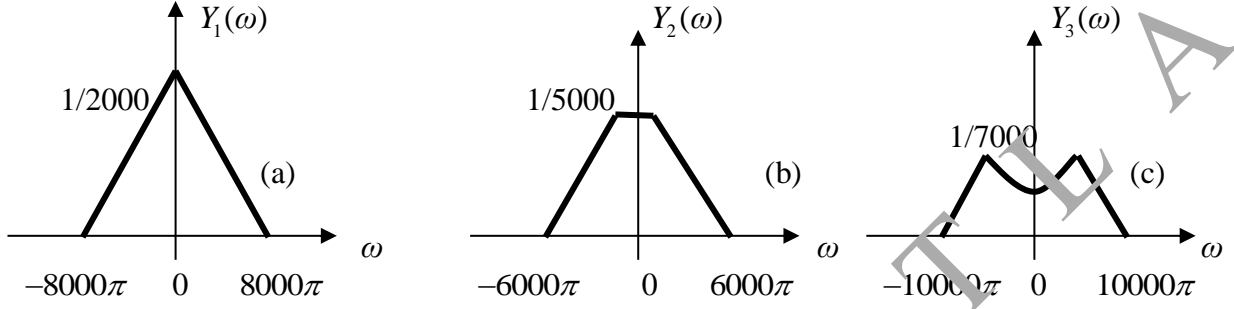


## ANALOG VERİ BAND GENİŞLİĞİ

### Örnek

Bir haberleşme sisteminde  $x(t) = \text{sinc}^2(5000\pi t)$  bilgisi  $h(t)$  kanalından iletilmek istenmektedir. Aşağıda filtre çıkışlarından hangisi iletilmek istenen işarete (veriye) ait olabilir.

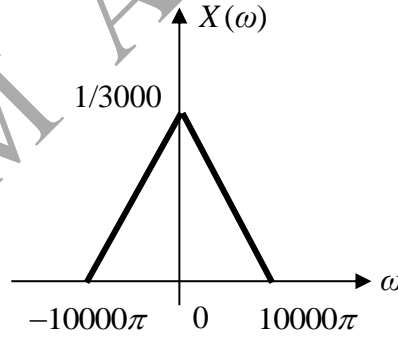


Şekil 1 Filtre (kanal) çıkışı

### Çözüm

Öncelikle iletilecek verinin frekans karşılığı (Fourier transformasyonunu) elde edelim.

$$\text{sinc}^2(5000\pi t) \leftrightarrow \frac{1}{5000} \Delta\left(\frac{\omega}{20000\pi}\right)$$



Şekil 2 İletilecek veri

Buradan iletilecek işaretin band genişliğinin  $f_x = 5$  KHz olduğunu görmekteyiz.

Böyle bir veri  $h(t) \leftrightarrow H(\omega)$  haberleşme kanalından iletilmek istenmektedir. Filtre çıkışı,

$$\begin{aligned} y(t) &= x(t) * h(t) \\ &= X(\omega)H(\omega) = Y(\omega) \end{aligned}$$

**Kural :** zaman domeninde konvölüsyon frekans domeninde klasik çarpma işlemine eşittir.

Bu kurala iletilen işarete göre filtre çıkışları aşağıdaki gibi değerlendirilir.

(a) Kanal çıkışına göre  $f_1 = 4$  KHz bandındaki işaret geçirilmiştir. Oysa ki iletilmek istenen işaret bant genişliğinde  $f_x = 5$  KHz olduğundan bunun anlamı, işaret tam geçirilememiştir. Diğer bir deyişle veri kaybı söz konusudur. Dolayısıyla bu tip filtre istenenleri karşılamamaktadır.

(b) Kanal çıkışına göre  $f_2 = 3$  KHz bandındaki işaret geçirilmiştir. Oysa ki iletilmek istenen işaret bant genişliğinde  $f_x = 5$  KHz olduğundan bunun anlamı, işaret tam geçirilememiştir. Diğer bir deyişle veri kaybı söz konusudur. Dolayısıyla bu tip filtre istenenleri karşılamamaktadır.

(c) Kanal çıkışına göre  $f_3 = 5$  KHz bandındaki işaret geçirilebilir. Kanal band genişliği iletilmek istenen işaretin band genişliğine  $f_x = 5$  KHz eşit olduğundan sağlıklı bir iletim söz konusudur. Ancak (c) ye göre kanal çıkışında iletilmek istenen işaretin genlik seviyesinde değişme vardır. Genlik değişimi önemli değildir. Bir başka kazanç filtresiyle bu giderilebilir. Önemli olan aynı band genişliğinin sağlanmasıdır.

### Örnek

Bir haberleşme sisteminde bilgi olarak  $x(t) = 20000\pi \text{ sinc}(10000\pi t)$  darbeleri  $y(t) = 16000\pi \text{ sinc}(8000\pi t)$  filtresi olarak tanımlanan kanaldan iletilmek istenmektedir. İletimin mümkün olup olmayacağını araştırın.

### Çözüm

$$x(t) = \text{rect}\left(\frac{t}{\tau}\right) \leftrightarrow X(\omega) = \tau \text{ sinc}\left(\frac{\omega\tau}{2}\right) \text{ ise Dualite prensibinden, } X(t) = 2\pi x(-\omega)$$

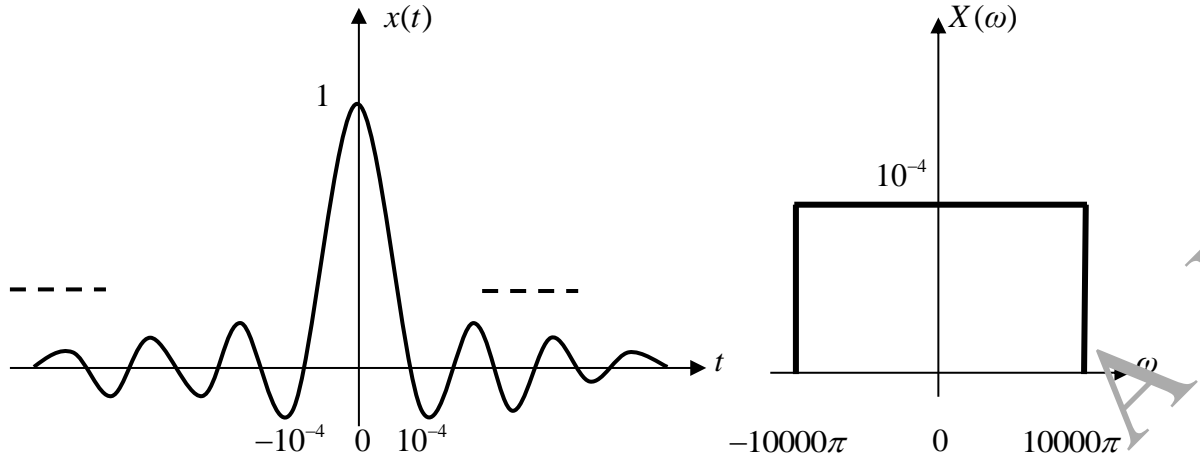
$$\tau \text{ sinc}\left(\frac{\tau t}{2}\right) = 2\pi \text{ rect}\left(-\frac{\omega}{\tau}\right) = 2\pi \text{ rect}\left(\frac{\omega}{\tau}\right) \text{ ise,}$$

$$\text{sinc}(10000\pi t) \leftrightarrow 10^{-4} \text{ rect}\left(\frac{\omega}{20000\pi}\right)$$

