

BÖLÜM 1

TEMEL KAVRAMLAR

Bölümün Amacı

Öğrenci, Analog haberleşmeye kıyasla sayısal iletişimin temel ilkelerini ve sayısal haberleşmede geçen temel kavramları öğrenecek ve örnekleme teoremini anlayabilecektir.

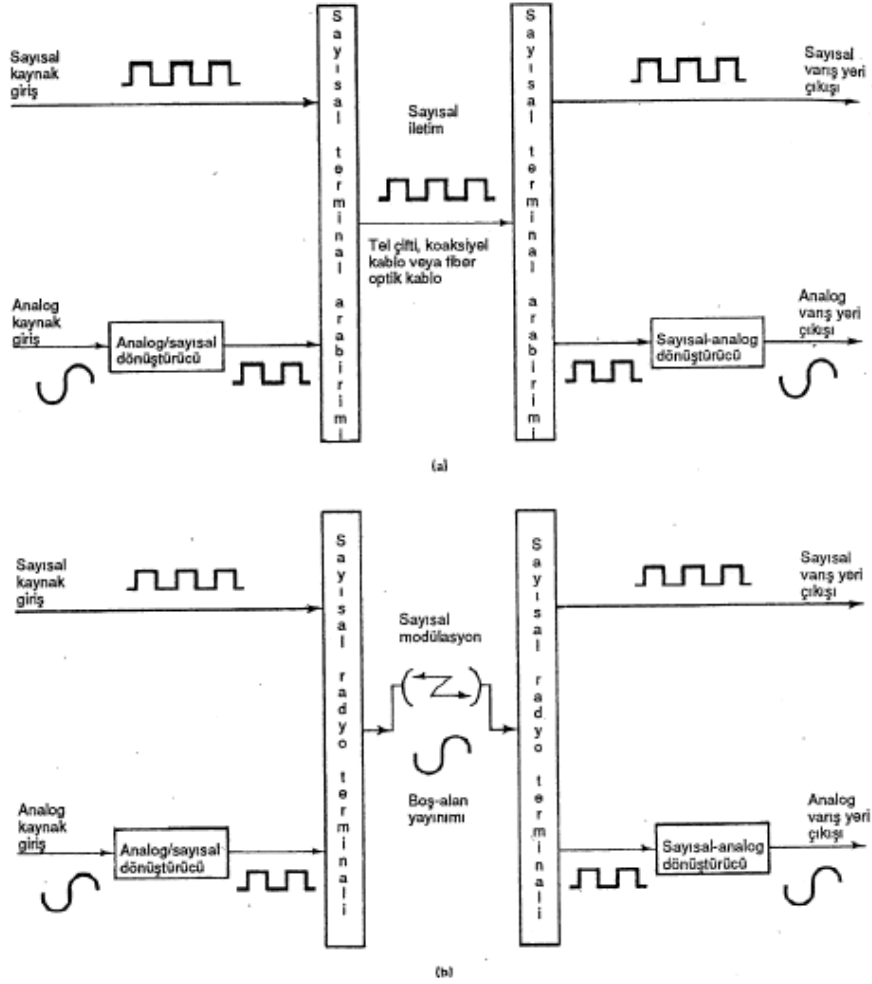
Öğrenme Hedefleri

Öğrenci,

1. Sayısal haberleşmenin gelişimini öğrenir.
2. Bir sayısal haberleşmenin basit blok şemasını çizer ve açıklar.
3. Sayısal haberleşmenin avantaj ve dezavantaj yönlerini açıklar.
4. Örnekleme teoremini açıklar, sinyalin nasıl örneklendiğini uygular.

