

Modülasyon Teknikleri ve İletim Metotları

BİLGİSAYAR AĞLARI

Öğr. Gör. Özkan CANAY

Bu ders içeriğinin basım, yayım ve satış hakları Öğr. Gör. Özkan CANAY 'a aittir. İzin almadan ders içeriğinin tümü ya da bölümleri mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik kayıt veya başka şekillerde çoğaltılamaz, basılamaz ve dağıtılamaz.

Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Her hakkı saklıdır © 2019

Önsöz

“Bilgi Çağı” olarak adlandırılan 21. Yüzyıl’da bilgi, çok hızlı üretilen ve ona sahip olana üstünlükler sağlayan önemli bir unsur haline gelmiştir. Süratle değişen ve artan bilginin paylaşılması ve çoğaltılması her dönem olduğu gibi bugün de stratejik bir öneme sahiptir.

Bilgisayar ağları, bilgi alışverişinin çok hızlı bir şekilde gerçekleştiği günümüz haberleşmesinin vazgeçilmez araçlarıdır. Kullandığı sistemin ölçeği ve kullanım amacı ne olursa olsun, her bilgisayar kullanıcısı mutlaka bilgisayar haberleşmesinin sunduğu hizmetlerden yararlanmaktadır.

Bu gelişmenin başlıca sebebi, son birkaç on yılda hayatımıza girmesiyle birlikte hızla iş ve sosyal yaşama nüfuz ederek önemli bir yer edinen İnternet’tir. Dünya çapında bir bilgisayar ağı olan İnternet, hiç şüphesiz bugün her alanda kullanılan önemli bir bilgi ve iletişim ortamıdır.

Ders içeriğimiz, elektronik haberleşme ve bilgisayar ağlarının en temel konulardan başlanarak, ağ sistemleri ve İnternet ile ilgili temel konuları kapsayacak şekilde hazırlanmıştır. Bu içerik ile ağ ortamını oluşturan teknolojileri en iyi şekilde tanımanız ve bunları doğru biçimde kullanabilir hale gelmeniz amaçlanmıştır.

Öğr. Gör. Özkan CANAY

Sakarya, 2019



Hedefler

Bu üniteyi tamamladıktan sonra aşağıdaki yetkinliklere sahip olmanız beklenir:



Modülasyon tekniklerini açıklayabilmek.



Veri iletim metotlarını açıklayabilmek.



İçindekiler

3. MODÜLASYON TEKNİKLERİ VE İLETİM METOTLARI

3.1. Modülasyon Teknikleri

3.2. Veri İletim Metotları

➤ Çalışma Soruları

➤ Kaynaklar

3. MODÜLASYON TEKNİKLERİ VE İLETİM METOTLARI

3.1. Modülasyon Teknikleri

Modülasyon, bir taşıyıcı sinyal ile bilgi sinyalini birleştirmekten ibaret olan ve iletişim teknolojisinde kullanılan bir yöntemdir. Yöntem başlarda anten yoluyla yapılan yayınlar için öngörülmüş ise de, günümüzde kablolu, kablosuz iletişim ya da bilgisayar haberleşmesinde kullanılmaktadır. Çok alçak frekanslı sinyallerin (örneğin ses) çok uzak mesafelere gönderilmesi güçtür. Bu nedenle alçak frekanslı sinyalin, yüksek frekanslı taşıyıcı bir sinyal üzerine bindirilerek uzak mesafelere taşınması sağlanabilir. Bu olaya **modülasyon** ya da **kiplleme** adı verilir. Veri ile sinyalin analog ya da sayısal olmasına göre iletim ve modülasyon tipleri üç ana başlıkta incelenir:

- Analog Veri - Sayısal Sinyal: PCM, DM modülasyon teknikleri
- Sayısal Veri - Analog Sinyal: ASK, BPSK, PFSK, QPSK, QAM modülasyon tekn.
- Analog Veri - Analog Sinyal: AM, FM, PM modülasyon teknikleri

Analog Veri - Sayısal Sinyal

Ses ve video gibi analog veriler, sayısal iletimin özelliklerini kullanabilmeleri için sayısallaştırılırlar. Konumuzdaki yapı itibarıyla, buradaki analog verinin sayısal sinyale dönüştürülme işlemine sayısallaştırma diyeceğiz. Analog veriyi, sayısal veri haline dönüştürdükten sonra sayısal iletim ortamındaki iletim tekniklerini çok rahat şekilde kullanabiliriz.

Analog verinin sayısal sinyale dönüşüm işlemini ya da karşı (alıcı) tarafta sayısal sinyalin tekrar orijinal (analog) veriye dönüşüm işlemini yapan cihaz **codec** (**coder-decoder**) olarak adlandırılır.

Bu aşama için iki teknik olan,

- PCM (Pulse Code Modulation) Darbe Kod Modülasyonu
- DM (Delta Modulation) Delta Modülasyonu

kullanılmaktadır.

Aşağıdaki şekilde genel bir sayısallaştırma sistemi görülmektedir.