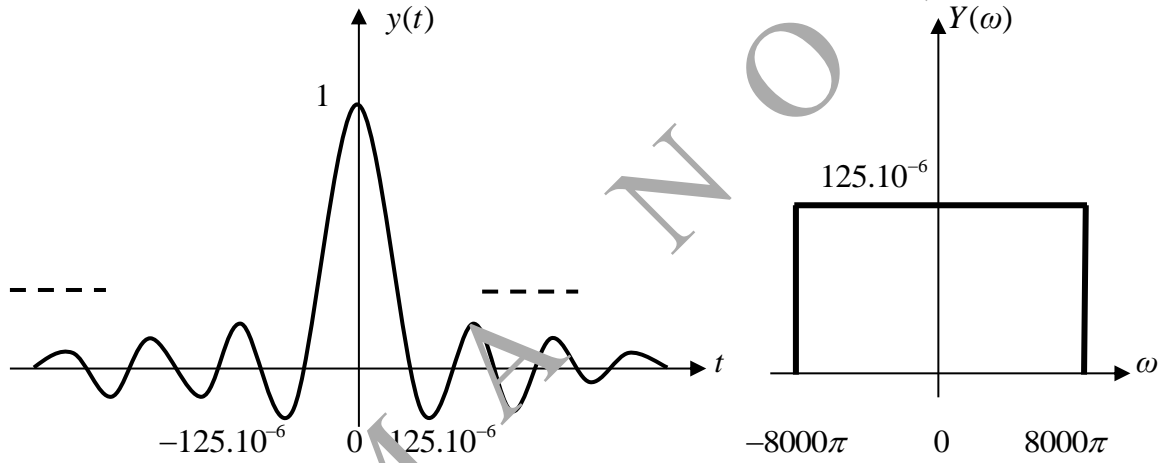
$$\text{sinc}(8000\pi t) \leftrightarrow 125 \cdot 10^{-6} \text{ rect}\left(\frac{\omega}{16000\pi}\right)$$

İletilmek istenen verinin band genişliği :  $f_x = 5000 \text{ Hz} = 5 \text{ KHz}$

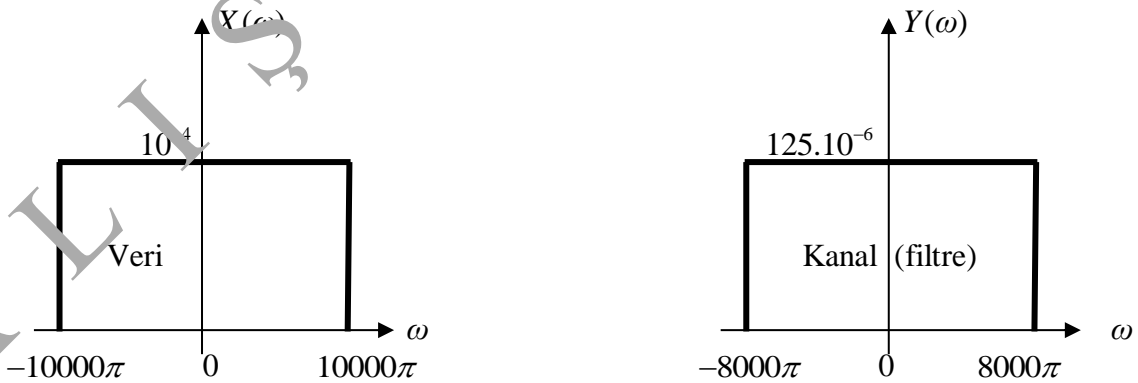
Haberleşme kanalının band genişliği :  $f_y = 4000 \text{ Hz} = 4 \text{ KHz}$



Şekil 3 Kanal zaman – frekans değişimi :  $\text{sinc}(10000\pi t) \leftrightarrow 10^{-4} \text{rect}(\frac{\omega}{20000\pi})$



Şekil 4 Veri zaman – frekans değişimi :  $\text{sinc}(8000\pi t) \leftrightarrow 125 \cdot 10^{-6} \text{rect}(\frac{\omega}{16000\pi})$



Şekil 5 Veri ve iletilecek kanalın band genişliklerinin karşılaştırılması

Eldeki bilgilere bakıldığında iletilecek verinin band genişliği  $f_x = 5$  KHz olmasına rağmen, bu bilginin iletileceği kanalın band genişliği  $f_y = 4$  KHz olduğundan bu bilgi iletilemez veya en azından **sağlıklı iletilemeyeceğinden**, verinin/işaretin kaybedilmesi söz konusu olur.

### Örnek

Bir haberleşme sisteminde  $x(t) = \text{sinc}^2(3000\pi t)$  bilgisi  $y(t) = \text{sinc}(14000\pi t)$  kanalından iletilmek istenmektedir. İletimin mümkün olup olmadığını araştırın.

### Çözüm

$$x(t) = \Delta\left(\frac{t}{\tau}\right) \leftrightarrow X(\omega) = \frac{\tau}{2} \text{sinc}^2\left(\frac{\omega\tau}{4}\right) \text{ ise Dualite prensibinden, } X(t) = 2\pi x(-\omega)$$

$$\frac{\tau}{2} \text{sinc}^2\left(\frac{\tau t}{4}\right) = 2\pi \Delta\left(-\frac{\omega}{\tau}\right) = 2\pi \Delta\left(\frac{\omega}{\tau}\right) \text{ ise, } \text{sinc}^2(3000\pi t) \leftrightarrow \frac{1}{3000} \Delta\left(\frac{\omega}{12000\pi}\right)$$

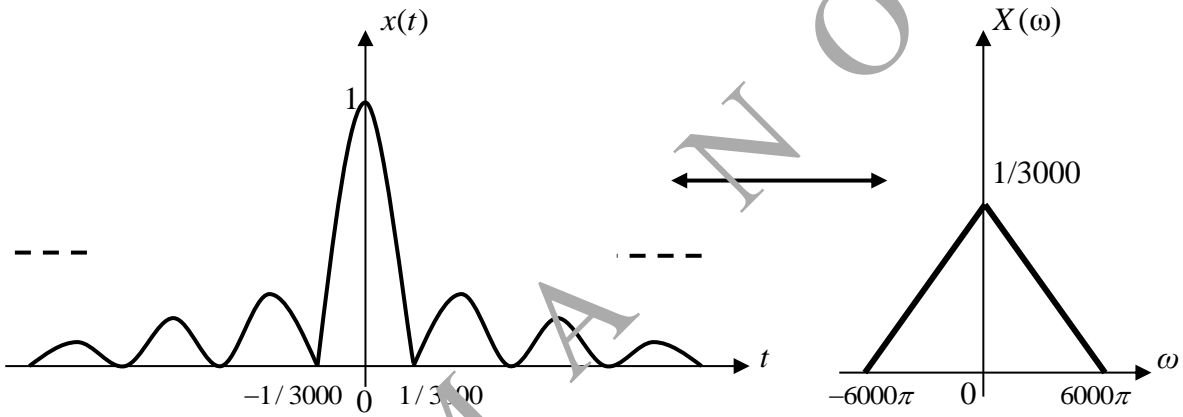
ve ;

$$x(t) = \text{rect}\left(\frac{t}{\tau}\right) \leftrightarrow X(\omega) = \tau \text{sinc}\left(\frac{\omega\tau}{2}\right) \text{ ise Dualite prensibinden, } X(t) = 2\pi x(-\omega)$$

