

KABLOSUZ AĞLARDA HABERLEŞME

- Alicinin ve vericinin birbirlerine herhangi bir yolla (guided media) fiziksel olarak temas halinde olmadıkları her türde iletişim \Rightarrow wifi, Bluetooth, IoT

- Elektromanyetik dalgalar boşlukta yayılır. \Rightarrow Radar, RF, Microwave, IR

- Simplex: tek yönlü iletisim \Rightarrow Radio, TV
Karsi taraf broadcast yapıyor biz tek taraflı olarak veriyi alıyoruz.

- Half-duplex: Aynı anda olmamak şartıyla birbirlerine veri gönderip alabilirler. Simultane olmayan iki yönlü iletisim \Rightarrow telsiz, bas konus radyo
Full-duplex: iki yönlü iletisim. Aynı anda veri gönderip alabilirler. \rightarrow cep telefonu
 - Frequency - division duplex (FDD)
 - Time - division duplex (TDD)
 \rightarrow GSM = FDD + TDD

mobil

- Kullanıcı hareketliliği;
- Cihaz taşınamınlığı;
- Düşük maliyet ve kolaylık;
- mobiller kablosuz dur;
her kablosuz mobil olmayıabilen network'in her tarafına bağlı kablolu şekilde olabilir.
- (Resource allocation, ağların network kullanımı) Sadexe iletisim halindeyken kaynak kullanır.

PSTN (Public Switch Telephone Network)

ağ genel bilinen network ağıdır.
Yerini hücresel ağa bıraktı.

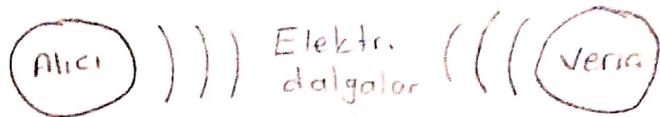
PSTN \rightarrow Hücresel ağ (GSM, UMTS, LTE, 5G)

LAN \rightarrow Kablosuz LAN (IEEE 802.11)

wifi standart birim kodudur.

Internet \rightarrow mobile IP

scada \rightarrow WSN, IoT



Dezavantajları

- Gurültülü (noise) ortam:

- \hookrightarrow Gevre elementlerden gelen ek bindirmeler ve farklı sinyal parçaları gürültüye sebep oluyor.
- \hookrightarrow Yüksek bit hata oranı
- \hookrightarrow Gevresel şartlar iletimi etkiler.

- Paylaşımı ortam ve sınırlı bant genişliği

- \hookrightarrow Hava ortamında elektromanyetik spektrum var bu hattın bant genişliğini kullanarak haberleşiyor.
- \hookrightarrow DIS kaynaklarından hava-atmosfer şartlarından çok etkilenme oluyor buna interference deniyor. Bu tür engeller kalkın diye özel bantlar kullanılıyor. ISM bandı (Industrial scientist medicine) da genel olarak kullanılan lisans gerektirmeyen bantlar. (902-928 MHz, 2.4 = 2.5 GHz, 5.725 - 5.875 GHz)

- jitter ve gecikme

jitter: Network paketlerinin, mesaj gibi sinyallerin gönderimi sırasında oluşturabilecek ıksiliklerden oluşan gecikme

- Dişanya açık bir ortam preksis dinlenebilir, düşük güvenlik

- 4G(LTE)

LTE, all IP dediğimiz internet protokolünü kullanır. Jelenin ve
 \rightarrow mobil kullanıcı 100 Mbps
 \rightarrow statik " 16 bps
 \rightarrow Tamamen paket anahtarlama
 \rightarrow LTE a standard that will continuously improve over time

Kapasite ve Mobilite

- Sinyaller havada giderken arka planda noise üretecek daha az dis etken var.
- Kablosuz sistemler bir takim interface (parazit) metal duvar, tahta, masalere tabi. Herhangi bir sinyalin kurılma ve dagilimasina neden olacak aracilar indoor ortamda daha fazla buntar sinyalin gecmesini engelleyecek.

