

Haberleşme Mühendisliği

Ders 1: Haberleşmenin Temel Kavramları

Dr. Hakkı Soy

- İnsanoğlu var oluşundan bugüne kendisinden uzakta bulunan toplumlar ile duygu ve düşüncelerini paylaşarak diyalog kurma çabası içinde olmuştur. Bu diyalogun kurulması ortak dil üzerinde anlaşılması ve aradaki mesafelerin aşılmasında bağlıdır. Kızılderili kabileleri kendi aralarında dumanla iletişim kurmuş, eski uygarlıklar ise güvercin kullanarak uzak mesafelere haber göndermeyi başarmıştır.
- Teknolojik gelişmelere paralel biçimde insanlar sürekli olarak birbirleri ile nasıl daha çabuk nasıl iletişim kurabileceklerini ve kendilerine gelebilecek tehlikelerden en kısa sürede nasıl haberdar olabileceklerini aramaya çalışmıştır. Yıllar boyu süregelen bu çabaların sonucunda, ilkel yöntemlerden başlayarak günümüzde kullanılan modern elektronik haberleşme sistemlerine kadar oldukça önemli bir mesafe kat edilmiştir.

Haberleşme Sistemlerinin Gelişimi

- Telgraf
 - Samuel Morse (1838) – Morse Kodu
- Radyo
 - James Clerk Maxwell (1864) – **Elektromanyetik Teori**
 - Heinrich Hertz (1887) – **Radyo Dalgalarının İspatı**
 - Oliver Lodge (1894) – Kısa Mesafeli Kablosuz Haberleşme
 - Guglielmo Marconi (1901) – Radyo Yayını
 - Edwin H. Armstrong (1918) – Superheterodyne Radyo Alıcısı
 - Edwin H. Armstrong (1933) – Frekans Modülasyonu, FM
- Telefon
 - Alexander Graham Bell (1875)
- Elektronik Devreler
 - John Ambrose Fleming (1904) – Vakum Tüp Diyot
 - Lee de Forest (1906) – Vakum Tüp Triyot
 - Walter Brattain, John Bardeen ve William Shockley (1948) – **Transistor**
 - Robert Noyce (1958) – Entegre Devre

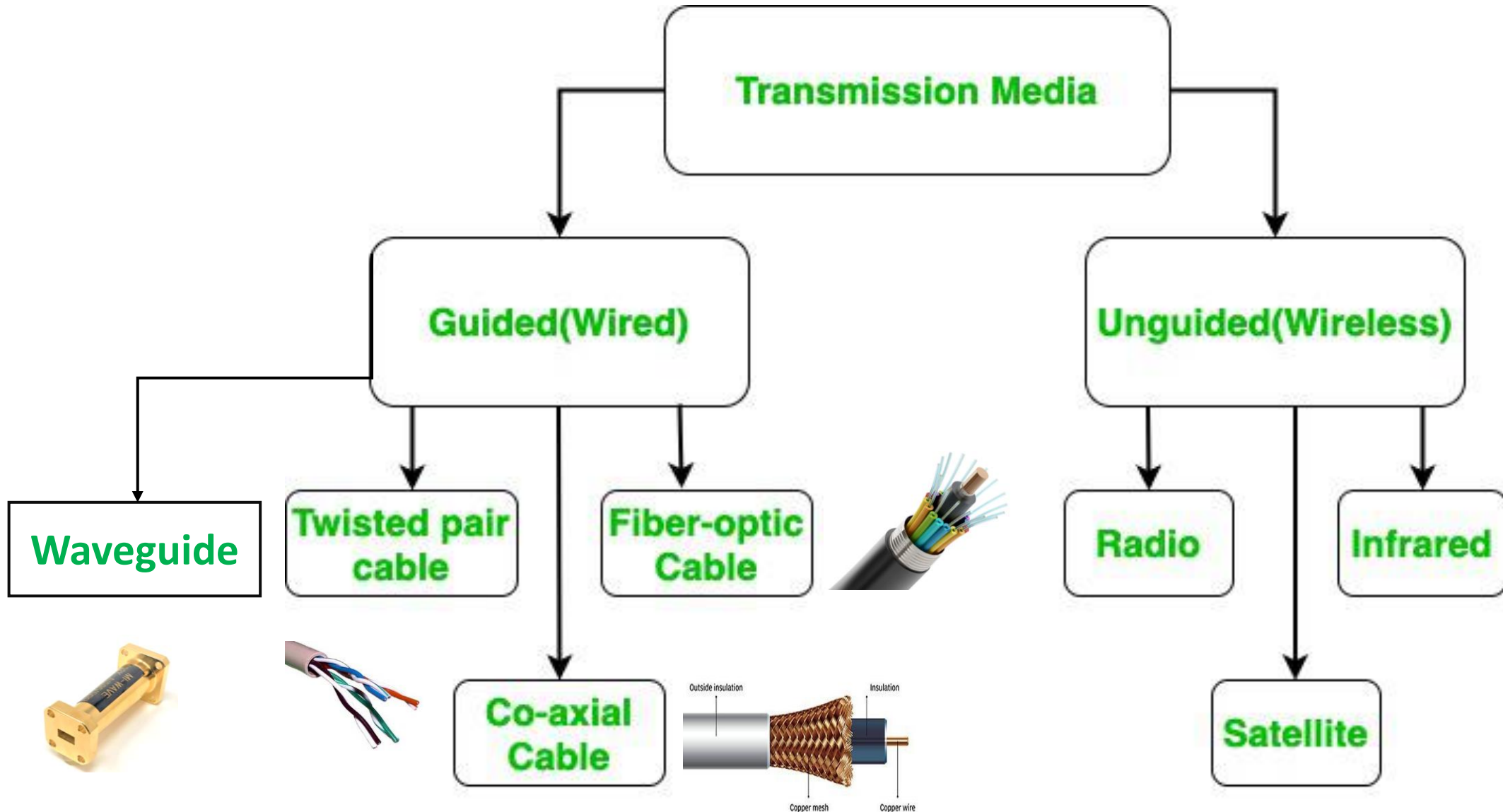
1927 - Türkiye’de ilk radyo yayını



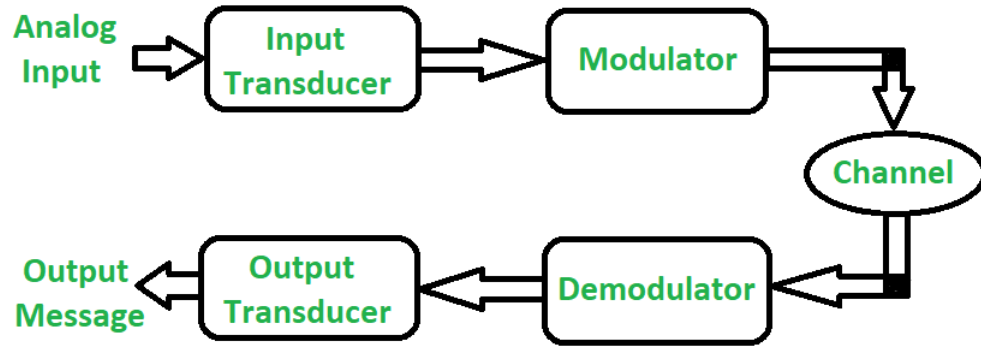
Haberleşme Sistemlerinin Gelişimi

- Televizyon
 - Philo T. Farnsworth (1928) ve Vladimir K. Zworykin (1929)
- Dijital Haberleşme
 - Harry Nyquist (1928) – **Sinyal İletim Teorisi**
 - Alex Reeves (1937) – Darbe Kod Modülasyonu (PCM)
 - D. O. North (1943) – Uyumlu Filtre Tasarımı
 - Claude Shannon (1948) – **Haberleşme Teorisi**
- Bilgisayar Ağları
 - J. Presper Eckert ve John W. Mauchly (1946) – ENIAC
 - U.S. Department of Defense (1971) – ARPANET -> **INTERNET**
- Uydu Haberleşmesi
 - Arthur C. Clark (1945) ve John R. Pierce (1955)
- Optik Haberleşme
 - K. C. Kao ve G. A. Hockham (1966) – Fiber Optik
- Mobil Haberleşme
 - NTT/Japonya (1979) – **İlk Hücresel Haberleşme Sistemi**
 - Groupe Spéciale Mobile (1989) – **Dijital Hücresel Haberleşme**

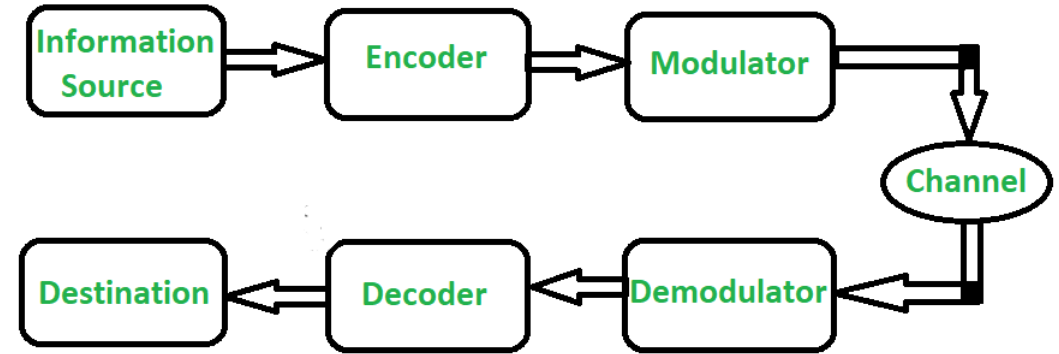
- Haberleşme genel anlamda karşılıklı bilgi alış-veriş sürecidir. Bilgi uygulamanın özelliklerine bağlı olarak ses, resim, video, ölçüm değeri vb. formatlarda olabilir.
- Elektronik haberleşme kavramı ise bilgi taşıyan sinyallerin elektronik devreler ve sistemler yardımıyla farklı iki nokta arasında transfer edilmesi şeklinde tanımlanabilir.
- Aralarında bilgi transferi gerçekleştirilecek noktalar coğrafi olarak birbirlerine yakın olabileceği gibi farklı kıtalarda hatta farklı gezegenlerde de olabilir. Mesafe ölçütü göz önünde tutulduğunda haberleşme sistemleri kısa mesafeli, orta mesafeli, uzun mesafeli gibi sınıflarda incelenebilir.
- Haberleşme mühendisliği bu amaca yönelik analiz, tasarım ve üretim faaliyetlerinin gerçekleştirilmesiyle ilgili konuları kapsar.



