değişik olmakla beraber, genel prensip olarak şekil 1.1. deki blok yapıyı genel haberleşme sistemini tanımlamak için verebiliriz.



şekil 1.1.1. Genel haberleşme sistemi blok yapısı

Tam, kesintisiz ve yüzde yüz iletişim için iletişim engellerinin aşılması gerekir. İletişim engelleri:

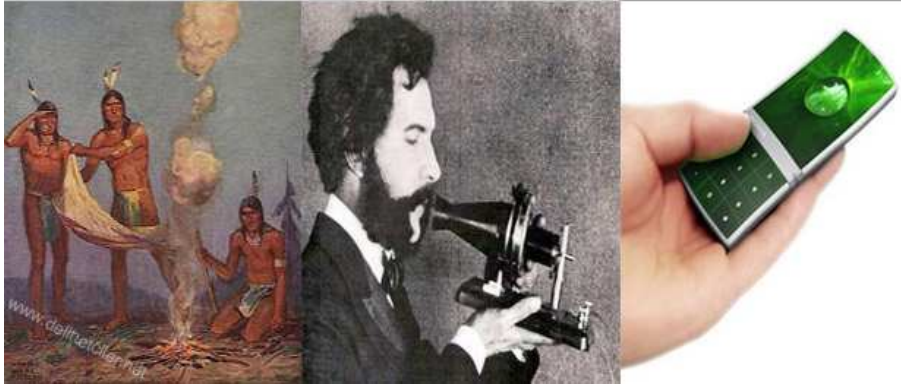
- mesafe
- iletim ortamı zayıflatmaları
- teknolojiyi takip için yeterli para
- dil ve kültürel farklılıklardır

Uzun mesafeler üzerinden haberleşebilmek için gerekli teknik donanımın sağlanması telekomünikasyonun yani haberleşmenin konusudur. Telekomünikasyon (uzak iletişim), Fransızca *télécommunication* sözcüğünden geçmiştir. Bu kelimenin kökeni ise Yunancadaki "tele" ile Latincedeki "communicare" nin birleşimidir. Duyum, yazı, resim, simge ya da her çeşit bilginin tel, radyo, optik ile başka elektromanyetik dizgelerle iletilmesi, bunların yayımı ya da alınması anlamına gelmektedir.

## 1.2. Elektronik-Haberleşmenin Tarihçesi

İnsanoğlu geçmişten günümüze başka insanlarla değişik yollar kullanarak iletişim kurmaya çalışmıştır. Zaman içerisinde iletişim insanoğlunun zorunlu ihtiyaçlarından birisi haline gelmiştir. İnsanlar bu zorunlu ihtiyaçlarını gidermek ve kolaylık sağlamak için zaman içerisinde sürekli gelişme göstermişlerdir.

İnsanoğlunun iletişim konusunda göstermiş olduğu bu sürekli gelişimi ana hatlarıyla incelediğimizde aşağıdaki tarihsel akış karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 1.2.1. İletişim Araçlarının Gelişimi

- İnsanlığın ilk dönemlerinde iletişimde önce ses vardı. Bu nedenle konuşmak haberleşmenin başlangıcını oluşturmuştur. İnsanların ilk başlarda çıkardıkları sesler rastgele, doğayı ve daha çok hayvanları taklit ederek çıkardıkları seslerdi. Zaman içerisinde belli konuları anlatabilmek için aynı sesleri kullanılarak dilin ortaya çıkmasını sağladılar. Sesin yanı sıra kullandıkları bazı bedensel hareketlerle işaretleri de unutmamak gerekir.
- Yontma Taş Devri'nde ateşin icat edilmesi ve bu dönemden itibaren ateş ve dumanın haberleşme araçları olarak kullanılması iletişimi biraz daha geliştirdi. Taş Devri'nin genelinde mağaralara çizilen resimler de birer iletişim aracı olarak sayılabilir.
- Cilalı Taş Devri'nden itibaren yerleşik hayata geçilmesi ve ticaret etkinliklerinin başlaması da iletişimi geliştirmiştir.
- Yaklaşık olarak M.Ö.3600'de Sümerlerin yazıyı icat etmesi İletişim konusundaki çalışmaları kolaylaştırmış ve geliştirmiştir.
- M.Ö 3000 civarında Mısırda HİYOROGLİF adı verilen yazı sistemi bulundu. Bu yazılar insan hayvan ve eşya şekillerinden ve bazı sembollerden oluşmaktaydı. Mısırlılar yine aynı dönemde Papirüs denilen bitkiden kağıt elde etmeyi başardılar.
- Fikirleri resim yoluyla ifade etmek alfabenin icadına yol açtı. M.Ö 1300 Civarında Mezopotamya'da ( Bugünkü Suriye ve Irak toprakları) Fenikeliler tarafından ilk alfabenin kullanıldığı bilinmektedir.
- \*Yazının ve alfabenin icadından sonra geniş ülkelere sahip milletler(Asur, Hitit, Babil, Persler vb.) uzaktaki insanlarla haberleşme ihtiyaçları duymuşlar ve bunun üzerine Posta Teşkilatları kurmuşlardır. Bu posta Teşkilatlarında insanların yanı sıra Atlar at arabaları ve Posta güvercinleri de kullanılmıştır.
- M.S 1045 Mısırlılar tarafından bulunan papirus adlı kağıdı geliştiren Çin'de ilk kez Pi Sheng (960-1297) adlı mucit matbaa harflerini icat etmiş ve kitap basmıştır. Matbaa Çinlilerden Uygurlara geçmişlerdir. Uygurların IX. y.y'dan

itibaren baskı yaptığı bilinmektedir. (Tun-Huang mağarasındaki buluntular.) Daha sonraları 1448'de Avrupa'da Gutenberg (1398-1468) adlı mucit matbaa makinasını icat etmiştir.

- 1819 yılında Danimarkalı OERSTED adındaki bilim adamının elektromanyetik akımı keşfetmesiyle günümüzde kullanılan modern iletişim araçlarının temel çalışma prensipleri doğmuştur
- 1826 da günümüzde en yaygın iletişim araçlarından biri olan Fotoğrafı Fransız NIEPCE tarafından bulunmuştur.
- Fransız Claude Chappe 1793 yılında uzak mesafelerle haberleşmeyi sağlayan bir araç geliştirdi ve adını Telgraf koydu. 1837'de ise İngiliz COOKE ve WHEATSTONE ilk elektrikli telgrafı icat ettiler.
- 1843 de Amerikalı bilim adamı Samuel MORS, (.) ve (-) 'lerden oluşan MORS alfabetini icat etmiştir. Böylece Fransızcada Uzaktan yazma denilen Tele-Graph : Telgraf aleti herkes tarafından kolay kullanılır hale gelmiştir.
- 1867 yılında Amerikalı politikacı ve mucit SHOLES ilk daktilo makinasını icat etmiştir. Bu makina yazıyla iletişimde devrim yaratmıştır.
- 1876 Yılında Amerika'da sağır okullarında öğretmenlik yapmakta olan ve bu arada ses üzerine araştırmalar yapan İskoçya asıllı araştırmacı A.Graham BELL elektrik telleri üzerinden ilk insan sesini iletmeyi başarmış ve bu aletin adına Tele-Phone : Telefon yani uzaktan konuşma adını vermiştir. BELL ile yardımcısı Watson arasında 10 Mart 1876 da odadan odaya gerçekleşen bu buluş modern iletişimin başlangıcı sayılmaktadır.
- 1877 yılında Amerikalı araştırmacı EDİSON FonoGraf denilen ve ses kaydetmeye yarayan ilk aleti icat etmiştir. İlk kez köpeğinin sesini kaydettiği bu cihaz günümüzde kasetçaların ve CD çaların temelini yaratan buluş olmuştur.
- 1894 de Fransız LIMUERE kardeşler İlk sinema makinasını icat etmişlerdir. Böylece görüntünün kayıt edilmesi,

saklanması ve yeniden gösterilmesi mümkün hale gelmiştir. Bu buluş iletişimde devrim sayılmaktadır.

- 1896 yılında İtalyan Guglielmo MARCONİ ilk mors alfabesiyle yaptığı Radyo yayınına başlamıştır. (Daha sonra 1901'de ilk okyanus aşırı radyo yayını yapılmıştır . 1907 Yılında ise Kanadalı FESSENDEN adındaki ilim adamı insan sesiyle ilk radyo yayınına başlamıştır)
- 1922 yılında KORN adlı Alman bilim adamı elektrik tellerinden fotoğraf gönderebilen ilk faks makinasını icat etmiştir.
- 1926 yılında Logie BAIRD adındaki İskoçyalı bilim adamı insan yüzünün görüntüsünü radyo dalgalarıyla çok uzaklara gönderebilen ve Tele-Vision: Televizyon denen ve uzaktan görme anlamına gelen aleti icat etmiştir.
- 1936 yılında İngiltere'de İlk kez siyah beyaz TV yayınları BBC tarafından başlatılmıştır.
- 1938 yılında CARLSON adındaki Amerikalı bilim adamı PhotoCopy : Fotokopi cihazını icat etmiştir.
- 1946 yılında Amerikalı J.ECKERT ve arkadaşı MAUCHLY adlı bilim adamları askeri amaçlı hesaplar yapmak için dünyanın ilk bilgisayarını icat etmişlerdir. ENIAC adını verdikleri bu bilgisayar 30 ton ağırlığında ve 4 apartman dairesi büyüklüğünde olup içinde 18 000 elektronik tüp (Lamba) bulunmaktaydı. Bu alet günümüzde kullanılan modern bilgisayarların babası sayılmaktadır.
- 1962 yılında Amerikalılar dünyanın ilk iletişim uydusu olan TELSTAR'ı uzaya fırlatmışlardır. Bu uyuyla kıtalar arası Telefon konuşmaları Telefaks Teleks haberleşmeleri ve TV - Radyo yayınları yapılması olanaklı hale gelmiştir.
- 1970'li yıllarda Amerika'da üniversiteler arası bilgi iletişimde kullanılmak üzere ARPA denilen yeni bir iletişim sistemi gerçekleştirilmiştir. Bu sistemle ayrı şehirlerdeki bilgisayarların birbirlerine bağlanabilmeleri mümkün olmuştur. 1974'de bu iletişime standart getirilmiş ve adına TCP/IP protokolu denmiştir. Aynı yıllarda Amerika'da IBM şirketi bilgi depolamada ve bunun farklı makinalarda

kullanılmasını sağlayan ve Floppy denilen disketleri icat etmiştir.

- 1981’de Amerika’da IBM şirketi İlk kişisel bilgisayar denilen ve bugün iletişimde devrim sayılan ve PC adını verdiği bilgisayarı üretmeye başladı
- 1982’de Hollandalı PHİLİPS ve Japon SONY şirketleri Compact Disk ( CD ) denilen aleti üretmişlerdir Bu cihazlar çok düşük seviyeli LAZER ile çalışmaktadırlar
- 1983’de Amerikalı MikroSoft firması günümüzde de hala kullanılmakta olan ve iletişimde çığır açan Windows adını verdiği yazılım sistemini icat etmiştir.
- 1985 yılında Amerika’da kullanılmakta olan ARPA iletişim sisteminin adı INTERNET adıyla değiştirilmiştir. İnternet bilgi otobanı anlamına gelmektedir.
- 1990 yılında yaşadığımız çağa adını veren ve iletişimde bu gün son nokta olan WWW yani World Wide Web icat edilmiştir.
- 1990’da ilk kez yüksek netlikte televizyon (HDTV) yayını yapıldı.