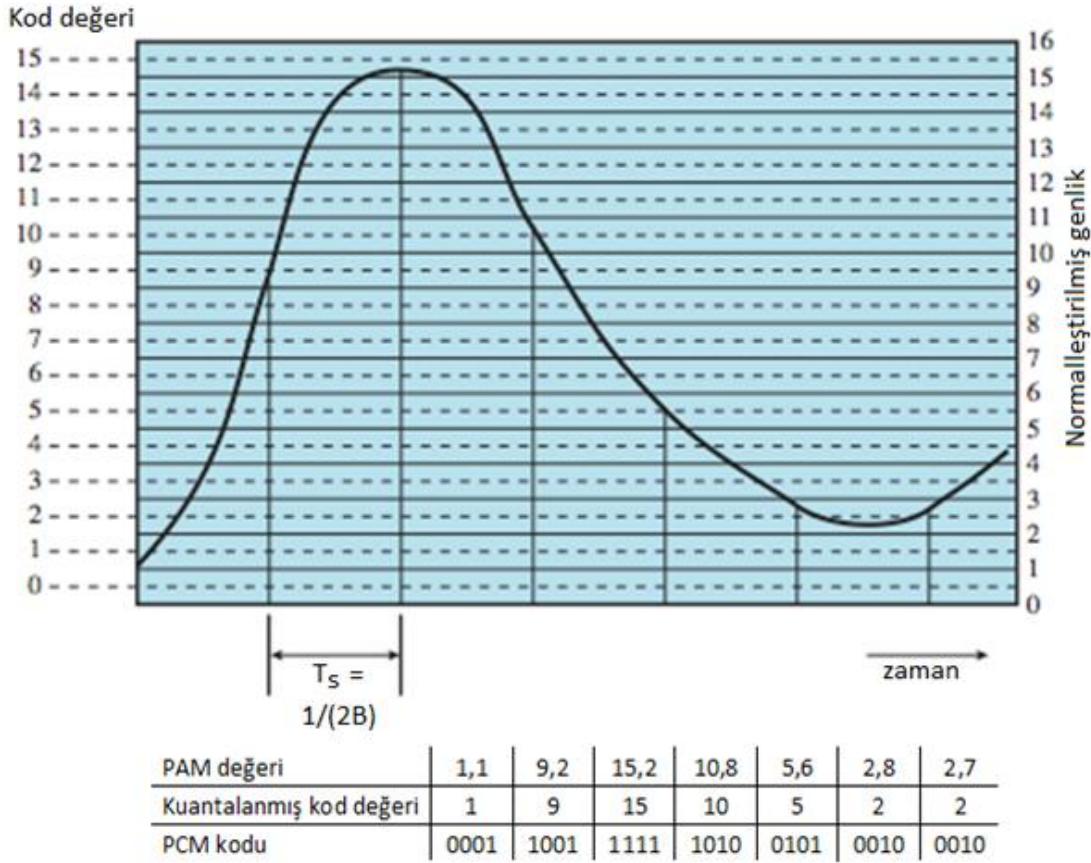


PCM Darbe Kod Modülasyonu

PCM, analog verinin dijital sinyale dönüşümünde kullanılan en basit tekniktir. Bu teknik örnekleme teoremi üzerine kuruludur. Örneğin bir ses verisi için (telefon hatları için üst sınır 4000 Hz'dir) ses frekansının iki katı olan saniyede 8000 örnek alınması bu ses verisinde herhangi bir kayba neden olmayacaktır.

Örneklenen her analog örnek, darbe genlik modülasyonu örneği olarak adlandırılır (PAM-Pulse Amplitude Modulation). Sayısala dönüşüm için bütün bu analog örneklerin, bir ikilik koda atanması gerekir.

Aşağıdaki şekilde PCM örneği görülmektedir.



Örnekteki analog sinyal 4 bit çözünürlüğe sahip bir sayısal sinyale dönüştürülmektedir. $2^4=16$ durum oluşmaktadır (0, 1, 2, ..., 15). T_s örnekleme zamanı, $1/(\text{saniyedeki örnek sayısı})$ olmaktadır.

PCM; örnekleme, kuantalama (nicemleme) ve kodlama olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilir.