→ 802.15 → Bluetooth

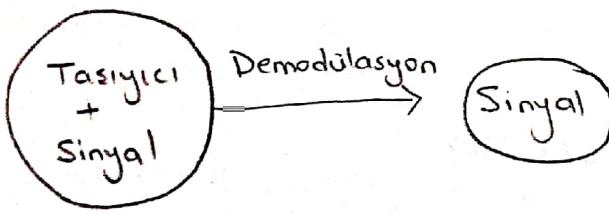
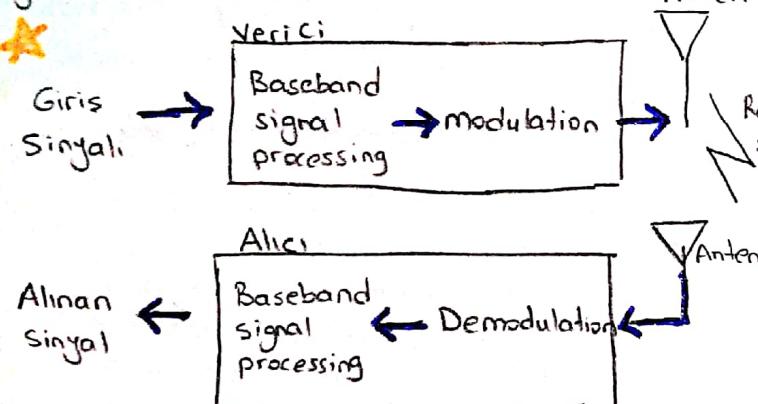
→ 802.16

PAN (Personal Area Network)

Application
Transport
Network
Link Layer
Physical

HABERLESME TEKNOLOJİSİNİN TEMELLERİ

Sinyali, taşıyıcı bir sinyal üzerine geçirerek karşı tarafa taşıma



Taşıyıcı ve sinyal iç içe geçiriyor
alıcı anten buntarı alıp demodülasyon yapıp sinyali isleyip
sinyal ve taşıyıcıyı ayırp
isine yarayacak kendisine
gelen veri ne ise onu veri
olarak alıyor.

- ① Antasılıklılık } Başarılı bir
② Hata Kontrolü } haberleşmenin
olması için gereklidir.
2 unsuru.

Go back N, error detection,
error correction.

~ VERİ AYGITLARI ~

Haberleşme, veri aygitları kullanarak
iletim hatları üzerinden yapılmış.
Buntar;

✓ Devre (Circuit)

✓ Kanal (Channel)

✓ Hat (Line) // Haberleşme, telekomünikasyon
Haberleşme

✓ Ana Hat (Trunk) // Telekomünikasyon

✓ Sanal Devre (Virtual circuit)

Devre: iki veya daha fazla nokta arasında akan fiziksel yol

Telegraf: Tek kişiye devre veriliyor.
modem, ADSL: Bir devreyi bir den fazla kişiye sağlıyor.

2 hat devreden elektriksel
kondüktör. Hat iletimi sağlamak
diğer hat devresi tamamlamak
için kullanılıyor. (2 hat devrede
hat iletimini bir kondüktör yapılıp
diğer hat devresi tamamlamak
için dönüş yolu gereklidir.)

→ Fiziksel: 4 hat: fiziksel olarak ve
2 çift gidiş, 2 çift dönüş fiziksel olarak
yapılıyor.

→ Lojiksel: 2 hat üzerinden frekans
bölmesi yapılip 4 hat yapılıyor.
Lojiksel olarak 4 hat var.

2 hat devre aboneyle aboneye
ilk erişim arasındaki mesafede
kullanılan yapı.
4 hat devre birbirinden uzak
noktaları birbirine bağlar.

Kanallar

- ✓ Lojiksel konuşma yoluna kanal denir.
- ✓ Tek bir konuşmaya tahsis edilen bir frekans bandı
- ✓ Zaman slotu
- ✓ Dalga boyu (lamba)
- ✓ Dijital dönemi temelini oluşturan multichannel

Hat veya ana hattır (Telekomünikasyon)

Hat(line); Tek bir nesne de birey için oluşturulan bir haberleşme

Ana hat(trunk); Bir grup kullanıcının çağrı yükünü desteklemek için oluşturulan habervesme.
Ayrıca trunk anahtarlama sistemlerini bağlamada kullanılır
Anahtarlama sistemi; iki iletişim hattını birbirine bağlayan bir aygit.