1.1 TEMEL KAVRAMLAR

Şekil 1.1. sayısal bir iletim sistemi ile sayısal bir radyo sisteminin basitleştirilmiş blok diyagramlarını göstermektedir. Sayısal bir iletim sisteminde, başlangıçtaki kaynak bilgi sayısal biçimde ya da analog biçimde olabilir. Eğer kaynak bilgi analog biçimdeyse, iletimden önce sayısal darbelerle; alma ucunda ise tekrar analog biçime dönüştürülmelidir. Sayısal bir radyo sisteminde, modüle edici giriş sinyali ve demodüle edilmiş çıkış sinyali sayısal darbelerdir. Sayısal darbeler, sayısal bir iletim sisteminden, anabilgisayar gibi sayısal bir kaynaktan ya da analog bir sinyalin ikili kodlamasından kaynaklanabilir.



Şekil 1.1 Sayısal iletim sistemleri a) sayısal iletim, b) sayısal radyo

Temel Kavramlar sayısal haberleşme ile ilgili teorik ve uygulama konularının anlaşılmasını sağlamak için öncelikle ele alınmıştır.

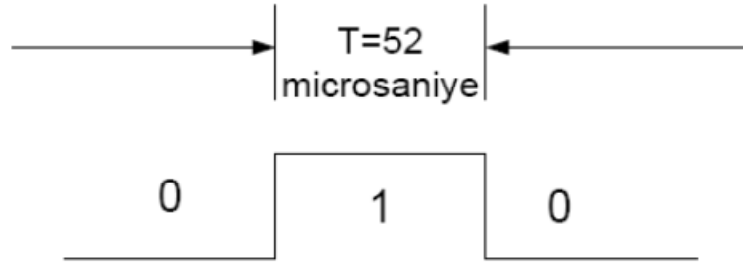
1.1.1 Bit

Dijital elektronikte ve binary sayı sisteminde sadece 0 ve 1 değerleri vardır. Tüm işlemler bu iki değer üzerinden yapılır. 0 ya da 1 bilgisinin her birine bit denir.

1.1.2. BPS (Bit Per Second)

Sayısal veri iletişimi sırasında saniyede iletilen bit sayısı BPS ile ifade edilir.

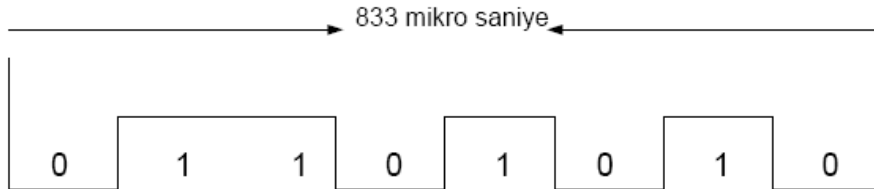
Örnek: Aşağıdaki şekilde bir veri katarı içinde yer alan 1 bitlik bir veri için osiloskopta elde edilen şekil verildiğine göre saniyede iletilen bit sayısını (hızını) bulunuz.



Çözüm: Bir bitin iletilmesi 52 μ saniye sürdüğüne göre bu sinyalin periyodu 52 μ saniyedir. Frekans periyodun tersi olduğu ve 1 saniyedeki saykıl (burada bit sayısı) sayısı olduğundan frekansı bularak saniyedeki bit sayısını (bps) da bulmuş oluruz.

$$T=52 \mu \text{ sn} \quad F = \frac{1}{T} = \frac{1}{52 \cdot 10^{-6}} = 19230 \text{ Hz} = 19230 \text{ bps}$$

Örnek: Aşağıdaki şekilde 8 bitlik bir verinin osiloskopta elde edilen şekli verildiğine göre saniyede iletilen bit hızını bulunuz.



Çözüm:

$$\text{Bir bit için geçen süre} = \frac{833 \mu\text{sn}}{8} = 104,125 \mu\text{sn}$$

$$\text{Frekans (Bit hızı)} = \frac{1}{104,125 \mu\text{sn}} = \frac{1000000}{104,125} = 9604 \text{bps}$$

1.1.3. Baud

Genelde modem benzeri cihazların sinyalleşme hızlarını ifade etmekte kullanılır. Bir başka deyişle modemin bir sinyalleşme sırasında gönderdiği bilginin ölçüsüdür. Örneğin bir cihaz her bir sinyalleşme esnasında 2 bitle kodlanmış bir bilgi gönderiyorsa 1 baud değeri 2 bitdir.