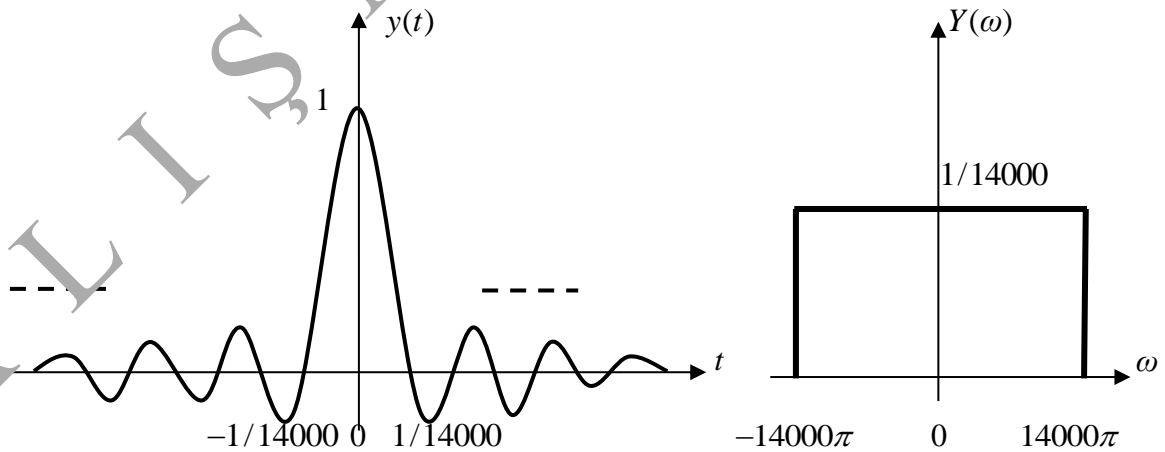
$$\tau \text{sinc}\left(\frac{\tau t}{2}\right) = 2\pi \text{rect}\left(-\frac{\omega}{\tau}\right) = 2\pi \text{rect}\left(\frac{\omega}{\tau}\right) \text{ ise, } \text{sinc}(14000\pi t) \leftrightarrow \frac{1}{14000} \text{rect}\left(\frac{\omega}{28000\pi}\right)$$

İletilecek verinin band genişliği :  $f_x = 3000 \text{ Hz} = 3 \text{ KHz}$

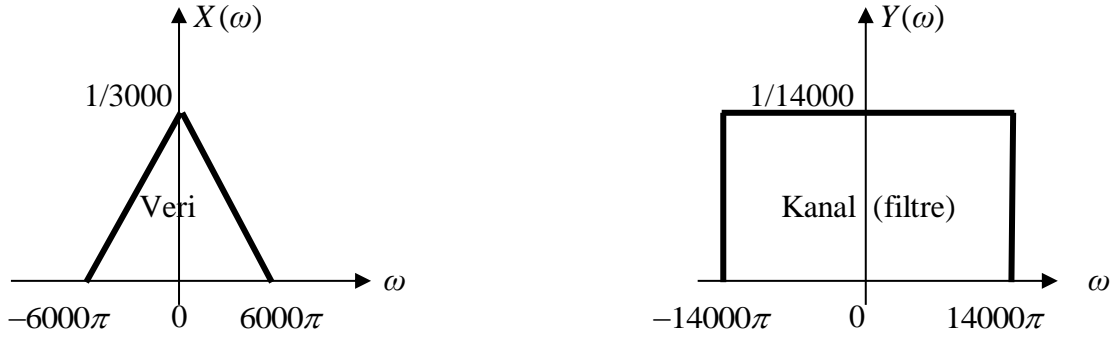
Haberleşme kanalının band genişliği :  $f_y = 7000 \text{ Hz} = 7 \text{ KHz}$



Şekil 6 Veri zaman – frekans değişimi :  $\text{sinc}^2(3000\pi t) \leftrightarrow \frac{1}{3000} \Delta\left(\frac{\omega}{12000\pi}\right)$



Şekil 7 Kanal/filtre zaman – frekans değişimi :  $\text{sinc}(14000\pi t) \leftrightarrow \frac{1}{14000} \text{rect}\left(\frac{\omega}{28000\pi}\right)$



Şekil 8 Veri ve iletilecek kanalın band genişliklerinin karşılaştırılması

İletilecek  $X(\omega)$  verisinin band genişliği,  $Y(\omega)$  haberleşme kanalının band genişliğine eşit veya ondan küçük olması halinde sağlıklı bir iletimin yapılabileceğini biliyoruz. Eldeki bilgilere bakıldığında iletilecek verinin band genişliği  $f_x = 3$  KHz iken, bu bilginin iletileceği kanalın yani filtrenin band genişliği  $f_y = 7$  KHz olduğundan bilgi **çok rahat olarak kanaldan iletilebilir**.

### Örnek

Bir haberleşme sisteminde  $x(t) = \Delta(\frac{t}{0.01})$  bilgisi,  $y(t) = \text{sinc}(400\pi t)$  kanalından iletilmek istenmektedir. İletimin mümkün olup olmadığını araştırın.

### Çözüm

Önemli olan gönderilecek bilginin band genişliğinin, kanal band genişliğinden küçük olması veya en iyi ihtimalle kanal band genişliğine eşit olmasıdır. Bu yüzden gerek verinin gerekse kanalın yani filtrenin band genişliklerinin tespit edilmesi gerekir. Önce iletilecek verinin band genişliğini  $\Delta(\frac{t}{\tau}) \leftrightarrow \frac{\tau}{2} \text{sinc}^2(\frac{\omega\tau}{4})$  yaklaşımından,

$$\Delta(\frac{t}{0.01}) \rightarrow \tau = 0.01 \text{ sn}$$

Buna göre iletilecek verinin uzunluğu  $\tau = 0.01$  sn. Bu verinin band genişliği ise,

$$\Delta(\frac{t}{\tau}) \leftrightarrow \frac{\tau}{2} \text{sinc}^2(\frac{\omega\tau}{4})$$

$$\Delta(\frac{t}{0.01}) \leftrightarrow \frac{\tau}{2} \text{sinc}^2(\frac{\omega\tau}{4}) = \frac{0.01}{2} \text{sinc}^2(\frac{0.01\omega}{4}) = 5 \cdot 10^{-3} \text{sinc}^2(\frac{\omega}{400})$$

$$\Delta(\frac{t}{0.01}) \leftrightarrow 10^{-2} \text{sinc}^2(\frac{\omega}{400})$$

$$\Delta(\frac{t}{0.01}) \leftrightarrow 5 \cdot 10^{-3} \text{sinc}^2(\frac{\omega}{400}) \rightarrow 400\pi = 2\pi f_1 \rightarrow f_1 = 200 \text{ Hz}$$

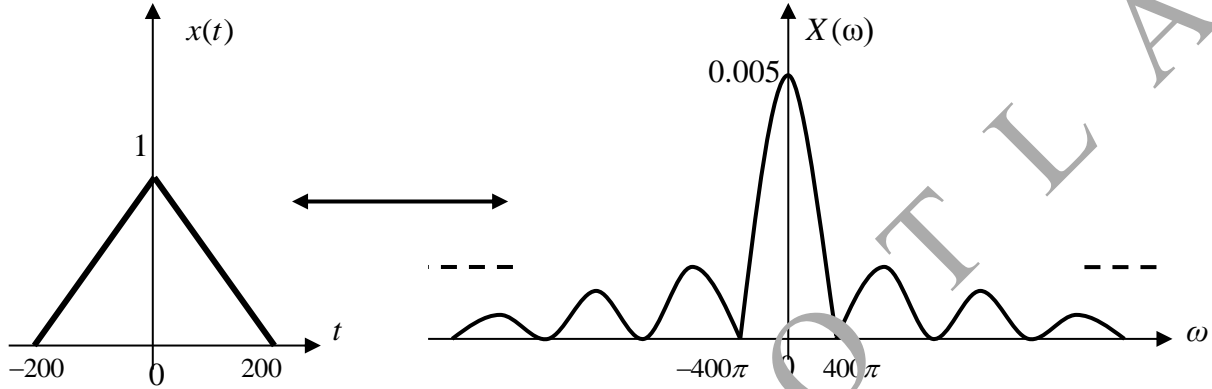
ve ;

$$x(t) = \text{rect}\left(\frac{t}{\tau}\right) \leftrightarrow X(\omega) = \tau \text{sinc}\left(\frac{\omega\tau}{2}\right) \text{ ise Dualite prensibinden, } X(t) = 2\pi x(-\omega)$$