Sanal Devreler → Paket anahtarlama

Gönderici ve alıcı aygıtlar arasındaki bir dizi mantıksal bağlantıya sanal devre denir. İki aygit:

- ① Bağlantıyı kurma ve kırma da önemli olan haberleşme parametreleri,
- ② Destekledikleri uygulama için uygun performansı nasıl sağlayacakları, konularında anlaşma sağladıkları sonra bağlantı kurulur.

Kurumlar spektrumlarını frekansları ayarlıyor,

BTK
International Telecommunication Union (ITU)
Federal Communications Commission (FCC)
Canadian Radio-television and Telecommunications Commission
Belirli bölgeleri belirli cihazlara veren kurumlar

AĞ BAĞLANTI GESİTLERİ

- ✓ Dyalib bağlantı
✓ Anahtarlı ağ bağlantıları
- ✓ Kiralık - hat ağ bağlantıları
- ✓ Tahsis edilmiş ağ bağlantıları
 - Private line da denir. Aynı aynı noktalar, aygıtlar suretiyle aynı yolu kullanarak bağlantı kuruyor.
 - Dedicated line, kiralıkla aynı sey geçer. ama abone ağa sahip oluyor.

Elektromanyetik Spektrum ve Bant Genişliği

Telefonda konuşan kişinin ses dalgaları havanın akımı oluşturuyor. Telefon bunu yükseltip geyip stüdyo olarak karsi tarafta birler arasında olarak iletiyor. Bu ortamın adı elektro spektrum olarak gösteriliyor.

1865'de James Maxwell ilk teorisini ortaya attı. 1887 - Heinrich Hertz derejelerle gösteriyor.

Elektronlar hareket ettiğinde zaman elektromanyetik dalgaları yayıyorlar.

Kulagini duyduğu aralık 250-3400 Hz
Konustığımız 100-10.000 Hz

→ Göz düşük ve çok yükselt frekansları da, problemlerden dolayı haberleşme için orta frekanslar (radyo, mikrodalgalar, kızılı ötesi, gizlilik işin) önemlidir.

$$\lambda = c/f$$

\downarrow
 $3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

twisted pair 1 MHz
 coax cable 1 GHz } e kader olan aralığı kullanabiliyor.
 microwave 100 GHz
fiber optic 200 THz ve üstü

Sinyalleri ortama verirken belirli bir modülasyona uğratıyorduk

Sinyal üzerinde modülasyon yapmak **frekansı**, **genlik** ve **faz** üzerinde bir takım işlemler yapmak demek.

⇒ Syf 17'deki görsel

⇒ Syf 18 Analog vs Digital

MULTIPLEXING

Bir iletim hattının birçok telefon konuşma kanalı tarafından aynı anda bölüşümlü olarak kullanılmamasına goklama denir. multiplexing ile çok kullanıcılı görevi sağlanıyor. Farklı zaman dilimlerinde video de buna olarak sağlanıyor. Aynı zamanda farklı bölgeleri de verebiliyoruz.

Goklama temelde;

✓ Frekans bölmeli goklama (FDM)

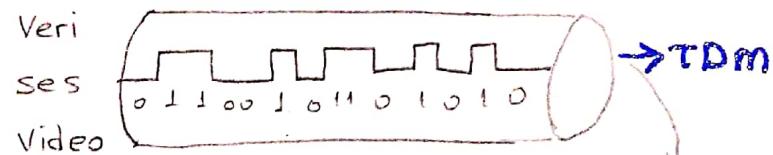
✓ Zaman " " (TDM)

