

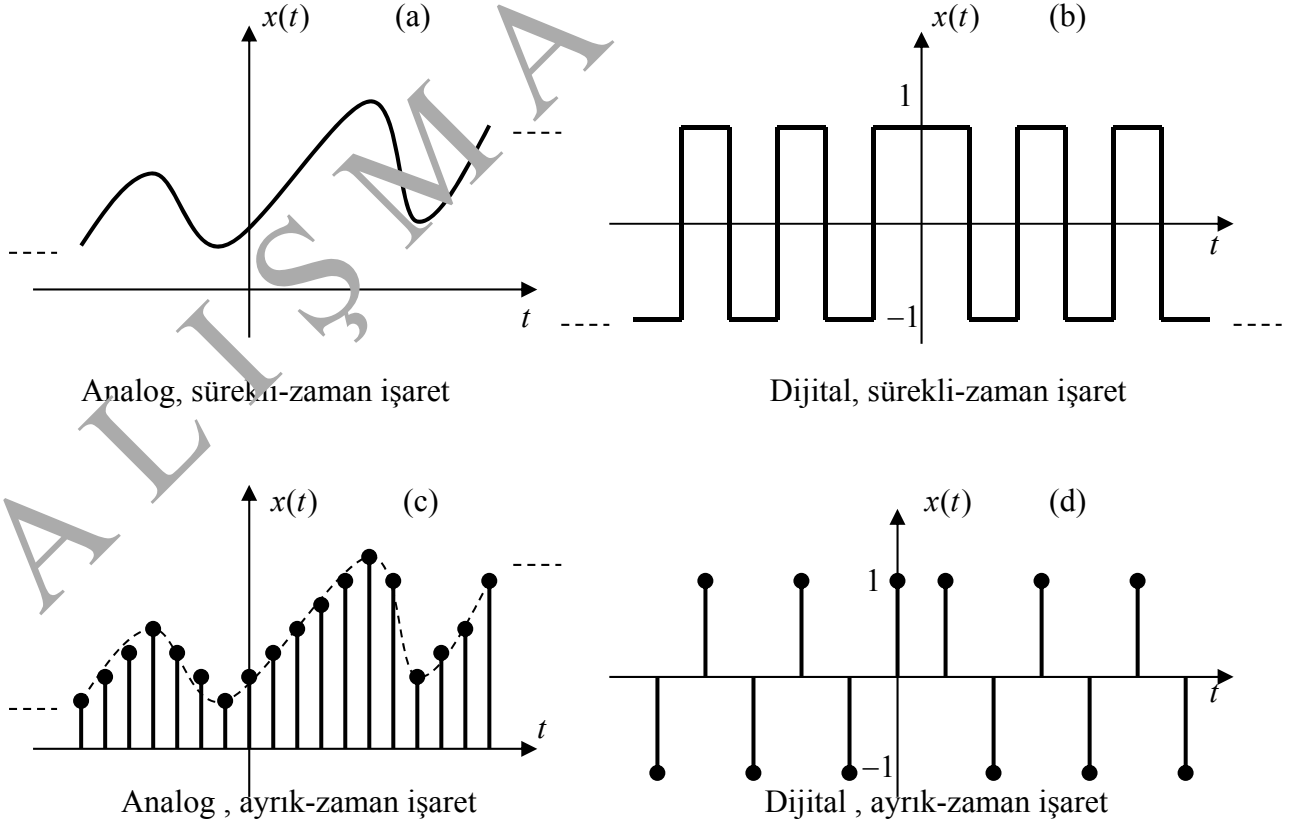
İşaret tipleri

Bu bölümde temel işaret tipleri bulundukları kategori ve sınıflarına göre model ve işlevleriyle ele alınacaktır.

1 Analog ve Dijital İşaretler

Analog işaretlerle, sürekli-zaman işaretleri daima karıştırılır. Aynı şekilde ayırık-zamanlı işaretler ile de dijital işaretler birbirine karıştırılır. Her sürekli işaret, analog işaret midir? Sürekli işaret için, işaretin her t anında tanımlı olması gerekmektedir. Bu açıdan aşağıdaki şekil (a) ve (b) sürekli işaret formlarındadır. Ancak bu iki işarete bu durumda analog işaret denilebilir mi? Bu anlamda yalnızca (a) analog özellikte olup, (b) analog değil, dijital yapıdadır. Bu ayrımı nasıl anlayacağız?

Bir işaretin sürekliliğinin yanı sıra aynı zamanda analog olması için genliğinin almış olduğu değerlere bakmak gerekiyor. Eğer bir işaretin genliği (amplitude) sonsuz $(-\infty, \infty)$ aralığındaki sürekli-zaman işaretinin her anında (sonsuz sayıda) değer alıyorsa, bu işarete analog işaret denilir. Buna göre bir analog işaret genliği sonsuz zamanda sonsuz sayıda olacaktır. Ses ve görüntü işaretleri analog işaretler olarak kabul edilir. Bu analog işaretin en önemli ayrıtıdır. Bu anlamda bir analog işaretin illa da sürekli-zaman formunda olması gerekmiyor veya yetmiyor. Buna göre ayırık-zaman formundaki bir işaret de analog olabilir. Benzer biçimde sonsuz sayıda genliğe sahip bir ayırık-zaman işaretide analog olabilir. Aynı şekilde bir dijital işaret genliği (amplitude) sonlu sayıda değer alan işarettir. Bu anlamda dijital bir işaretin illa da ayırık-zamanlı bir işaret olması gerekmez. Sürekli-zaman formunda olupda sonlu sayıda (bir kaç tane) genlik değeri olan sürekli-zaman işaretleride dijital işaretler olabilir. Aşağıdaki şekiller bu özellikleri açıklamaktadır.



Şekil 1 Analog – Dijital işaretler

Şekil (a) da sürekli-zaman işareti vardır ve bu işaretin her bir anında bir genlik değeri mevcuttur. Dolayısıyla sonsuz tane genlik değeri olduğundan bu işaret sürekli ve aynı zamanda analog bir işarettir (analog, sürekli-zaman). Şekil (c) incelendiği zaman bu kez işaret ayırık-zaman formda olmasına rağmen yine sonsuz tane genlik içerdiğinden bu işaret de analogdur (analog, ayırık-zaman).

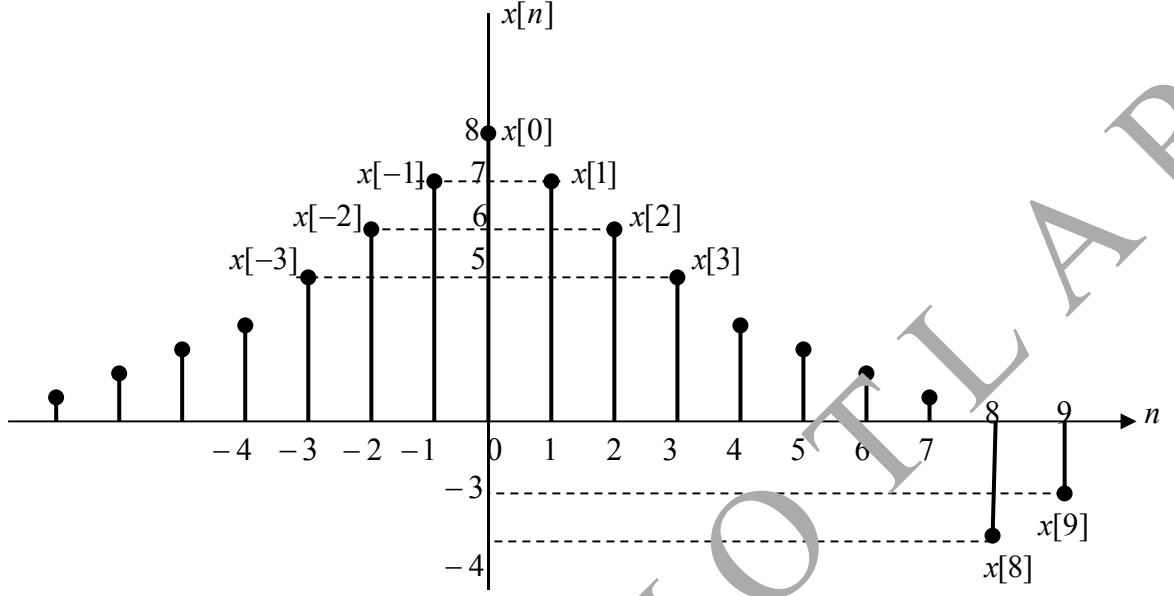
Şekil (b) incelendiği zaman işaret sürekli-zaman formunda olmasına rağmen genliği sonlu sayıdadır (-1,0,1 gibi). Dolayısıyla bu işaret dijitaldir (dijital, sürekli-zaman). Nihayet şekil (d) incelendiği zaman, işaret ayırık formda ve genlikleri de yine sonlu sayıdadır (-1,0,1 gibi). Bu yüzden bu işaret yine dijitaldir (dijital, ayırık-zaman). Görüldüğü gibi analog bir işaret her zaman sürekli bir işaret anlamına gelmediği gibi, dijital bir işaret de her zaman ayırık işaret anlamına gelmez. Yine fark edildiği gibi analog ve dijital kavramları genlik değerleri olarak düşey eksenle ilgilirken, sürekli-zaman ve ayırık-zaman işareti ise yatay sütunla ilgili kavramlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Sürekli-zaman ve Dijital işaretler üzerine

Sürekli-zaman işaretleri çoğu kez analog işaret olma özellikleriyle natural işaretler olarak kabul edilirler. Üretimleri ayırık veya dijital işarete nazaran daha kolay olan işaret türüdür. Öte yandan dijital işaretler ayırık işaretlerden elde edilmektedirler. Ayırık işaret de sürekli-zaman işaretinden üretildiği için, bir anlamda sürekli-zaman işareti ayırık ve dijital işaretlerin temelini oluşturmaktadır diyebiliriz. Dijital işaretler her ne kadar sürekli-zaman işaretlerinin örneklenmesiyle elde edilirse de pratikte sürekli ve analog işarete göre önemli avantajları vardır. Dijital işaretler bir tür ayırık mod da üretildiklerinden sayısal formlarıyla depo edilebilme özelliğine sahiptirler ve bakımları daha kolay olup ayrıca bilgisayar ortamında tutulabildiklerinden bir tür yazılım gibi üzerinde kolay işlem yapılabilme imkanlarının oluşu itibarıyla da önemli avantaj sağlamaktadırlar. Bunların yanı sıra özellikle haberleşme mühendisliğinde sağladıkları büyük band genişlikleriyle büyük miktarlarda verinin iletilmesine imkan sağladıkları için de veri ve bilgisayar haberleşmesinde önemli bir yere sahiptirler.