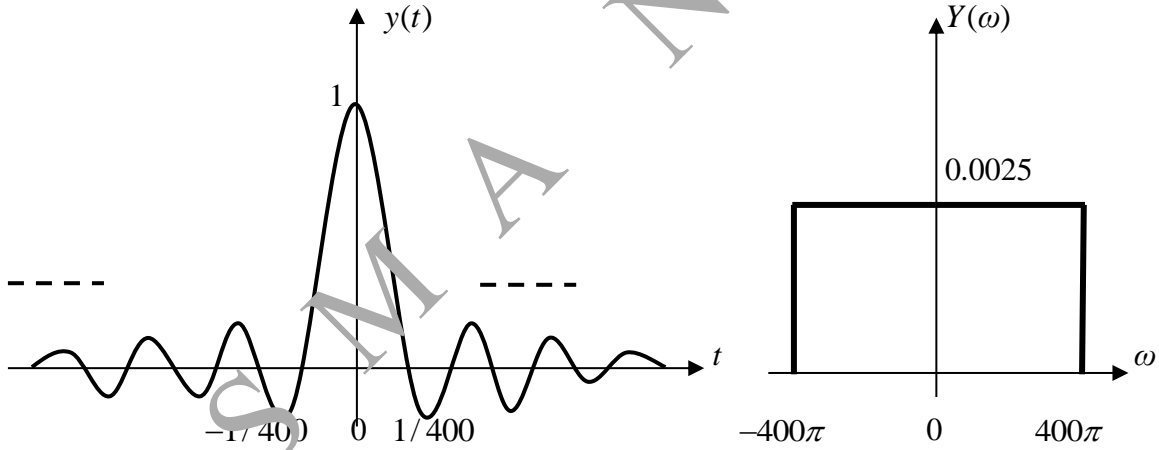
$$\tau \text{sinc}\left(\frac{\tau t}{2}\right) = 2\pi \text{rect}\left(-\frac{\omega}{\tau}\right) = 2\pi \text{rect}\left(\frac{\omega}{\tau}\right) \text{ ise, } \text{sinc}(400\pi t) \leftrightarrow 0.0025 \text{rect}\left(\frac{\omega}{800\pi}\right)$$

İletilecek verinin band genişliği :  $f_x = 200$  Hz

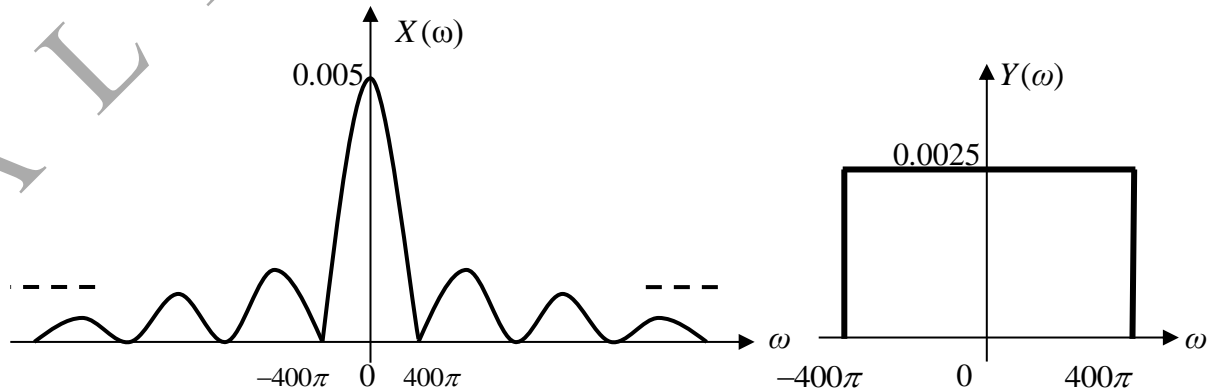
Haberleşme kanalının yani filtrenin band genişliği :  $f_y = 200$  Hz



Şekil 9 Veri zaman – frekans değişimi :  $\Delta\left(\frac{t}{0.01}\right) \leftrightarrow 5.10^{-3} \text{sinc}^2\left(\frac{\omega}{400}\right)$



Şekil 10 Kanal/filtre zaman – frekans değişimi :  $\text{sinc}(400\pi t) \leftrightarrow 0.0025 \text{rect}\left(\frac{\omega}{800\pi}\right)$



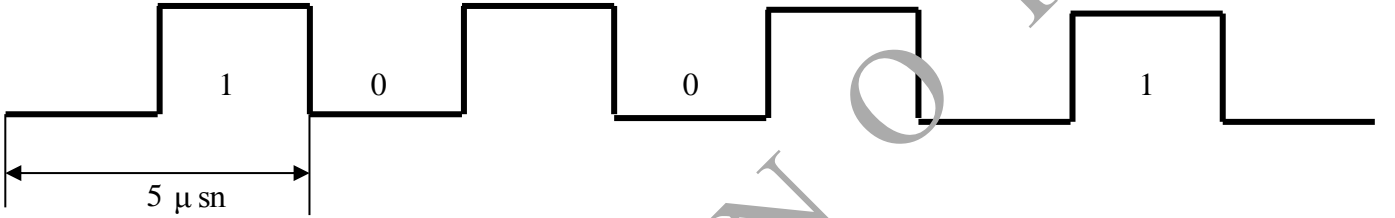
Şekil 11 Veri ve iletilecek kanalın band genişliklerinin karşılaştırılması

veya ondan küçük olması halinde sağlıklı bir iletimin yapılabileceğini biliyoruz. Eldeki bilgilere bakıldığında iletilecek  $X(\omega)$  verisinin band genişliği  $Y(\omega)$  haberleşme kanalının band genişliğine eşit çıkmıştır. Veri band genişliği  $f_x = 200$  Hz iken, bu bilginin iletileceği kanalın yani filtrenin band genişliği de  $f_y = 200$  Hz olarak eşit elde edildiğinden **bilgi kanaldan sağlıklı iletilebilir**. Kanal band genişliği veri iletimini sınırda sağladığından, bu tür iletim **kritik iletim** olarak da düşünülebilir.

## SAYISAL VERİ BAND GENİŞLİĞİ

### Örnek

İletilmesi istenen sayısal veri aşağıdaki formdaysa verinin band genişliğini bulun.



Şekil 12 Sayısal işaret

### Çözüm

Verilen işaret veya veri sayısal işaret formunda olup, periodik bir işarettir. İşaretin periodu  $T = 5 \mu\text{sn} = 5 \cdot 10^{-6} \text{sn}$ . Frekans saniyedeki period sayısı olduğuna göre, periodu bu şekilde olan işaretin frekansı,

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{5 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^6}{5} = 2 \cdot 10^5 = 200.000 \text{ Hz}$$

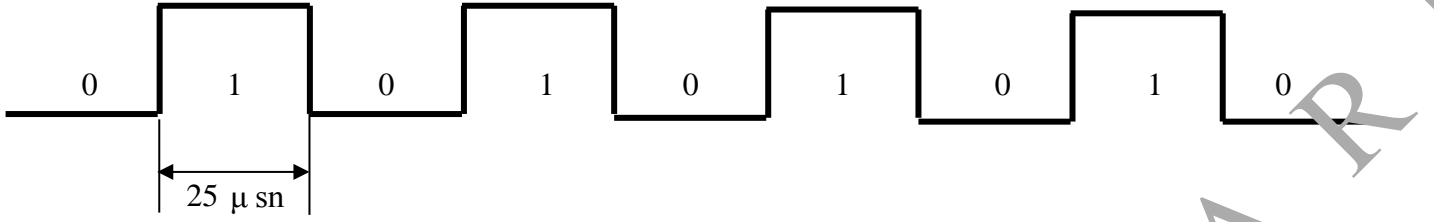
Buna göre  $5 \mu\text{sn}$  de bir bit iletiliyorsa frekans olarak bir saniyede 200.000 bit iletilmektedir. Dolayısıyla sayısal verinin band genişliği,

$$BG = 200.000 \text{ bps (bit per second)} \rightarrow \text{saniyede iletililecek bit sayısı}$$

Buna göre sayısal verinin saniyedeki sayıl sayısı aynı zamanda bit sayısını, dolayısıyla sayısal verinin band genişliğini belirleyebilmektedir.