Analog ve Sayısal Haberleşme



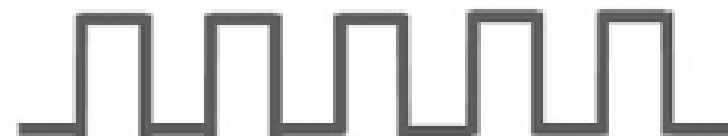
Analog Communication System



Digital Communication System



Analog Signal



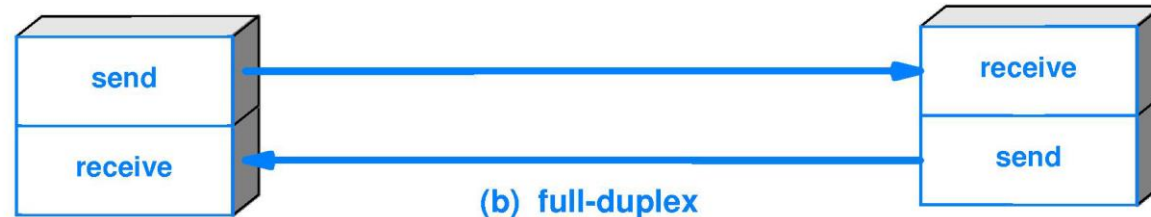
Digital Signal

Tek ve Çift Yönlü Haberleşme

- Haberleşme tek yönlü (simplex) ve çift yönlü (duplex) olarak iki sınıfa ayrılır.



(a) simplex



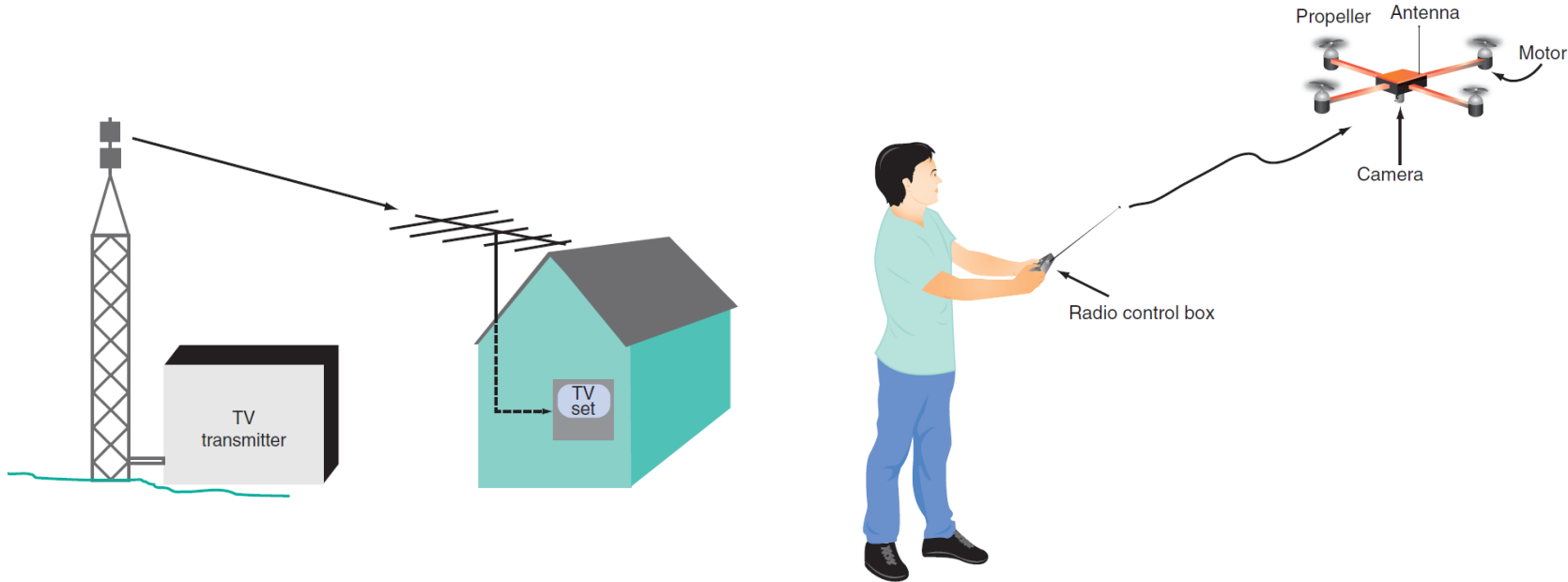
(b) full-duplex



(c) half-duplex

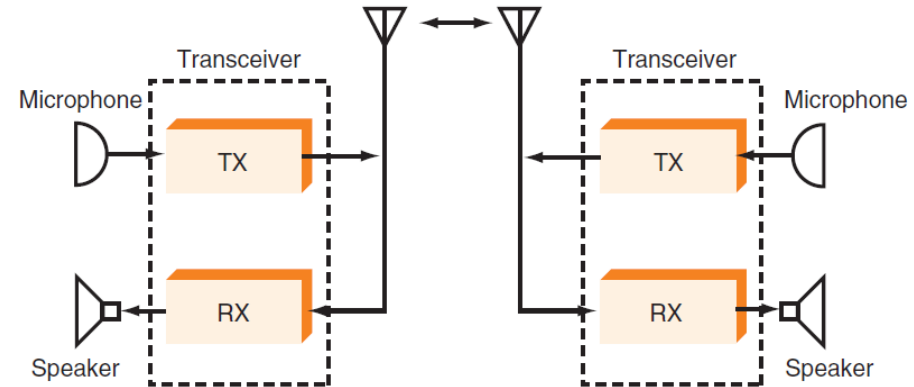
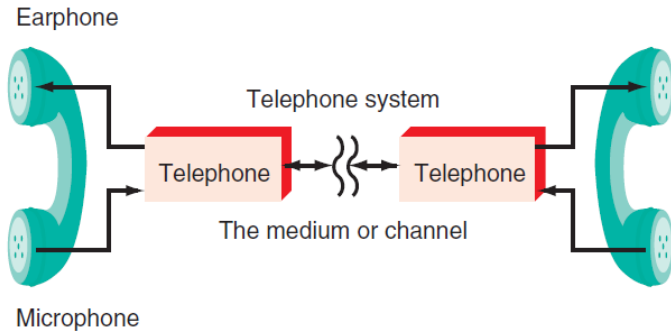
Tek Yönlü Haberleşme

- Tek yönlü sistemlerde veri transferi tek yönde gerçekleşir. Kaynakta verici ile gönderilen sinyaller hedefte alıcı tarafından alınır. Bu tip sistemlere örnek olarak radyo ve TV yayını verilebilir. Benzer şekilde uzaktan kumandalı araba kontrolü için haberleşme tek yönlü gerçekleştirilir.



Çift Yönlü Haberleşme

- Çift yönlü sistemlerde veri transferi her iki yönde de yapılabilir. Çift yönlü haberleşme yarı çift yönlü (half duplex) ve tam çift yönlü (full duplex) olmak üzere iki şekilde sağlanabilir. Yarı çift yönlü haberleşme durumunda, telsiz örneğinde olduğu gibi terminaller haberleşme kanalını dönüşümlü kullanır. Yani biri veri gönderirken, diğeri ise almayı bekler. Tam çift yönlü haberleşme durumunda telefon örneğinde olduğu gibi terminaller haberleşme kanalı üzerinden eş zamanlı olarak veri gönderimi gerçekleştirebilir.