1.1.4. Baud Rate (Oran)

Data iletiminde modülatör çıkışında bir saniyede meydana gelen sembol (baud) değişikliğine baud hızı denir. Baud hızı baud/sn ile gösterilir. Baud hızı sinyalin anahtarlama hızını gösterir.

Örnek: Bir veri iletim hattının iletim hızı 4800 baud/sn olsun. Bu iletim her baud 4 bitle kodlanmış bilgi içeriyorsa bps olarak hızımız $4800 * 4 = 19200$ bps olur.

1.1.5. BER: Bit Error Rate (Bit Hata Oranı)

Sayısal bilgi iletiminde gönderilen veri içindeki bozulan ya da yanlış algılanan bit oranını ifade eder.

$$\text{BER} = \frac{\text{Gönderilen hatalı bitsayısı}}{\text{Toplam gönderilen bitsayısı}}$$

Örnek: $\text{BER} = 10^{-7}$ demek 10 milyon bit gönderildiğinde 1 bitin hatalı gönderilmesi demektir.

$$\text{BER} = \frac{\text{Gönderilen hatalı bitsayısı}}{\text{Toplam gönderilen bitsayısı}} = \frac{1}{10000000} = \frac{1}{10^{-7}} = 10^{-7}$$

Örnek: 460 000 000 bit gönderildiğinde 17 bit hata meydana geliyorsa bit-error oranı nedir?

Çözüm:

$$\text{BER} = \frac{\text{Gönderilen hatalı bitsayısı}}{\text{Toplam gönderilen bitsayısı}} = \frac{17}{46 * 10^7} = 0,36 * 10^7 = 3,6 * 10^{-8}$$

1.1.6. Kanal

Elektrik sinyallerinin geçtiği, frekanslardan oluşan bant ya da yola kanal denir.

1.1.7. Kanal Kapasitesi

Bir iletişim sisteminin bilgi kapasitesi, belli bir zaman birimi içinde sistemde taşınabilecek bağımsız sembollerin sayısını gösterir. En temel sembol ikili basamaktır (bit). Bu nedenle, bir sistemin kapasitesini saniyedeki bit sayısı (bps) şeklinde ifade etmek, çoğu zaman kolaylık sağlayan bir yöntemdir. 1928 yılında, Bell Telefon Laboratuvarları'ndan R.Hartley, bant genişliği, iletim süresi ve bilgi kapasitesi arasında yararlı bir ilişki bulmuştur. Basit bir biçimde ifade ederek, Hartley yasası şudur:

$$C \propto B \times T \quad (1-1)$$

Burada;

C = Bilgi kapasitesi

B = bant genişliği

T = İletim süresi

1-1 nolu Denklemden, bilgi kapasitesinin doğrusal bir fonksiyon olduğu ve gerek sistem bant genişliği, gerekse iletim süresi ile doğru orantılı olduğu görülebilir. Bant genişliği ya da iletim süresi değiştirilirse, bilgi kapasitesi de bu değişikliklerle orantılı olarak değişir.

1948'de, gene Bell Telefon Laboratuvarları'ndan C. E. Shannon, Bell System Technical Journal adlı dergide, bir iletişim kanalının bilgi kapasitesi ile bant genişliği ve sinyal gürültü oranı arasında bağıntı kuran bir yazı yayımlamıştır. Matematiksel olarak ifade edildiğinde, bilgi kapasitesinin Shannon sınırı şudur:

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{\text{sinyal}}{\text{gürültü}}\right) \quad C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N}\right) \quad (1-2)$$

Burada

C = Bilgi kapasitesi (bps)

B = Bant genişliği (Hertz)

$\frac{S}{N}$ = Sinyal gücü - gürültü gücü oranı olarak ifade edilir.