Türkiye’ de Telekomünikasyon Tarihçesi

- **23 Ekim 1840:** Bugünkü Türk Telekom’un Postahane-i Amirane adıyla Sultan Abdülmecit tarafından atıldı.
- **9 Ağustos 1847:** İlk telgraf alma-çekme işleminin başarıyla gerçekleştirilmesi üzerine ilk telgraf hattının İstanbul-Edirne arasında döşenmesine başlandı.
- **Temmuz 1881:** İstanbul Soğukçeşme’deki Posta ve Telgraf Nezareti binasıyla Yeni Cami’deki postane arasında tek telli bir telefon çekildi.
- **3 Mayıs 1909:** İlk manuel telefon santrali, İstanbul Büyük Postane binasında 50 hatlık olarak tesis edildi.
- **4 Şubat 1924:** 406 sayılı Telefon ve Telgraf Kanunu ile yurdun her tarafında telefon tesis etme ve işletme görevi PTT Genel Müdürlüğü’ne verildi.
- **11 Eylül 1926:** Türkiye’nin ilk otomatik telefon santrali, 2000 hatlık kapasiteyle Ankara’da hizmete verildi.

- **1 Eylül 1929:** Tek devreli ilk şehirlerarası haberleşmesi Ankara-İstanbul arasında gerçekleştirildi.
- **1940:** Ankara-İstanbul arasında tesis edilen 2 adet tek kanallı havai hat çoklayıcı sistemi haberleşmede eskiye göre büyük kolaylık sağladı.
- **Kasım 1973:** İlk otomatik teleks santrali kuruldu.
- **6 Nisan 1976:** Antalya-Catania arasında toplam 480 kanallı ilk denizaltı koaksiyel kablosunun hizmete verilmesiyle, çok kanallı yurtdışı haberleşmesi sağlandı.
- **23 Nisan 1979:** İlk uydu haberleşme yer istasyonunun hizmete verilmesiyle INTELSAT üzerinden Atlantik bölgesi uyduları kullanılarak 13 ülke ile haberleşme sağlandı
- **Mart 1982:** Şehirlerarası ve milletlerarasına açık ankesörler kurulmaya başlandı.
- **28 Haziran 1984:** Ankara, İstanbul, İzmir ve Adana illeri arasında elektronik mektup hizmeti vermeye başlandı.
- **5 Temmuz 1984:** Bir sistem üzerinden çok sayıda köyü otomatik telefon şebekesine bağlayacak multi access özel radyo link sistemi tesis edildi.
- **18 Aralık 1984:** Türkiye'nin ilk sayısal telefon santrali, Ankara Kavaklıdere'de hizmete verildi.
- **10 Nisan 1985:** Haberleşmede kanal kapasitesini artıran fiber optik kablo, ilk kez Ankara(Ulus)-Gölbaşı Uydu yer merkezi arasında yeraltında döşenerek 1310 nm dalga boyunda 140 Mb/s'lik sistem hizmete verildi.
- **Kasım 1985:** İlk sayısal radyolink sistemi Ankara-İstanbul arasında hizmete verildi.
- **23 Ekim 1986:** Mobil telefon, Ankara ve İstanbul'da; çağrı cihazları da Ankara, İstanbul ve İzmir'de hizmete verildi.
- **4 Mart 1987:** Avrupa'da ilk olarak uydu sistemi üzerinden video konferans ülkemizde gerçekleştirildi.
- **15 Temmuz 1987:** İller arasına fiber optik kablo, ilk kez Aydın-Denizli arasında havai olarak döşendi.
- **Aralık 1988:** İlk olarak Ankara, Çankaya'da Kablo TV hizmeti vermeye başlandı.
- **1989:** DPN modülleri kullanılarak ilk Paket Anahtarlamalı Data Şebekesi olan TURPAK kuruldu. Şebeke üzerinden X.25, ITI, SNA servisleri vermeye başlandı.

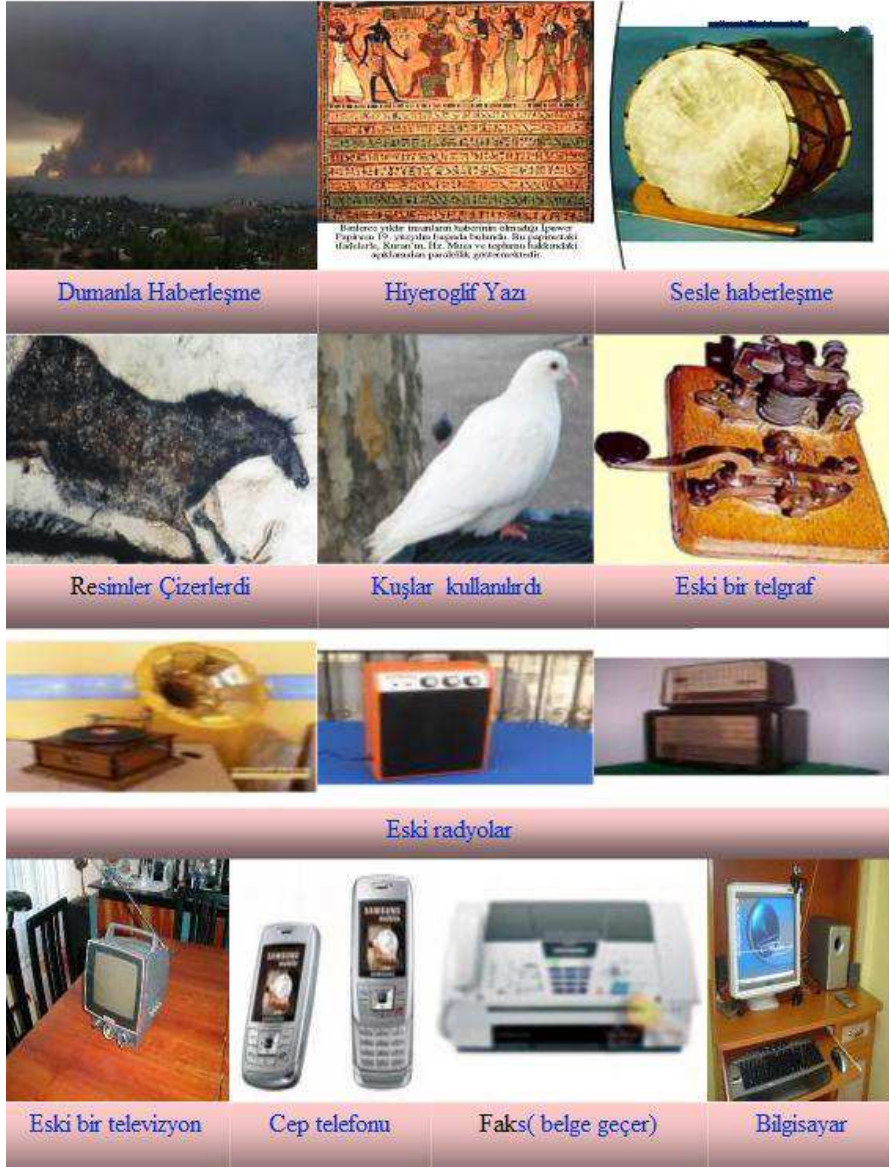


- **21 Aralık 1990:** Fransız Aerospatiale firması ile “TÜRKSAT Milli Haberleşme Uyduları” sözleşmesi imzalandı.
- **24 Aralık 1990:** EMOS 1 projesiyle, İtalya-Yunanistan-Türkiye-Ortadoğu arasında fiber optik denizaltı kablosu üzerinden haberleşme sağlandı.
- **1991:** Kırsal alan santrallerinin transmisionunu sağlamak üzere düşük kapasiteli sayısal radyolink sistemleri servise vermeye başlandı.
- **23 Şubat 1994:** Türkiye GSM teknolojisiyle tanıştı. Haberleşmede sınır tanımayan GSM ilk kez Ankara, İstanbul ve İzmir’deki abonelerine hizmet vermeye başladı.
- **Nisan 1994:** Özel bir santralin (PABX) sağladığı tüm özellikleri Ulusal Telefon Şebekemiz üzerinden sağlayan Centrex telefon hizmeti vermeye başlandı.
- **11 Ağustos 1994:** Türkiye’nin ilk uydusu TÜRKSAT uzaya fırlatıldı.
- **1994:** TURMEOS-1 (Türkiye Marmara Ege Optik Sistemi)
- ve TURCYOS (Türkiye-Kuzey Kıbrıs Denizaltı Fiber Optik Kablosu) hizmete verildi.
- **24 Nisan 1995:** PTT’deki telekomünikasyon ve posta hizmetlerinin birbirinden ayrılmasıyla Türk Telekomünikasyon A.Ş. kuruldu.
- **1996:** Türkiye-İtalya-Ukrayna-Rusya’yı kapsayan ITUR Denizaltı Fiber Optik Kablo Sistemi servise verildi.
- **1996:** Türk Telekom abonelerinin ödemelerini anlaşmalı bankalar, PTT merkezleri ve Türk Telekom tahsilat merkezlerinden, on-line olarak yapmalarına imkan sağlayan Merkezi Tahsilat Sistemi hizmete verildi.
- **1996:** Passport modüllerinin ilavesiyle TURPAK şebekesi üzerinden yüksek hızlı veri iletimi sağlayabilen Frame Relay ve ATM servisleri devreye verildi.
- **12 Nisan 1996:** Ses, veri ve görüntü iletim altyapısını teşkil eden, santraller arası bir işaretleme sistemi olan NO 7 Türkiye’ye merhaba dedi.
- **10 Temmuz 1996:** Türkiye’nin ikinci uydusu TÜRKSAT 1C uzaya fırlatıldı
- **1996:** Türkiye Ulusal İnternet Altyapı Ağı (TURNET) hizmete verildi.
- **7 Kasım 1996:** Türksat uydularını üreten Aeorspatiale ve Türk Telekom ortaklığıyla kurulan Eurasiasat’in kuruluş anlaşması imzalandı.