2. Ayırık İşaretler

Zamanın belli değerlerinde tanımlanan işaretlerdir. Doğal işaretler olmayıp, sürekli-zaman işaretlerden özel yöntemlerle (örnekleme) elde edilirler.

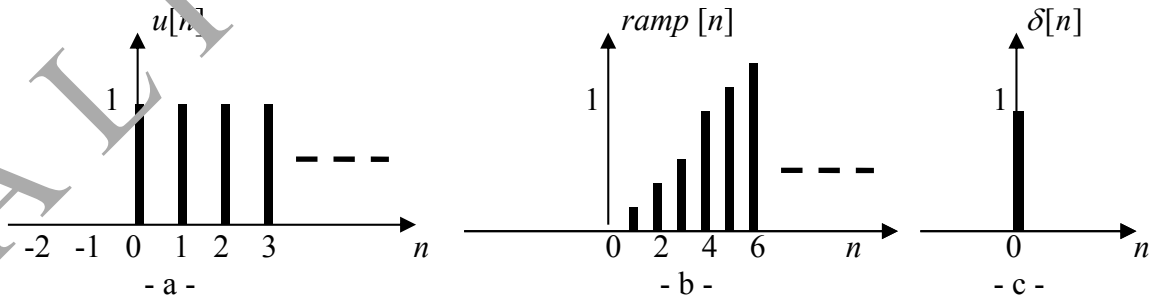


Şekil 2 Ayırık işaret

$$x[n] = \{ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, -4, -3 \}$$

$$x[n] = \{ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, -4, -3 \}$$

$$x[-7] \quad x[-6] \quad x[-5] \quad x[-4] \quad x[-3] \quad x[-2] \quad x[-1] \quad x[0] \quad x[1] \quad x[2] \quad x[3] \quad x[4] \quad x[5] \quad x[6] \quad x[7] \quad x[8] \quad x[9]$$

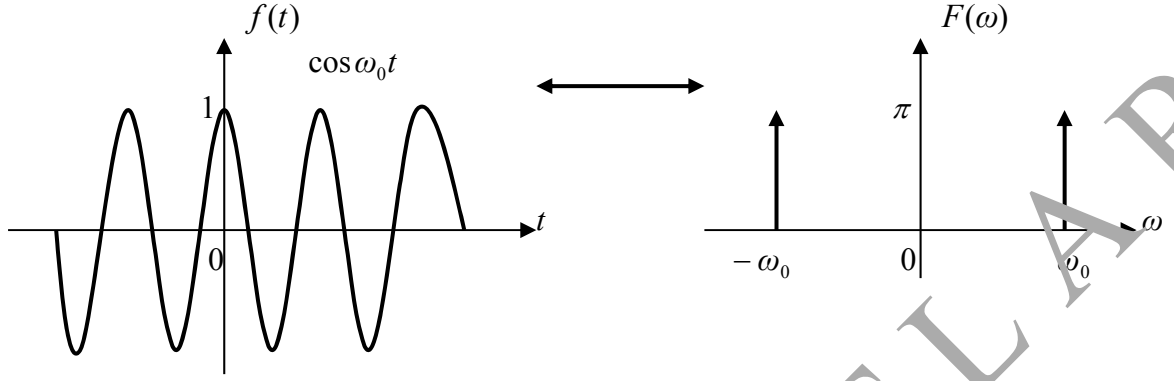


Şekil 3 Ayırık işaretler

Ayrık işaretler sürekli-zaman işaretlerinden örnekleme (sampling) yöntemiyle elde edilen bir tür sayısal tabanlı işaret olarak aynı zamanda dijital işaretin elde edilmesinde kullanılan ikincil temel işaret olarak önemli bir işleve sahiptir.

İŞARETLER VE BAND GENİŞLİKLERİ

1. $\cos \omega_0 t \Leftrightarrow \pi [\delta(\omega + \omega_0) + \delta(\omega - \omega_0)]$



Şekil 4 $f(t) = \cos \omega_0 t$ ve Fourier Transformasyonu

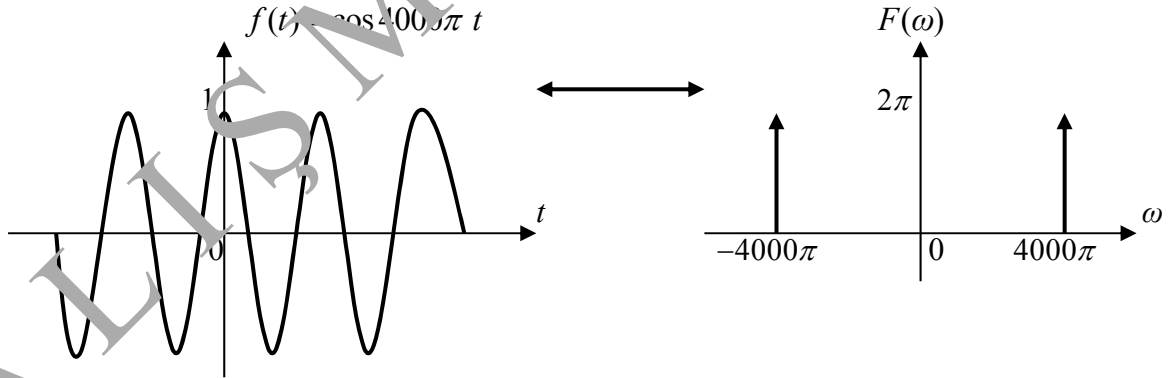
Örnek

$f(t) = 2 \cos 4000\pi t$ işaretinin band genişliğini bulun.

Çözüm

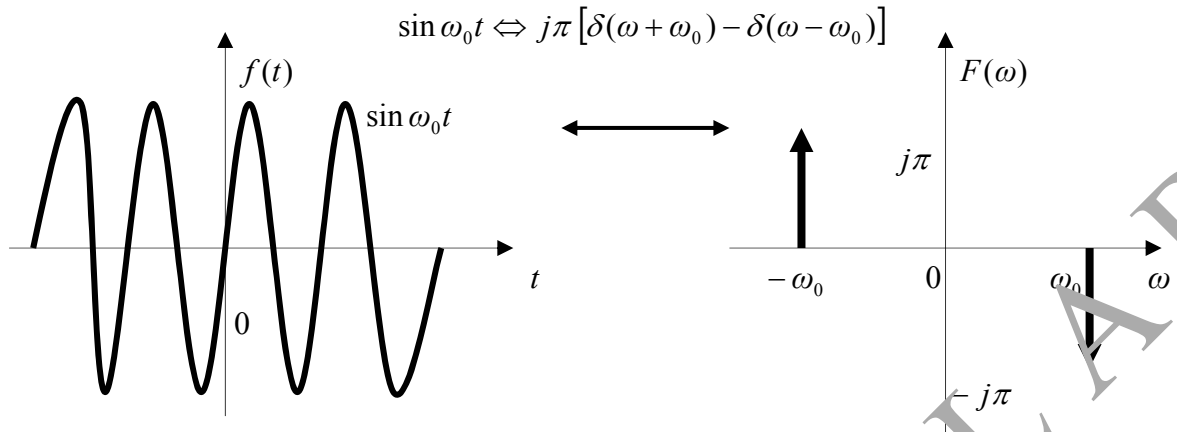
Band genişliği = $f(t) = 2 \cos 4000\pi t \rightarrow 2\pi f = 4000\pi \rightarrow f = 2000 \text{ Hz} = 2 \text{ KHz}$

$$2 \cos 4000\pi t \Leftrightarrow 2\pi [\delta(\omega + 4000\pi) + \delta(\omega - 4000\pi)]$$



Şekil 5 $f(t) = 2 \cos 4000\pi t$ ve Fourier Transformasyonu

2.



Şekil 164. $f(t) = \sin \omega_0 t$ ve Fourier Transformasyonu

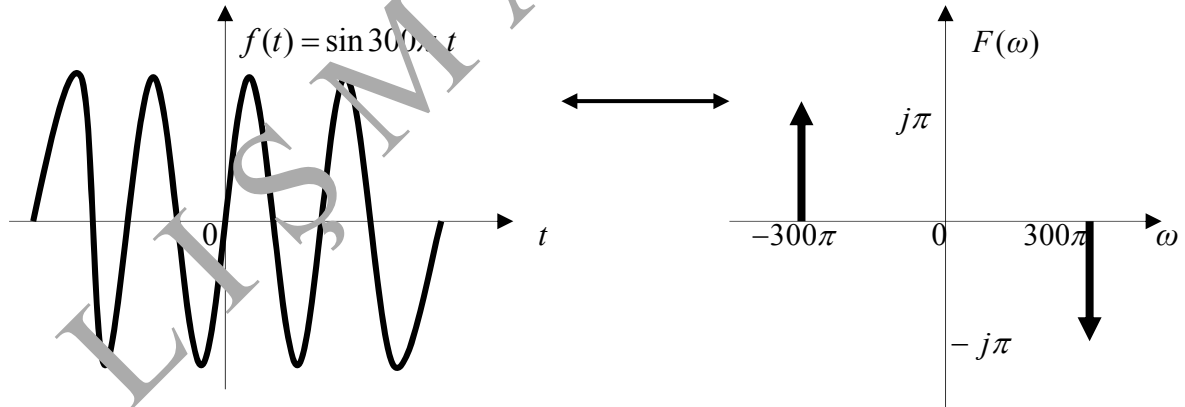
Örnek

$f(t) = \sin 300\pi t$ işaretinin band genişliğini bulun.

Çözüm

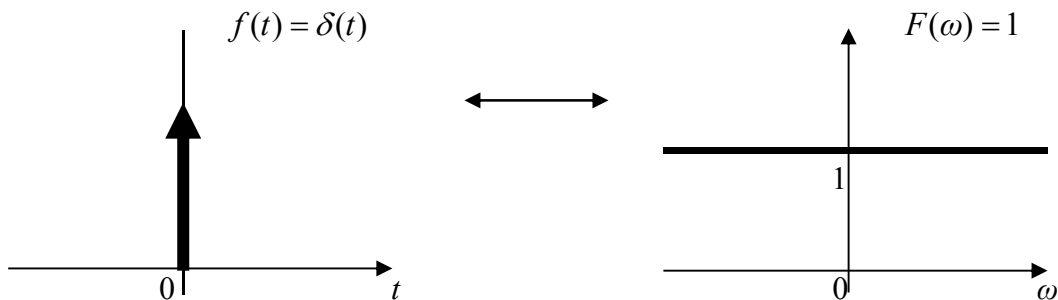
Band genişliği = $f(t) = \sin 300\pi t \rightarrow 2\pi f = 300\pi \rightarrow f = 150 \text{ Hz}$

$$\sin 300\pi t \Leftrightarrow j\pi [\delta(\omega + 300\pi) - \delta(\omega - 300\pi)]$$



Şekil 7 $f(t) = \sin 300\pi t$ ve Fourier Transformasyonu

3.