### Örnek

İletilmesi istenen sayısal işaret aşağıdaki formdaysa verinin band genişliğini bulun.



Şekil 13 Sayısal işaret

### Çözüm

Verilen işaret veya veri sayısal işaret formunda olup, periodik bir işarettir. İşaretin periodu  $T = 25 \mu\text{sn} = 25 \cdot 10^{-6} \text{sn}$ . Frekans saniyedeki period sayısı olduğuna göre, periodu bu şekilde olan işaretin frekansı,

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{25 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^6}{25} = 4 \cdot 10^4 = 40.000 \text{ Hz}$$

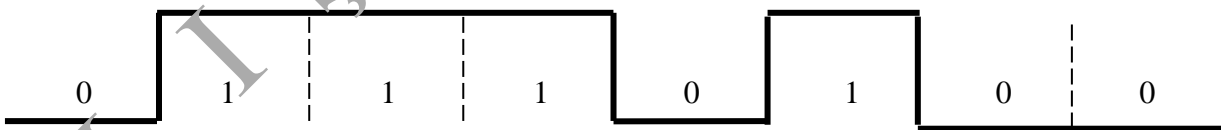
Buna göre  $25 \mu\text{sn}$  de bir bit iletiliyorsa frekans olarak bir saniyede 40.000 bit iletilmektedir. Dolayısıyla sayısal verinin band genişliği,

$BG = 40.000 \text{ bps (bit per second)} \rightarrow$  saniyede iletililecek bit sayısı

Buna göre sayısal verinin saniyedeki sayıl sayısını aynı zamanda bit sayısını, dolayısıyla sayısal verinin band genişliğini belirleyebilmektedir.

### Örnek

İletilmesi istenen aşağıdaki sayısal verinin iletim süresi  $160 \mu\text{sn}$  ise verinin band genişliğini hesaplayın.



Şekil 14 Sayısal veri

### Çözüm

Verilen işaret veya veri sayısal işaret formunda olup, periodik bir işarettir. İşaret 8 bit ten yani bir byte dan oluşmaktadır. Sekiz bit için iletim süresi  $160 \mu\text{sn}$  ise bir bit için geçen süre,

$$T = \frac{160}{8} = 20 \mu\text{sn}$$



İşaretin periodu  $T = 20 \mu \text{ sn} = 20 \cdot 10^{-6} \text{ sn} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ sn}$ . Frekans saniyedeki period sayısı olduğuna göre, periodu bu şekilde olan işaretin frekansı,

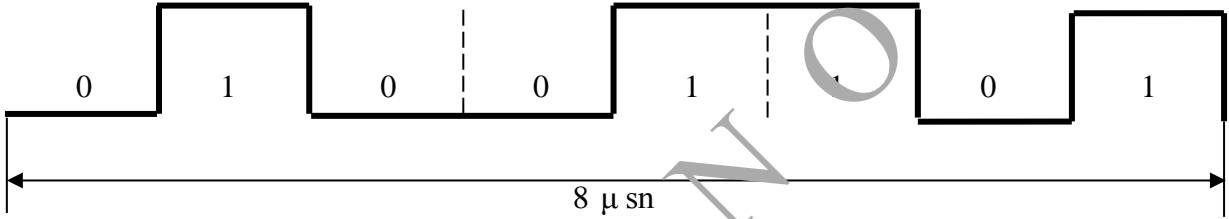
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2 \cdot 10^{-5}} = \frac{10^5}{2} = 5 \cdot 10^4 = 50.000 \text{ Hz}$$

Buna göre  $20 \mu \text{ sn}$  de bir bit iletiliyorsa frekans olarak bir saniyede 50.000 bit iletilmektedir. Dolayısıyla sayısal verinin band genişliği,

$BG = 50.000 \text{ bps (bit per second)} \rightarrow$  saniyede iletililecek bit sayısı

### Örnek

Aşağıdaki sayısal verinin 8 kilobitlik haberleşme kanalından iletilme süresini hesaplayın.



Şekil 15 Sayısal işaret

### Çözüm

Verilen işaret veya veri sayısal işaret formunda olup, periodik bir işarettir. İşaret 8 bit ten yani bir byte dan oluşmaktadır. Sekiz bit için iletim süresi  $8 \mu \text{ sn}$  ise bir bit için geçen süre,

$$T = \frac{8}{8} = 1 \mu \text{ sn}$$

İşaretin periodu  $T = 1 \mu \text{ sn} = 10^{-6} \text{ sn}$ . Frekans saniyedeki period sayısı olduğuna göre, periodu bu şekilde olan işaretin frekansı,

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{10^{-6}} = 10^6 = 1000000 \text{ Hz} = 1 \text{ MHz}$$

Buna göre  $1 \mu \text{ sn}$  de bir bit iletiliyorsa frekans olarak bir saniyede 1 mega bit iletilmektedir. Dolayısıyla sayısal verinin band genişliği,

$BG = 1000000 \text{ bps (bit per second)} = 1 \text{ Mbps} \rightarrow$  saniyede iletililecek bit sayısı

Bunun ardından kanalın band genişliği ise,

$BG = 8 \text{ Kilo bit} = 8000 \text{ bps (bit per second)} \rightarrow$  kanaldan saniyede iletililecek bit sayısı

Buna göre saniyede yalnızca 8000 bit iletimine müsaade eden haberleşme kanalından söz konusu 1000000 bit lik bir bilgi,

$$\tau = \frac{1000000}{8000} = \frac{1000}{8} = 125 \text{ sn}$$

Buna göre 8 kilobitlik haberleşme kanalından 1 Mega bit bir bilgi 125 sn veya yaklaşık iki dakikada iletilecektir.

### Filtre Fonksiyonu ve Haberleşme Kanalı

Klasik anlamda haberleşmede kullanılan kanal, haberleşme kanalı veya iletim kanalının nasıl bir fiziksel özelliği olduğunu açmakta fayda vardır. Gerçekte bir haberleşme kanalı nasıl düşünülmelidir. Bir oto yol dikkate alındığında, farklı şeritlerden oluşan yol, ulaşım yolu olarak düşünülürse, haberleşme kanalı da buna benzetilebilir. Netice de ulaşım da yollar geniş veya dar olma özelliğine bağlı olarak çeşitli şeritlerden oluşmaktadır. Araçlar bulundukları şeritleri takip ederek varmak istedikleri noktaya veya hedefe erişmektedirler. Gerçek olan, yolların mutlaka sınırlı olmasıdır. Bu sınır kimi yollarda 4 – 5 m olurken daha geniş yollarda 15 – 20 m ye kadar çıkabilmektedir. Burada şeritlerle ayrılan yolun parçaları haberleşme mantığındaki kanal terminolojisine karşılık gelir.