code division mult. } çeşitli de

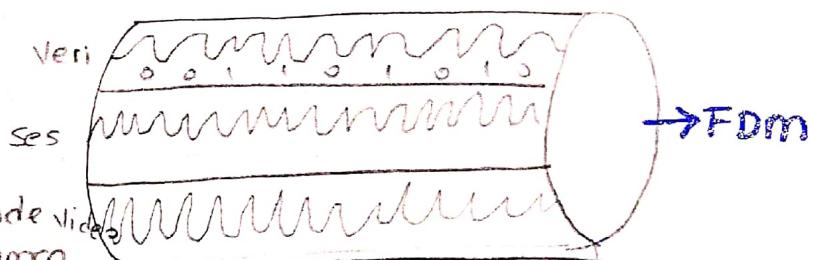
space " " mercut

Gsm hem FDM hem de TDM kullanır

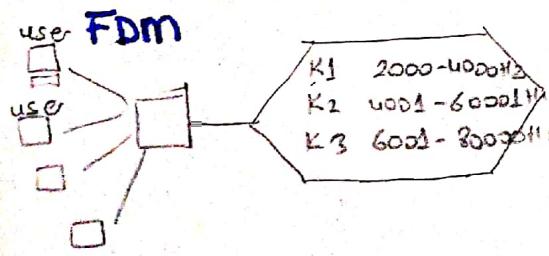
TDM'de öncelikle önekleme alınıyor. Senkronizasyon yapılacak. Senkronizasyonun gerektiği multiplexing teknigi TDM olyor.



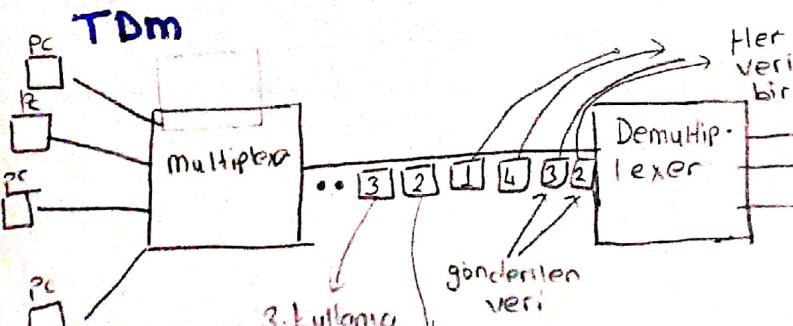
(Aynı kullanıcı) aynı bölgeyi bir tane kullanıca o zaman boyunca kullanıyor kendisinden sonraki zamanı diğer kullanacak kullanıcıya veriyor.



FDM'de kanallar ayırdır. Veri, ses, video ayrı kanallardan gönderilir.



FDM'de aynı anda bütün kullanıcılar frekans bölmede devrededir. Aynı anda farklı frekanslar dan gönderim yaparlar.



Her biri bir kullanıcıya ait olacak şekilde veriler gelir. Kendi zamanlarına göre sıralanmış bir yapı söz konusu. Bütün kanalı 1 kişi bir zamanda kullanır.

3. kullanıcının sonra 2. kullanıcının verileri gelir.

4)

Multiplexing in 4 dimensions

- ✓ space (S_j)
- ✓ time (t)
- ✓ frequency (f)
- ✓ code (c)

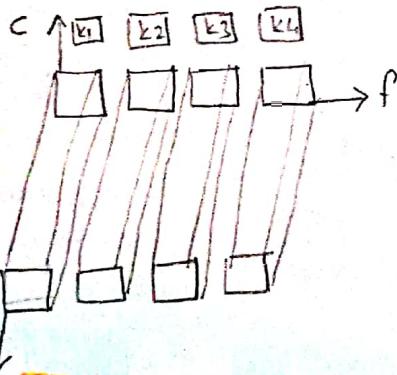
4 boyutlu bir multiplexing var.