Şekil 8 Impuls fonksiyonu $f(t) = \delta(t)$ ve Fourier transformasyonu

$$\text{Birim Impuls fonksiyonu} = \delta(t) = \begin{cases} 1 & t = 0 \\ 0 & t \neq 0 \end{cases}$$

Örnek

Aşağıdaki birim impuls (delta, δ) fonksiyonu ile ilgili hesaplamaları yapınız.

Çözümler için

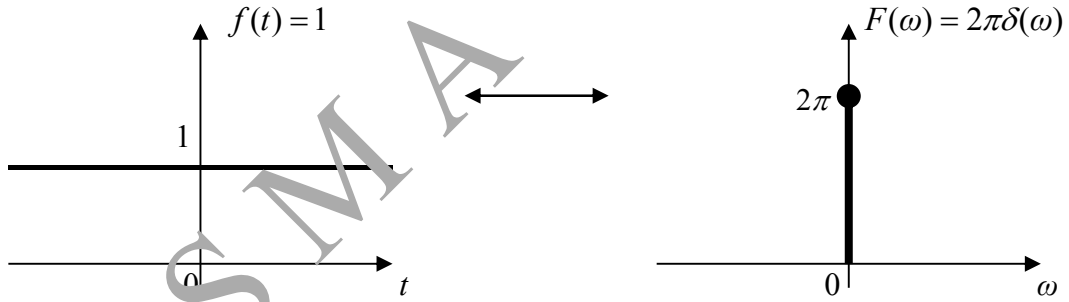
$$\delta(t) = \begin{cases} 1 & , t = 0 \\ 0 & , t \neq 0 \end{cases} \text{ olduğundan}$$

Koşulu göz önünde bulundurulacaktır.

$$\text{a) } 2t\delta(t) \rightarrow 2(0)\delta(0) \rightarrow 0$$

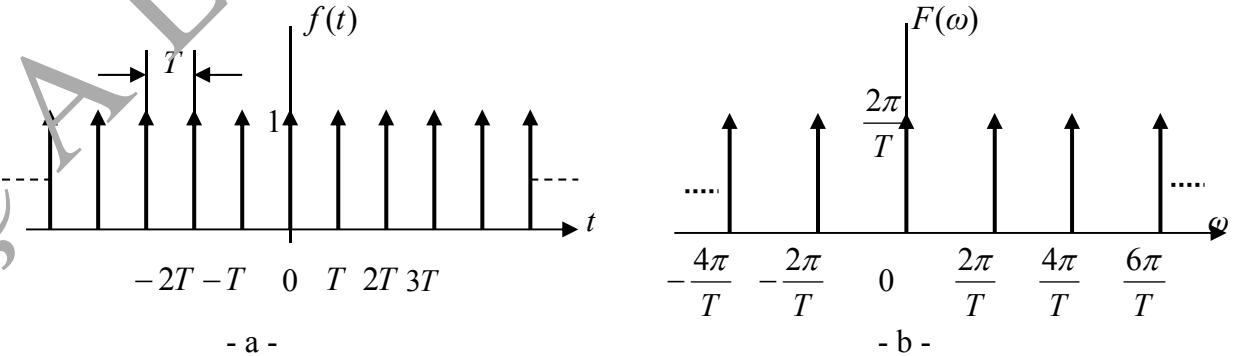
$$\text{b) } \cos[t\delta(t-\pi)] \rightarrow \cos[t\delta(t-\pi)] = \cos[\pi\delta(\pi-\pi)] = \cos[\pi\delta(0)] = \cos \pi = -1$$

4.



Şekil 9 $f(t) = 1$ Fourier transformasyonu

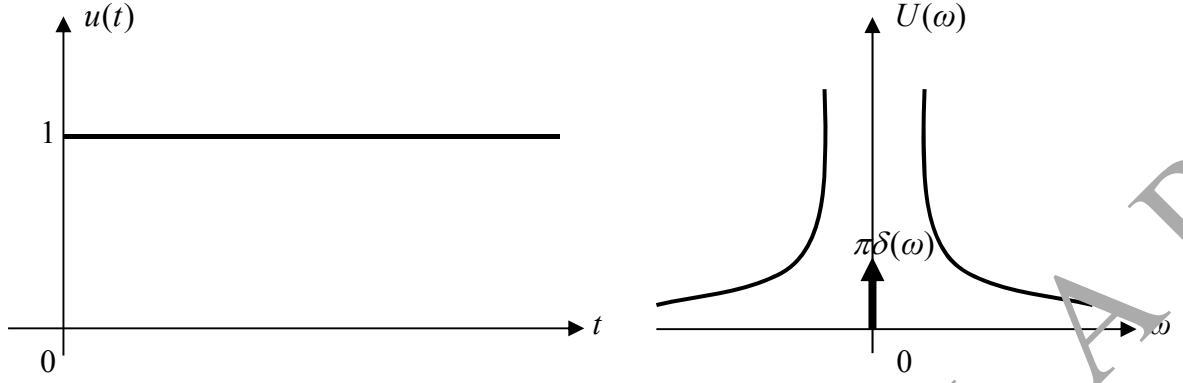
5.



$$\frac{1}{T} \sum_{k=-\infty}^{\infty} e^{jk\omega_0 t} \Leftrightarrow \frac{2\pi}{T} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \delta(\omega - k\omega_0)$$

Şekil 10 (a) Periodik impuls dizisi (b) periodik impuls Fourier transformasyonu

6.

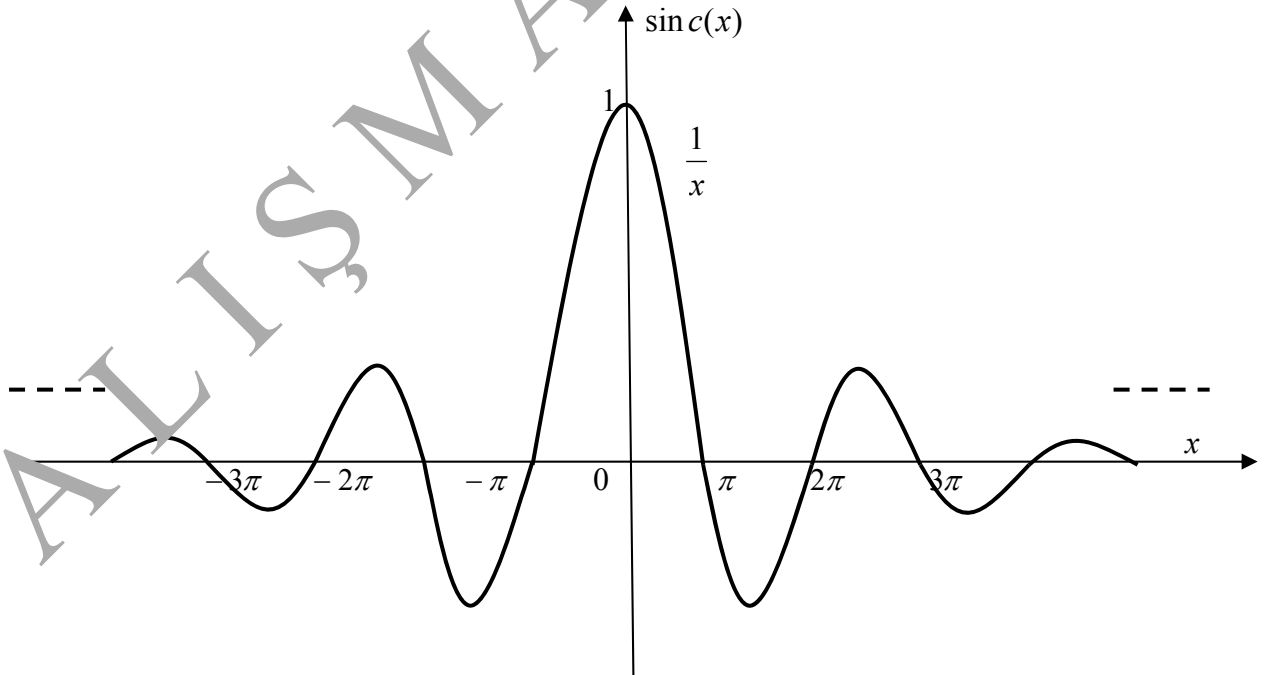


Şekil 11 Birim basamak fonksiyonu $u(t)$, Fonksiyonu ve Fourier transformasyonu

$$\text{Birim basamak fonksiyonu} = u(t) = \begin{cases} 1 & t > 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases}$$