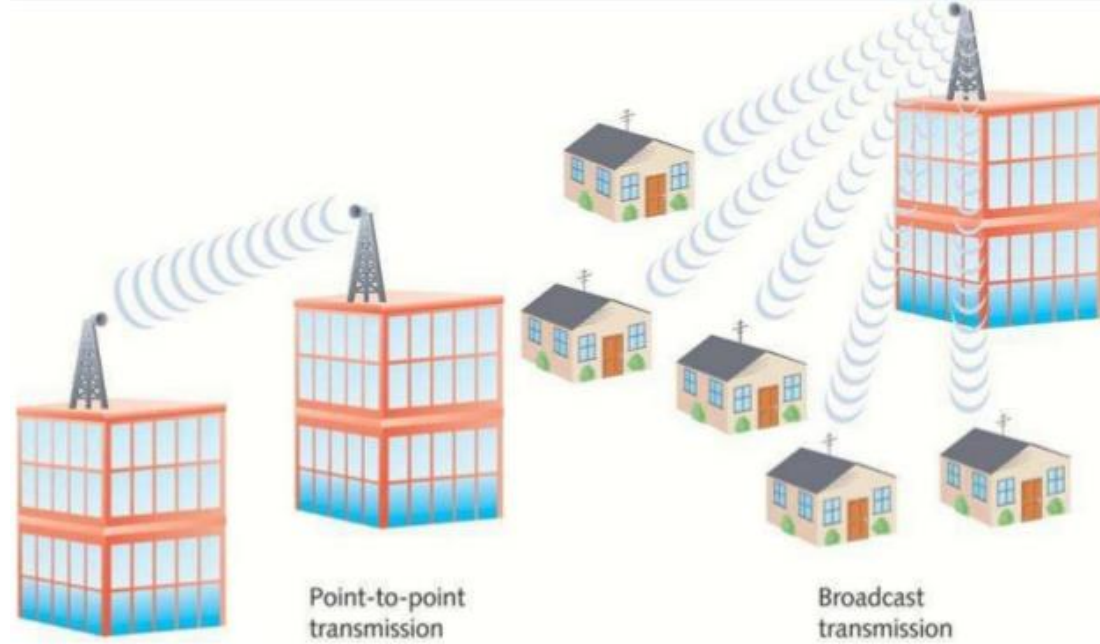


- Haberleşme sistemi çoğunlukla çift yönlü veri iletimi amacıyla kullanıldığından cihazlar genellikle üzerlerinde aynı blok içerisinde verici/alıcı (**transceiver**) adı verilen hem verici (**transmitter**) hem de alıcı (**receiver**) görevi üstlenen devreler barındırmaktadır. Telefon, telsiz, cep telefonu, bilgisayar modemi gibi cihazlar verici/alıcı devreleri kullanımına verilebilecek yaygın örneklerdir.

Transceiver = Transmitter + Receiver

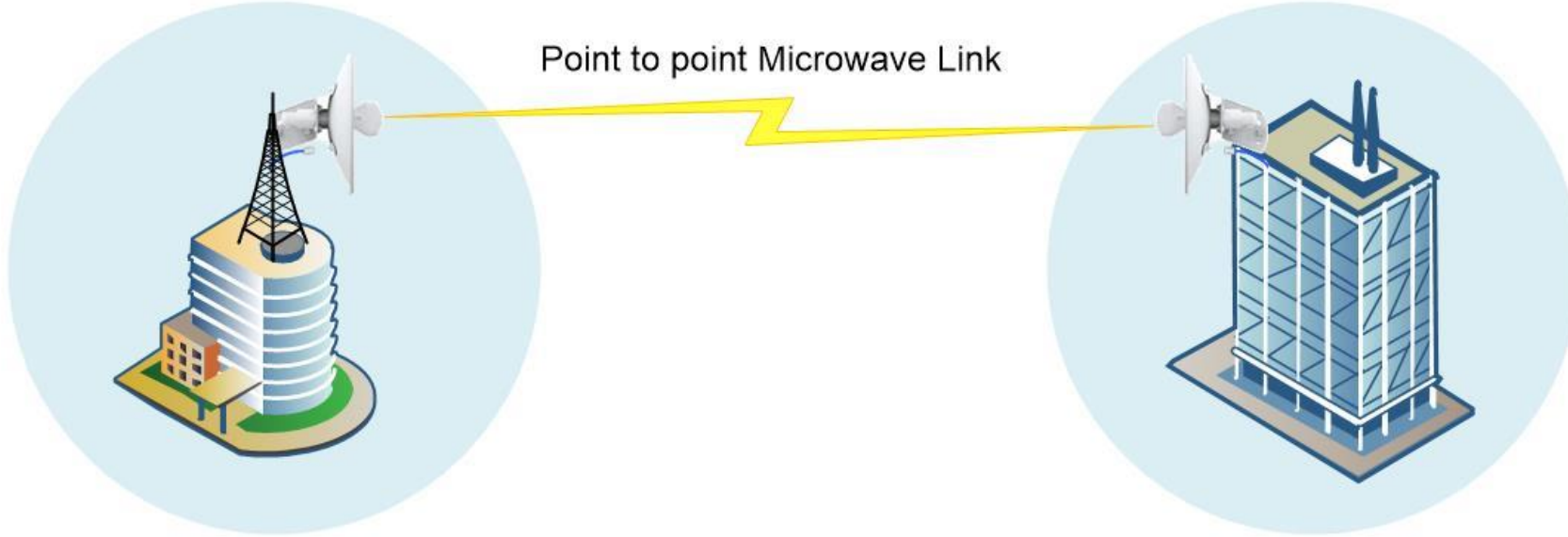
Noktadan Noktaya ve Yayın Yoluyla Haberleşme

- Haberleşme sistemleri noktadan noktaya (point-to-point) ve yayın (broadcasting) olmak üzere iki farklı şekilde mesaj taşır.



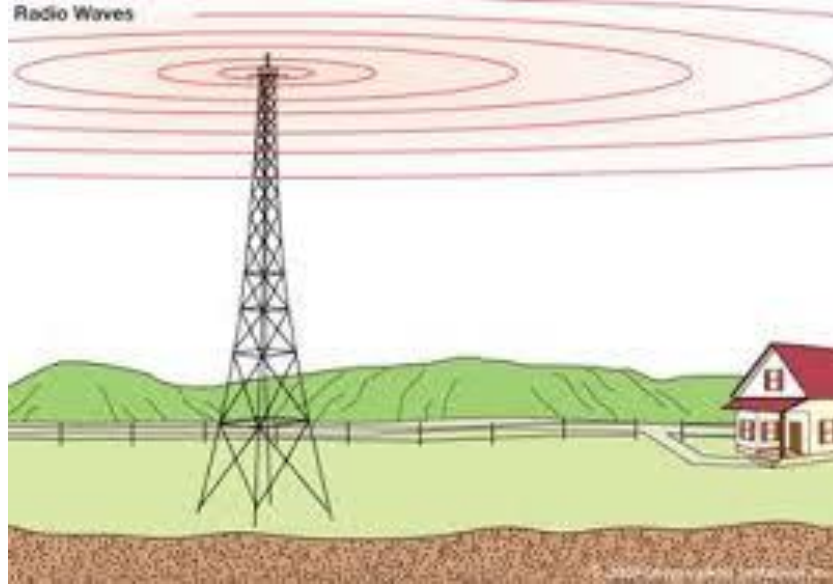
Noktadan Noktaya Haberleşme

- Noktadan noktaya sistemlerde tek bir verici ile tek bir alıcı arasında bilgi aktarımı sağlanması amaçlanır. Bilginin çift yönlü aktarımı istenirse bağlantının her iki ucunda verici/alıcı çifti kullanılması gerekir. Bu tip haberleşmeye örnek olarak telefon görüşmesi verilebilir.



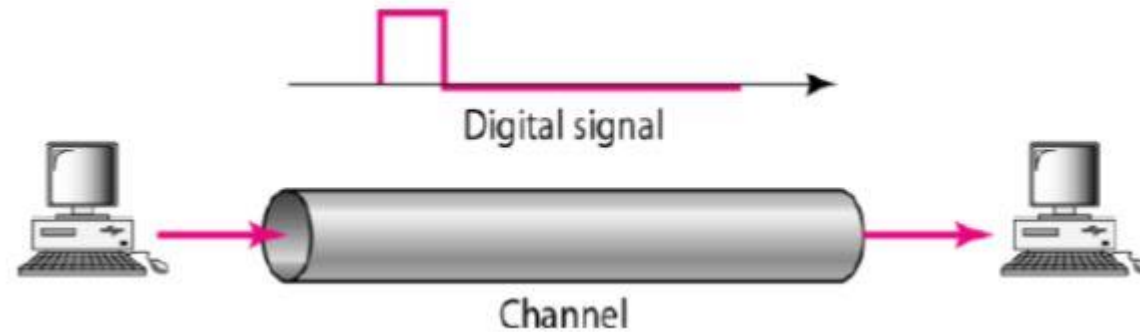
Yayın Yoluyla Haberleşme

- Yayın yapılan sistemlerde ise yüksek güçte çalışan tek bir verici ile nispeten basit ve ucuz çok sayıda alıcı mevcuttur. Haberleşme tek yönlü olup bilgi taşıyan sinyal vericiden alıcıların her birine gönderilir. Bu tip haberleşmeye örnek olarak ticari radyo yayını verilebilir.



Taban Bant İletim

- Bilgi taşıyan mesaj sinyalleri **taban bant sinyali** (baseband signal) olarak isimlendirilir. Taban bant sinyallerin analog veya dijital olarak ve tüm bant genişliğini tek başına kullanarak kanal üzerinden doğrudan gönderilmesi **taban bant iletim** (baseband transmission) olarak isimlendirilir. Örneğin telefon sisteminde ses sinyali bakır tel üzerinden doğrudan yakında bulunan alıcıya iletilir. Benzer şekilde bilgisayar ağlarında dijital formda bilgiler koaksiyel veya çift bükümlü kablolar üzerinden başka bir bilgisayara gönderilir.