Sinyal gürültü oranı 1000 (30dB) ve bant genişliği 2.7 kHz' olan standart bir ses bandı iletişim kanalında, bilgi kapasitesinin Shannon sınırı şu olur:

$$C = 2700 \log_2 (1+1000) = 26.9 \text{ kbps}$$

Örnek: Bir iletim hattında (B=3 KHz) S/N oranı 2047 ise kanal kapasitesini hesaplayınız.

Çözüm:

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{\text{sinyal}}{\text{gürültü}} \right)$$

$$C = B \log_2 (2048) \quad 2^{11}=2048$$

$$C=B*11$$

$$C=3000*11$$

$$C=33000 \text{ bps}$$

Örnek: Standart bir telefon hattında (B=3 KHz) S/N oranı 40 dB ise kanal kapasitesini hesaplayınız.

Çözüm:

$$\text{dB} = 10 \log \frac{P_2}{P_1}$$

$$40\text{dB} = 10 \log \frac{P_2}{P_1}$$

$$4\text{dB} = \log \frac{P_2}{P_1}$$

$$10^4 = \frac{P_2}{P_1}$$

$$C = B * \log_2 \left(1 + \frac{\text{sinyal}}{\text{gürültü}} \right)$$

$$C = B * \log_2 (1+10000)$$

$$C = B * \log_2 (100001)$$

$$\log_2 (100001) = \frac{\log_{10} 100001}{\log_{10} 2} = \frac{4}{0,3} = 13,28$$

$$C=B*13,28$$

$$C=3000*13,28$$

$$C=39863 \text{ bps}$$

1.1.8. Gürültü

Sisteme rasgele ve istem dışı dahil olan ve asıl sinyaller üzerinde olumsuz etki yapan enerjidir. Gürültünün çeşitleri ve gürültü formülleri analog haberleşme konularında anlatılmıştır. Sayısal haberleşmede de etkili olan gürültü çeşitleri sistem içi ve sistem dışı olmak üzere iki grupta toplanır:

1.1.8.1. Sistem İçi Gürültü Kaynakları

- **Isıl gürültü:** Bir iletkenin sıcaklığı arttıkça serbest elektronların enerji seviyeleri artacağından iletken içindeki rasgele hareketi artar elektronların bu hareketi ısı gürültü olarak tanımlanır.
- **Atış gürültüsü:** Transistör ve diyot gibi yarı ögelerin p-n eklemelerinde elektronların rasgele yayınımları (emission), eklemenden nüfuz etmeleri (diffusion), ya da tekrar birleşmeleri (recombination) sonucunda oluşan rasgele elektriksel değişimlerdir.

1.1.8.2. Sistem Dışı Gürültü Kaynakları

- Güneş patlamaları
- Yıldırım düşmeleri ve şimşek çakmaları
- Floresan lambalar
- Elektrik motorlarının çalışması

Burada kısaca temel formülleri de hatırlayacak olursak, SNR: sinyal-gürültü oranı olmak üzere;

$$SNR = \frac{\text{sinyal}}{\text{gürültü}} = 10 \log \frac{\text{sinyal gücü}(w)}{\text{gürültü gücü}(w)} = 20 \log \frac{\text{sinyal voltajı}(V)}{\text{gürültü voltajı}(V)}$$

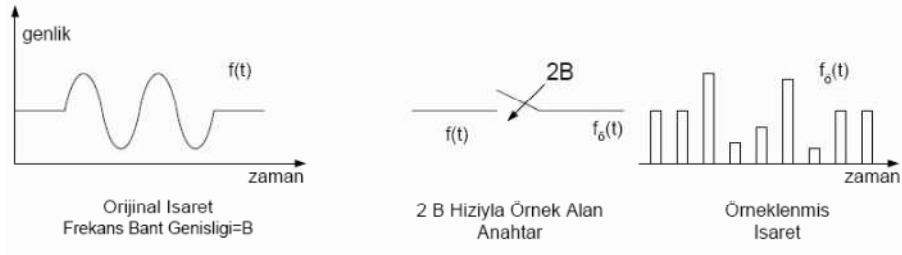
formülleriyle hesaplanmaktadır

1.2. Örnekleme Teoremi

Tüm haberleşme sistemlerinde amaç en hızlı ve sağlıklı veri iletimini sağlamaktır. Analog haberleşmenin bilinen sakıncaları nedeniyle sayısal haberleşme tekniklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla analog işaretlerin sayısal biçime dönüştürülmesi gerekmektedir. Bir analog işaretin sayısal işarete dönüştürülmesinde en önemli nokta, analog işaretin uygun bir örnekleme frekansı ile

örneklenmesidir. Bunun için bilgi işareti, teoride ideal bir darbe dizisi ile pratikte ise darbe katarı ile çarpılır.