$$u(t) \leftrightarrow \pi\delta(\omega) + \frac{1}{j\omega}$$

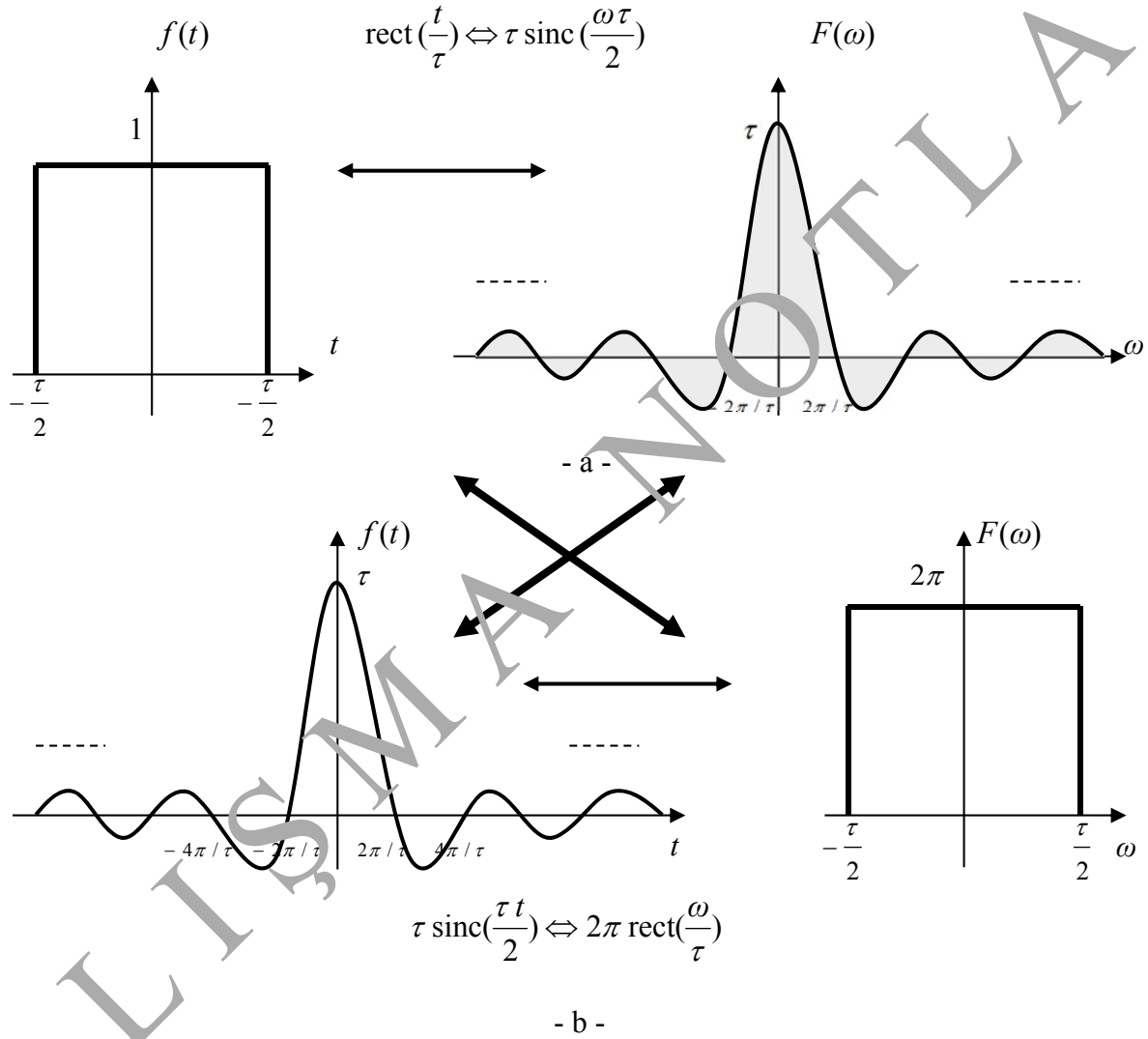
7. Sinc işaret fonksiyonu



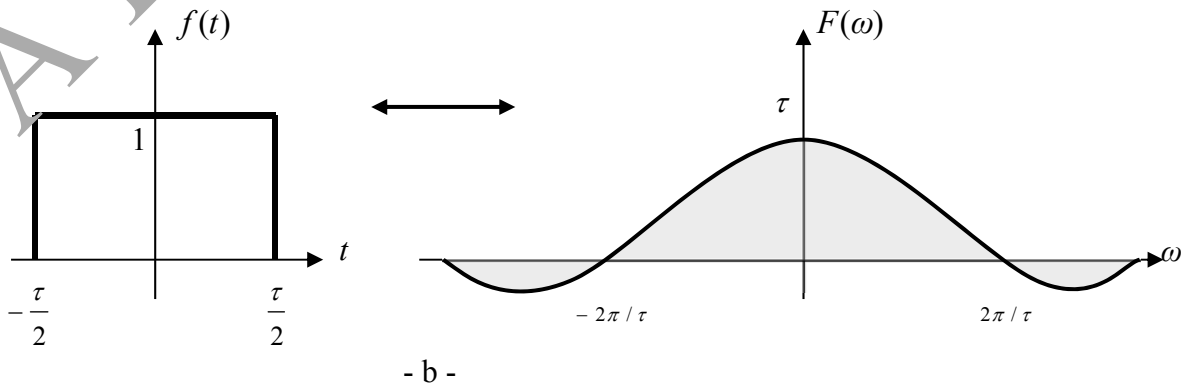
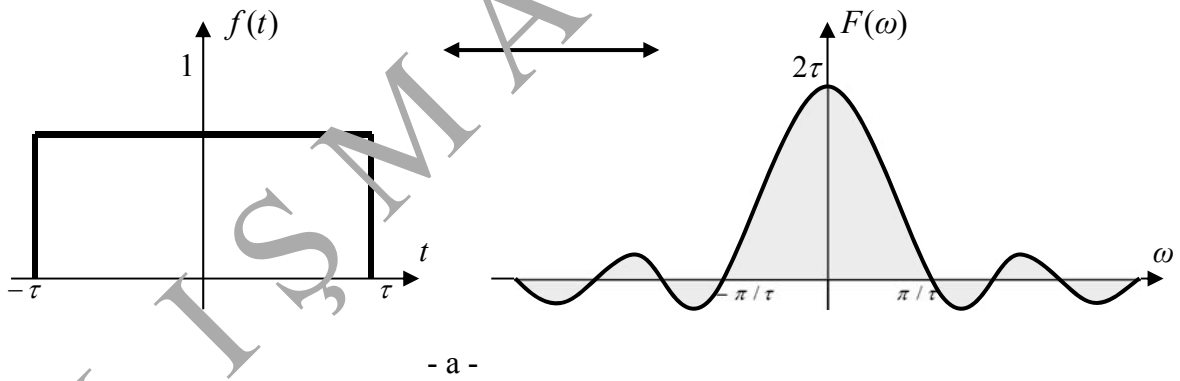
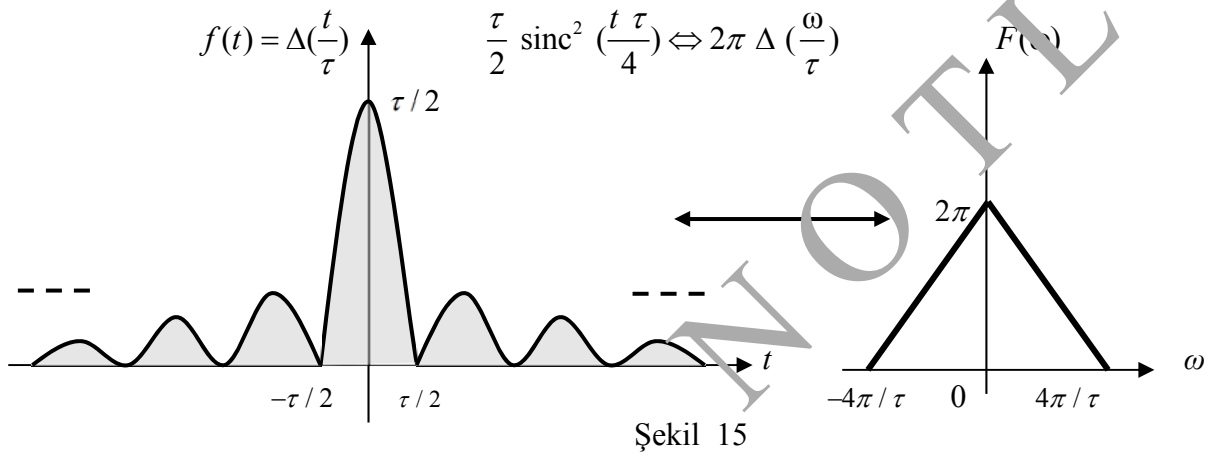
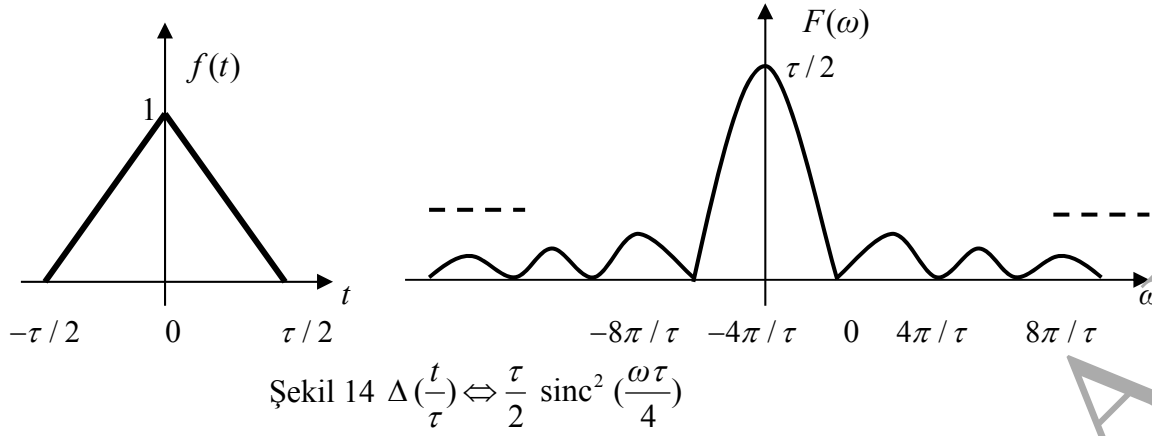
Şekil 12 $\sin c(x)$ İşaretinin görünümü

$$\sin c(x) = \frac{\sin x}{x}$$

$$\sin c(x) = \begin{cases} 1 & x = 0 \\ 0 & x = \pm\pi, \pm 2\pi, \pm 3\pi, \dots, \pm k\pi \\ \frac{\sin x}{x} & x \neq 0 \text{ ve } x \neq \pm k\pi \end{cases}$$



Şekil 13 Fourier transformasyonunun dualite özelliği



Şekil 16 Fourier transformasyonu ölçekleme özelliği

Örnek

Bir haberleşme sisteminin kanalı $x(t) = 16000\pi \text{ sinc}(8000\pi t)$ filtresi ile tanımlıdır. Bu haberleşme sisteminden $y(t) = 20000\pi \text{ sinc}(10000\pi t)$ darbeleri iletilebilir mi.