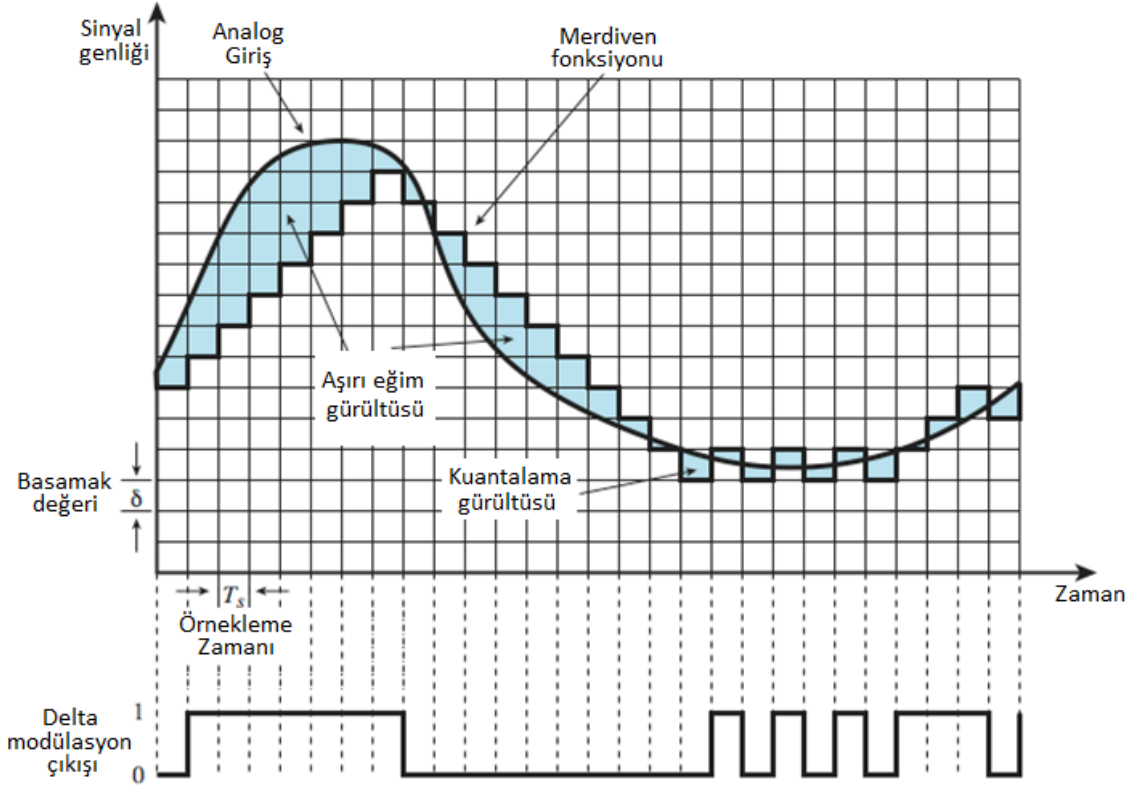


- Birinci aşamada (örnekleme); her örnekleme zamanı anındaki genlik değeri ölçülerek PAM (darbe genlik modülasyonu) örnekleri elde edilir.
- İkinci aşamada (kuantalama ya da nicemleme); belirli değerler arasındaki tüm değerler önceden belirlenmiş değerlere yuvarlanır. Bu işlem ile her PAM değerine karşılık gelen kod değeri elde edilir. Örneğin; 0-1 arası genlik değerleri 0. durumu, 9-10 arası genlik değerleri ise 9. durumu ifade etmektedir.
- Üçüncü aşamada (kodlama) ise kuantalanmış kod değerlerinin ikilik sayı sistemindeki karşılıkları elde edilir.

DM Delta Modülasyonu

PCM tekniğinin karmaşıklığına alternatif olarak getirilen modülasyon tekniklerinden en yaygın olanı Delta Modülasyonudur. Bu teknikte; analog girişe uygun bir merdiven fonksiyonu ile yaklaşım yapılmaktadır. Her örnekleme zamanında (T_s), merdiven fonksiyonu giriş sinyalinin durumuna göre bir kuantalama değeri (δ) kadar yukarı ya da aşağı hareket eder. Bu merdiven fonksiyonunun davranışı ikilik sayı sisteminin davranışı gibidir. Her örnekleme zamanında, sabit olan kuantalama değeri kadar yukarı hareket eder. Böylece, delta modülasyonunu işleminde her bir örnekleme zamanı hareketi ikilik sayı sisteminde 1 bitlik veri olarak gösterilebilir ve toplamda tüm örnekleme zamanları bit dizisi şeklinde ifade edilmiş olur. Delta modülasyonunda verinin örnekleme anındaki genliğinden ziyade eğimi önemlidir. Eğim yükselen yönde ise bit 1 değerini alırken, eğilen yönde ise bit 0 değerini almaktadır.

Aşağıdaki şekilde DM örneği görülmektedir.



Alıcı tarafta ise; delta modülasyon çıkışında elde edilmiş olan bit dizisi, aynı örnekleme zamanı ve basamak değeri ile oluşturularak analog veri elde edilir. 0 bit değeri geldiğinde basamak değeri kadar düşüş, 1 bit değeri geldiğinde basamak değeri kadar çıkış yapılarak merdiven fonksiyonu elde edilir. Örnekten de anlaşılacağı üzere merdiven fonksiyonu analog işaretin birebir aynısı değil, yaklaşığıdır. Alıcı taraf orijinal halini değil merdiven fonksiyonunu görecektir.

Sayısal Veri Analog Sinyal

Bu iletim tekniğinde görülen en yaygın uygulama yerel telefon hatları üzerinden yapılan veri transferidir. Telefon ağları; analog sinyalleri 300 ile 3400 Hz aralığındaki ses frekansı formatında alma, anahtarlama ve iletim yapısında tasarlanmıştır. Sayısal cihazları abone kısmında direk bağlama şansımız yoktur. Bu sebeple sayısal cihazlar ağı, sayısal analoğa yada analoğu sayısala çeviren **modem** (**modülatör-demodülatör**) üzerinden bağlanır.