- **Kasım 1996:** Yüksek hızlı veri iletimine olanak sağlayan Frame Relay hizmeti devreye sokuldu.
- **1997:** Türkiye'deki tüm üniversiteleri TURPAK şebekesi üzerinden birbirine bağlayan Ulusal Akademik Ağ (ULAKNET) projesi hayata geçirildi.
- **Nisan 1997:** Ses frekans kablosu şebekesinin daha optimum bir şekilde kullanılması amacıyla sayısal hat çoklayıcı sistemlerin kullanımına başlandı.
- **1997:** KAFOS (Karadeniz Fiber Optik Sistemi) ve TBL (Transbalkan Linki Karasal Fiber Optik Sistemi) hizmete verildi.
- **1998:** Peşin ödemeli kart, ülkemizde Küresel Kart adıyla hizmete verildi.
- **27 Nisan 1998:** GSM lisansı, 25 yıllığına Turkcell ve Telsim şirketlerine devredildi.
- **28 Ağustos 1998:** İnternet erişimini Türkiye geneline yaymak, hızlı ve kaliteli hizmet sunabilmek amacıyla yeni adıyla TTNetwork eski adıyla TNet ulusal internet altyapı ağına ilişkin sözleşme imzalandı.
- **Şubat 1999:** Klasik telefon ve diğer darbantlı servislerin verilmesi için, santralden saha dolabına kadar tesis edilen Fiber Optik kablo üzerinden çalışan erişim çoklayıcı sistemlerin kullanımına başlandı.
- **Temmuz 1999:** Lokal santrala kablosuz erişim sağlayan KTS (Kablosuz Telefon Sistemi) sistemleri servise verilmeye başlandı. Türk Telekom operatör aracılığı ile verilmekte olan 115, 121, 122, 123, 126, 131, 163 v.b. hizmetleri Sesli Yanıt Sistemi üzerinden verilmeye başladı. Kablo TV üzerinden Kablo İnternet uygulamaları başlatıldı.
- **29 Ocak 2000:** Türk Telekom, 23948 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan 4502 sayılı Kanun ile KİT statüsünden çıkarılarak özel hukuk hükümlerine tabi anonim şirket oldu.
- **Kasım 2000:** Altyapısı Türk Telekom tarafından sağlanan Türkiye çapındaki saymanlıkların günlük çalışmalarının bilgisayar yardımıyla yapılması ve devlet hesaplarının günlük olarak izlenebilmesi amacıyla oluşturulan SAY2000 Projesi ülke genelinde uygulamaya konuldu.
- **11 Ocak 2001:** Türk Telekom ve Alcatel ortaklığı ile kurulan EURASIASAT şirketi tarafından yaptırılan TÜRKSAT 2A uydusu Güney Amerika'daki Kourou Üssü'nden uzaya fırlatıldı.

- **Mayıs 2001:** Sabit telefonlardan CLIP (Arayan Numaranın Görülmesi) ve CLIR (Arayan Numaranın Görülmemesi) özelliği hizmete verildi.
- **Haziran 2001:** İl Milli Eğitim Müdürlüklerinin çalışmalarının bilgisayar ortamında yapılması ve İnternet erişimlerinin sağlanması için İLSİS Projesi hayata geçirildi.
- **2002:** Yalova ve Balıkesir İl Telekom Müdürlükleri'nde Toplam Kalite Yönetimi (TKY) pilot proje uygulamaları başlatıldı.
- **1 Şubat 2002:** Türk Telekom, Uluslararası Telekomünikasyon Birliği'ne (ITU) ve işletmeci şirket olarak, sektör bazında Radyokomünikasyon ITU-R, Standardizasyon ITU-T, Geliştirme ITU-D kuruluşlarına üye oldu.
- **Mart 2002:** Altyapısı Türk Telekom'ca sağlanan nüfus işlemlerinin bilgisayar ortamında yapılması için oluşturulan MERNİS Projesi uygulamaya konuldu.
- **Nisan 2003:** SDH (Synchronous Digital Hierarchy) tabanlı sayısal radyo sistemleri servise verilmeye başlandı.
- **Ekim 2003:** Deneme amaçlı ilk Metro Ethernet uygulamaları başlatıldı.
- **Aralık 2003:** 42500 okulun ADSL hizmeti ile internete bağlanması için Milli Eğitim Bakanlığı ile ortak proje başlatıldı.
- **2004:** Türk Telekom'un GSM Operatörü Aycell ile İŞ-TİM'in birleşmesi sonucu kurulan TT&TİM İletişim Hizmetleri A.Ş."Avea İletişim Hizmetleri A.Ş." ticari ünvanı ile 19 Şubat 2004 tarihinde resmen kuruldu.
- **17 Mayıs 2004:** Telekomünikasyon Kurumu tarafından UMTH'ye yönelik 2. Tip telekomünikasyon lisansları verilmeye başlandı. UMTH konusunda lisans alan firmalar ile Türk Telekom arasında "C Tipi UMTH'ye İlişkin Ara bağlantı Sözleşmesi" imzalanmaya başlandı.
- **18 Mayıs 2004:** İstanbul Türkiye ve Katanya (İtalya) arasındaki MEDTÜRK Denizaltı Fiber Optik Kablo Sistemi hizmete verildi.
- **Haziran 2004:** TTKart olarak adlandırılan Ön Ödemeli Kart hizmete sunuldu.
- **2004:** Bilinmeyen Numaralar Hizmetinin yanı sıra Danışma ve Katma Değerli Hizmetlerin verilmesi planlanan Operatörlü Çağrı Merkezi hizmete sunuldu.

- **2004:** Türk Telekom'un ulusal ve uluslararası uydu haberleşmesiyle ilgili tüm hak ve sorumlulukları, 16.06.2004 tarihli 5189 nolu yasa ile kurulan TÜRKSAT Uydu Haberleşme ve İşletme Anonim Şirketi'ne (TÜRKSAT A.Ş.) devredildi.
- **Haziran 2004:** Yalova ve Balıkesir İl Telekom Müdürlükleri ISO 9001:2000 Kalite Yönetim Sistemi belgesi aldı.
- **22 Temmuz 2004:** Türksat Uydu Haberleşme ve İşletme Anonim Şirketi (Türksat A.Ş.) kuruldu. Türk Telekom'dan ayrı bir şirket olarak faaliyetine başladı.
- **2004:** Kamu ve özel kuruluşların İnternet Veri Merkezi ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla, Web Hosting, Mail Hosting ve Co-location gibi katma değerli IDC hizmetlerinin verilebileceği TTIDC kuruldu.
- **2004:** Resmi kurum ve kuruluşlar ile kurumsal müşterilerin yurt çapındaki birimlerinin noktadan noktaya data transferlerini sağlamak için noktadan noktaya DSL hizmetleri vermeye başlandı.
- **2004:** TURPAK şebekesinden yüksek hızlı Frame Relay ve ATM hizmetleri tüm illerde verilir hale getirildi.
- **25 Ocak 2005:** 2005/8409 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile T.C. e-Devlet Kapısı'nın kurulması görev ve sorumluluğu Türk Telekom'a verildi.
- **Şubat 2005:** TTwinet-Kablosuz İnternet Servisi hotspot olarak isimlendirilen (oteller, havaalanları, alışveriş merkezleri, kafeler, restoranlar, fuar merkezleri, üniversiteler v.b.) 160 yerde hizmete verildi.
- **14 Kasım 2005:** Türk Telekom'un özelleştirilmesi çalışmaları tamamlanarak, yüzde 55'i Oger Ortak Girişim Grubu'na devredildi.

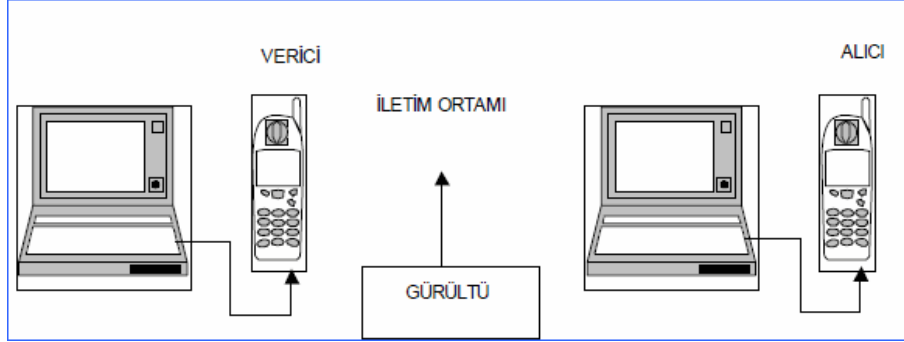


Şekil 1.2.2. Eski Haberleşme Araçları

İletişim teknolojisi, günümüzde Uzay teknolojisine bağlı olarak gelişme göstermektedir. Uzay teknolojisinin gelişmesi İletişim teknolojisine olumlu yönde yansımaktadır. Günümüzde kitle iletişim araçları içerisinde en etkili olanları hem çok yaygın olmaları hem de birden fazla duyu organımıza hitap etmeleri nedeniyle İnternet ve Televizyon'dur.

### 1.3. Haberleşme Sisteminin Başlıca Elemanları

Tüm haberleşme sistemleri aşağıda gösterilen forma sahip olup, temel olarak şu öğelerden oluşur: Veriyi gönderen kaynak (verici), veriyi ileten haberleşme kanalı (iletim ortamı), İletim ortamından kaynaklanan bozulmalar ve gürültü ve veriyi alan hedef (alıcı)



Şekil 1.3.1. Haberleşme Sisteminin Elemanları

#### 1.3.1. Verici

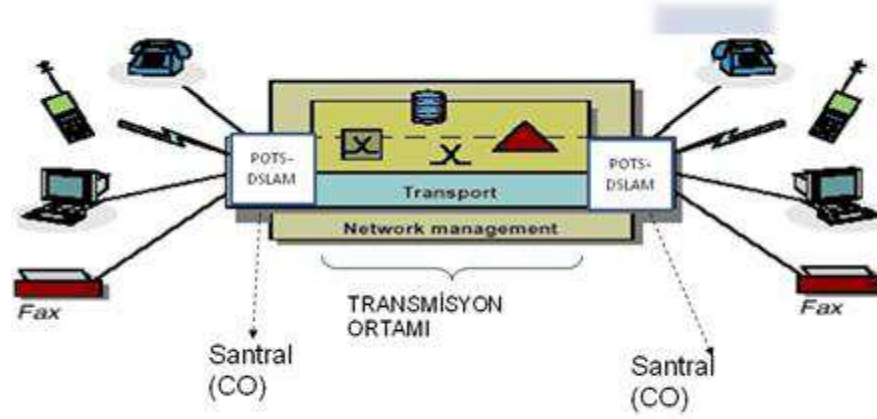
Vericiler, Elektromanyetik dalgaları antenden yayın yolu ile göndermek üzere yüksek frekanslı enerji üreten elektronik cihazlardır. Kullanılış gayelerine göre çok çeşitli güç ve tipte yapılırlar. Vericilerin temel görevi antene belirli bir frekansta güç sağlamak ve bu yolla meydana getirilen elektromanyetik dalgalar yardımıyla bilgi iletmektir. Vericiler işareti elektronik olarak ortamda iletilecek şekle forma çevirirler.

Günümüzde verici sistemlerinin cihazlarının çıkışındaki güç genellikle 1 W ile 1 MW arasında değişmektedir. Gerçekte bu güç anten sistemine verilen güçtür. Ancak anten sistemi bu gücü her yöne eşit olarak dağıtmaz. Telsiz vericileri 2W-600 W, radyo vericileri 1000 W-10KW, baz istasyonları 25W-75W, cep telefonu 3W (beklemede 500 mw) çıkış gücüne sahiptirler.

#### 1.3.2. İletim Ortamı

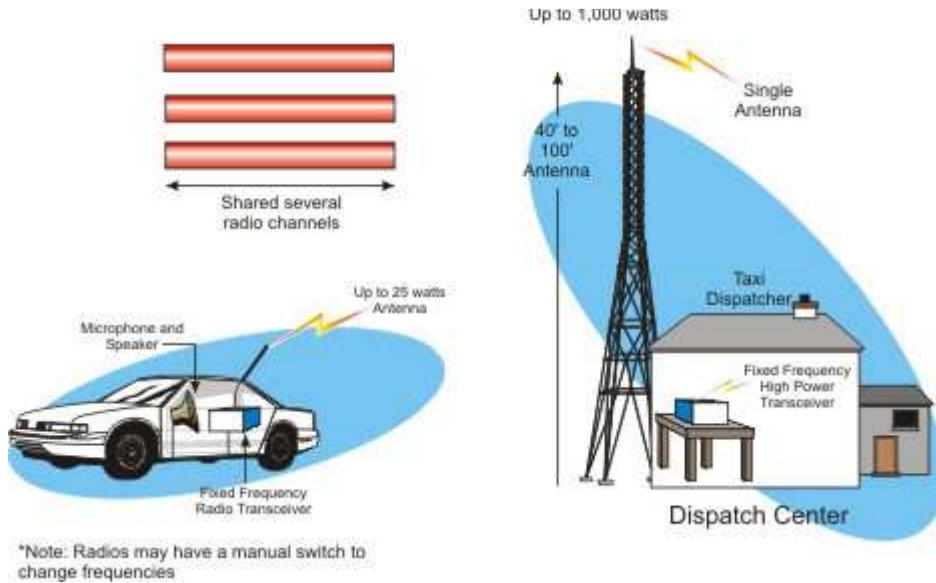
Verici tarafından iletme hazır hale getirilen sinyalin gönderildiği ortamdır. İletim ortamları kılavuzlu (kablolu) veya kılavuzsuz (kablosuz olmak) olmak üzere ikiye ayrılır.