Çözüm

Önce haberleşme kanalının band genişliğini $\tau \text{ sinc}(\frac{t \tau}{2}) \leftrightarrow 2\pi \text{ rect}(\frac{\omega}{\tau})$ yaklaşımından,

$$16000\pi \text{ sinc}(8000\pi t) = \tau \text{ sinc}(\frac{t \tau}{2}) \rightarrow \frac{\tau}{2} = 8000\pi \rightarrow \tau = 16000\pi \text{ sn}$$

Buna göre haberleşme kanalı genişliği $\tau = 16000\pi$ sn uzunluğundaki bir filtre işlevindedir. Bu kanalın band genişliği ise,

$$\tau \text{ sinc}(\frac{t \tau}{2}) \leftrightarrow 2\pi \text{ rect}(\frac{\omega}{\tau})$$

olduğundan,

$$16000\pi \text{ sinc}(8000\pi t) \leftrightarrow 2\pi \text{ rect}(\frac{\omega}{\tau}) = 2\pi \text{ rect}(\frac{\omega}{16000\pi})$$

$$\text{sinc}(8000\pi t) \leftrightarrow 125.10^{-6} \text{ rect}(\frac{\omega}{16000\pi})$$

$$2\pi \text{ rect}(\frac{\omega}{16000\pi}) = 2\pi \text{ rect}(\frac{\omega}{\tau}) \rightarrow \frac{\tau}{2} = 2\pi f_1 = 8000\pi = f_1 = 4000 \text{ Hz} = 4 \text{ KHz}$$

Buna göre haberleşme kanalının band genişliği : $f_1 = 4000 \text{ Hz} = 4 \text{ KHz}$

Bunun ardından iletilecek $y(t) = 20000\pi \text{ sinc}(10000\pi t)$ verisinin/işaretinin band genişliğini belirleyebiliriz. Bunun için,

$$\tau \text{ sinc}(\frac{t \tau}{2}) \leftrightarrow 2\pi \text{ rect}(\frac{\omega}{\tau}) \text{ yaklaşımından,}$$

$$20000\pi \text{ sinc}(10000\pi t) = \tau \text{ sinc}(\frac{t \tau}{2}) \rightarrow \frac{\tau}{2} = 10000\pi \rightarrow \tau = 20000\pi \text{ sn}$$

Buna göre haberleşme kanalı genişliği $\tau = 20000\pi$ sn uzunluğundaki bir filtre işlevindedir. Bu kanalın band genişliği ise,

$$\tau \text{ sinc}(\frac{t \tau}{2}) \leftrightarrow 2\pi \text{ rect}(\frac{\omega}{\tau})$$

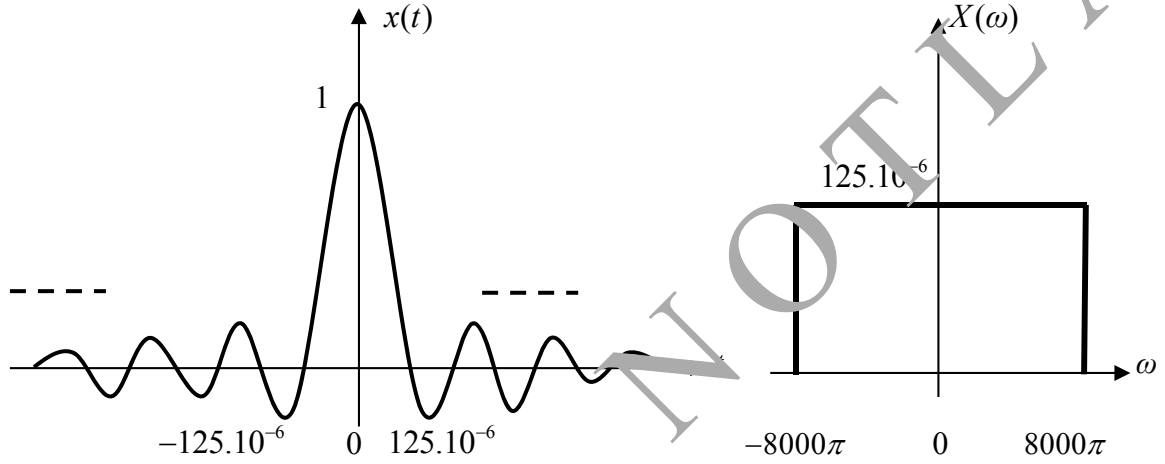
olduğundan,

$$20000\pi \operatorname{sinc}(10000\pi t) \leftrightarrow 2\pi \operatorname{rect}\left(\frac{\omega}{\tau}\right) = 2\pi \operatorname{rect}\left(\frac{\omega}{20000\pi}\right)$$

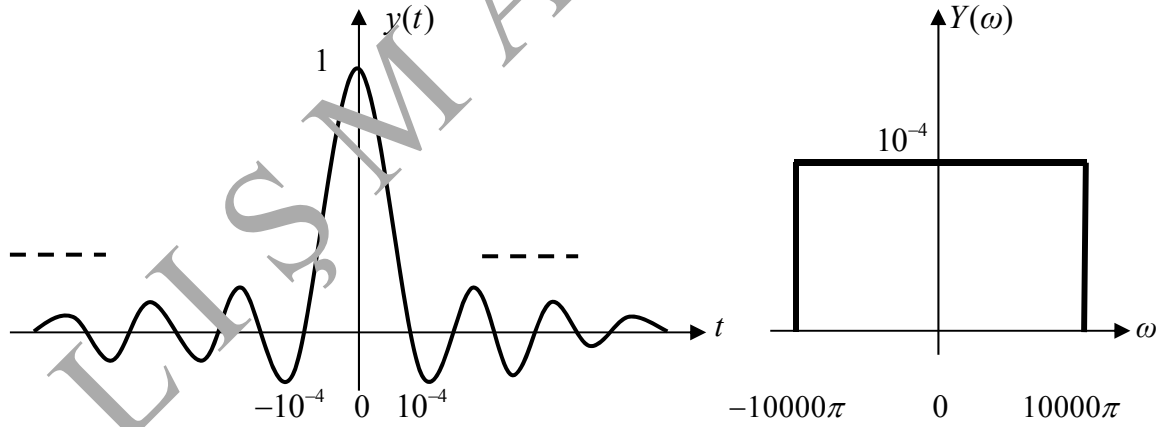
$$\operatorname{sinc}(10000\pi t) \leftrightarrow 10^{-4} \operatorname{rect}\left(\frac{\omega}{20000\pi}\right)$$

$$2\pi \operatorname{rect}\left(\frac{\omega}{20000\pi}\right) = 2\pi \operatorname{rect}\left(\frac{\omega}{\tau}\right) \rightarrow \frac{\tau}{2} = 2\pi f_2 = 10000\pi \rightarrow f_2 = 5000 \text{ Hz} = 5 \text{ KHz}$$

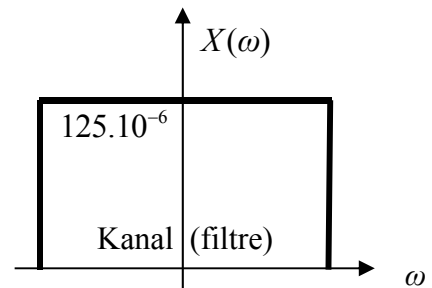
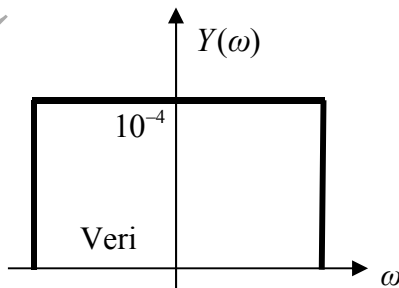
Buna göre iletilecek verinin band genişliği : $f_2 = 5000 \text{ Hz} = 5 \text{ KHz}$



Şekil 17 Kanal zaman – frekans değişimi : $\operatorname{sinc}(8000\pi t) \leftrightarrow 125.10^{-6} \operatorname{rect}\left(\frac{\omega}{16000\pi}\right)$



Şekil 18 Veri zaman – frekans değişimi : $\operatorname{sinc}(10000\pi t) \leftrightarrow 10^{-4} \operatorname{rect}\left(\frac{\omega}{20000\pi}\right)$



$$\begin{array}{cccccc} -10000\pi & 0 & 10000\pi & -8000\pi & 0 & 8000\pi \end{array}$$

Şekil 19 Veri ve iletilecek kanalın band genişliklerinin karşılaştırılması
İletilecek $Y(\omega)$ verisinin band genişliği, $X(\omega)$ haberleşme kanalının band genişliğine eşit veya ondan küçük olması halinde ancak sağlıklı bir iletimin yapılabileceği düşünülebilir. Ancak eldeki bilgilere bakıldığında iletilecek verinin band genişliği $f_2 = 5$ KHz olmasına rağmen, bu bilginin iletileceği kanalın band genişliği $f_1 = 4$ 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

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

$$\text{sinc}^2(3000\pi t) = \frac{\tau}{2} \text{sinc}^2(\frac{t}{4}) \rightarrow \frac{\tau}{4} = 3000\pi \rightarrow \tau = 12000\pi \text{ sn}$$

Buna göre iletilecek verinin uzunluğu $\tau = 12000\pi$ sn . Bu verinin band genişliği ise,

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

$$\text{sinc}^2(3000\pi t) \leftrightarrow \frac{4\pi}{12000\pi} \Delta(\frac{\omega}{12000\pi}) = \frac{1}{3000} \Delta(\frac{\omega}{12000\pi})$$

$$\text{sinc}^2(3000\pi t) \leftrightarrow \frac{1}{3000} \Delta(\frac{\omega}{12000\pi})$$

$$\frac{1}{3000} \Delta(\frac{\omega}{12000\pi}) = 2\pi \Delta(\frac{\omega}{\tau}) \rightarrow \frac{\tau}{2} = 2\pi f_1 = 6000\pi = f_1 = 3000 \text{ Hz} = 3 \text{ KHz}$$

Buna göre haberleşme kanalının band genişliği : $f_1 = 4000 \text{ Hz} = 4 \text{ KHz}$

Bunun ardından söz konusu verinin iletileceği $y(t) = \text{sinc}(14000\pi t)$ kanalının band genişliğini belirlemeliyiz. Bunun için,

$$\tau \text{sinc}(\frac{t}{2}) \leftrightarrow 2\pi \text{rect}(\frac{\omega}{\tau}) \text{ yaklaşımından,}$$

$$\text{sinc}(14000\pi t) = \tau \text{sinc}\left(\frac{t}{\tau}\right) \rightarrow \frac{\tau}{2} = 14000\pi \rightarrow \tau = 28000\pi \text{ sn}$$

Buna göre haberleşme kanalı genişliği $\tau = 28000\pi$ sn uzunluğundaki bir filtre işlevindedir. Bu kanalın band genişliği ise,

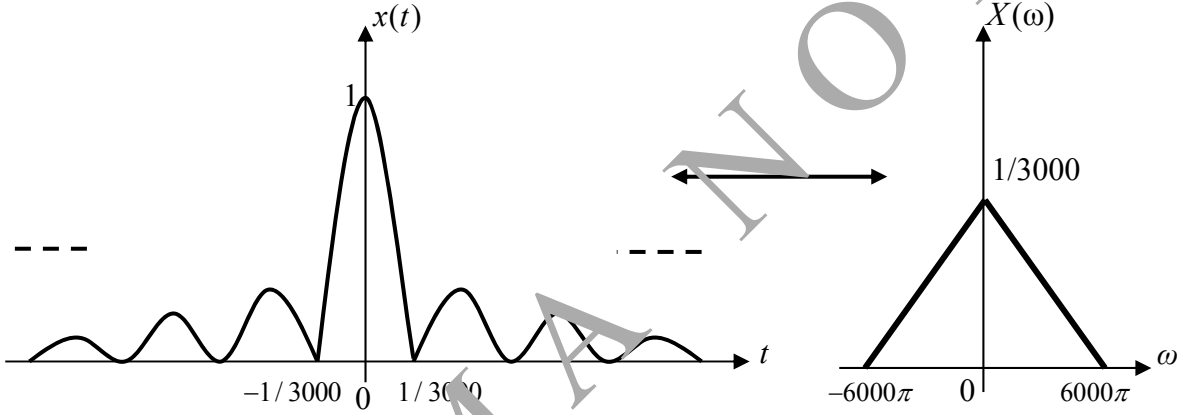
$$\tau \text{sinc}\left(\frac{t}{\tau}\right) \leftrightarrow 2\pi \text{rect}\left(\frac{\omega}{\tau}\right) \text{ veya } \text{sinc}\left(\frac{t}{\tau}\right) \leftrightarrow \frac{2\pi}{\tau} \text{rect}\left(\frac{\omega}{\tau}\right) \text{ olduğundan,}$$