Modülasyon teknikleri; taşıyıcı sinyalin genlik, frekans ve faz gibi üç karakteristiğinin bir veya birkaçının kullanılmasına dayanır. Sayısal verinin analog sinyal üzerinden iletiminde temel olarak üç kodlama ya da modülasyon tekniği mevcuttur. Bunlar;

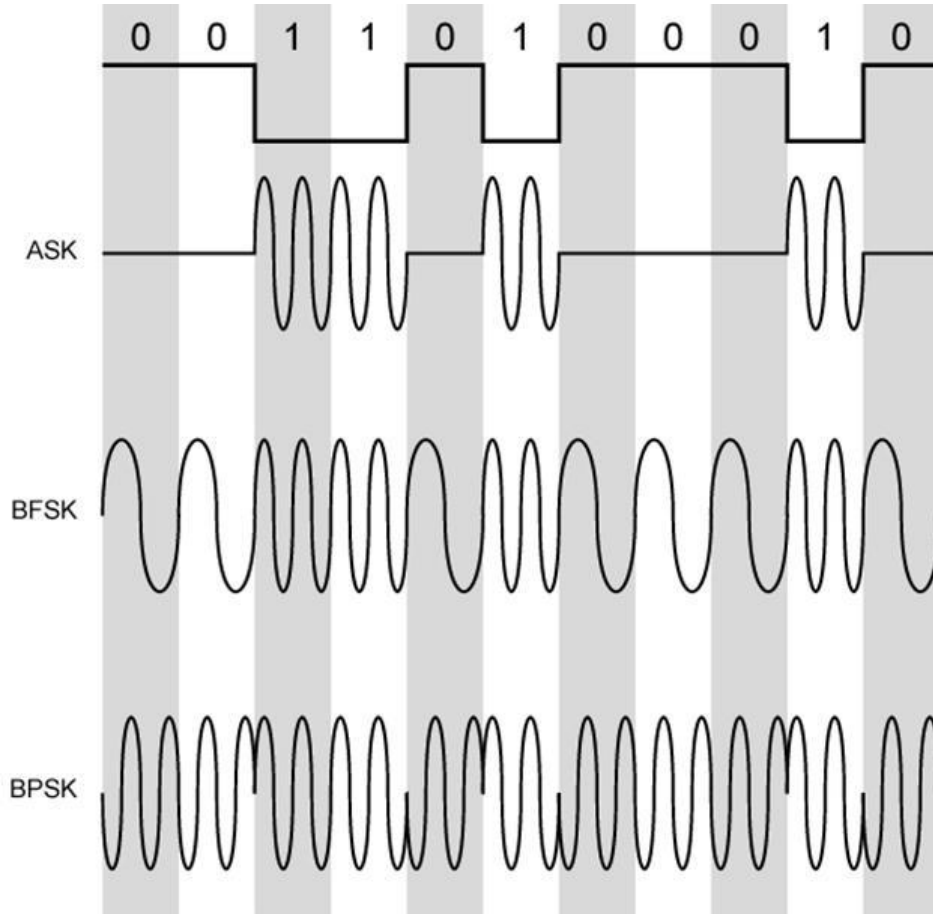
- ASK-Genlik Kaymalı Anahtarlama (Amplitude Shift Keying) Modülasyon
- FSK-Frekans Kaymalı Anahtarlama (Frequency Shift Keying) Modülasyon
- PSK-Faz Kaymalı Anahtarlama (Phase Shift Keying) Modülasyon

Modülasyon tekniklerini detaylı bir şekilde incelemeden, daha önceki gördüğümüz **baudrate** ve **bitrate** kavramını tekrarlayalım. Bitrate bit hızı, baudrate ise baud hızı olarak ifade edilir. Bit hızı saniyede aktarılan bit sayısıdır. Baud hızı ise saniyede aktarılan sinyal elemanı sayısıdır.

Peki baud hızı ile bit hızı arasındaki ilişki nedir?

Bir sinyal elemanı, kullanılan modülasyon tekniğine göre 1, 2 veya daha fazla veri biti aktarımını gerçekleştirebilir. Örneğin 1 sinyal elemanı ile 2 veri bitinin aktarıldığı bir sistemi düşünürsek; baud hızı 1000 sinyal elemanı/sn iken bit hızı 2000 bps olacaktır.

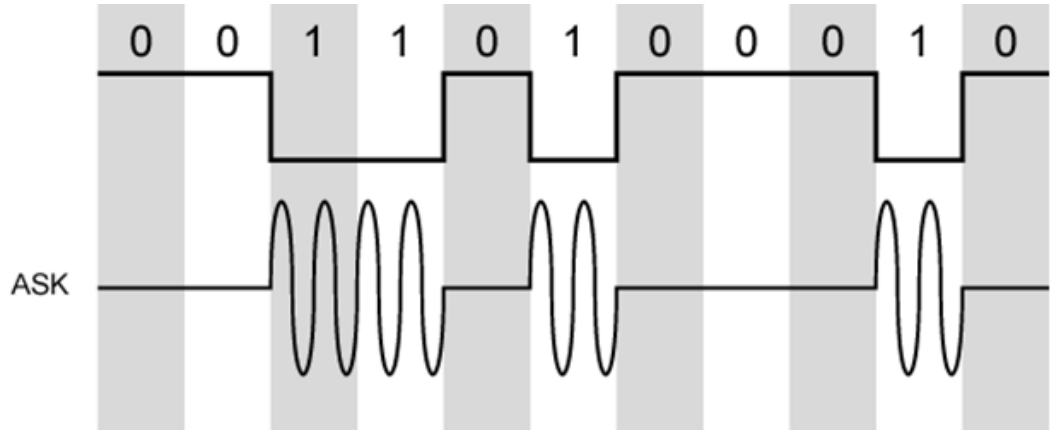
Aşağıdaki şekillerde ASK, Binary FSK (BFSK), Binary PSK (BPSK) sinyalleri “00110100010” veri dizisi için görülmektedir.