- ❖ **Kılavuzlu iletim ortamı:** Bakır kablo, bükümlü kablo, koaksiyel kablo, fiber optik kablo, mikrodalga kılavuzu gibi kablolu ortamları ifade eder. Veri iletişimi sadece bu kabloların bağlı olduğu cihazlar arasında olur.



Şekil 1.3.2.1. Örnek Kablolu İletim Ortamı ve Elemanları

- ❖ **Kılavuzsuz iletim ortamı:** Hava, su, boşluk gibi doğal ortamlardır. Bu ortamlarda iletilen veri uygun alıcı cihaz kullanılarak radyo ve televizyon yayınlarında olduğu gibi herkes tarafından alınabilir.



Şekil 1.3.2.2. Örnek Kablosuz İletim Ortamı ve Elemanları

### ***1.3.2.1. İletim Ortamından Kaynaklanan bozulmalar ve gürültü***

Boşlukta yayılan bir elektromanyetik dalganın üretildiği kaynaktan uzaklaştıkça aradaki mesafenin karesiyle ters orantılı olarak azalır. Ayrıca, elektromanyetik dalgalar, alıcıdan vericiye ulaşana kadarki mesafede meydana gelebilecek, kırılma, saçılma, girişim ve emilim gibi nedenlerden ötürü de enerji kaybına uğrarlar. Zayıflamaya ilaveten elektriksel gürültü, dalga girişimi ve çoklu yol etkisi gibi faktörler de taşınan sinyalin kısmen veya tamamen bozulmasına neden olabilir. Alıcı veya gönderici tarafına yakın olan sargılı motorlar ve enerji hatları başlıca elektriksel gürültü kaynaklarıdır. Ortamdaki elektriksel gürültü oranının yüksek olması sinyalimizin bozulmasına sebep olabilir.

İletim ortamındaki bozucu etkenler nedeniyle, iletişim sistemlerinde alınan sinyal gönderilen sinyale göre farklılıklar içerir. Bu farklılıklar, analog sinyaller için sinyal kalitesinin bozulmasına, sayısal sinyaller için bit hatalarının oluşmasına (1 bitin 0 bite dönüşmesi ya da tersi) sebep olur. En önemli bozucu etkenler şöyle sıralanabilir:

#### ***1.3.2.1.1. Zayıflama ve zayıflama bozulması (attenuation and attention distortion) :***

Zayıflama, sinyalin iletim ortamında ilerlerken (yayılırken) gücünün azalmasıdır. Buna iletim kaybı (transmission loss) da denir. İletim uzaklığı arttıkça ve frekans yükseldikçe sinyalin iletim ortamında uğradığı zayıflama artar. Kablo gibi kılavuzlu iletim ortamlarında (guided media), birim uzaklık için zayıflama (kayıp) desibel (dB) türünden sabit bir değerdir. Atmosfer gibi kılavuzsuz iletim ortamlarında (unguided media) zayıflama ile uzaklık ve atmosferin yapısı arasında daha karmaşık bir ilişki vardır. İletim ortamı olarak atmosferin kullanıldığı durumlarda, yağmur ve kar yağışları zayıflamayı artıran etkenlerdir.

İletim ortamında yayılan sinyalin yüksek frekans bileşenleri alçak frekans bileşenlerine göre daha fazla zayıflar. Böylece, alınan sinyalin dalga şeklinde bozulmalar olur. Bu tür bozulmaya zayıflama bozulması (attenuation distorsion) denir. Zayıflama bozulması sonucunda, sinyalin taşıdığı mesajın anlaşılabilirliği azalır.



### **1.3.2.1.2. Zayıflama Gecikme distorsiyonu (dispersiyon) bozulması:**

Sinyali oluşturan farklı frekansların veya fiber optik kablo içindeki ışık ışınlarının farklı yollar takip etmesi sebebiyle hedefe farklı zamanlarda varmasının sonucu olarak işaret şeklinin değişmesi

### **1.3.2.1.3. Gürültü (noise)**

Gönderilen asıl sinyali bozan ve sisteme istem dışı dahil olan herhangi bir enerjidir. Güneş ışığı, floresan lamba, motor ateşleme sistemleri birer gürültü kaynağıdır.

### **1.3.2.2. Gürültü (bozucu etkiler) Çeşitleri:**

#### **1.3.2.2.1. Interference (girişim-parazit)**

İstenmeyen sinyaller sistemimize girerek sinyalimizde bozucu etki meydana getirebilirler. İstenmeyen sinyallerin sisteme girerek sinyali bozmasına interference denir. Interference etkisinden kurtulmak için istenmeyen sinyal kaynakları sistem den uzaklaştırılır.

#### **1.3.2.2.2. Termal (Isıl ) Gürültü:**

Devreyi oluşturan; direnç, transistor vb. elemanlarda bulunan serbest elektronlar ortam sıcaklığı nedeniyle gürültü oluşturabilirler. Bu çeşit gürültü; termal gürültü, beyaz gürültü ya da Johnson gürültüsü olarak isimlendirilirler. Gürültü tarafından oluşturulan güç Johnson güç formülü ile ifade edilir.

$$P_n=4kTB$$

Bu formülde ;

**P<sub>n</sub>:** Gürültü tarafından üretilen güç

**k:** Boltzman sabiti  $1.38 \cdot 10^{-23}$  J/K

**T:** Sıcaklık (Kelvin)

**B:** Bant genişliği (Hertz)

Direnç tarafından oluşturulan termal gürültünün efektif voltaj değeri aşağıdaki formül ile ifade edilir.

$$e_2 = \sqrt{4kTBR}$$

#### **1.3.2.2.3. Intermodulations (arakipleme):**

Sinyaller harmonik frekanslarının toplamından oluşur . 1 kHz lik bir kare dalga ;1KHz, 3KHz, 5KHz, 7KHz,...gibi sonsuz sayıda sinüzoidal tek harmonik frekanslarının toplamından oluşur. İki tane farklı kare dalga birlikte yükseltildiklerinde bu frekansların harmonikleri de beraber yükseltilirler. Bu harmonikler içinde yer alan 2 harmonik frekansının birbirine karışması intermodülasyon gürültüsü meydana getirir.

#### **1.3.2.2.4. Crosstalk (Çapraz konuşma):**

Aynı kılıf içerisinde yan yana bulunan kablolardaki sinyallerin birbirine tesir etmeleridir.Crosstalk etkisinden kurtulmak için kablolar bükümlü yapılır.

#### **1.3.2.2.5. Shot gürültüsü:**

Shot gürültüsü her iletkende DC akım akışının bir sonucudur. Shot gürültüsüne transistör gürültüsü de denir.  $I_n$  = gürültü akımı (A) olmak üzere aşağıdaki formül ile bulunur:

$$i_n = \sqrt{2q_e I_{dc} BW} \quad \text{bu formülde}$$

$q_e$ : Elektron şarjı ( $1,6 \cdot 10^{-19}$  C)

$I_{dc}$ : Dc akım (Amper)

BW: Bant Genişliği (Hertz) dir.

#### **1.3.2.2.6. Darbe Gürültüsü:**

Çalışma şartlarına bağlı olarak ortaya çıkan etkilerdir. Elektrik motorlarının, ateşleme sistemlerinin, elektromekanik rölelerin ürettikleri gürültüler, iletilen veri üzerinde bozucu etki yapabilir.

Gürültü ile ilgili formüller;

$$SNR = \frac{\text{Sinyal}}{\text{Gürültü}}$$

$$SNR_{db} = 10 \log \frac{\text{Sinyal Gücü (W)}}{\text{Gürültü Gücü (W)}} \quad SNR_{db}$$

$$= 20 \log \frac{\text{Sinyal Voltajı (V)}}{\text{Gürültü Voltajı (V)}}$$

### 1.3.3. Alıcı

Verici tarafından kodlu olarak gönderilen işaretin kodunu çözen ve bilgiyi orijinal haline dönüştüren elektronik devrelerdir.

## 1.4. Frekans , Periyot ve Dalga Boyu

### 1.4.1. Frekans

İşaretin 1 saniyedeki tekrarlama (cycle-saykıl) sayısıdır. Birimi Hertz'dir.

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

$f$  = Frekans

$T$  = Periyot 'tur.

$f = 1 \text{ KHz} = 1.000 \text{ Hz} = 10^3 \text{ Hz}$

$f = 1 \text{ MHz} = 1.000.000 \text{ Hz} = 10^6 \text{ Hz}$

$f = 1 \text{ GHz} = 1.000.000.000 \text{ Hz} = 10^9 \text{ Hz}$

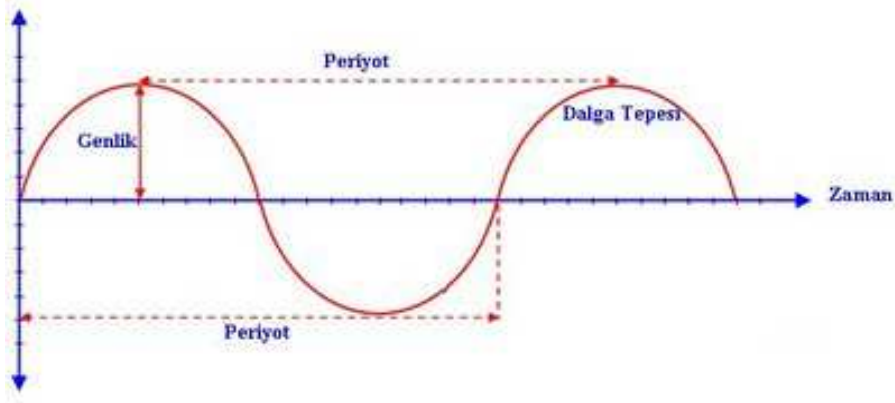
**Örnek:** Periyodu 5 mili saniye (ms) olan sinüzoidal sinyalin frekansını hesaplayınız.

**Çözüm:**  $f = \frac{1}{T} = \frac{1}{5 \cdot 10^{-3}} = \frac{10^3}{5} = 200 \text{ Hz}$

### 1.4.2. Periyot

İşaretin bir saykılını tamamlama süresidir. Diğer bir ifade ile sinyalin iki dalga tepesi arasındaki geçen süredir. Birimi saniyedir. Frekansın tersidir.