Temel amaç kullanıcıların ortamı paylaşması

✗ Sinyallerin birbirine karışmaması için arada guard spaces olması gerekiyor

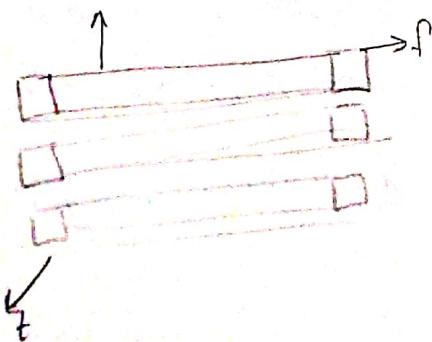
Frequency multiplex

- + Diromik koordinasyon gerekliliği yoktur (zaman senkronizasyonu ihtiyacı yok)
- + Analog sinyaller için de çalışabilir.
- Trafik dağıtık yapılmışsa bant genişliği boşa kullanılır.
- Esnek değil
- guard spaces (zaman kaybı)



Time multiplex

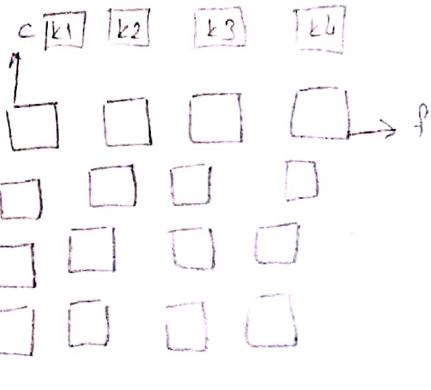
- + Aynı anda tek bir kullanıcı bulunur.
- + Çok kullanıcı için yüksek throughput.
- senkronizasyon gerekliliği



Time and frequency multiplex

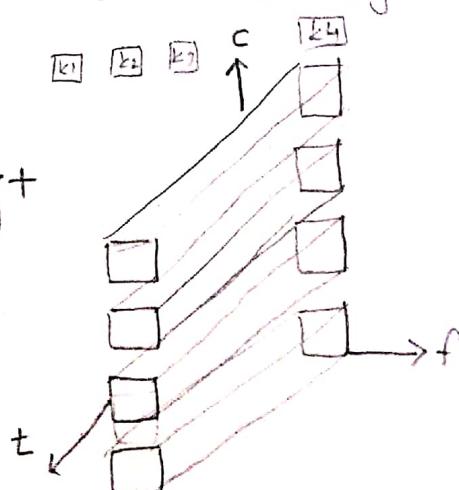
(GSM bu na örnek)

- ✓ Paraşüt ve aradaki boşluklara karşı daha iyi koruma
- ✓ Code multiplexinge göre yüksek veri oranları vardır.
- ✓ Ancak koordinasyon gereklidir.



Code multiplex

- ! Aynı anda aynı spektrumu bir tane kanallar kullanır. Her birinin kendine ait kodu var.
- bant genişliği etkin
 - koordinasyon ve senkronizasyon gerekliliği yok
 - interference ve tappingslere karşı koruma sağlar.
 - düşük veri oranları var
 - Sinyaller karışık (more complex signal regeneration)



Elektromanyetik sinyal

Fiziksel bir olaydaki değişimini gösteren zamana bağlı bir fonksiyon
Sinyal değişik birkaç frekansın birleşmesinden oluşur.

Elektrik alan ve manyetik alanların birinden diğerine enerji aktarımına osilasyon denir.

Bir aliciya havia aracılığıyla gönderilen elektromanyetik radyasyona radyo dalgası diyoruz.

1747 Benjamin Franklin elektriğin havadan iletilibileceğini söylüyor.
1819 da Heins elektrik alanda pusula ibresini

1865 - 1873 James Maxwell matematisel denk. ortaya atıldı.

1887 Hertz Alternatif akım jeneratörü, osulatör ve radyo dalgalarını buldu.

1895 Marconi radyo ileticisini buldu. İngiliz kraliçesi Galatasaray Atıf'da okyanusu üzerinden ilk radyo telgraf iletimi yapılıyordu.

1907 Halka arak radyo kavramı ortaya çıktı.

Sürekli ve ayrik zamanlı sinyaller

Bir $x(t)$ sinyali, t sürekli değişken ise sürekli zamanlı bir sinyalidir.

t ayrik bir değişken ise yani $x(t)$ ayrik zamanlarda tanımlı ise $x[n]$ ayrik zamanlı bir sinyaldır.