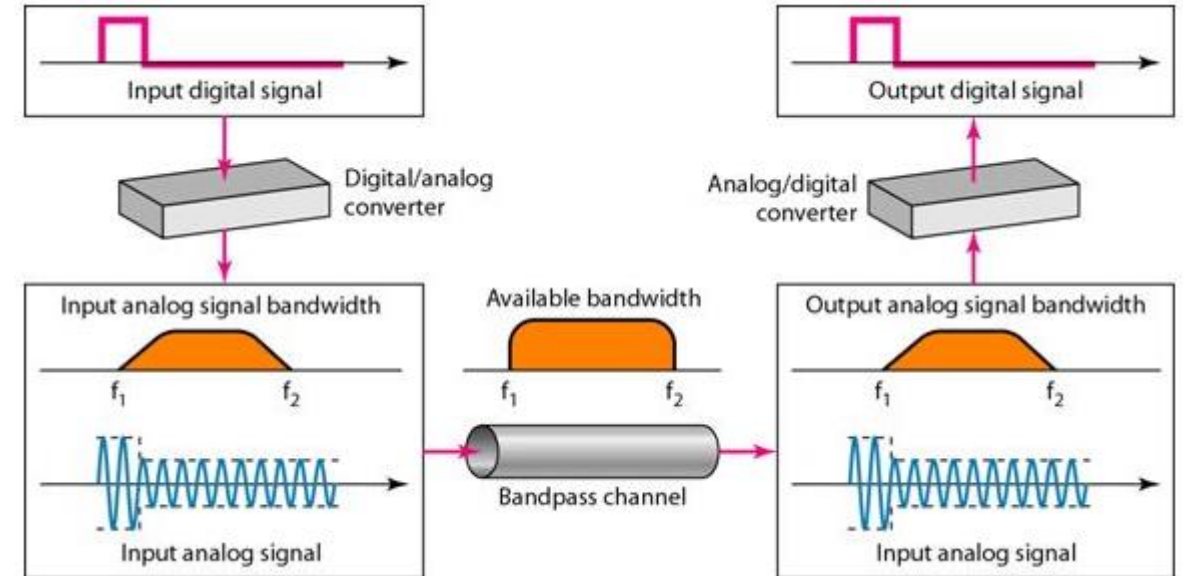
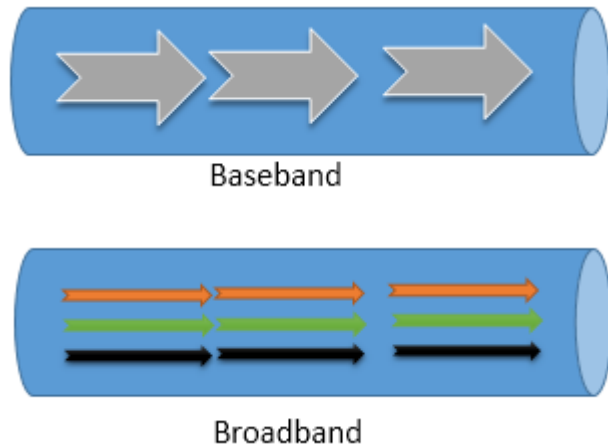
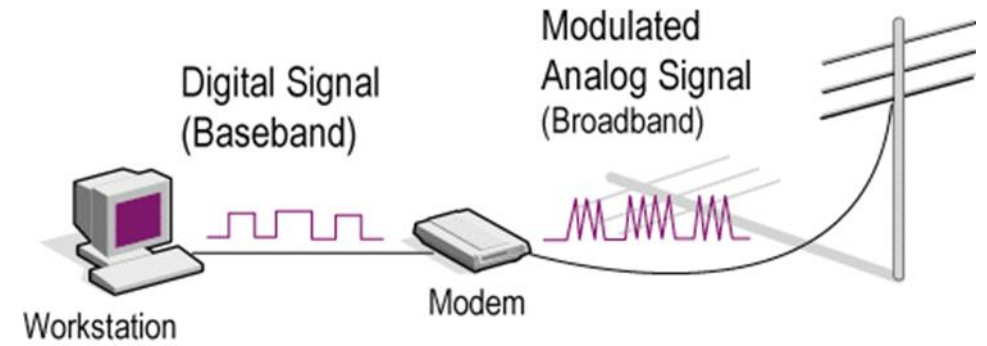


Geniş Bant İletim

- Pek çok uygulamada birden fazla sayıda taban bant mesaj sinyalinin haberleşme kanalı üzerinden gönderilmesi gerekir. Orijinal ses, video veya dijital sinyallerin eş zamanlı olarak farklı frekanslarda ortak kanal üzerinden gönderilmesi geniş bant iletim (broadband transmission) olarak isimlendirilir.
- Geniş bant iletim için dijital sinyal modülasyon işlemi ile analog sinyale dönüştürülür. Modülasyon sonucunda analog sinyaller farklı frekans aralıklarında bant geçiren kanallara taşınarak birbirlerinden ayrılır.