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



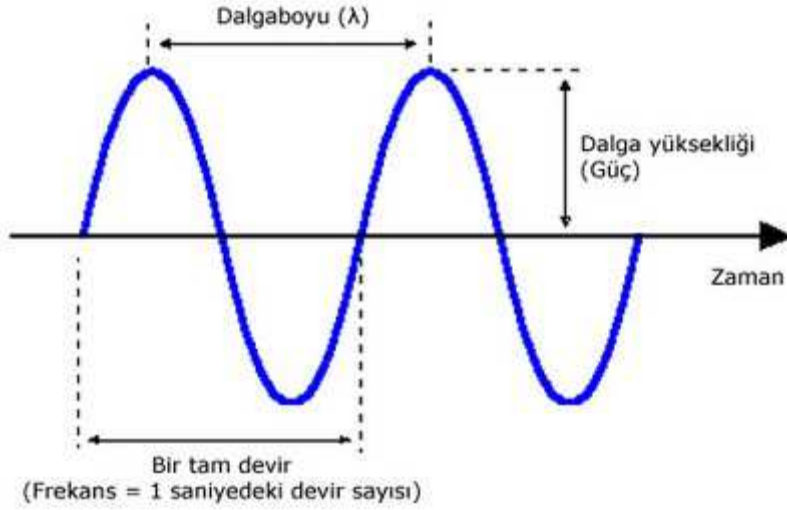
Şekil 1.4.2.1. Periyot

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

**Çözüm:**  $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1 \cdot 10^3} = \frac{10^{-3}}{1} = 1 \text{ msn}$

### 1.4.3. Dalga Boyu

Bir işaretin 1 saykılıının aldığı yola dalga boyu denir. Yaygın olarak Yunanca lamda ( $\lambda$ ) harfi ile gösterilmektedir. Birimi metredir. Dalga boyu frekans ile ters orantılıdır, dolayısıyla dalga boyu uzadıkça frekans azalır.



Şekil 1.4.2.2. Dalga Boyu

$$\lambda = \frac{\text{Işık Hızı}}{\text{frekans}} = \frac{c}{f} = \frac{300.000.000 \text{ m/s}}{\text{Hertz}} \\ = \frac{300}{f (\text{MegaHertz})} \text{ m} = \frac{300}{f (\text{GigaHertz})} \text{ cm}$$

**Örnek:**  $f = 10 \text{ MHz}$  ise  $\lambda = ?$

**Çözüm:**  $\lambda = \frac{\text{Işık Hızı}}{\text{frekans}} = \frac{c}{f} = \frac{300.000.000 \text{ m/sn}}{1.000.000 \text{ Hertz}} = 30 \text{ metre}$

## 1.5. Modülasyon

Yeryüzü atmosferi ortamında alçak frekanslı elektromanyetik enerjinin yayılımını gerçekleştirmek elverişli değildir. Bu nedenle, radyo iletişimde iletimi gerçekleştirmek için nispeten alçak frekanslı bir bilgi sinyalini nispeten yüksek frekanslı bir sinyale bindirmek gerekir. Elektronik iletişim sistemlerinde, kaynak bilgi ( bilgi sinyali ) tek-frekanslı sinüzoidal bir sinyal üzerinde etki eder, yani sinyali modüle eder. Modüle etmek demek kısaca değiştirmek demektir. Dolayısıyla, kaynak bilgiye modüle edici sinyal adı verilir. Üzerinde değişiklik yapılan ( modüle edilen) sinyale taşıyıcı; modüle edici sinyal ile taşıyıcının üst üste bindirilmesiyle meydana gelen sinyale de modülasyonlu dalga denir.

Kısaca ifade etmek gerekirse, kaynak bilgi sistemde taşıyıcı aracılığıyla taşınır. Özet olarak; bilgi işaretinin genellikle daha uzak mesafelere gönderilebilmesi için kendinden çok daha yüksek frekanslı bir taşıyıcının sinyal üzerine bindirilmesine **modülasyon** denir. Modülasyon işlemi sırasında taşıyıcı sinyalin genlik, frekans, faz vb. gibi özellikleri, bilgi sinyaline ve yapılan modülasyonun türüne göre değişime uğrar.

### 1.5.1. Modülasyonun Gerekliği

Bilgi işaretini göndermek için gerekli anten boyu, dalga boyunun katları olmak zorundadır. Anten boyları genellikle  $\lambda/2$  ve  $\lambda/4$  uzunluktadır. Bilgi işaretinin frekansı düşük olduğundan dalga boyları çok büyüktür. Dolayısıyla bilgi işaretini modülesiz olarak iletebilmek için kullanılacak anten boyları da çok büyük olmak zorundadır. Çoğu zaman bu büyüklükte anten kullanmak imkânsızdır.

Hâlbuki bilgi sinyali kendinden çok yüksek frekanslı bir taşıyıcı sinyal ile modüle edildiğinde bilgi çok daha küçük boyutlu antenler vasıtasıyla gönderilebilir. Bunu bir örnekle açıklayacak olursak ; 20 KHz' lik yani

$$\lambda = \frac{\text{Işık Hızı}}{\text{frekans}} = \frac{c}{f} = \frac{300.000.000 \text{ m/sn}}{20.000 \text{ Hertz}} = 15 \cdot 10^3 = 15 \text{ km}$$

dalga boyuna sahip bir bilgi sinyalini modülesiz olarak göndermek istersek kullanacağımız antenin boyu;

$$\frac{\lambda}{4} = \frac{15 \text{ km}}{4} = 3,75 \text{ km} \quad \text{olmalıdır. Oysaki bu bilgi sinyalini}$$

20 MHz'lik yani

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{300.000.000 \text{ m/sn}}{20.000.000 \text{ Hertz}} = 15 \text{ m} \quad \text{dalga boyuna sahip bir taşıyıcı}$$

sinyalle modüle edersek kullanacağımız anten boyutunun;

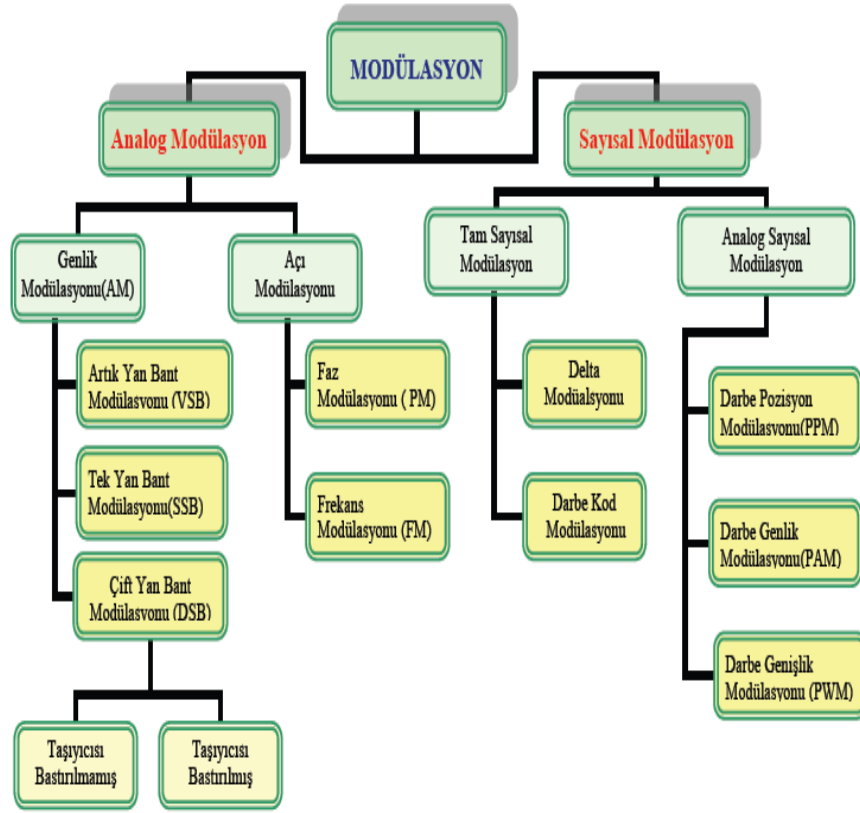
$$\frac{\lambda}{4} = \frac{15 \text{ m}}{4} = 3,75 \text{ m} \quad \text{olması yeterli olacaktır.}$$

### 1.6 Demodülasyon

Analog iletişim sistemlerinde modülasyon, analog bir taşıyıcının belirli bir özelliğini, kaynak bilginin ilk halini göz önünde bulundurarak değiştirme ve daha sonra modülasyonlu taşıyıcının iletimini gerçekleştirme sürecidir. Demodülasyon ise, değiştirilmiş olan analog taşıyıcıyı tekrar ilk kaynak bilgiye dönüştürme sürecidir. Ana taşıyıcı modüle eden toplam ya da bileşik bilgi sinyaline temel bant adı verilir. Temelbant ilk frekans bandından, iletişim sisteminde iletim için daha uygun olan bir bir banda dönüştürülür. Temel bant sinyalleri vericide yükseğe uygun olan başka bir banda dönüştürülür. Frekans çevirme işlemi, bir frekansı ya da frekans bandını tüm frekans tayfında başka bir yere dönüştürme sürecidir.

### 1.7. Modülasyon Çeşitleri

Modülasyon temel olarak analog modülasyon ve sayısal modülasyon olarak ikiye ayrılır. Analog ve sayısal modülasyonun da kendi içinde çeşitli türleri vardır. Farklı modülasyon türleri aşağıdaki şekilde belirtilmiştir.



Şekil 1.7.1. Modülasyon türleri

Yukarıdaki şekilde

**VSB (Vestigal-Side Band):** Artık yan bant modülasyonu

**SSB (Single Side Band):** Tek yan bant modülasyonu

**DSB (Duble Side Band ):** Çift yan bant modülasyonu

**PM (Phase Modulation):** Faz modülasyonu

**FM (Frequency Modulation):** Frekans modülasyonu

**PCM (Pulse Code Modulation):** Darbe kod modülasyonu

**PPM (Pulse Position Modulation ):** Darbe pozisyon modülasyonu

**PWM (Pulse Width Modulation ):** Darbe genişlik modülasyonu

**PAM (Pulse Amplitude Modulation ):** Darbe genlik modülasyonu ifade etmektedir.

### 1.8. İletişim Frekansları

Amerika Birleşik Devletleri'nde boş-alan radyo yayını için frekans tahsisleri Federal iletişim Komisyonu ( FCC; Federal Communications Commission ) tarafından yapılmaktadır. Çeşitli hizmet alanlarında kullanılan belirli vericiler için kesin olarak sağlanmış frekanslar tahsis edilmiştir; ancak bu frekanslar ülkenin iletişim gereksinimlerini karşılayabilmek amacıyla sürekli olarak güncellenir ve değiştirilir. Bununla birlikte, toplam kullanılabilir frekans tayfının genel bölünüşü ile ilgili kararlar, yaklaşık 10 yılda bir düzenlenen Uluslar arası Telekomünikasyon Kongresi'nce alınır.

Kullanılabilir radyo frekansı (RF) tayfı, tanımlayıcı ad ve bant numaraları verilmiş daha dar frekans bantlarına bölünmüştür. Uluslararası Radyo İletişimi Danışma Kurulu'nun (CCIR, The International Radio Consultative Committee) belirlediği bant adları ve değer aralıkları Tablo 1-1'de sıralanmıştır. Bu bantlardan bazıları gemi araması, mikrodalga, uydu, mobil kara araması, gemi seferleri (denizcilik), hava taşıtlarının yaklaşması, havaalanı yüzey detektörü uçuş esnasında hava durumu, mobil telefon ve daha birçok hizmetin gerçekleştiği daha dar frekans bantlarına bölünmüştür.