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

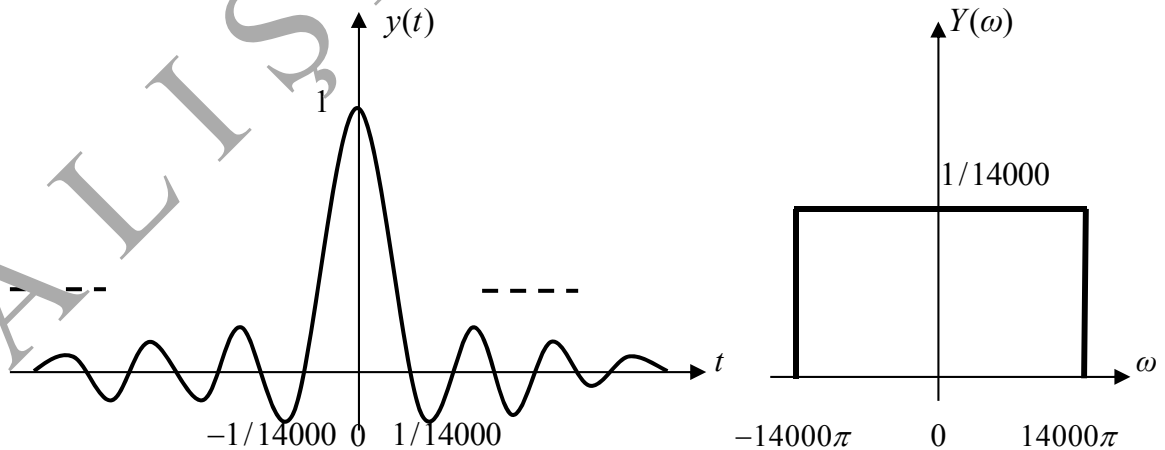
$$\text{sinc}(14000\pi t) \leftrightarrow \frac{1}{14000} \text{rect}\left(\frac{\omega}{28000\pi}\right)$$

$$\frac{1}{14000} \text{rect}\left(\frac{\omega}{28000\pi}\right) = \frac{1}{14000} \text{rect}\left(\frac{\omega}{\tau}\right) \rightarrow \frac{\tau}{2} = 2\pi f_2 = 14000\pi \rightarrow f_2 = 7000 \text{ Hz} = 7 \text{ KHz}$$

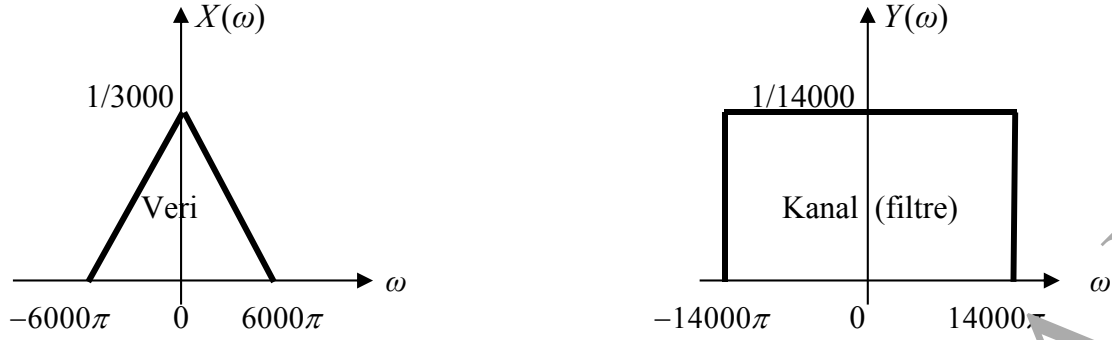
Buna göre haberleşme kanalının yani filtrenin band genişliği : $f_2 = 7000 \text{ Hz} = 7 \text{ KHz}$



Şekill 20 Veri zaman – frekans değişimi : $\text{sinc}^2(3000\pi t) \leftrightarrow \frac{1}{3000} \Delta\left(\frac{\omega}{12000\pi}\right)$



Şekil 21 Kanal/filtre zaman – frekans değişimi : $\text{sinc}(14000\pi t) \leftrightarrow \frac{1}{14000} \text{rect}\left(\frac{\omega}{28000\pi}\right)$



Şekil 22 Veri ve iletilen 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 yapılabilceğini biliyoruz. Eldeki bilgilere bakıldığında iletilen verinin band genişliği $f_1 = 3$ KHz iken, bu bilginin iletilceği kanalın yani filtrenin band genişliği $f_2 = 7$ KHz olduğundan bilgi çok rahat olarak kanaldan iletilir.

Örnek

Bir haberleşme sisteminin kanalı $x(t) = \text{rect}(12500t)$ alçak geçiren filtre ile tanımlıdır. Bu haberleşme sisteminden $y(t) = \Delta(10000t)$ darbeleri iletilir mi.

Çözüm

Önce haberleşme kanalının band genişliğini $\text{rect}(\frac{t}{\tau}) \leftrightarrow \tau \text{sinc}(\frac{\omega\tau}{2})$ yaklaşımından,

$$\text{rect}(12500t) = \text{rect}(\frac{t}{8 \cdot 10^{-5}}) \rightarrow \tau = 8 \cdot 10^{-5} \text{ sn}$$

Buna göre haberleşme kanalı genişliği $\tau = 8 \cdot 10^{-5} \text{ sn}$ uzunluğundaki bir filtre işlevindedir. Bu kanalın band genişliği ise

$$\begin{aligned} \text{rect}(12500t) &\leftrightarrow \frac{1}{12500} \text{sinc}(\frac{\omega 8 \cdot 10^{-5}}{2}) = \frac{1}{12500} \text{sinc}(\frac{\omega}{25000}) \\ \frac{\omega}{25000} &= \pi \rightarrow \frac{2\pi f}{25000} = \pi \rightarrow f_{\square} = 12500 \text{ Hz} = 12.5 \text{ KHz} \end{aligned}$$

Buna göre haberleşme kanalının band genişliği : $f_{\square} = 12500 \text{ Hz} = 12.5 \text{ KHz}$

Bunun ardından iletilen $y(t) = \Delta(10000t)$ verisinin/işaretinin band genişliğini belirlemeliyiz.

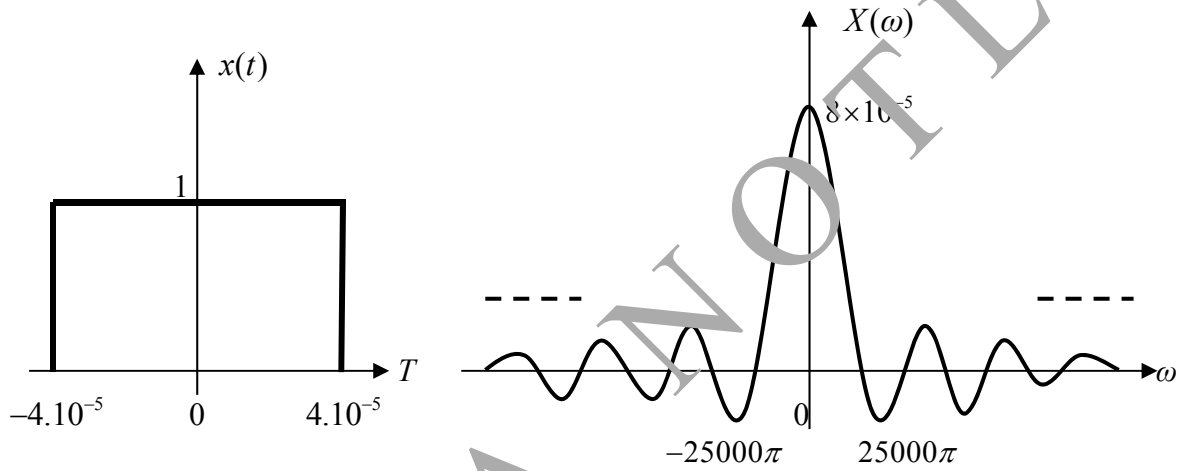
$$\Delta(\frac{t}{\tau}) = \Delta(10000t) \rightarrow \frac{1}{\tau} = 10000 \rightarrow \tau = 10^{-4} \text{ sn}$$

$$\frac{\tau}{2} \text{sinc}^2\left(\frac{\omega\tau}{4}\right) = \frac{10^{-4}}{2} \text{sinc}^2\left(\frac{\omega 10^{-4}}{4}\right) = 5 \cdot 10^{-5} \text{sinc}^2\left(\frac{\omega}{40000}\right)$$

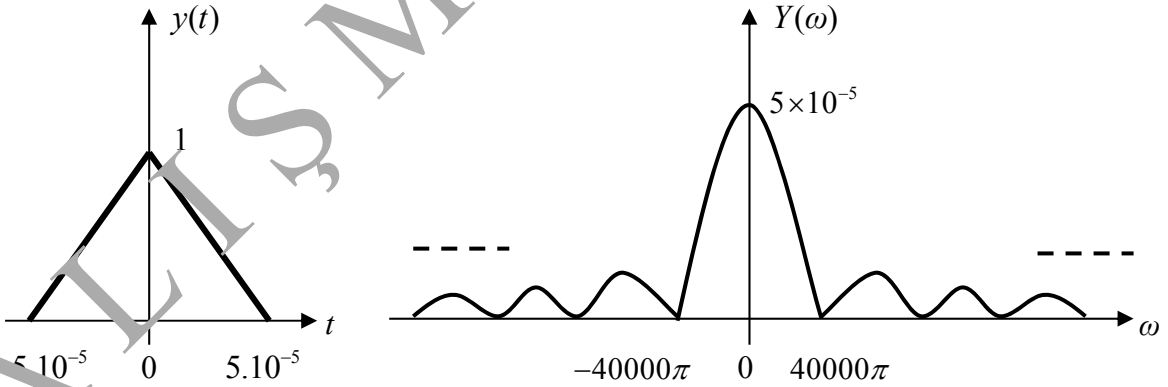
$$\Delta\left(\frac{t}{10^{-4}}\right) \leftrightarrow 5 \cdot 10^{-5} \text{sinc}^2\left(\frac{\omega}{40000}\right)$$

$$\frac{\omega}{40000} = \pi \rightarrow \frac{2\pi f}{40000} = \pi \rightarrow f_{\Delta} = \frac{40000}{2} = 20000 \text{ Hz} = 20 \text{ KHz}$$

Buna göre iletilecek verinin band genişliği : $f_{\Delta} = \frac{40000}{2} = 20000 \text{ Hz} = 20 \text{ KHz}$



Şekil 23 Kanal zaman – frekans değişimi : $\text{rect}(12500t) \leftrightarrow 8 \cdot 10^{-5} \text{sinc}\left(\frac{\omega}{25000}\right)$



Şekil 24 Veri zaman – frekans değişimi : $\Delta(10000t) \leftrightarrow 5 \cdot 10^{-5} \text{sinc}^2\left(\frac{\omega}{40000}\right)$

İletilecek üçgen darbe özelliğindeki verinin band genişliği, dörtgen özellikli haberleşme kanalının band genişliğine eşit veya ondan küçük olması halinde ancak sağlıklı bir iletimin yapılabileceği düşünülebilir. Ancak iletilecek verinin band genişliği $f_{\Delta} = 20 \text{ KHz}$ olmasına rağmen, bu bilginin iletileceği kanalın band genişliği $f_{\square} = 12.5 \text{ KHz}$ olduğundan bu bilgi iletilemez veya en azından sağlıklı iletilemeyeceğinden, verinin/işaretin kaybedilmesi söz konusu olur.