Araçlar nasıl ki müsait olan şeritlerden seyirlerini sürdürüyorlarsa, veriler de müsait olan kanallardan (şeritler) iletimlerini sürdürürler. Ancak aynı şeritte kalmak kaydıyla seyahat sürdürülürse, güvenlik açısından bulunulan şeridin ihlal edilmemesi güvenlik açısından gereklidir. Seyahat şeritlerle belirlenen bölgede gerçekleştirilmektedir. Haberleşme de ise yine aynı kanaldan haberleşmenin yani iletimin yapılabileceğini düşünebiliriz. Bulunulan kanaldan iletimin sağlıklı yapılabilmesi için, sürücü ve araç olarak kanalın gerekliliklerinin yerine getirilmesi gerekir. Seyahatin yapıldığı şeritlerin geniş olması durumunda seyahatin daha rahat olacağı düşünülecek olursa, iletimin yapılacağı kanalın geniş olması durumunda da benzer biçimde güvenli ve sağlıklı bir iletim söz konusu olacaktır. Araç olarak şeritleri, veri olarak da kanalın kapasitesini zorlamadığımız sürece problem yaşamayacağımızı biliyoruz. Sağlıklı seyahat veya iletim için doğrusu olanın şerit veya kanal sınırları içerisinde kalmak olduğunu net olarak görebiliyoruz. Bu nedenle yollardaki şeritleri bir anlamda filtre veya süzgeç gibi düşünebiliriz. Şerit genişliği veya şerit kuralına uygun hareket edenler sağlıklı seyahat edebilmektedirler. Veri haberleşmesinde ise kanal genişliği olarak kanal kapasitesine uygun verilerin geçişine izin verileceğinden, sağlıklı bir haberleşme için kanal genişliğine riayet etmenin kaçınılmaz olduğunu görüyoruz. Bu nedenle haberleşmede kablolu veya kablesiz ortamlardan oluşan haberleşme kanalının aslında bir tür filtre, veya daha doğru terminoloji olarak filtre fonksiyonu olduğunu düşünebiliriz. Bu anlamda haberleşme kanalını daha yakinen bildiğimiz filtre fonksiyonuna indirgeyerek meseleyi daha yakına almış olmaktadır.



Haberleşme/ulaştırma Kanalları



Boş kanal (filtre) : iletme hazır kanal



Müsait kanal / filtre : sağlıklı iletim/ulaşım



Şerit yerleşimi : modülasyon gereği  
Band geçiren kanal (sağlıklı iletim)



Aşırı ve yoğun trafik : gürültü / parazit  
(Kanal kapasitesinden fazla data)



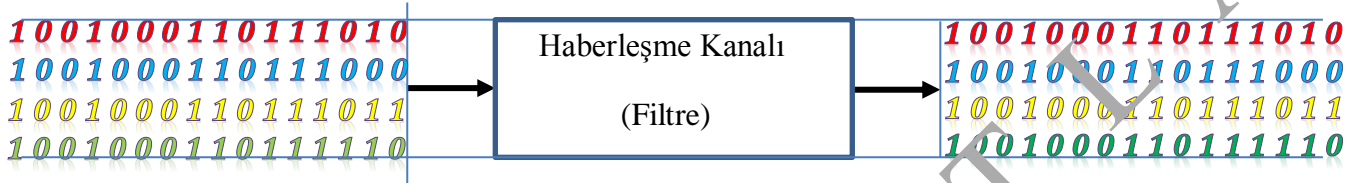
Hatalı sollama : veri çatışması (data collision)



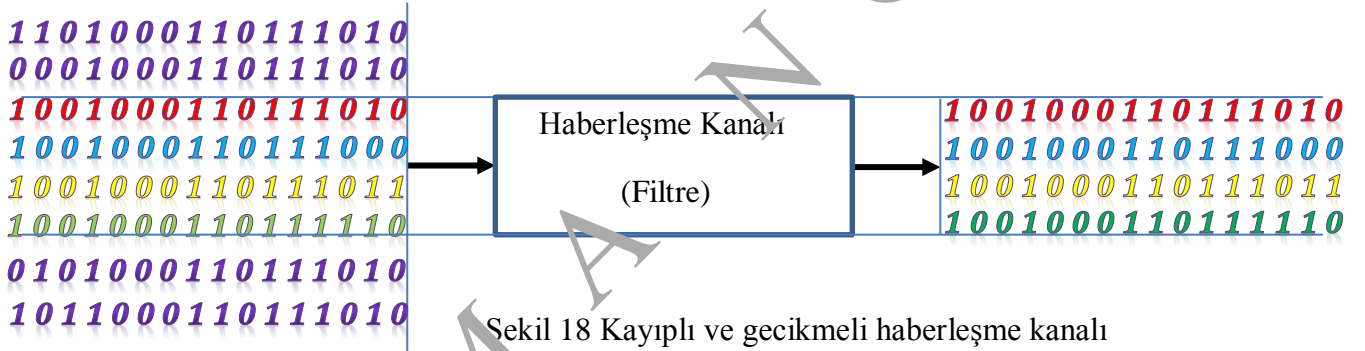
Yetersiz kanal (araç, kanala sığmıyor)



Şekil 16 Kayıpsız ve sağlıklı haberleşme kanalı  
(kanal band genişliği veri band genişliğinden yüksek)



Şekil 17 Kayıpsız ve sağlıklı haberleşme  
(kanal band genişliği veri band genişliğine eşit)



Şekil 18 Kayıplı ve gecikmeli haberleşme kanalı  
(kanal band genişliği veri band genişliğinden düşük)

## İLETİM ORTAMI

İletişim ortamı alıcı ve verici arasındaki fiziksel yoldur. Veri iletiminin kalitesi ve özellikleri, iletişim ortamının türü ve sinyalin türüyle belirlenir.

İletişim için verilerin bir noktadan diğer noktaya iletilmesini sağlayan ortam gereklidir. Bu ortamlar eğer kılavuzlanmış ise metal veya fiberoptik yapıdaki kablolar, diğeri ise kılavuzlanmamış yani atmosfer yani uzay ve sudur. Uzay veya boşlukta bilgiler elektromanyetik dalgalarla iletilirler.

Kablolar bilgileri elektrik işaretleri ile ileten bakır veya alüminyum, ışık ile üreten fiberoptik olmak üzere iki grup halindedir. Kablolu haberleşmede iletim direkt olarak cihazlara bağlı kablolar üzerinden sağlanırken, uzay veya boşluktaki iletim antenlerle yerine getirilmektedir.

Genellikle 30 kHz altındaki frekanslar için kılavuzlanmış iletim ortamı olarak kablolu haberleşme, bunun üzerindeki frekanslar için ise kılavuzlanmamış iletim ortamı olarak radyo dalgalarının söz konusu olduğu, dolayısıyla elektromanyetik dalgaların kullanıldığı kablosuz haberleşme tekniklerinden yararlanılmaktadır.

Havada (boşlukta) tüm elektromanyetik dalgalar, frekanslarından bağımsız olarak, aynı hızda ve ışık hızında yayılır. Oysa elektromanyetik dalganın kablolu yapıda örneğin bakırda ve camda yayılma hızı ışık hızının 2/3'üne düşer ve frekansa bağımlı olarak hareket etmesine neden olur. Frekans ( $f$ ), dalga boyu ( $\lambda$ ) ve boşluktaki ışık hızı ( $c$ ) ile gösterilirse aralarındaki ilişkiler

$$c = \lambda f$$

Bilindiği gibi ışık hızı  $3 \cdot 10^8$  m/sn veya  $3 \cdot 10^5$  km/sn. Aşağıda iletim ortamlarıyla ilgili özet bilgi verilmiştir.