ASK Genlik Kaydırmalı Anahtarlama Modülasyon

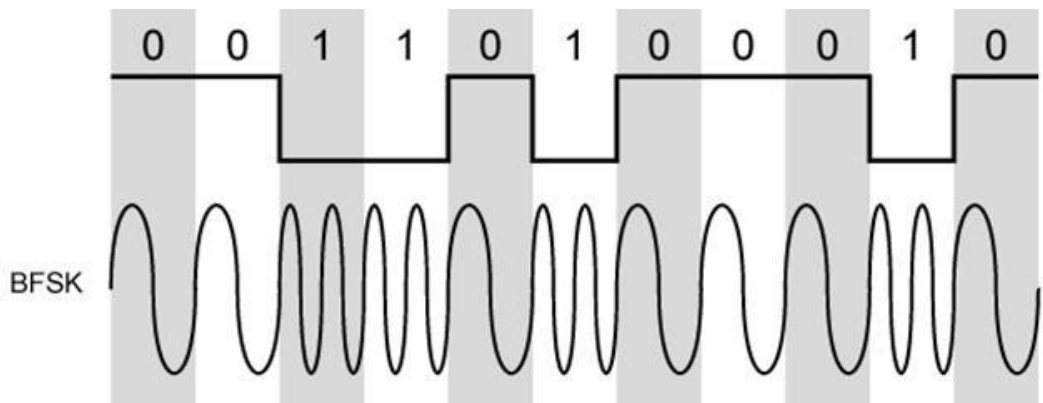
ASK modülasyon tekniği, bir veri bitinin bir genlikle, diğer veri bitinin ise başka bir genlikle ifade edilmesidir. Sıklıkla kullanılan yapı, 0 veri biti taşıyıcı sinyalin olmadığı 1 veri biti ise sabit bir genliğe sahip olan bir gösterim olmasıdır. Fiber optik sistemlerde sayısal verinin aktarılmasında kullanılır. Sinyalin olması, ışığın olması olarak düşünülürken, sinyalin olmaması da ışığın olmaması olarak düşünülür.

Aşağıdaki şekilde ASK sinyalinin sayısal veri bitlerini ifade etmesi görülmektedir. ASK modülasyon tekniğinde şekilden de anlaşılacağı üzere bit hızı=baud hızıdır.



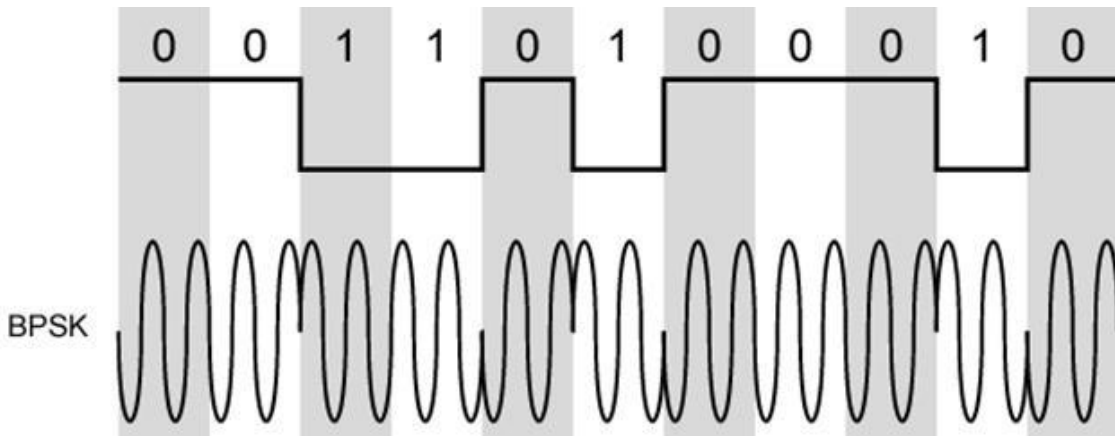
FSK Frekans Kaydırmalı Anahtarlama Modülasyon

Bu modülasyon tekniğini, veri bitlerinin farklı frekanslarla ifade edilmesi mantığına dayanır. Aşağıdaki şekilde 1 veri biti, 0 veri bitinin sahip olduğu frekansın 2 katı oranında bir frekansa sahiptir. BFSK'da (Binary-İkili) bit hızının baud hızına eşit olduğu, yani her bir bitin, bir sinyal elemanı ile ifade edildiği modülasyon mantığı vardır. Yüksek frekanslarda, koaksiyel kablo kullanan yerel alan ağlarında kullanılır.



PSK Faz Kaydırmalı Modülasyon

Bu modülasyon tekniğini, veri bitlerinin farklı faz açıları ile ifade edilmesi mantığına dayanır. Aşağıdaki şekilde 1 veri biti 0° faz açısı (Sinüs sinyaline göre) ile gösterilirken, 0 veri biti ise 180° faz açısı ile gösterilmektedir. BPSK’da (Binary-İkili) bit hızının baud hızına eşit olduğu, yani her bir bitin, bir sinyal elemanı ile ifade edildiği modülasyon mantığı vardır.