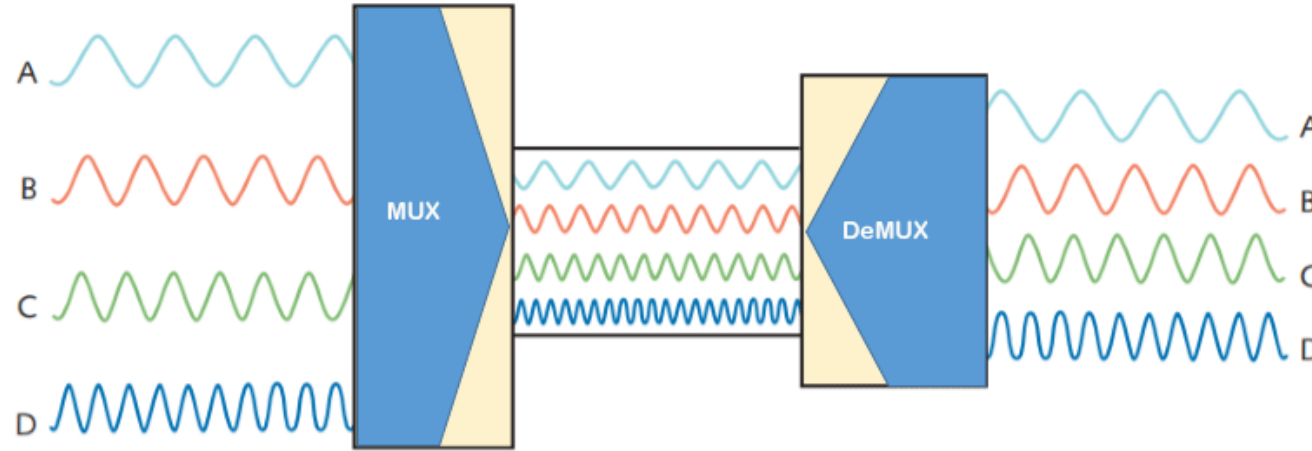


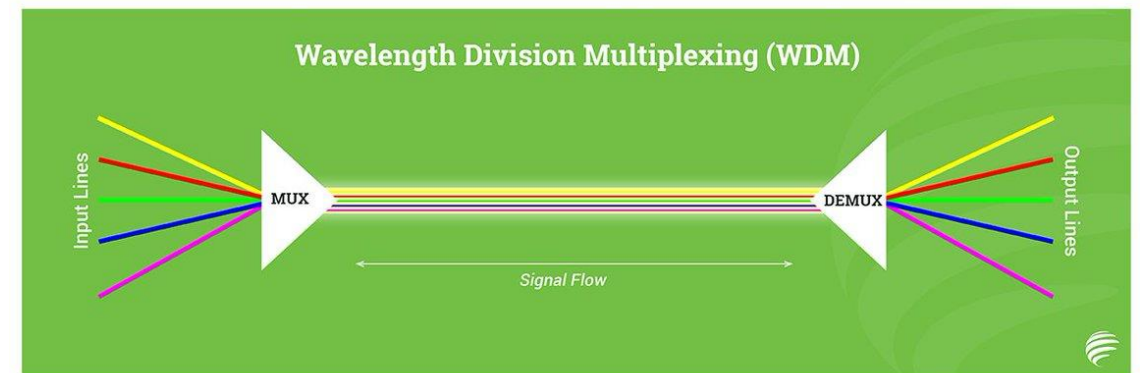
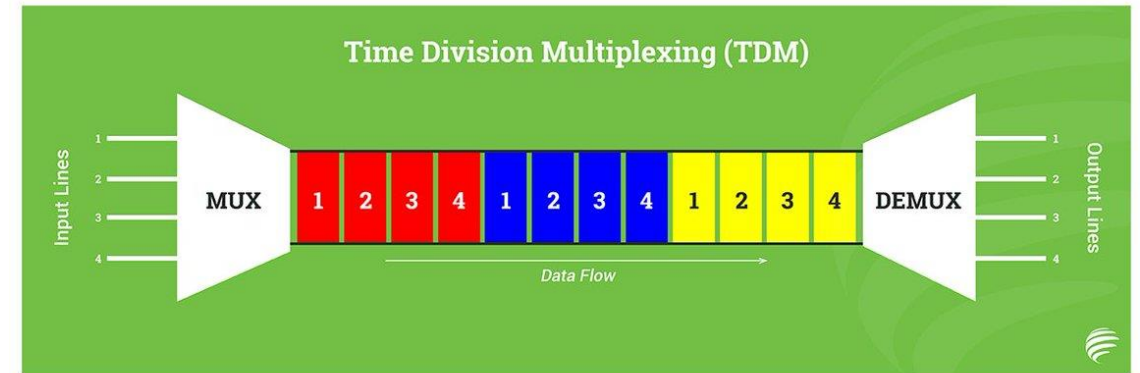
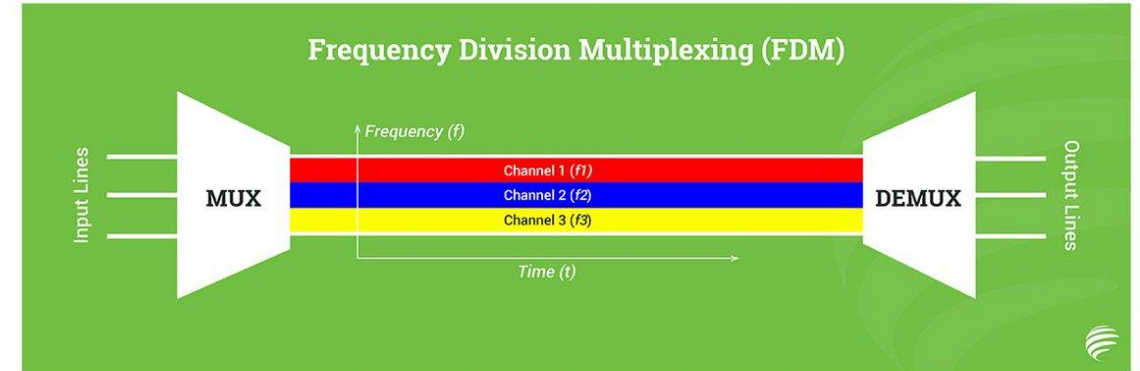
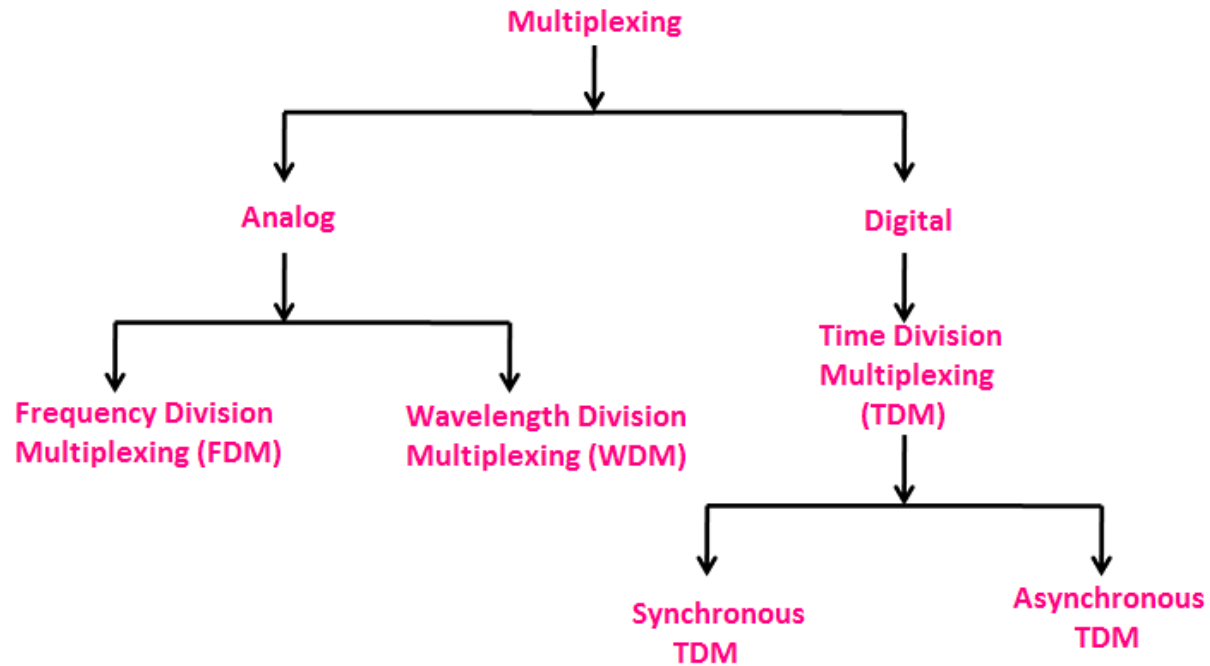
Geniş Bant İletim



Çoğullama

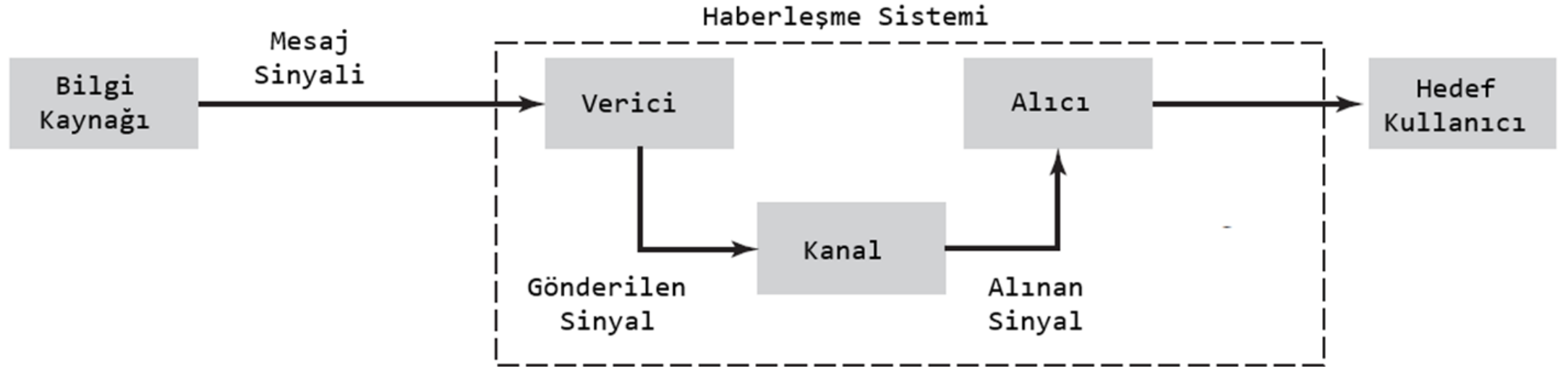
- Geniş bant iletim için çoğullama (multiplexing) adı verilen teknik kullanılarak birden fazla sayıda mesaj sinyalinin aynı anda kanal üzerinden iletilmesi sağlanır. Verici içerisindeki yer alan çoğullayıcı (multiplexer), birbirinden bağımsız taban bant sinyallerini bütünleşik tek bir sinyale dönüştürür. Alıcıda tekilleme (demultiplexing) yapılarak sinyaller birbirinden ayrılır.





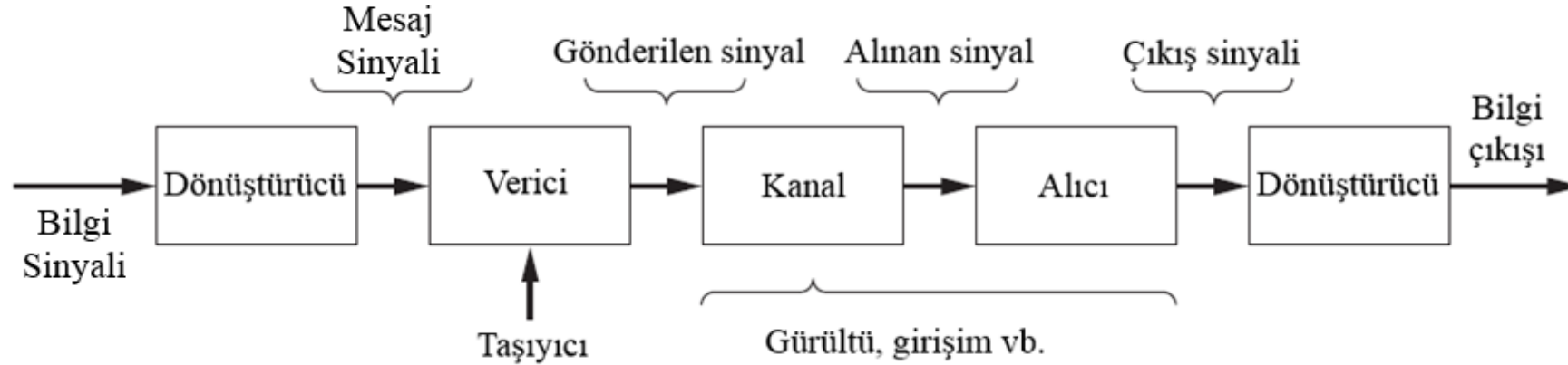
Haberleşme Sisteminin Temel Elemanları

- Haberleşme sistemlerinde temel bileşenler genellikle ortaktır. Özel bir uygulama olmadığı sürece tüm haberleşme sistemlerinde üç temel alt sistem bulunur: verici (transmitter), kanal (channel) ve alıcı (receiver). Bu bileşenler birlikte haberleşme bağlantısı (communication link) olarak isimlendirilir.