Kablo	Maximum veri Transfer Hızı	Maximum veri Transfer mesafesi
Koaksiyel	10 Mbps	200 – 500 m
UTP	10 – 100 Mbps	100 m
Fiberoptik	10 Mbps – 10 Gbps	2 – 100 km

Şekil 19 Kablolu ortamda veri iletim hızı ve maksimum mesafeler



## HANGİSİ DAHA HIZLI



Ağır yürüyüş : 3.6 km/saat = 1 m/sn



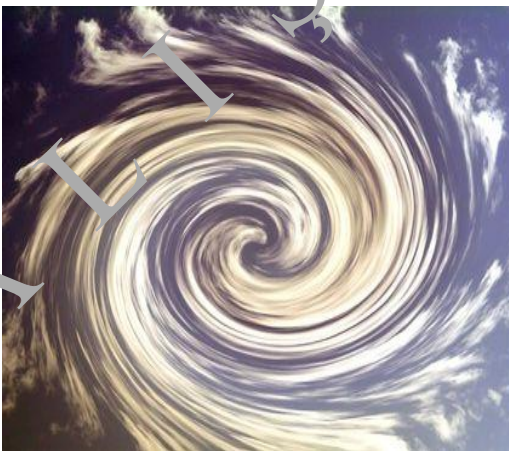
Tempolu yürüyüş : 7.2 km/saat = 2 m/sn



Koşu (jogging) : 10.8 km/saat = 3 m/sn



Hızlı koşu (sprint) : 10 m/sn = 360 km/saat (???)



Kasırğa Katrina (2005), 280 km/saat



Kasırğa Sandy (2012), 180 km/saat

Kuvvetli kasırgalar : 120 km/saat ve üstü , En kuvvetli kasırğa 320 km/saat



250 km / saat



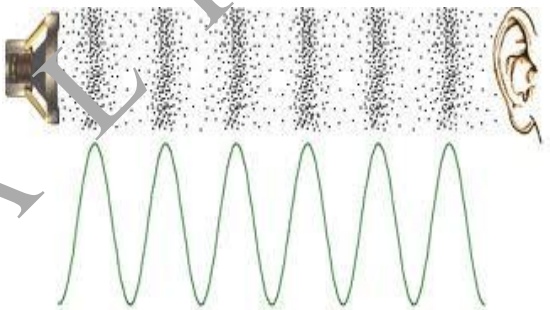
370 km/saat



Hızlı tren : 575 km/saat



Jet : 2585 km/saat (ses hızı : 1236 km/saat)



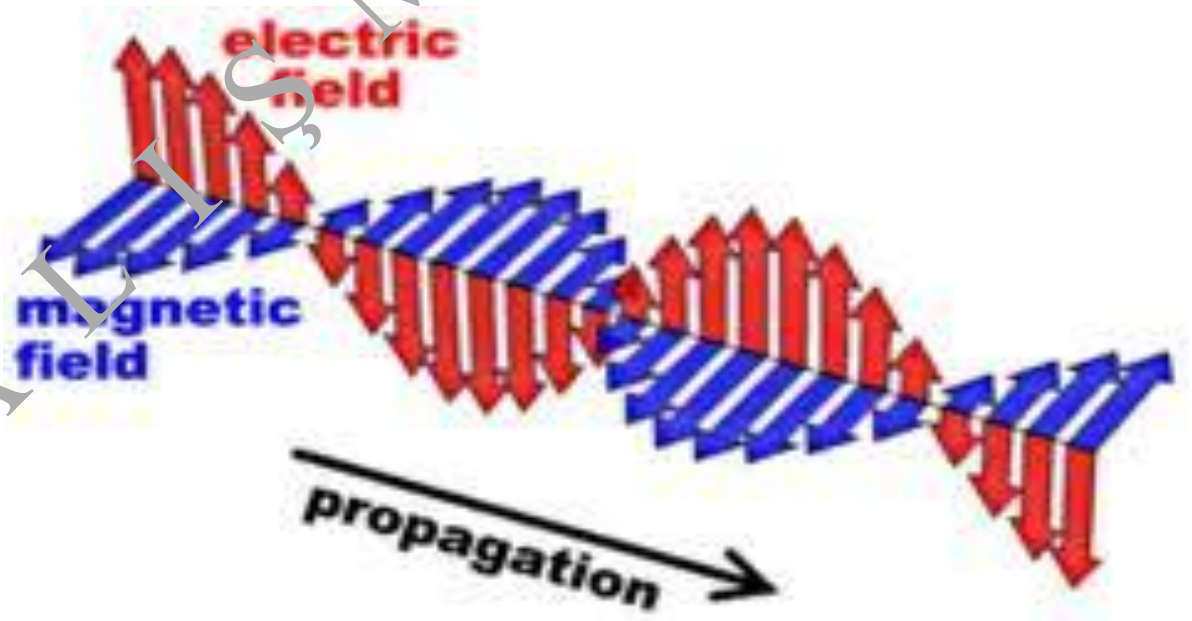
Ses hızı : 340 m/sn , 1236 km/saat



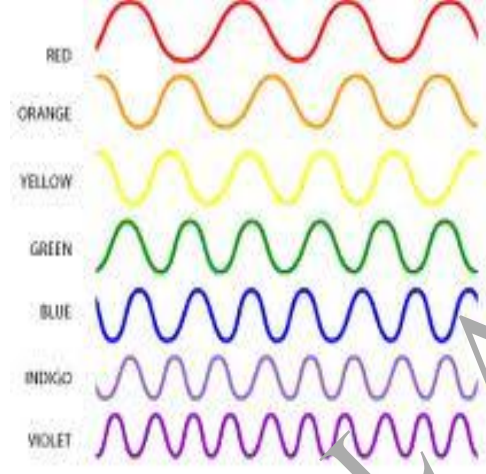
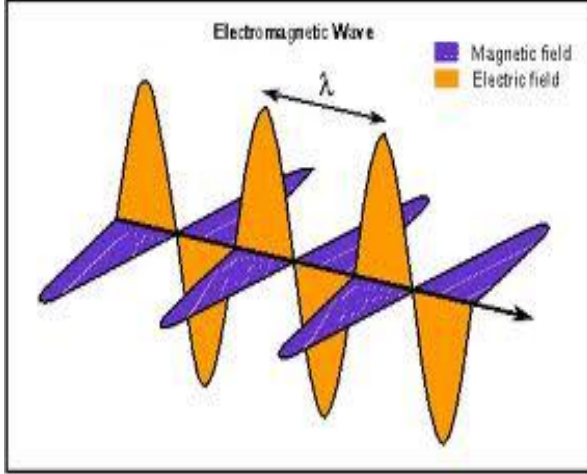
ŞÜPHE SİZ ,  
TEREDDÜTSÜZ,  
EN HIZLISI ,  
ELEKTROMAGNETİK  
DALGALAR !...

SAATTE 300.000 KİLOMETRE

SAATTE 300.000.000 METRE



Şekil 20 Elektromagnetik Dalga

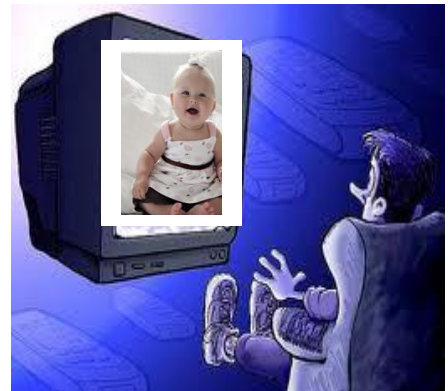
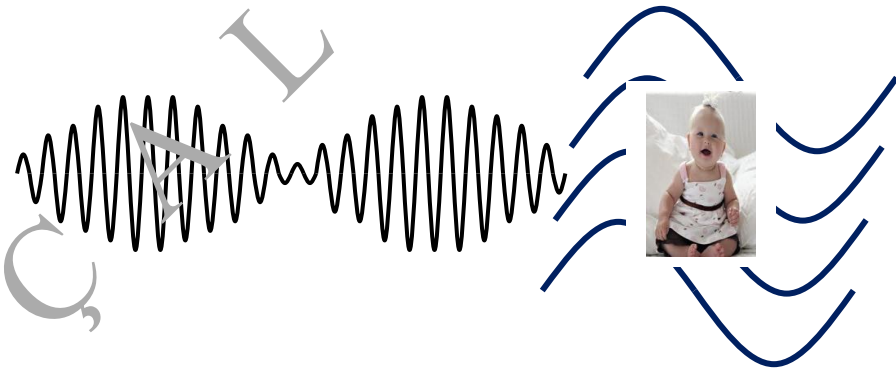
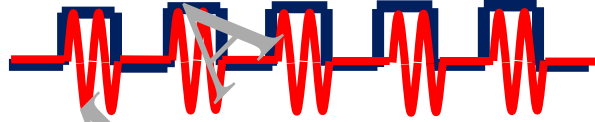
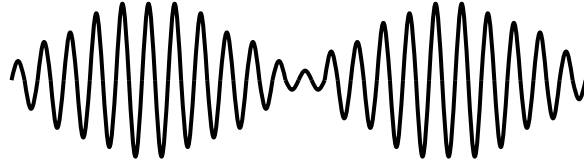