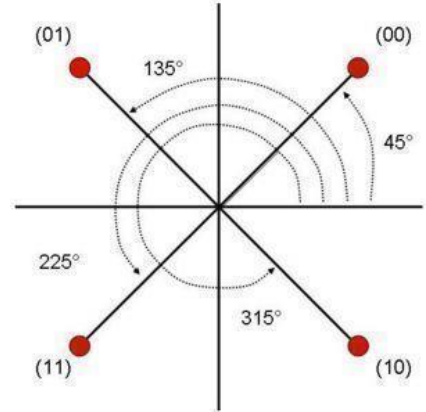


Diğer Türetilmiş Modülasyon Teknikleri

PSK yani “Faz Kaydırmalı Anahtarlama” referans sinyalin (taşıyıcının) fazını değiştirerek (modüle ederek) veri aktarmakta kullanılan bir modülasyon (kipleme) düzeni, bir algoritmadır. Her periyod içinde genlik sabit kaldığı halde faz bir defa değişebilir. PSK kısaltmasının önüne getirilen harf veya sayı faz sayısını ifade eder. Q (Quadrature) dördül anlamındadır. O yüzden 4-PSK ile QPSK eşanlamlı oluyor. Yani taşıyıcı 45, 135, 225 ve 315 derece olmak üzere 4 fazda gönderilmektedir. QPSK’da dört olası faz bulunduğundan her zaman diliminde sadece iki bitlik bilgi aktarılabilir. Sinyaldeki değişme (veri aktarım) hızı (baud) bant genişliğini belirlemektedir. QPSK için bit hızı baud hızının iki katıdır.

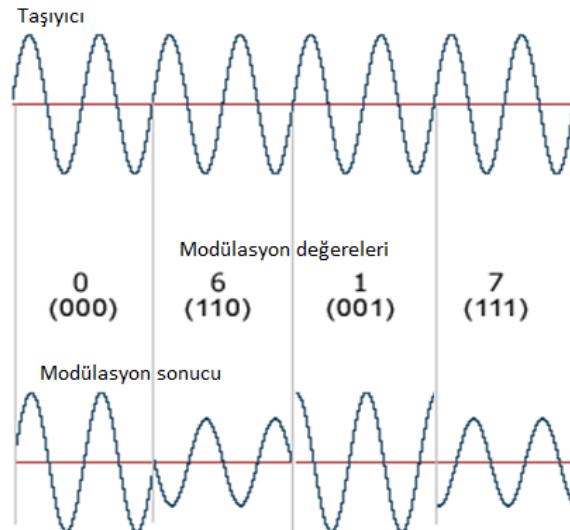
BPSK (Binary-İkil) faz kaydırmalı anahtarlama anlamındadır. QPSK, BPSK'ya göre aynı verimdeki bit hızı için iki kat spektrum ve güç verimliliği sağlar.

Faz	Veri
45 derece	İkili 00
135 derece	İkili 01
225 derece	İkili 11
315 derece	İkili 10



Bugünkü profesyonel sistemlerde faz sayıları 8PSK, 16PSK, 64PSK, 128PSK, 256PSK olabilmektedir. Sayı arttıkça aynı anda aktarılabilen veri miktarı (veri hızı) ve güç tasarrufu artmaktadır. Ancak aktarım bozulmasına tolerans da azalır.

QAM (Quadrature Amplitude Modulation) Dördül Genlik Modülasyonu, ADSL hatlarında ve bazı kablosuz standartlarda kullanılan yaygın bir analog sinyalleme tekniğidir. Bu teknik, ASK ve PSK tekniklerinin birleşiminden oluşmuştur. QAM ayrıca QPSK'nın mantıksal uzantısı olarak da düşünülebilir. QAM, iki farklı sinyali aynı anda ve aynı taşıyıcı frekansında gönderir. Bu sinyallerden biri 90°'lik bir faz açısına sahiptir. Ayrıca her iki sinyal ASK ile modüle edilmiştir. Sinyaller alıcı tarafında demodüle edilir ve birleştirilerek orijinal ikilik giriş dizisi elde edilir.



Şekilde 8-QAM modülasyon tekniği görülmektedir. Her bir sinyal elemanı 3 bitlik veri taşımakta ve bu sebeple de veri hızı, baud hızının üç katı olacaktır. Bu üç veri bitinin en yüksek değerlikli olanı genlik modülasyonunu, diğer iki bit ise faz modülasyonunu gerçekleştirmektedir.

Aşağıdaki tabloda bazı modülasyon teknikleri ve bit-baud hızı oranları verilmiştir.

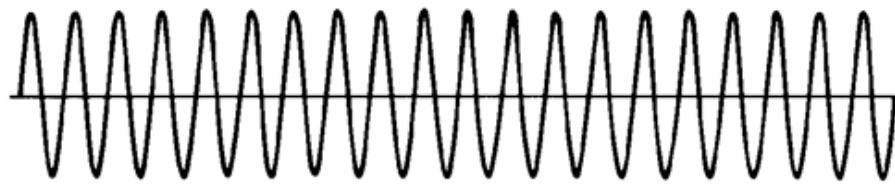
Modülasyon	Birim	Bit/Baud	Baud Hızı	Bit hızı
ASK, FSK, 2-FSK	Bit	1	N	N
4-PSK, 4-QAM	Dibit	2	N	2N
8-PSK, 8-QAM	Tribit	3	N	3N
16-QAM	Quadbit	4	N	4N
32-QAM	Pentabit	5	N	5N
64-QAM	Hexabit	6	N	6N
128-QAM	Septabit	7	N	7N
256-QAM	Octabit	8	N	8N

Analog Veri Analog Sinyal

Diğer analog iletim türü olan Analog Veri Analog Sinyal yapısına baktığımızda, hem verimizin hem de sinyalimizin analog olduğunu görürüz. Analog veri, taşıyıcı frekans ile modüle edilerek farklı bir frekans bandında analog sinyal olarak üretilir. Üç temel teknik mevcuttur:

- AM (Amplitude Modulation) Genlik Modülasyonu
- FM (Frequency Modulation) Frekans Modülasyonu
- PM (Phase Modulation) Faz Modülasyonu

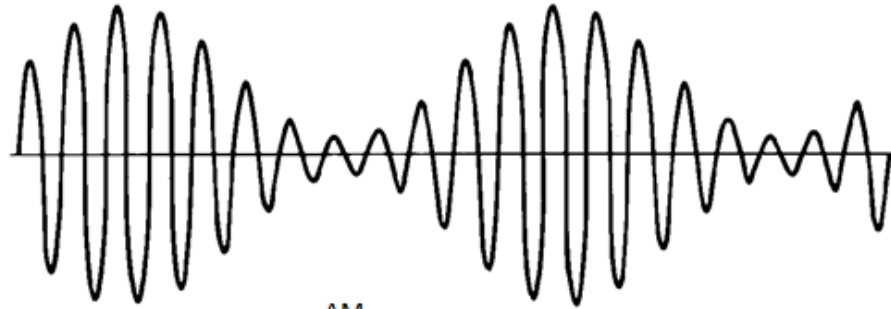
Şekilde AM, PM ve FM modülasyon teknikleri için taşıyıcı ve modüle edici sinyaller ve modülasyon sonuçları görülmektedir. AM modülasyonunda frekans sabit kalırken verinin türüne göre genlik değişmektedir. FM ve PM modülasyonları açılı modülasyonunun birer örneğidir ve şekilde de görüleceği üzere birbirlerine benzemektedir. FM’de verinin türüne göre frekans değişmektedir.



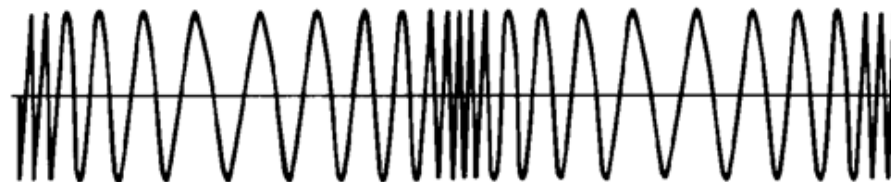
Taşıyıcı



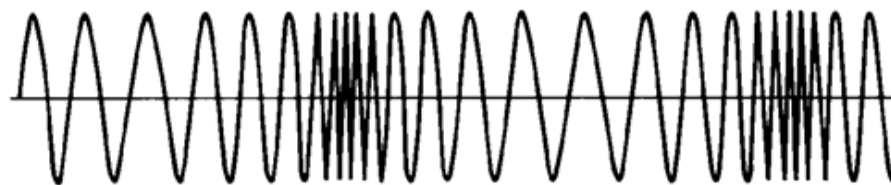
Modüle edici Sinüs sinyali



AM



PM



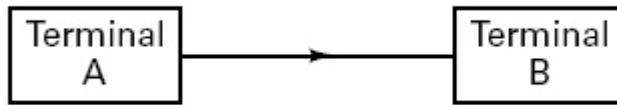
FM

3.2. Veri İletim Metotları

Haberleşme sistemlerinde veri iletiminin yönü tek yönlü (simplex), yarı çift yönlü (half duplex) ve tam çift yönlü (full duplex) olmak üzere üç temel şekilde incelenir:

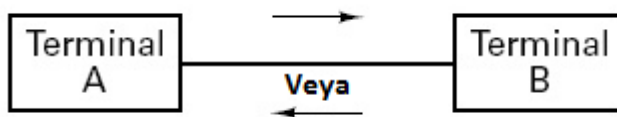
a. Tek Yönlü İletim (Simplex)

Bu haberleşme türüne örnek olarak televizyon ya da radyo verilebilir. Bu iletim türünde sadece tek taraf veriyi gönderirken, diğer taraf ise dinleyici olmaktadır. Yani B cihazı, A cihazına herhangi bir iletimde bulunamamaktadır.



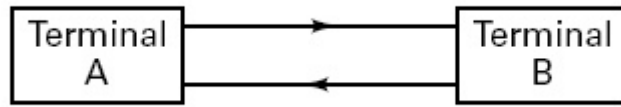
b. Yarı Çift Yönlü İletim (Half Duplex)

Bu haberleşme türüne örnek olarak telsiz verilebilir. Bu iletim türünde iki tarafta veri gönderebilir fakat aynı anda sadece tek taraf veriyi gönderirken, diğer taraf ise dinleyici olmaktadır. Yani A cihazı gönderme işlemi yaparken B cihazı dinleyici ya da B cihazı gönderme işlemi yaparken A cihazı dinleyici olmaktadır.



c. Tam Çift Yönlü İletim (Full Duplex)

Bu haberleşme türüne örnek olarak telefon verilebilir. Bu iletim türünde iki tarafta veriyi aynı anda gönderebilir. Diğer bir deyişle, aynı anda her iki taraf da gönderici ve dinleyici pozisyonunda olmaktadır.