Bant Numarası	Frekans aralığı	Bant adı
2	30-300 Hz	ELF (son derece düşük frekans)
3	0,3-3 kHz	VF ( ses frekansları)
4	3-30 kHz	VLF (çok alçak frekans)
5	30-300 kHz	LF (alçak frekans)



6	0,3-3 MHz	MF (orta frekans)
7	3-30 MHz	HF (yüksek frekans)
8	30-300 MHz	VHF ( çok yüksek frekans)
9	0,3-3 GHz	UHF (ultra yüksek frekans)
10	3-30 GHz	SHF (süper yüksek frekans)
11	30-300 GHz	EHF (son derece yüksek frekans)
12	0,3-3 THz	Kızılaltı ışık
13	3-30 THz	Tahsis edilmemiştir.
14	30-300 THz	Görünür Işık Tayfı
15	0,3-3 PHz	Morötesi ışık
16	3-30 PHz	X- Işınları
17	30-300 PHz	Tahsis edilmemiştir
18	0,3- 3 Ehz	Gama ışınları
19	3-30 Ehz	Kozmik Işınlar

TABLO 1-1 CCIR’NİN (Uluslar Arası Radyo İletişimi Danışma Kurulu) Belirlediği Bant Adları ve Değer Aralıkları

$10^0$ , hertz (Hz);                       $10^3$ , kilohertz (KHz);  
 $10^6$ , megahertz (MHz);               $10^9$ , gigahertz (GHz);  
 $10^{12}$ , terahertz (THz);               $10^{15}$ ; petahertz (PHz);  
 $10^{18}$ , egzahertz (Ehz).

<b>Modülasyon ya da emiyon türü</b>	<b>Bilgi Türü</b>	<b>Ek Özellikler</b>
A Genlik	0 Taşıyıcı hep açık	Yok Çift yanbant,tam taşıyıcı
F Frekans	1 Taşıyıcı açık-kapalı	A Tek yanbant
P Darbe	2 Taşıyıcı açık anahtarlama ton—açık-kapalı	B İki bağımsız yanbant

3 telefon iletişimi ses yada müzik	C Artık yanbant
4 faks hareket etmeyen yada yavaş-taramalı TV	D darbe genlik modülasyonu(PAM E Darbe Genişliği Modülasyonu(PWM)
5 Artık yanbant, ticari Tv	F Darbe konumu Modülasyonu G Sayısal Video
6 Dört- Frekanslı dipleks telefon haberleşmesi	H Tek yanbant, tam taşıyıcı İ Tek Yanbant, Taşıyıcı Yok
7 Çok sayıda yanbant	
8 Tahsis Edilmemiştir	
9 Genel, Diğer tüm türler	

Tablo 1-2 Emisyon Sınıflamaları

**Vericilerin Sınıflandırılması:** Amerika Birleşik Devletleri'nde ruhsat verme amacıyla, radyo vericiler bant genişliklerine, modülasyon türüne ve bilgi sinyali türüne göre sınıflandırılmıştır. Emisyon sınıflamaları Tablo 1-2'de görülen sayı ve harflerden oluşan dizilerle tanımlanır. Emisyonlar, modülasyon türünü belirten bir büyük harf, emisyon türünü belirten bir sayı ve emisyon özelliklerini daha fazla tanımlayan bir küçük harfle adlandırılır. Örneğin, A3a adlandırılması ses ya da müzik bilgisi taşıyan tek yanbantlı, indirgenmiş taşıyıcılı ve genlik modülasyonlu bir sinyali tanımlar.

## 1.9. Haberleşme Sistemlerinde Güç Oranı ve İşaret Düzey Birimleri

### 1.9.1. 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. Decibell (dB) elektriksel ve akustik ölçümlerde sıkça kullanılan bir terimdir, iki farklı niceliğin değerlerinin birbirine olan oranını temsil eden bir sayıdır. Bu herhangi bir nicelik olabilir, basınç ya da voltaj gibi. Diğer bir ifadeyle Decibell (dB), çok geniş bir ölçüm aralığını çok daha küçük ve kullanışlı bir aralığa ölçekleyip indirmeye yarayan logaritmik bir orandır. Eğer iletim hattı üzerinde sinyal kuvvetlendirmesi varsa dB pozitif, sinyal zayıflaması varsa dB negatif çıkar.



$$\text{dB} = 10 * \text{Log}_{10} \frac{P_{\text{çıkış}}}{P_{\text{giriş}}} \quad (\text{Güçler cinsinden bir dB ilişkisi})$$

$$\text{dB} = 20 * \text{Log}_{10} \frac{V_{\text{çıkış}}}{V_{\text{giriş}}} \quad (\text{Voltajlar cinsinden bir dB ilişkisi})$$

### ÖRNEK:

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

### ÇÖZÜM:

$$\text{dB} = 10 * \text{Log}_{10} \frac{P_{\text{çıkış}}}{P_{\text{giriş}}} = 10 * \text{Log}_{10} \frac{100 \text{ Watt}}{1 \text{ Watt}} = 20 \text{ dB}$$

### 1.9.2 Referans Düzeyli Decibell

**dBm:** Referans düzeyi olarak girişin 1 mW alındığı orana denir.

$$dB = 10 * \text{Log}_{10} \frac{P_{\text{çıkış}}}{P_{\text{giriş}}} \quad (\text{Güçler cinsinden bir dB ilişkisi})$$

$$dBm = 10 * \text{Log}_{10} \frac{P_{\text{çıkış}}}{1\text{mW}} \quad (\text{Güçler cinsinden bir dBm ilişkisi})$$

#### ÖRNEK:

Girişteki bir sinyal, kuvvetlendirici tarafından 200 mWatt'a çıkartılıyorsa kuvvetlendiricinin kazancını dBm olarak ifade ediniz?

#### ÇÖZÜM:

$$dB = 10 * \text{Log}_{10} \frac{P_{\text{çıkış}}}{1\text{mW}} = 10 * \text{Log}_{10} \frac{200 \text{ mWatt}}{1 \text{ mWatt}} = 23 \text{ dBm}$$

### 1.9.3.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 bağıntı vardır.

$$dB = 8.686 * N \quad (\text{dB: Decibel, N:Neper})$$

Yukarıdaki bağıntıya göre 10 Neper 86,86 Decibell 5 Neper 43,43 Decibell yapar.

### 1.9.4. dB Verildiğinde güç ve voltaj oranlarının pratik bulunuşu

Sinyal seviyelerindeki 10 dB lik bir artış oran olarak sinyal gücünün 10 ile çarpılması, 3 dB lik bir artış ise oran olarak 2 kat artış yani 2 ile çarpılması anlamına gelir. Yine sinyal seviyelerindeki 10 dB

lik bir azalma oran olarak sinyal gücünün 10 ile bölünmesi, 3 dB lik bir azalma ise oran olarak 1/2 kat azalma yani 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.

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

$$2 * 2 = 4$$

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

**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.

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

$$/2 / 2 = /4$$

$$\text{Çıkış gücü} = \text{giriş gücü} / 4 = 3 / 4 = 0,75 \text{ W}$$

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

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

$$6 \text{ dB} \text{ -----} \rightarrow *2 \text{ demektir.}$$

$$2 * 2 = 4$$

$$\text{Çıkış voltajı} = \text{giriş voltajı} * 2 = 3 * 2 = 6 \text{ Volt}$$

## 1.10. Sinyal Analizi

Elektronik iletişim devleri tasarımlanırken çoğu zaman, bilgi sinyalinin güç dağılımına ve frekans bileşimine bağlı olarak devrenin

performansını analiz etmek ve kestirmek gerekir. Bu analiz ve kestirme, matematiksel sinyal analizi ile yapılır. Elektronik iletişimde, tüm sinyaller olmasa bile sinyallerin çoğu tek-frekanslı sinüs ya da kosinüs dalgalarıdır ve tek-frekanslı sinüs ya da kosinüs dalgaları olmayan sinyaller de bir sinüs ya da kosinüs fonksiyonları serisiyle temsil edilebilir.

### 1.10.1. Sinüsoidal Sinyaller

Temelde sinyal analizi, bir sinyalin frekansının bant genişliğinin ve gerilim düzeyinin matematiksel analizidir. Elektriksel sinyaller bir sinüs ya da kosinüs dalgaları serisi ile temsil edilebilen gerilim-zaman ya da akım-zaman değişimleridir. Tek-frekanslı bir gerilim ya da akım dalga biçimi matematiksel olarak şöyle ifade edilir:

$$v = V \sin(2 \pi Ft + \theta) \text{ ya da } v = V \cos(2 \pi Ft + \theta)$$

$$i = I \sin(2 \pi Ft + \theta) \text{ ya da } i = I \cos(2 \pi Ft + \theta)$$

Burada

$v$  = zamana bağlı olarak değişen gerilim dalgası

$V$ =tepe gerilimi (V)

$i$  = zamana bağlı olarak değişen akım dalgası

$I$ =tepe akımı (A)

$F$ =Frekans (Hz)

$\theta$  = faz (derece)

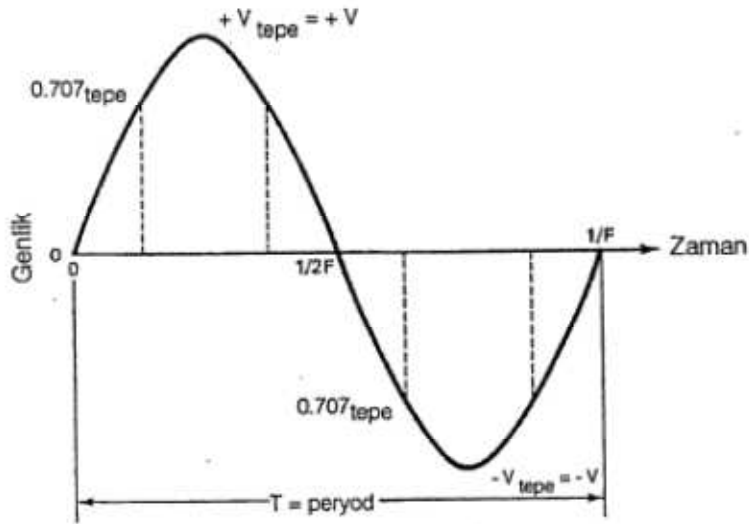
Bir sinyali matematiksel olarak göstermek için sinüs ya da kosinüs fonksiyonunun kullanılması tamamen keyfidir ve sinüs ya da kosinüs fonksiyonlarından hangisinin referans olarak alındığına bağlıdır.(ancak,  $\sin \theta = \cos \theta - 90^\circ$  olduğu hatırlanmalıdır ). Dolayısıyla şu ilişkiler doğrudur:

$$v = V \sin(2 \pi Ft + \theta) = V \cos(2 \pi Ft + \theta - 90^\circ)$$

$$v = V \cos(2 \pi Ft + \theta) = V \sin(2 \pi Ft + \theta + 90^\circ)$$

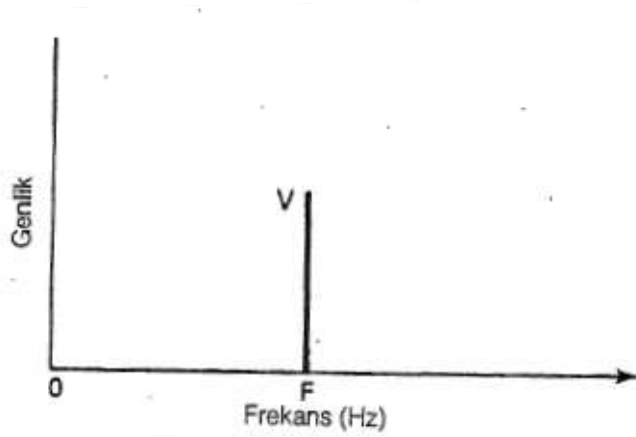
Bu formüller tek-frekanslı tekrarlamalı bir dalga biçimi için geçerlidir. Bu dalga biçimine periyodik, denir çünkü tek biçimli olarak tekrar eder (yani, sinyalin birbirini izleyen her çevrimi, diğer tüm çevrimlerle tam olarak aynı sürede tamamlanır ve tam olarak aynı genlik değişimlerine sahiptir—her çevrimin biçimi diğer çevrimlerin biçimleriyle tam olarak aynıdır). Bir sinüs dalgalar serisi, periyodik dalgaya bir örnektir. Periyodik dalgalar ya zaman domeninde ya da frekans domeninde analiz edilebilir. Gerçekten de sistem performansını analiz ederken sık sık zaman domeninden frekans domenine ya da frekans domeninden zaman domenine geçiş yapmak gerekir.