Örnekleme için B Bant genişliğine sahip orijinal bir işaret en az $2B$ hızıyla örneklenip iletim hattına verilirse alıcıda orijinal sinyal elde edilebilir.



Şekil 1.1. Örnekleme

Anahtarlama hızı ne kadar yüksek olursa örneklenen işaret, orijinal işarete o kadar daha çok benzer.

f_m band genişlikli bilgi işaretinin bir temel bant bilgi işareti olması durumunda, örnekleme frekansı ($f_s = 1/T_s$) Nyquist tarafından verilen aşağıdaki koşulu sağlamalıdır.

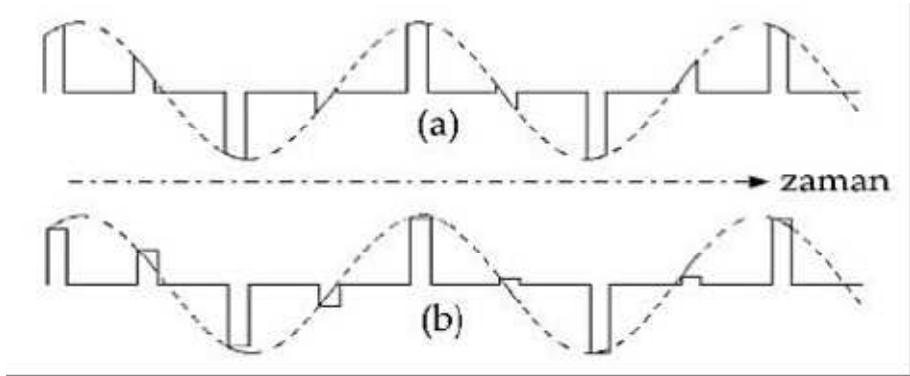
$$f_s \geq 2f_m$$

$f_s = 2f_m$ frekansına Nyquist frekansı denir. Yukarıdaki koşul sağlandığında, $f(t)$ işareti örnek değerlerinin bant genişliği f_m olan ideal bir alçak geçiren süzgeçten geçirilmesi ile herhangi bir bilgi kaybı olmaksızın yeniden elde edilebilir.

Bu işlem, interpolasyon olarak da adlandırılır. Teorik olarak alıcıda işaretin bozulma olmaksızın yeniden elde edilebilmesi için $f_s=2f_m$ 'lik bir örnekleme frekansı yeterli olduğu halde, pratikte örnekleme frekansı, alıcı tarafta bulunan alçak geçiren süzgecin ve diğer cihazların ideal olmaması nedeniyle Nyquist frekansından biraz daha büyük seçilir.

Pratikte örnekleme işlemi, impuls dizileri kullanılarak yapılamayacağı için, analog bilgi işaretinin sonlu genlik ve sonlu süreli darbeler yardımıyla örneklenmesiyle gerçekleştirilir. Analog bilgi işaretinin, sonlu genlik ve sonlu süreli darbelerle çarpımıyla gerçekleştirilen örnekleme doğal örnekleme adı verilir.

Bu işlemde darbe katarının genliği analog işaretin biçimini korumaktadır. Gerçeklenmesi kolay olan diğer bir örnekleme çeşidi düz tepeli örneklemedir. Bu örnekleme işleminde analog işaret örneklenmekte ve bu örnek değeri darbe süresince sabit tutulmaktadır.



Şekil 1.2: (a) Doğal örnekleme, (b) Düz tepeli örnekleme