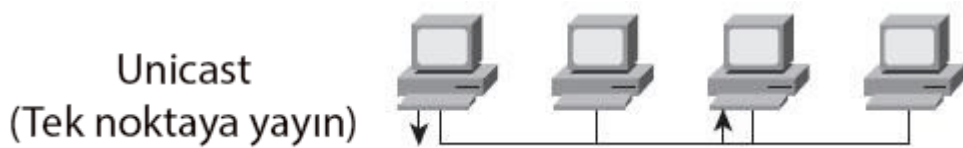


Bilgisayar Ağlarında Yönlendirme Metodolojileri

Veri iletiminin yönü yanında, verici ile alıcı arasındaki bilginin vericiden alıcıya gönderilme/ulaştırılma şekli de farklı biçimde sınıflandırılabilir. Buna göre bilgiler tekli (unicast), çoklu (multicast) ve yayınlamalı (broadcast) iletişim olmak üzere üç farklı gönderim/iletim türünden birisi ile hedefine ulaştırılır.

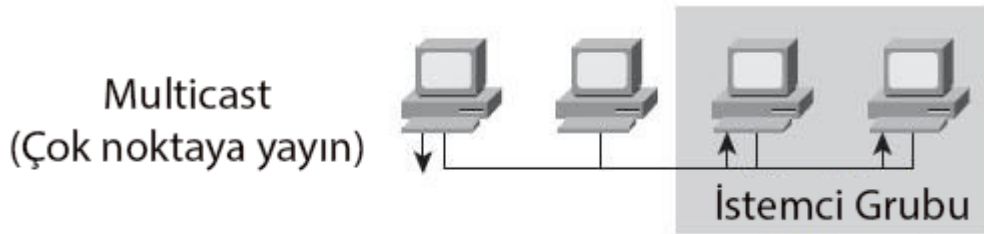
a. Tekli (Unicast) İletişim

Gönderilmek istenen bilginin, tek bir kaynaktan tek bir hedef adrese gönderilmesiyle yapılan iletişim, 'tekli iletişim' olarak isimlendirilir. Bilgisayar ağlarında bu durum, gönderilen bir veri paketinin ağdaki belirli bir bilgisayara/cihaza iletilmesi şeklinde gerçekleşir.

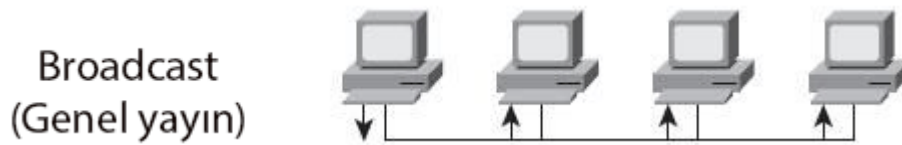


b. Çoklu (Multicast) İletişim

Gönderilmek istenen bilginin, kaynak adresten (vericiden) belirlenen birkaç hedef adrese gönderilmesi şeklinde oluşan iletişime 'çoklu iletişim' denir. Bilgisayar ağlarında bu durum, gönderilen bir veri paketinin ağdaki belirli bir bilgisayar/cihaz grubuna iletilmesi şeklinde gerçekleşir.

**c. Yayınlamalı (Broadcast) İletişim**

Gönderilmek istenen bilginin ağda bulunan tüm bilgisayarlara gönderilmesi şeklinde gerçekleştirilen iletişim, 'yayınlamalı iletişim' olarak isimlendirilir. Bilgisayar ağlarında bu durum, gönderilen bir veri paketinin ağdaki tüm bilgisayarlara/cihazlara iletilmesi şeklinde gerçekleşir.



Yerel bir ağda bu iletişim biçimleri şöyle çalışır:

Kullanıcı, bilgisayarını ilk açtığında bağlı bulunduğu switch'e broadcast gönderir. Gönderilen broadcast içerisinde bilgisayarın MAC adresi bulunur. Bağlı bulunduğu switch'ten başlayarak yerel ağdaki her noktaya broadcast ulaşır.

Router, firewall, switch veya sunucu ile karşılaştığında konfigürasyona göre bu broadcast'e cevap verilir. Reply olarak bilinen bu paket broadcast'i yayınlayan kaynak kullanıcıya ulaşır. Cevaba göre kullanıcı ağa dâhil edilebilir, DHCP' den IP alabilir veya sunucudan yetkilendirme alabilir.

Reply paketi kullanıcı bilgisayarına ulaştığı andan itibaren olumlu cevap alındı ise karşılıklı unicast ve multicast yayını başlar. PC ve switchler tarafından yayınlanan Broadcast paketler router'dan dışarı çıkamaz. Sadece yerel ağda haberleşmeyi sağlamak üzere var olabilirler. Router'ın dışına sadece unicast ve multicast paketler çıkabilir. Worm türü virüslerin de yerel ağda broadcast mantığı ile yayıldığı bilinmektedir.



Çalışma Soruları

1. Modülasyon tekniklerini açıklayınız.
2. Veri iletim metotlarını açıklayınız.



Kaynaklar

1. Stallings, William, and William Stallings. Data and computer communications. Vol. 6. New Jersey: Prentice hall, 1997.
2. Kurose, James F., and Keith W. Ross. Computer Networking: A top-down approach featuring the Internet. Vol. 2. Reading: Addison-Wesley, 2001.
3. Çölkesen, Rifat ve Örencik, Bülent. Bilgisayar Haberleşmesi ve Ağ Teknolojileri. Papatya Yayıncılık, 2003.
4. Tanenbaum, Andrew S. "Computer Networks, 4-th Edition." (2003).