**Zaman Domeni:** Standart bir osiloskop bir zaman-domeni aletidir. CRT (Katot Işınlı Tüp) ekranındaki görüntü giriş sinyalinin zamana bağlı genlik değişimini gösterir ve genellikle sinyal dalga biçimi olarak adlandırılır. Temel olarak, bir sinyalin dalga biçimi sinyalin şeklini ve anlık değerini gösterir, ancak belli durumlar dışında frekans içeriğini göstermez. Bir osiloskopta düşey sapma toplam giriş sinyalinin anlık genliğiyle orantılıdır; yatay sapma ise zamanın bir fonksiyonudur (süpürme hızı). Şekil 1.10.1 frekansı  $F$  hertz, tepe genliği  $V$  volt olan tek frekanslı sinüsoidal bir sinyalin sinyal dalga biçimini göstermektedir.



Şekil 1.10.1. Tek frekanslı sinüsoidal bir dalganın zaman domeninde gösterilmesi

**Frekans Domeni:** Tayf çözümleyicisi (Spektrum Analizörü) bir frekans-domeni aletidir. Temel olarak CRT ekranında dalga biçimi görüntüsü yoktur. Dalga Biçimi yerine, frekansa bağlı genlik çizimi bulunur (bu çizime frekans tayfı veya frekans spektrumu denir). Bir tayf çözümleyicisinde yatay eksen frekansı dikey eksen ise genliği temsil eder. Dolayısıyla her giriş frekansı için bir dikey sapma meydana gelir. Aslında gerçekleşen şudur; Giriş dalga biçimi, orta frekansı CRT'nin yatay süpürme hızı ile senkronize edilmiş değişken-frekanslı, yüksek Q'lu bant geçiren bir filtreyle süpürülür. Giriş dalga biçiminde bulunan her frekans CRT'de dikey bir çizgi oluşturur (bu çizgilere tayf bileşenleri denir). Her çizginin yüksekliği, bu frekansın genliğiyle doğru orantılıdır bir dalganın frekans-domeninde gösterilmesi dalganın frekans içeriğini gösterir ancak dalganın şekli ya da anlık genliği hakkında her zaman bilgi vermez. Şekil 1.10.2 frekansı  $F$  hertz tepe genliği  $V$  volt olan tek frekanslı sinüzoidal bir sinyalin tayfını göstermektedir.



Şekil 1.10.2. Tek frekanslı sinüzoidal bir dalganın frekans domeninde gösterilmesi

### 1.10.2. Sinüzoidal olmayan periyodik dalgalar (Karmaşık Dalgalar)

Temel olarak birden fazla sinüs ve/veya kosinüs dalgası içeren her tekrarlamalı dalga biçimi sinüzoidal olmayan ya da karmaşık periyodik bir dalgadır. Karmaşık periyodik dalga biçimini analiz etmek için, Fransız fizikçi ve matematikçi Baron Jean Fourier



tarafından 1826 yılında geliştirilen bir matematiksel seriyi kullanmak gerekir. Bu seriyi haklı olarak Fourier serisi denir.

### 1.10.3. Fourier Serisi:

Fourier serisi sinyal analizinde sinüsoidal olmayan periyodik bir dalga biçiminin sinüsoidal bileşenlerini temsil etmede kullanılır. Genelde matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilen trigonometrik fonksiyonları içeren her terimler serisi için bir fourier serisi yazılabilir

$$f(t) = A_0 + A_1 \cos a + A_2 \cos 2a + A_3 \cos 3a + \dots + A_n \cos Na \\ + B_1 \sin \beta + B_2 \sin 2\beta + B_3 \sin 3\beta + \dots + B_N \sin N\beta$$

Yukarıdaki denklem şunu ifade etmektedir: dalga biçimi  $f(t)$ ; ortalama bir değer ( $A_0$ ); birbirini izleyen terimlerden her birinin frekansının serideki ilk kosinüs teriminin frekansının bir tam sayı katı olduğu sinüs fonksiyonları serisi içerir. Sinüs ve kosinüs terimlerinin genliklerinin değerleri ya da nispi değerleri ile ilgili herhangi bir kısıtlama yoktur. Bu denklem sözel olarak şöyle ifade edilir; Her periyodik dalga biçimi bir ortalama bileşeni ve bir de harmonik bağıntılı sinüs ve kosinüs dalgaları serisi içerir. Harmonik, temel frekansın bir tamsayı katıdır. Temel frekans ilk harmoniktir, temel frekansın iki katı olan frekansa ikinci harmonik üç katı olan frekansa üçüncü harmonik denir; temel frekansın daha yüksek katları da bu şekilde adlandırılır Temel frekans bir dalga biçimini temsil etmek için gereken frekansların en küçüğüdür ve aynı zamanda dalga biçiminin frekansıdır. Dolayısıyla yukarıdaki denklem şu şekilde yeniden yazılabilir:

$f(t) = dc$  ( ortalama bileşeni ya da doğru akım bileşeni) + temel frekans + 2'nci harmonik + 3'üncü harmonik + ..... + n'inci harmonik

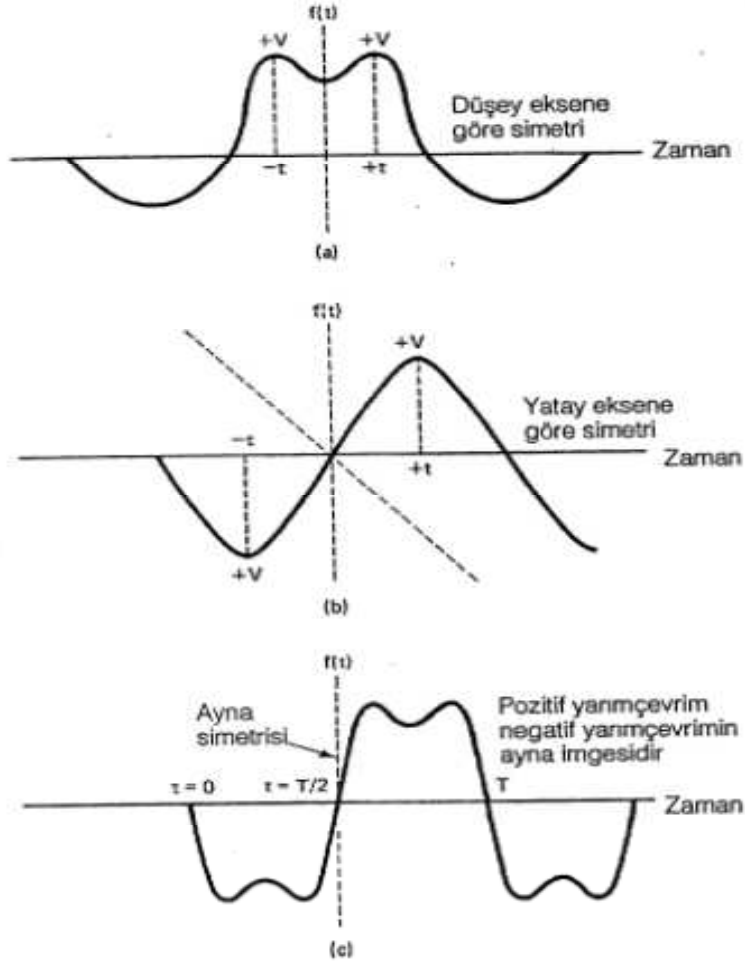
### Dalga Simetrisi:

*Çift simetri.* Eğer periyodik bir gerilim dalga biçimi, dikey eksene (genlik eksenine) göre simetrik ise *eksenler simetrisine* ya da

*ayna simetrisine* sahiptir denir ve böyle bir dalga biçimine çift fonksiyon adı verilir. Tüm çift fonksiyonlarda,  $f(t)$ 'yi ifade eden denklemdeki B katsayıları sıfır olur Dolayısıyla sinyalin sadece bir dc (doğru akım) bileşeni ve kosinüs terimleri vardır (kosinüs dalgasının kendisinin de bir çift fonksiyon olduğuna dikkat edin). Bir çift fonksiyonlar serisinin toplamı yine bir çift fonksiyondur. Her çift fonksiyon şu koşulu yerine getirir

$$f(t)=f(-t)$$

Bu denklem fonksiyonun büyüklüğünün  $+t$ 'deki değerinin  $-t$ 'deki değeriyle aynı olduğunu ifade etmektedir. Yalnızca çift fonksiyonlar içeren bir dalga biçimi şekil 1.10.3-a'da gösterilmiştir.



Şekil 1.10.3. Dalga Simetrisi; a)Çift simetri, b)Tek simetri, c)yarımdalga simetri

*Tek Simetri:* Eğer periyodik bir gerilim dalga biçimi, koordinat başlangıç noktasından geçen ve düşey ile yatay eksenlere oranla orta bir yol izleyen bir doğruya göre simetrik ise nokta ya da sapma simetrisine sahiptir denir ve böyle bir dalga biçimine tek fonksiyon adı verilir. Tüm tek fonksiyonlarda,  $f(t)$  yi gösteren denklemdeki A katsayıları sıfır olur. Dolayısıyla sinyalin bir dc (doğru akım) bileşeni ve sinüs terimleri vardır (sinüs dalgasının kendisinin de bir tek fonksiyon olduğuna dikkat edin). Bir tek fonksiyonlar serisinin toplamı yine bir tek fonksiyondur. Tek fonksiyon olma özelliği taşıyan bir biçimi kendi üstüne bindirebilmek için, bu biçimin önce Y eksenine daha sonra ise X eksenine göre ayna görüntüsü almak gerekir.

Öyleyse

$$f(t) = -f(-t)$$

Denklem fonksiyonun büyüklüğünün +t 'deki değerinin - t'deki değerinin eksi işaretlisiyle aynı olduğunu ifade etmektedir. Yalnızca tek fonksiyonlar içeren bir dalga biçimi şekil 1-5b'de gösterilmiştir.