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 ulaşımında 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 yapılabilmesini 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 olunursa, 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 kablosuz ortamlardan oluşan haberleşme kanalının aslında bir tür filtre, veya daha doğru terminoloji olarak filtre fonksiyonu olduğunu düşünebiliriz. Bu anlamda haberleşme kanalını daha yalinen bildiğimiz filtre fonksiyonuna indirgeyerek meseleyi daha yakından ele alabiliriz.

Bu nedenle bir haberleşme kanalından bir verinin iletimini, verinin bir filtreden geçirilmesi veya verinin filtre edilmesi şeklinde düşünebiliriz. Filtre girişine gelen uygun verileri geçirebilecektir. Uygun olmayanları ya geçirmeyecek ya da kayıplı olarak geçirerek belkide verinin kaybedilmesine sebebiyet verecektir. Bu nedenle veriyi temsil eden fonksiyonun veya işaretin, yine fonksiyonu bilinen bir filtreden geçirilmesini (konvülyasyon), verinin bir haberleşme kanalından iletimi olarak düşünebiliriz. Meselenin bilinen boyutlara indirgenmesini sağlayan bu yolla analizler daha sağlıklı olacaktır.

SAYISAL BAND GENİŞLİĞİ

Band genişliği, bir iletişim ortamının taşıyabileceği bilgi miktarını gösteren bir ölçüdür. Söz gelimi, ses iletimi için band genişliği, iletilebilen en yüksek ve en düşük frekanslar arasındaki farktır. (Hertz). Bilgisayarlar arası haberleşme için de benzer şekilde, band genişliği, saniyede iletilen bit sayısı ile verilir.

İnternet'teki bilgi iletim hızları çeşitlilik gösterir. Bilgisayarları ve değişik ağları birbirine bağlayan hatlar, kablo (çoğunlukla fiber optik), uydu ya da radyo link (yakın birimler için) bağlantılı olabilir. İnternet'te hat hızı, saniyede iletilen "bit" sayısı ile (bps, bit/san) ölçülür. Bir birimin, bağlantılarında kullanabileceği en fazla hızı "Band Genişliği" denir.

Örnek

Saniyede 64 kilobit hızında bilgi iletme kapasitesi olan bir iletim hattından, 1 Megabyte lık bilgi hangi sürede iletilir.

Çözüm

$$64 \text{ kilobit} = 64/8 = 8 \text{ kilobyte}$$

Buna göre iletim hattının kapasitesi saniyede 64 kilobit veya 8 kilobyte. Eğer bu hattın 1 Megabyte lık bir veri iletilecekse,

$$1 \text{ Mbyte} = 1024 \text{ kilobyte}$$

$$\text{Süre} = 1024/8 = 128 \text{ sn, yaklaşık 2 dakika}$$

Günümüzde bağlantı hızları 56 kbit/saniyelerden (düşük hızlı modem bağlantısı) 100 Megabit/saniyelere kadar geniş bir aralıkta değişmektedir. Örnek olarak, 56k Modemlerle elde edilen hız yaklaşık olarak 56 kbit/san dir. Bu da, ideal şartlarda, yaklaşık olarak 5 ila 6 kilobyte/san. lik bir veri transfer hızına karşılık gelir (1 byte=8bit).

Hat Kapasitesi (band genişliği) Kavramı

Bir bilginin iki nokta arasında iletimi için, bu iki nokta arasında bir fiziksel bağlantı kurulması, veya var olan bir bağlantının kullanılması gerekir. Bu bağlantıya elektronik iletişim dilinde bir iletişim kanalı adı verilir.

Bir iletişim kanalının belli bir bilgi taşıma kapasitesi vardır. Bu kapasiteye de bant genişliği (bandwidth) adı verilir. Bant genişliği, o iletişim kanalından belli bir zaman birimi içinde ne kadar bilgi aktarılabileceğini gösterir. Bant genişliği genellikle "saniyede taşınan bit" (bit/s veya bps) olarak ifade edilir.

Örnek

İki bilgisayarın bant genişliği saniyede yaklaşık 8000 bit (8 kilobit= 8 Kb) olan bir bakır telefon kablosu ile bağlı olduğunu varsayalım. Bu kanal üzerinden büyüklüğü 1 milyon bit (1

Megabit = 1 Mb) olan bir bilgisayar veri kütüğünü gönderebilmek için: $1.000.000 \text{ bit} / 8.000 \text{ bit/s} = 125 \text{ saniye}$, ya da 2 dakika 5 saniye gereklidir.

Multimedya iletiminde bant genişliği kimi zaman son derece kısıtlayıcı bir etken olabilir. Örneğin, bant genişliği yaklaşık 8 Kbps (saniyede 8 kilobit) olan aynı bakır telefon kablosu üzerinden bir video görüntüsü yollamak istersek:

- A) Her görüntünün 300 X 200 piksel tuttuğunu,
- B) Her pikselin renk verileri için 8 bitlik bilgi tutulduğunu varsayarak,

Tek bir görüntü için $300 \times 200 \times 8 = 480.000 \text{ bit}$ yollanması gerektiğini buluruz. İnsan gözü saniyede 30 görüntü gösterilmesi durumunda görüntüleri hareketli bir film olarak algılayabilmektedir. Bu durumda, tek görüntü için saniyede 480.000 bit, bir saniyelik video filmini oluşturacak 30 görüntü için ise, saniyede $480.000 \times 30 = 14.400.000 \text{ bit}$ yollanması gerekir. Bant kapasitesi saniyede 8 Kilobit olduğuna göre, bu kadar bilgi:

$14.400.000 \text{ bit} / 8.000 \text{ bit/s} = 1800 \text{ saniyede}$ yollanabilir. Bu da 30 dakika demektir.

Kısacası, klasik bir telefon hattı üzerinden sadece bir saniyelik bir video filmini ancak yarım saatte yollayabiliriz.

İletim Hızı

Bilgisayarlar için en küçük veri iletim birimi bittir. Günümüzde veri iletim hızı, sayısal olarak saniyede iletilen bit sayısı ile ölçülür. Kullanılan iletişim hızı birimleri şunlardır:

BPS (Bits per second-saniyedeki bit sayısı): Saniyede iletilen bit sayısıdır.

KBPS (Kilobits per second-saniyedeki bin bit sayısı): Saniyede iletilen bin bit sayısıdır. Günümüzdeki modemler 56 Kbps, yani saniyede 56 bin bit iletmektedir.

MBPS (Megabits per second-saniyedeki milyon bit sayısı): Saniyede iletilen milyon bit sayısıdır.

GBPS (Gigabits per second-saniyedeki milyar bit sayısı): Saniyede iletilen milyar bit sayısıdır.

Ancak verinin örnek olarak iletiliği ortamlarda, iletişim hızı bant genişliği (bandwidth) ile ölçülür. Bant genişliği, kullanılan frekans aralığıdır. Örneğin, 800 ile 900 megahertz (milyon hertz) arasında çalışan cep telefonlarının bant genişliği 100 megahertzdir. Bant genişliği arttıkça, veri hızı iletilir. Örneğin, 4000 hertz telefon kablosu 1 Kbps, 100 megahertz eş eksenli (coaxial) kablo 10 Mbps, 200 trilyon hertz fiber optik kablo 1 Gbps hızlarında veri iletebilir. Telefon hatları üzerinden modem kullanılarak yapılan bağlantılar düşük bant genişliği (low bandwidth); uydu bağlantısı gibi yüksek kapasiteli iletimler geniş bant (broadband) olarak adlandırılır.

Kilobit – Kilobyte

Sayısal sinyal işlemede veya sayısal haberleşmede bilgisayar haberleşmesinde kullanılan sayılar 0 ve 1 den oluşan ikili olarak anılan binary sistemdir. Bu sistemdeki 0 ve 1 sayı yani gijit olarak anılmaktadır. Her bir 0 ve 1 sayısı ayrıca bit olarak anılır. Bu yüzden sayısal bilgi olarak en küçük bilgi/veri “ bit “ tir. Sayısal veri haberleşmesinde “ bit “ den yararlanarak daha ziyade “ kilobit, megabit, v.b. “ gibi birimler kullanılır. Bu yüzden sayısal haberleşme hızı olarak bit/kilobit/megabit kullanılırken, sayısal veri/data depolama birimleri (bellek gibi) için Byte/Kilobyte/Megabyte gibi birimler kullanılmaktadır.

İkili sayı sistemi 0 ve 1 den oluşur.