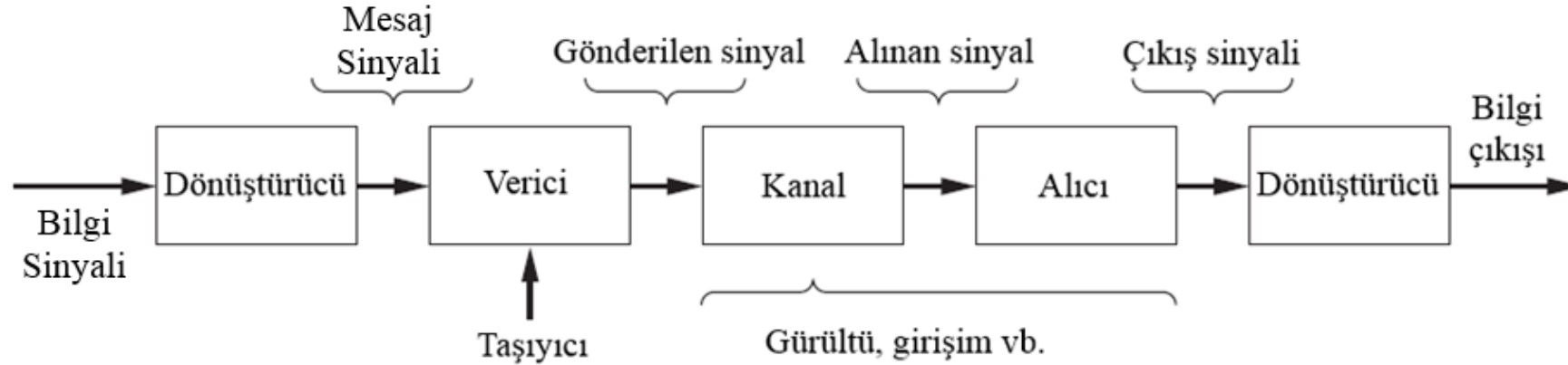
Bilgi Kaynağı ve Dönüştürücü

- Verici bloğu girişinde bilgi kaynağı (information source) ve dönüştürücü (transducer) yer alır. Bilgi kaynağı, alıcıya gönderilecek bilgi sinyalini üretir. Çeşitli bilgi kaynakları birbirinden farklı biçimlerde bilgi sinyalleri üretir. Bilgi sinyali kaynağa bağlı olarak (insan, PC, sensör vb.) analog veya dijital formda olabilir. Analog kaynaklar sürekli dalga biçiminde bilgi üretir. Dijital kaynaklar ise ikilik (binary) formda bit dizisi şeklinde çıkışa sahiptir.



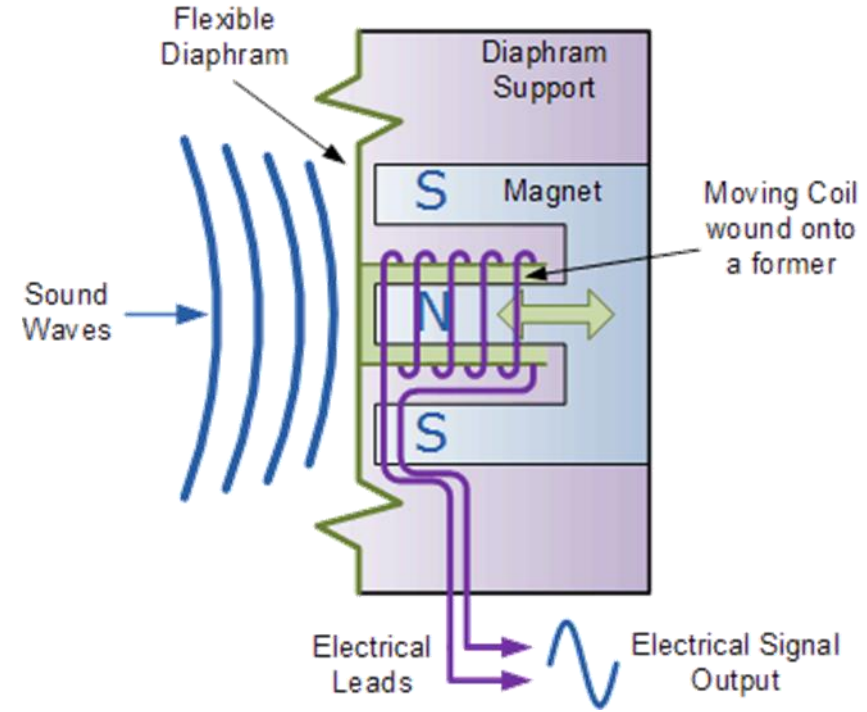
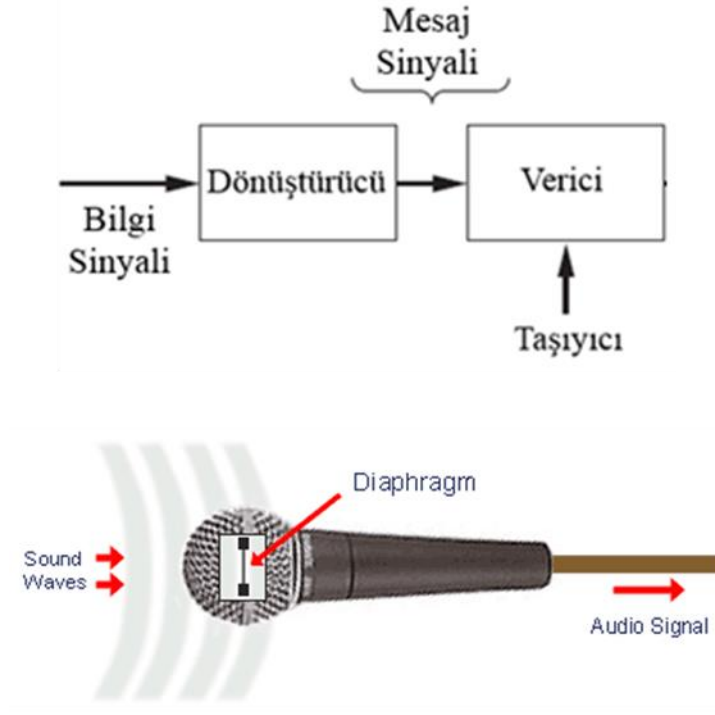
Bilgi Kaynağı ve Dönüştürücü

- Gönderilecek bilgi öncelikle verici girişinde yer alan **dönüştürücü** yardımıyla haberleşme kanalıyla uyumlu gerilim veya akım formunda uygun elektriksel sinyallere çevrilir. Dönüştürücü çıkışında elde edilen sinyal **mesaj sinyali** olarak isimlendirilir. Dönüştürücü olarak ses iletimi için **mikrofon**, görüntü iletimi için **kamera**, metin iletimi için ise **klavye** kullanılabilir.



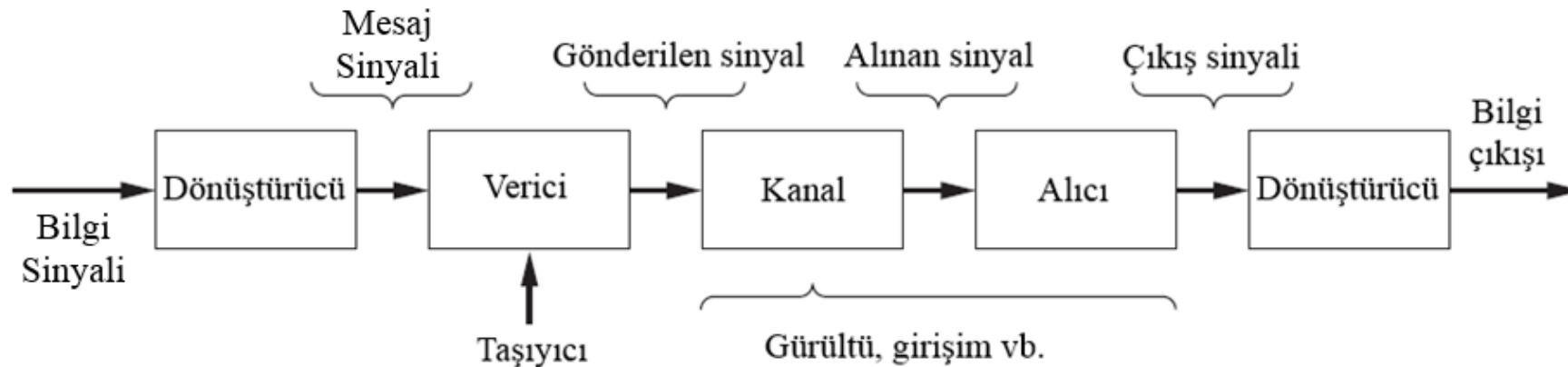
Mikrofon

- Ses iletimi için dönüştürücü olarak mikrofon kullanılarak akustik ses dalgaları, gerilim şeklinde elektriksel mesaj sinyaline dönüştürülür.