*Yarımdalga Simetri:* Periyodik bir gerilim dalga biçiminde ilk yarım çevrimdeki (t=0'dan T/2'ye) dalga biçimi, ikinci yarım çevrimde (t=T/2'den T'ye) kendini tekrarlar ancak işareti ters olursa yarımdalga simetrisi vardır denir. Yarımdalga simetrisi olan tüm dalga biçimlerinde serideki sinüs ve kosinüs terimlerinden çift harmonik olanlar sıfır olur. Dolayısıyla Yarımdalga fonksiyonlar şu koşulu yerine getirir.

$$f(t) = -f(t/2+t)$$

Yarımdalga simetri özelliği gösteren periyodik bir dalga biçimi Şekil 1-5c'de gösterilmiştir.

$A_0$  katsayısı  $A_1$ 'den  $A_N$ 'ye kadar olan katsayılar ve  $B_1$  'den  $B_N$ 'ye kadar olan katsayılar şu integral formüller kullanılarak hesaplanabilir.

$$A_0 = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt$$

$$A_N = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos N\omega t dt$$

$$B_N = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin N\omega t dt$$

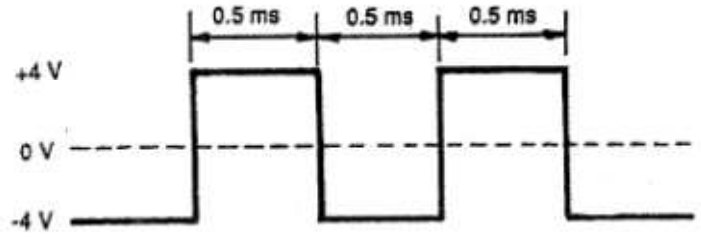
**ÖRNEK:**

Şekil 1.10.4 'de gösterilen kare dalga dizisi için

a-) ilk 9 harmoniğin katsayılarını bulun

b-) Frekans tayfını çizin

c-) Dokuzuncu harmoniğe kadar olan frekans bileşenleri için zaman domeni sinyalini kabataslak çizin.



Şekil 1.10.4. Örnek için dalga biçimi

**ÇÖZÜM:**

Dalga biçimi incelendiği takdirde ortalama dc bileşeninin 0V olduğu ve dalga biçiminin yarım dalga simetriye sahip olduğu görülebilir. integral denklemleri kullanılarak bir kare dalga için şu fourier serisi elde edilir:

$$v = \frac{4V}{N\pi} (\cos \omega t - \frac{1}{3} \cos 3\omega t + \frac{1}{5} \cos 5\omega t - \frac{1}{7} \cos 7\omega t + \dots)$$

Bu denklemden şu frekansları ve katsayılar elde edilir;

$$V_n = \frac{4V}{N\pi} \quad (\text{tek})$$

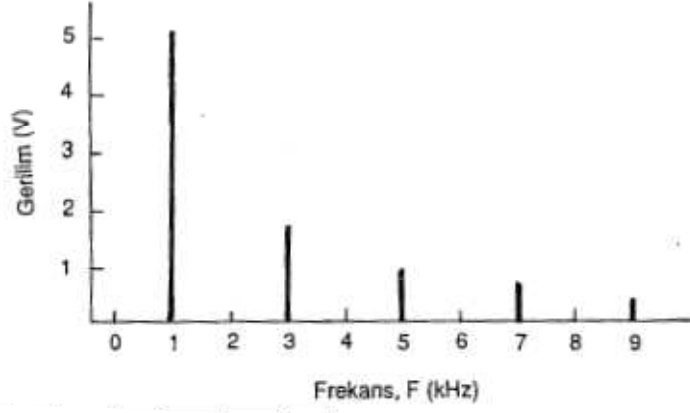
Burada

$N=N'$ inci harmonik (yalnızca tek harmonikler)

$V$ = karmaşık dalga biçiminin tepe genliği

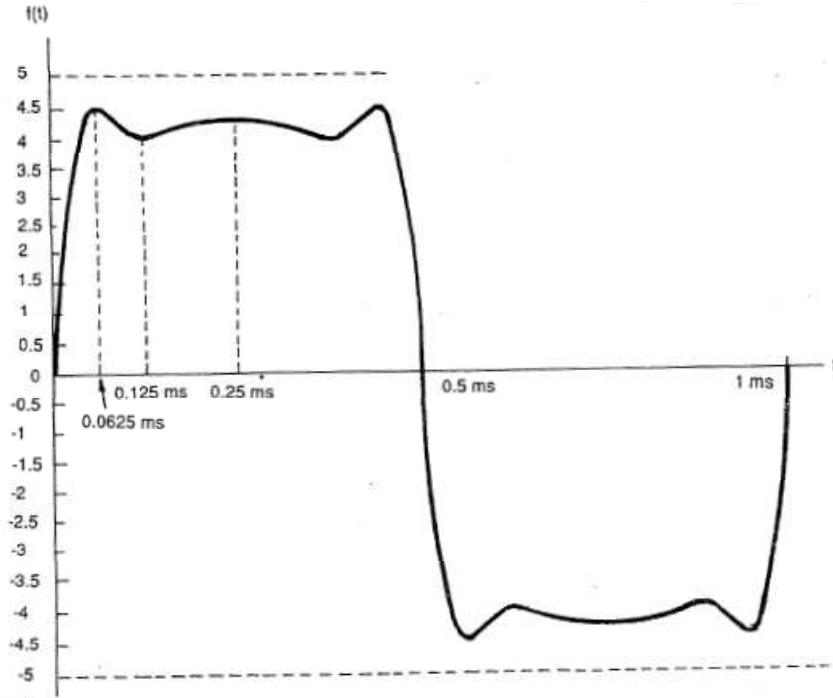
N	Harmonik	Frekans(kHz)	Gerilim (V)
0	0	Dc	0
1	1'inci	1	5.09
2	2'inci	2	0
3	3'üncü	3	1.69
4	4'üncü	4	0
5	5'inci	5	1.02
6	6'ncı	6	0
7	7'nci	7	0.728
8	8'inci	8	0
9	9'uncuy	9	0.566

(b) Tayf, Şekil 1.10.5'de gösterilmiştir.(dalga biçiminde hem + hemde – bileşenler olmasına karşın, dalga biçimi tayfında tüm büyüklüklerin + yönde gösterildiğine dikkat edin



Şekil 1.10.5. Örnek için gerilim tayfı

(c) ilk dokuz harmonik için zaman domeni sinyali Şekil 1.10.6'de gösterilmiştir. Gösterilen dalga biçimi tam bir kare dalga olmasa da bir kare dalgaya oldukça benzemektedir.



Şekil 1.10.5. Örnek için zaman domeni sinyali

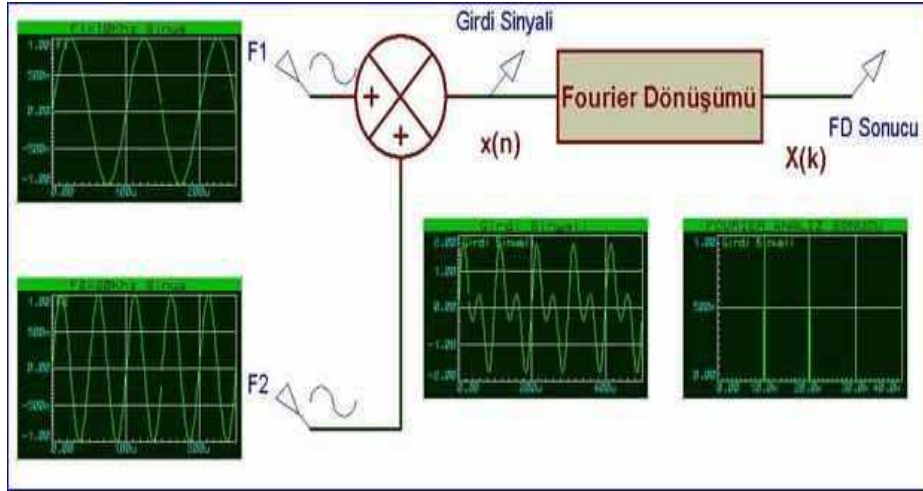
Fourier serisi ne işe yarar?: Fourier açılımı sayesinde fonksiyonların frekansı kolaylıkla belirlenebilir. Bu yaklaşım farklı periyotlarda girdiye maruz kalan sistemlerin çıktısını ve çıktısının frekansını belirlemekte kolaylık sağlar.

Mesela girdisi iki farklı fonksiyondan oluşan Fourier analizinin nasıl bir sonuç vereceğini inceleyelim.

$$F_1 = \sin(W_1) \quad \dots \quad W_1 = 2\pi \times f_1$$

$$F_2 = \sin(W_2) \quad \dots \quad W_2 = 2\pi \times f_2$$

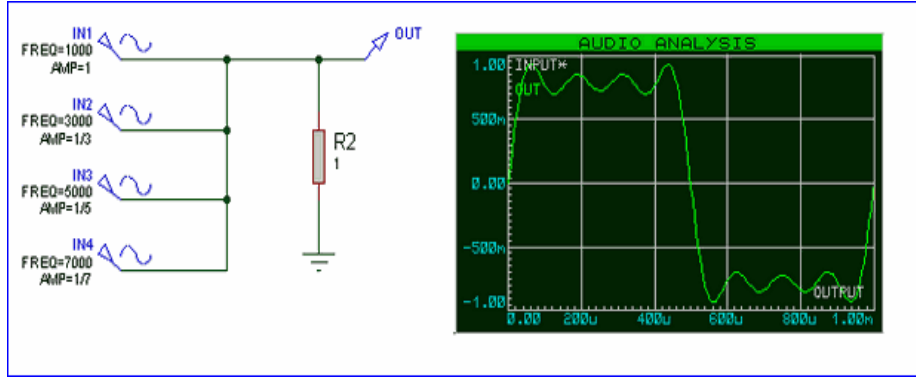
F1 Fonksiyonunun frekansı 10Khz ve F2 fonksiyonunun frekansı 20Khz olsun Şekil 1.3.1'de gösterilen Fourier analizi sonucu grafiği görülmektedir. Grafiğe göre girdi sinyali genlikleri 1 olan 2 adet sinüs fonksiyonunun toplamına eşittir ve giriş sinyallerinin frekansları sırası ile 10Khz ve 20Khz'dir. Gerçektende girişte uygulanan sinyaller 10Khz ve 20Khz frekanslı sinüs fonksiyonlarıdır.



Şimdi de Fourier teoreminin temeline bir örnek verelim. yukarıda verilen bilgiye göre doğada bulunan periyodik her işaret sinüs ve kosinüs fonksiyonlarının toplamı şeklinde gösterilebilir, öyleyse 1Khz kare dalga sinüs ve kosinüs fonksiyonlarının toplamı şeklinde yazılabilir. Kare dalganın Fourier dönüşümünü alırsak aşağıdaki matematiksel fonksiyonu elde ederiz.

$$V_{sg}(t) = \sin(t) + \frac{\sin(3t)}{3} + \frac{\sin(5t)}{5} + \frac{\sin(7t)}{7} \dots$$

Kosinüslü terimlerin katsayıları 0 olduğu için bu fonksiyonlar gösterilmemiştir.



Şekilde görüldüğü gibi Fourier serilerinden elde edilen sinyal yaklaşık kare dalga şeklinde. Biz sadece genliği 0'dan farklı ilk 4 harmoniği kullandığımız için tam kare dalga elde edemedik. Seride yer alan harmonik sayısı arttıkça elde edilen sinyal kare dalgaya daha fazla yaklaşacaktır. Sonsuz seri tam kare dalga demek, zaten Fourier dönüşüm denklemi bunu işaret ediyor