0 → bit

1 → bit

1 Byte → 8 bit

1 Nibble → 4 bit (yarım Byte)

1 kilobit = 1000 bit

1 Byte = 8 bit

1 KiloByte = 1024 Byte

1 KiloByte = 1024 Byte = 1024 x 8 = 8192 bit

1 kilobit = 1000 bit = 1000/8 = 125 Byte

1 megabit = 10^6 bit = $10^6/8 = 1000000/8 = 125000$ Byte

1 kilobit/sn = saniyede 1000 bit

1 KB/sn = saniyede 1024 Byte

1 byte → 8 bits → 2³ bits

K kilo 2¹⁰ bit = 1024¹ byte

M mega 2²⁰ bit = 1024² byte

G giga 2³⁰ bit = 1024³ byte

T tera 2⁴⁰ bit = 1024⁴ byte

P peta 2⁵⁰ bit = 1024⁵ byte

E exa 2⁶⁰ bit = 1024⁶ byte

Name	Standart SI	Bit	Ad (Sembol)
kilobit (Kbit)	10 ³	2 ¹⁰	kibibit (Kibit)
megabit (Mbit)	10 ⁶	2 ²⁰	mebibit (Mibit)
gigabit (Gbit)	10 ⁹	2 ³⁰	gibibit (Gibit)
terabit (Tbit)	10 ¹²	2 ⁴⁰	tebibit (Tibit)
petabit (Pbit)	10 ¹⁵	2 ⁵⁰	pebibit (Pibit)
eksabit (Ebit)	10 ¹⁸	2 ⁶⁰	eksbibit (Eibit)
zettabit (Zbit)	10 ²¹	2 ⁷⁰	zebibit (Zibit)
yottabit (Ybit)	10 ²⁴	2 ⁸⁰	yobibit (Yibit)

İletim Hızı ve Baud

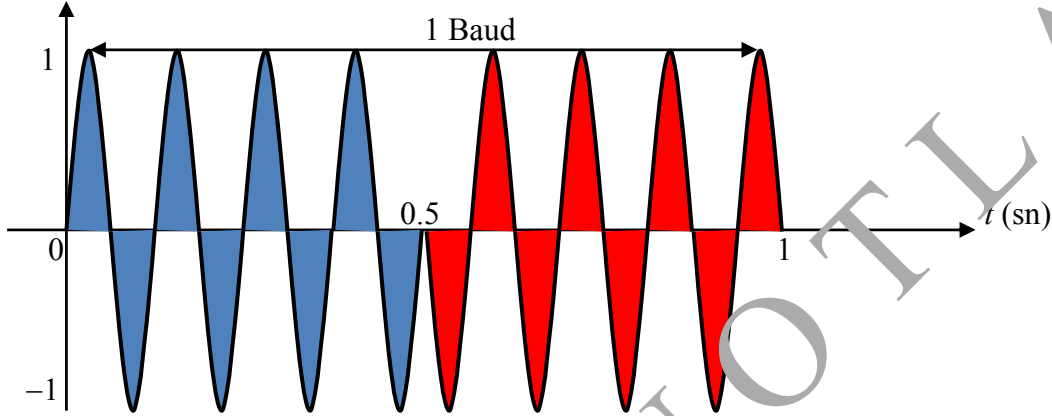
Baud : Data haberleşmesinde kullanılan modem gibi cihazların sinyalleşme hızı birim olarak Baud olarak anılır. Her sinyalleşme belli miktardaki bit sayısına karşılık gelmektedir. Bu anlamda veri iletiminde modülatör çıkışında bir saniyede meydana gelen sembol (baud) değişikliği Baud Oranı (Baud Rate) olarak anılır. Buna göre,

Baud Rate : Saniyedeki sembol veya darbe sayısıdır. Birimi bps (bit per second) değil, (saniye başına düşen darbe sayısı (pulse per second) veya saniye başına düşen sembol sayısı (symbol per second)). Veri iletimi saniyedeki bit sayısı (bps) iken, saniyedeki sembol sayısı olarak baud rate, veri iletim hızını gösterecektir.

Not : Sembol/örnek/darbe başına düşen bit sayısı“1“ olduğunda, bit rate, baud rate’e eşit olur.

Örnek

Aşağıda verilen haberleşme sisteminde toplam 16 bit iletildiğine göre Baud Rate’i hesaplayın.



Çözüm

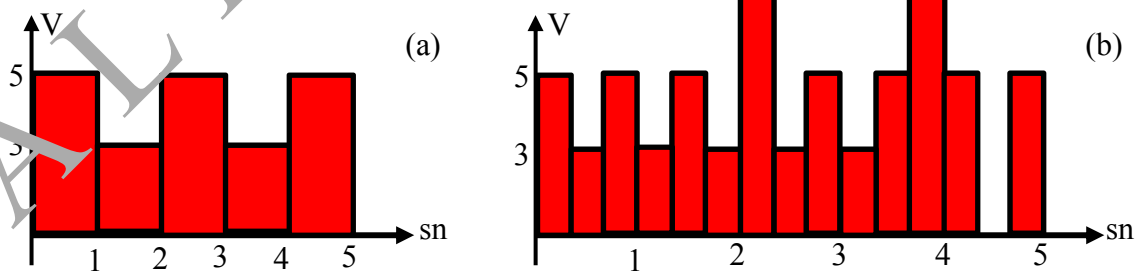
Verilen sistemde saniyede değişen sembol sayısı 16 olduğundan, Baud Rate, 16 Baud dur. Toplam 16 bit iletildiğine göre (16 bps), baud başına düşen bit sayısı 1 dir. Netice olarak ;

Baud Rate : 16 Baud, Bit Rate : 16 bps

Buna göre bir baud da kullanılan farklı sembol sayısı (farklı genlik seviyesi), $2^{\text{bit sayısı}} = 2^1 = 2$ Şekilden de görüldüğü gibi ± 1 olmak üzere iki tane farklı genlik seviyesi vardır.

Örnek

Aşağıdaki haberleşme sisteminin Baud rate’ni hesaplayın.



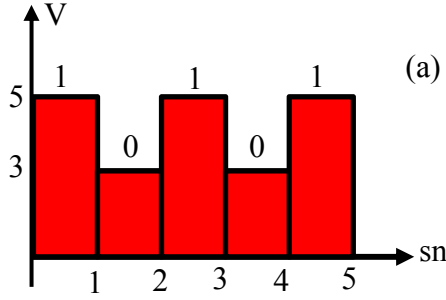
Çözüm

a) Bir saniyede yalnızca bir sembol değiştiğinden Baud Rate 1 baud dur.

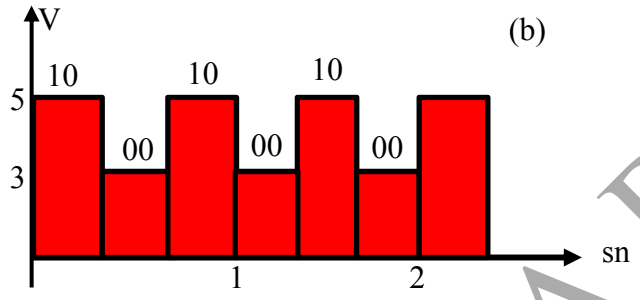
b) Bir saniyede yalnızca üç sembol değiştiğinden Baud Rate 3 baud dur.

Örnek

Aşağıdaki haberleşme sistemlerinin Baud rate'ni hesaplayın.



Bit Rate : 1 bps, Baud Rate : 1 Baud



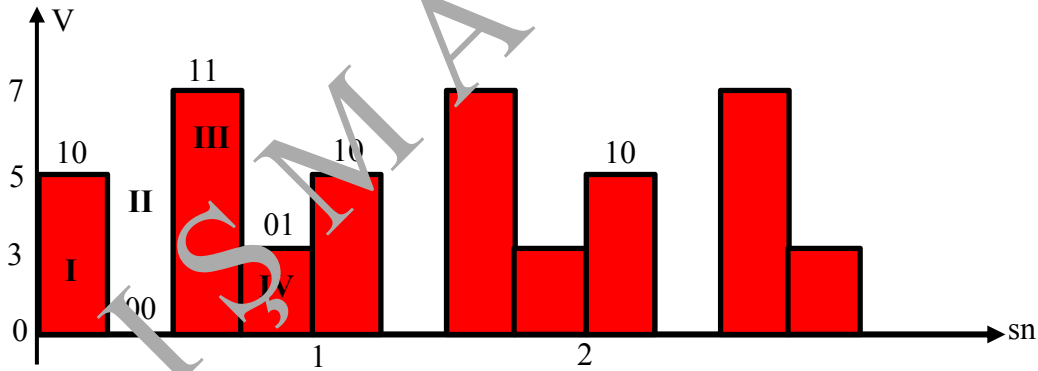
Bit Rate : 6 bps, Baud Rate : 3 Baud

Şekil (a) da baud rate 1 olduğundan, her bir baud da 1 bit taşınmaktadır. Bu yüzden bir baud da kullanılan farklı sembol sayısı (farklı genlik seviyesi), $2^{\text{bit sayısı}} = 2^1 = 2$. Şekilden de görüldüğü gibi 3 ve 5 olmak üzere iki tane farklı genlik seviyesi vardır.

Şekil (b) da baud rate 3 olup, her bir baud da ikişer bitten toplam 6 bit taşınmaktadır. Bu yüzden bir baud da kullanılan farklı sembol sayısı (farklı genlik seviyesi), $2^{\text{bit sayısı}} = 2^2 = 4$. Ancak şekilden de görüldüğü gibi yalnızca 3 ve 5 olmak üzere yalnızca iki tane farklı genlik seviyesi kullanılmıştır. Ancak istenseydi dört farklı seviye kullanılabilirdi.

Örnek

Aşağıdaki haberleşme sisteminin Baud rate'ni hesaplayın.



Bit Rate : 8 bps, Baud Rate : 4 Baud

Şekilde baud rate 4 olup, her bir baud da ikişer bitten toplam 8 bit taşınmaktadır. Bu yüzden bir baud da kullanılan farklı sembol sayısı (farklı genlik seviyesi), $2^{\text{bit sayısı}} = 2^2 = 4$. Nitekim şekilden de görüldüğü gibi 0,3,5,7 ve (I,II,III,IV) olmak üzere dört farklı genlik seviyesi kullanılmıştır.

Örnek

Her bir Baud'u 5 bit olan haberleşme sisteminde 32000 bps veri iletiliyorsa, hattın hızını hesaplayın.

Baud Rate = $32000 / 5 = 6400$ Baud

Ayrıca her bir baud da $2^{\text{bit sayısı}} = 2^5 = 32$ farklı genlik seviyesi kullanılabilir.

Örnek

Bid rate 10 ve sembol hızı 2 bit/sembol olan bir haberleşme sisteminde,

- a) Baud rate'i hesaplayın.
- b) Değişken sayısını hesaplayın.
- c) Kaç farklı genlik seviyesi tanımlanabilir.

Çözüm

Saniyede iletilen bit sayısı olan 18 bps, her biri 2 bitlik sembollerle taşınmaktadır. Sembol başına 2 bit demek, her bir baud da

$$\text{Baud rate} = 18 / 2 = 9 \text{ baud}$$

Buna göre bir baud da 9 sembol bulunmakta ve her bir sembol 2 bit taşımaktadır. Ancak 9 sembol $2^{\text{bit sayısı}} = 2^2 = 4$ farklı sembolden (farklı genlik seviyesinden) oluşmaktadır.

- b) Toplam değişken sayısı $= 18 / 2 = 9$
- c) $2^{\text{bit sayısı}} = 2^2 = 4$ farklı sembol (farklı genlik seviyesi).