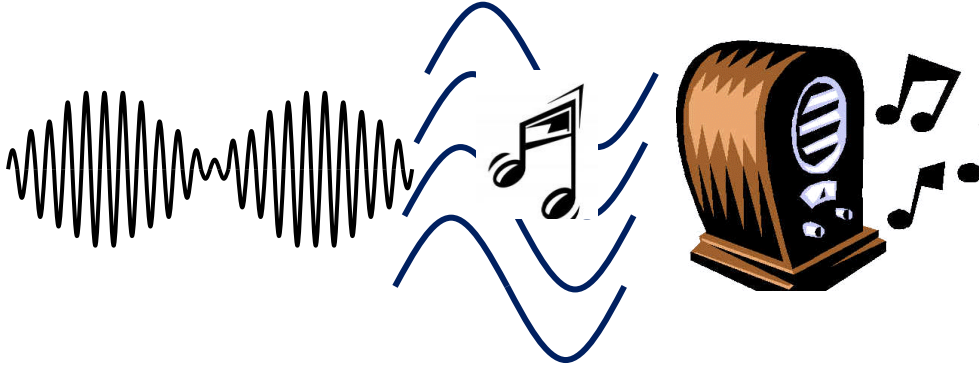
Elektromagnetik dalga :  $3 \cdot 10^8 \text{ m/sn} = 3 \cdot 10^5 \text{ km /sn}$



Elektromagnetik dalganın havada ve suda yayılımı

## HABERLEŞME VE MODÜLASYON





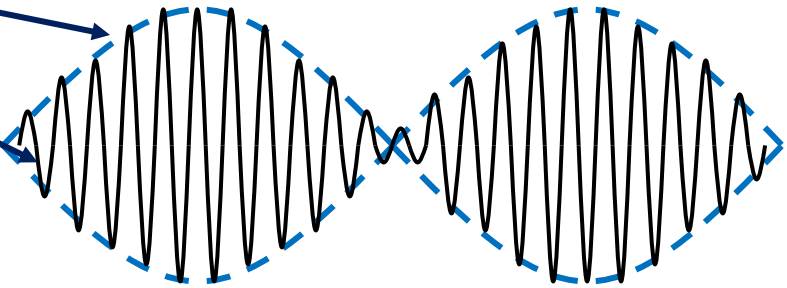
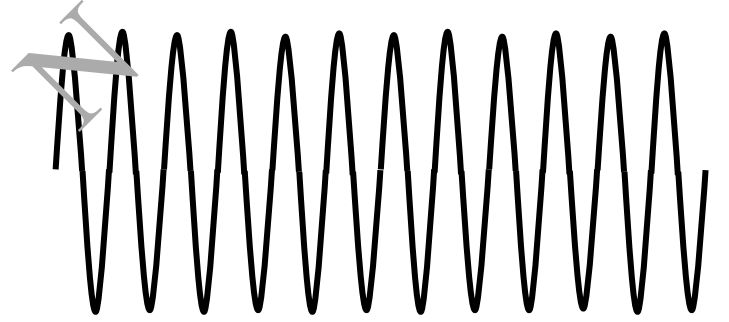
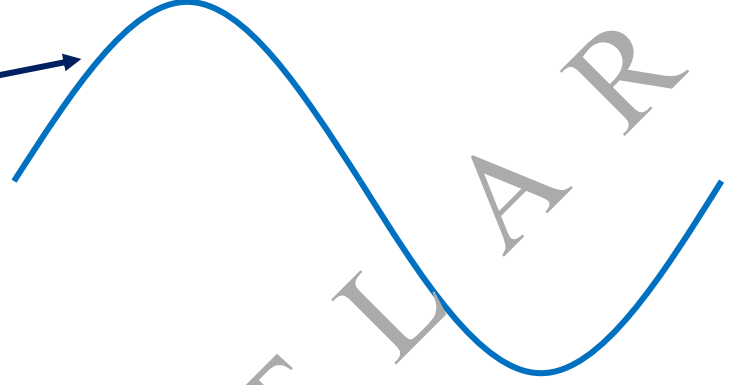
Şekil 21 Haberleşme ve modülasyon



Şekil 22 Ağ (network) Haberleşmesi ve Modülasyonları

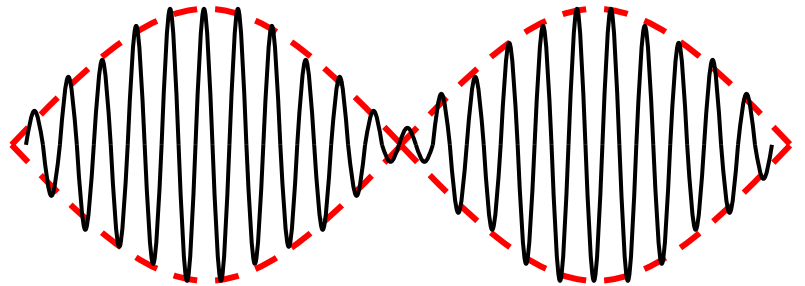
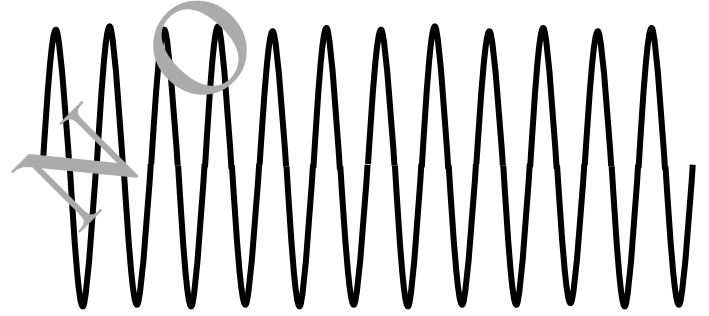
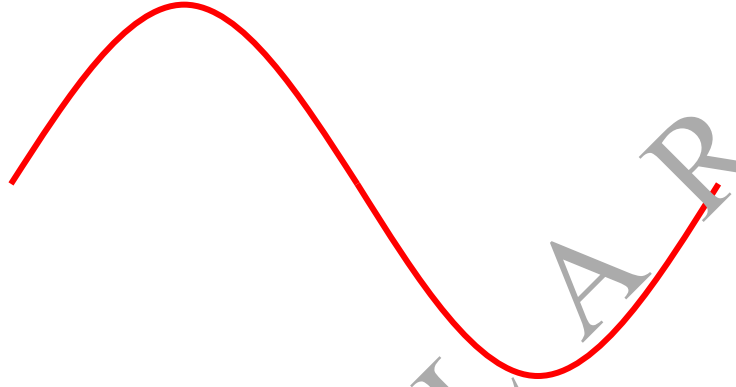


## MODÜLASYON



Şekil 23 Modülasyon :

Düşük frekanslı işaretin (binici) yüksek frekanslı işaret (at) üzerine bindirilmesi



Şekil 24 Tam Modülasyon : Hem taşıyıcı (merdiven) hem taşınan işaret (insan) hareketli