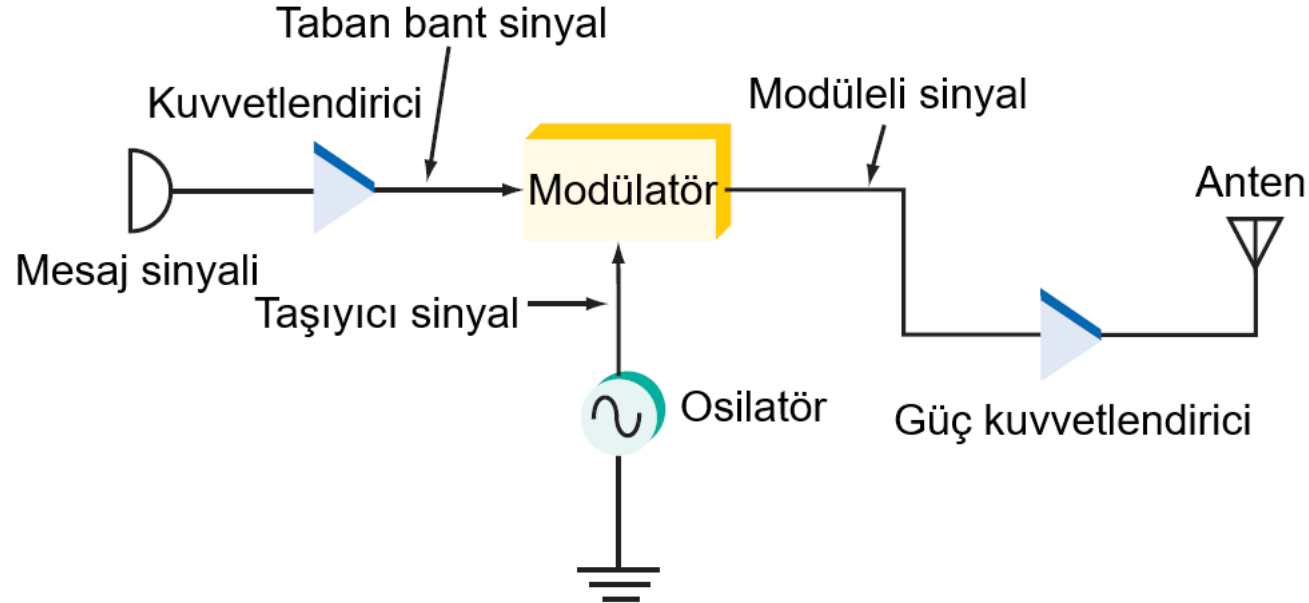
Verici

- Vericide **modülasyon** ile birlikte **filtreleme** ve **kuvvetlendirme** işlemleri gerçekleştirilir. Daha sonra modülasyonlu sinyal kanala aktarılır. Modülasyon için lokal osilatör ile üretilen taşıyıcı sinyal, nakledilecek bilgiyi içeren mesaj sinyali ile birlikte modülatör devresine beslenir. Modülasyon şekline bağlı olarak taşıyıcı sinyal karakteristiği (genlik, frekans veya faz) mesaj sinyaline göre değiştirilir. Modüle edilmiş taşıyıcı sinyal daha sonra kuvvetlendirilerek iletim için antene gönderilir.



Modülasyon

- Yeryüzü atmosferi haberleşme kanalı olarak kullanıldığında düşük frekansta elektromanyetik dalga yayılımına elverişli değildir. Bu sebepten düşük frekanslı mesaj sinyali, yüksek frekanslı taşıyıcı sinyal üzerine bindirilerek (kodlanarak) kanala iletilir. Yapılan bu işlem **modülasyon** (modulation) olarak isimlendirilir.



- Modülasyon haberleşme sistemlerinde vazgeçilmez bir ihtiyaçtır.
 - 1) Modülasyon yapılarak anten boyunun kısaltılması ve böylece elektromanyetik dalga ışımasının basitleştirmesi sağlanır. Örneğin ses sinyallerinin elektromanyetik dalga ile yayılımı için verici/alıcı anten boyları çeyrek dalga boyu uzunlukta olmalıdır. Buna göre anten boyu uzunluğu 1 MHz frekansında 75 metre, 15 KHz frekansında 5000 metre olmalıdır.
 - 2)Çoğullama sayesinde birden fazla sayıda taban bant sinyali kanal üzerinde aynı anda, elektromanyetik spektrumun farklı frekanslarında gönderilebilir. Vericide modülasyon yapılarak kanal üzerinde **frekans bölmeli çoğullama (FDM)** ile çok sayıda mesaj sinyalinin iletilmesi, böylece kanal paylaşımı sağlanması mümkündür.
 - 3)Modülasyon aynı zamanda kanal gürültüsü ve girişimin azaltmasına yardımcı olur.

Frekans ile Dalga Boyu İlişkisi

- Elektromanyetik dalgalar için frekans (f) ve dalga boyu (λ) arasındaki ilişki ışık hızı $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ olmak üzere şöyledir:

$$\lambda = 300,000,000/f.$$



$$299,792,800 \text{ m/s.}$$

$$\lambda(\text{m}) = 300/f(\text{MHz})$$

- Buna göre dalga boyu ve frekansın ters orantılı değiştiği söylenebilir.

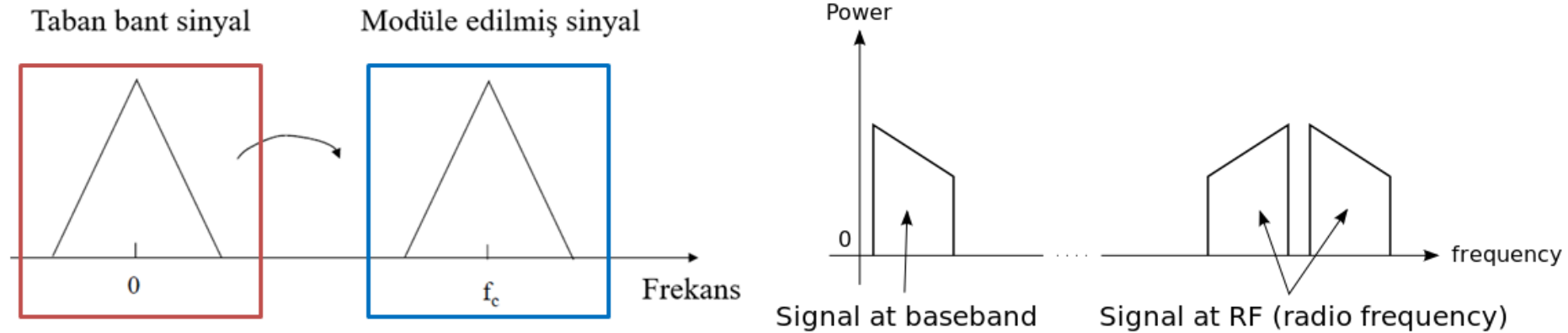
$$150\text{-MHz} \quad \lambda = \frac{300,000,000}{150,000,000} = \frac{300}{150} = 2 \text{ m}$$

$$430\text{-MHz} \quad \lambda = \frac{300}{430} = 0.697 \text{ m} \quad 750 \text{ kHz}$$

$$8\text{-MHz,} \quad \lambda = \frac{300}{8} = 37.5 \text{ m} \quad \lambda = \frac{300}{0.75} = 400 \text{ m}$$

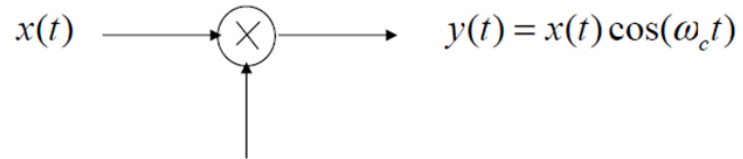
Modülasyon

- Haberleşme kanalı sadece belirli frekans aralığında beklenen performansı sunar. Bu frekans aralığı dışına çıkıldığında sistem performansı düşer. Modülasyon işlemi mesaj sinyalini kendi taban bandından kanalın çalışma frekansına yükseltir.
- Frekans domeni düşünüldüğünde modülasyon aynı zamanda bir frekans kaydırma işlemidir. Modülasyon sonunda alçak geçiren özellikte mesaj sinyali, taşıyıcı frekansı etrafında bant geçiren sinyale dönüşür.



Modülasyon

- Modülasyon işlemi frekansa domeninde aşağıdaki gibi açıklanır:



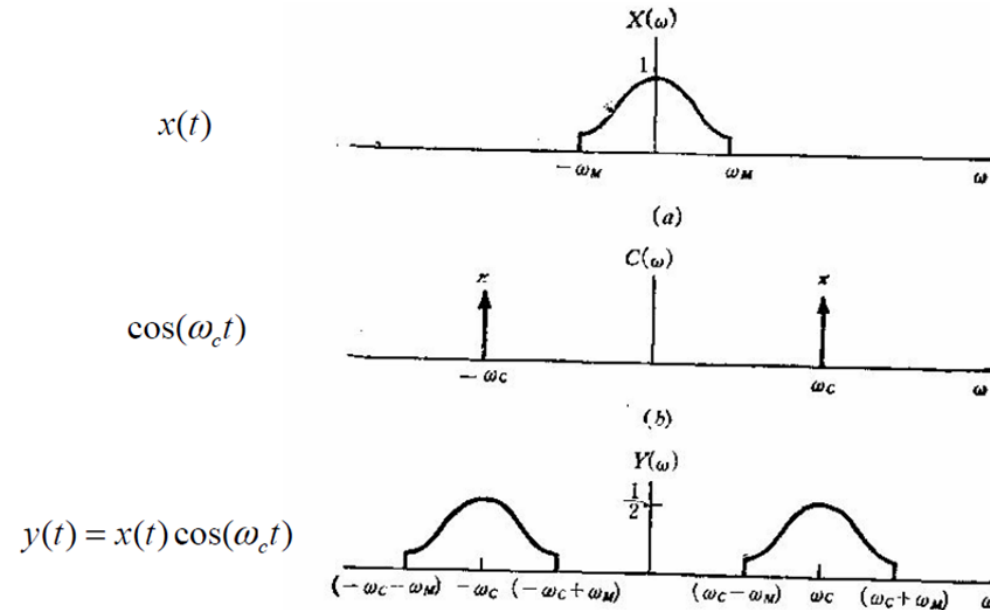
$\cos(\omega_c t)$: taşıyıcı sinyal

ω_c : taşıyıcı frekansı

$$x(t)e^{j2\pi f_c t} \leftrightarrow X(f - f_c)$$

$$x(t)e^{-j2\pi f_c t} \leftrightarrow X(f + f_c)$$

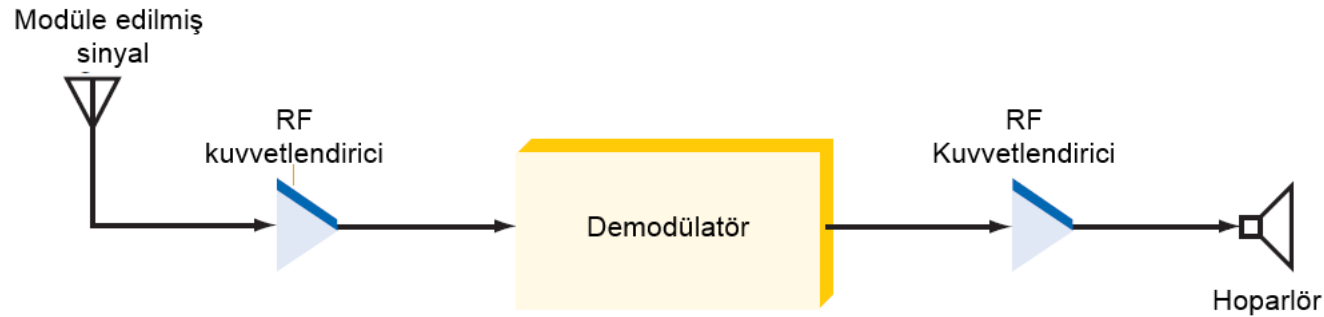
$$x(t)\cos(2\pi f_c t) \leftrightarrow \frac{1}{2}(X(f - f_c) + X(f + f_c))$$



- Haberleşme sistemlerinde kablolu (koaksiyel, fiber optik vb.) veya kablosuz (mobil telefon, radyo ve TV yayını, uydu vb.) olmak üzere kanal üzerinden veri transferi gerçekleştirilebilir.
- Kablolu haberleşme tercih edildiğinde kullanılan kablo, alıcı ve verici arasında veri transferine yani sinyal iletimine kılavuzluk yapar. Bu şekilde gürültü gibi bozucu sinyallere karşı daha fazla direnç sağlanabilir. Buna örnek olarak anten ile TV arasında video sinyalini taşıyan koaksiyel kablo ve bilgisayar ağlarında kullanılan çift bükümlü kablo verilebilir.
- Kablosuz haberleşme sistemlerinde bilginin taşınması için RF sinyalleri kullanılır. RF sinyalleri gerçekte çeşitli frekans aralıklarında elektromanyetik dalgalardan ibarettir. Kablosuz haberleşme, özellikle coğrafi koşulların izin vermemesi veya alıcı ile vericinin birbirinden çok uzakta bulunması durumunda oldukça düşük kurulum maliyetli sunması sebebiyle tercih edilir. Bununla birlikte kullanıcıların hareketli olduğu mobil haberleşme sistemlerinde kablosuz veri transferi yapılması kaçınılmazdır.

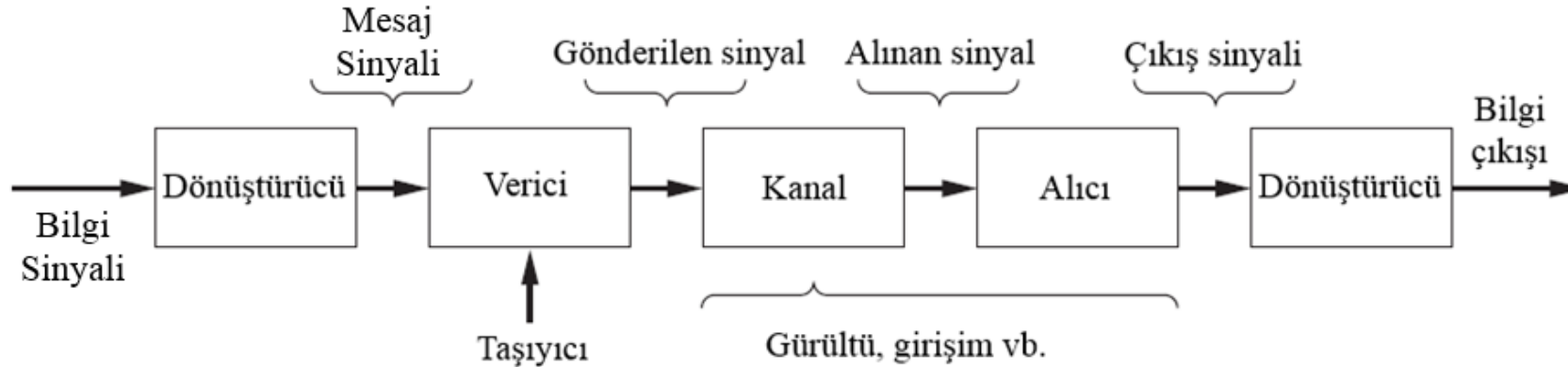
Alıcı

- Alıcı kanal üzerinden geçerek kendisine ulaşan sinyali alır ve alınan sinyali dönüştürücü tarafından kullanıma hazır hale getirir. Kablosuz kanal üzerinden gönderilen sinyalin zayıflamış olabileceği düşünüldüğünde, alıcıda öncelikle kuvvetlendirme yapılır. Bundan sonra demodülasyon (demodulation) işlemiyle modüle edilmiş sinyal içerisinde yüksek frekanslı taşıyıcı sinyal çıkarılarak düşük frekanslı bilgi sinyali elde edilir.



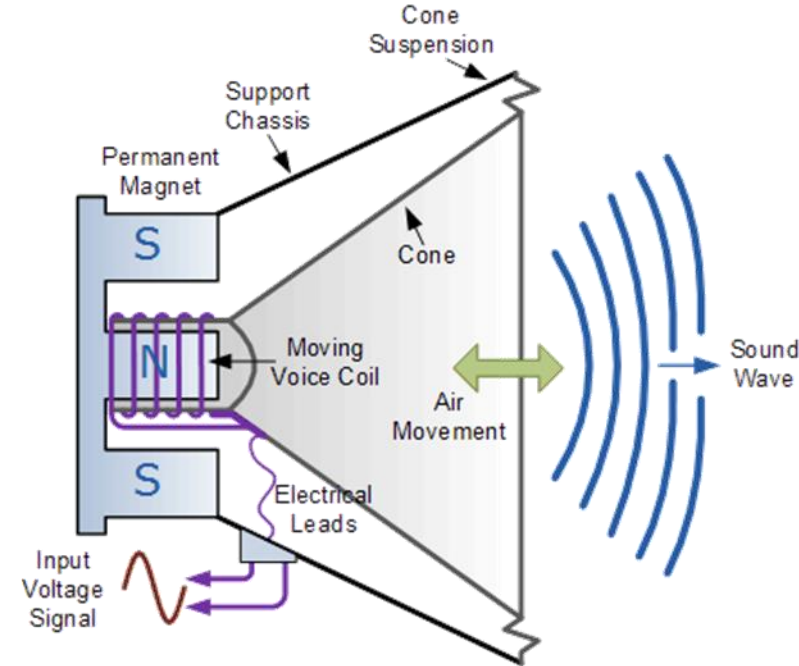
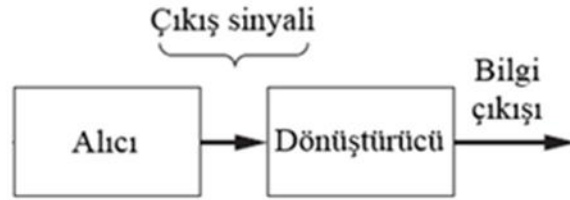
Alıcı

- Alıcı çıkışındaki çıkış sinyali genellikle verici girişindeki mesaj sinyalinin ölçeklenmiş ve/veya gecikmeye uğramış bir versiyonudur. Fakat kanal üzerinde bozucu etmenler baskın olduğu durumda mesaj sinyali oldukça değişir ve alıcıda tekrar elde edilmesi zorlaşır.



Hoparlör

- Alıcı çıkışında yer alan dönüştürücü, alıcı içerisindeki demodülatör tarafından oluşturulan mesaj sinyalini tekrardan kullanıcı tarafından algılanabilecek özellikte bilgi sinyaline dönüştürür. Ses iletiminde alıcı çıkışında dönüştürücü olarak genellikle hoparlör kullanılır. Hoparlör kendisine ulaşan elektriksel sinyalleri, ses dalgalarına dönüştürür.





Thank You

hakki.soy@karatay.edu.tr