Ayrik zamanlı sinyaller n tam sayı olmak üzere genellikle $x[n]$ şeklinde ifade edilirler.

$x(t) = y$ Amplitude Time

Analog Sinyal

Bir $x(t)$ sinyali iain t değişkeni $(+\infty, -\infty)$ aralığında değerler alabilen sürekli bir değişken ise $x(t)$ analog sinyaldir.

- sinyal yoğunluğu zamanla içerisinde düşen ve yavaş bir şekilde değişim gösterir
- kesinti ve ans değişiklikler olmaz.

Radyo, kablo olmadan elektromanyetik dalgalar aracılığıyla elektrik sinyallerinin iletilmesi ve alınmasıdır.

Sayısal (digital) sinyal

Ayrik zamanlı bir $X[n]$ sinyali yalnızca sonlu sayıda değer alabiliyorsa $X[n]$ sinyali sayısal sinyaldır.

- sinyal yoğunluğu belirli bir süre aynı seviyede kalır ve anı bir şekilde başka bir seviyeye geçer
- sürekli değişikler içerir.

Periyodik sinyal

Zaman içinde kendini tekrarlayan analog ya da sayısal sinyal

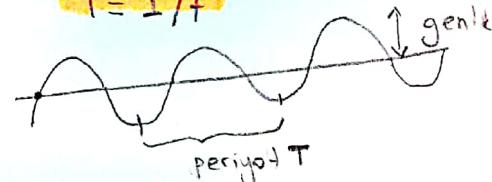
$$\bullet x(t+T) = xt \quad -\infty < t < \infty$$

periyod

Eşitliği sağlayan en küçük pozitif T sayısına sinyalin periyodu denir.

Bir sinyalin saniyedeki tekrar sayısı **frekanstır**. Birimi Hz'dir.

$$T = 1/f$$

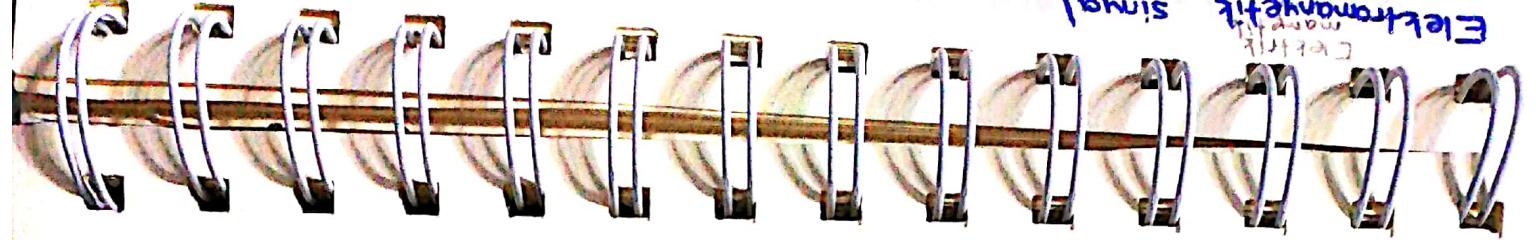


Dalgaboyu: Bir dalganın tekrar edene kadarki uzunluğu dalgaboyu denir. $\lambda = v \cdot T$

Periyot: Sinyalın bir kez tekrarlaması iain geçen süre. $T = 1/f$

Genlik: Sinyalin zamanla içinde aldığı en yüksek değer.

Faz: Belirli bir noktaya göre sinyalın bir tekrarındaki kayma miktarı (ϕ)



Sinus dalgasının özellikleri

$$s(t) = A \cdot \sin(2\pi f t + \phi)$$

Karmasık dalgalar değişik frekans ve genlikteki basit sinus dalgalarının toplanmasından elde edilir.

Her elektromanyetik sinyal değişik frekans, amplitude ve fazındaki bir takım periyodik analog sinyaller seti olarak ifade edilebilir.

Temel frekans: eger bir sinyalin tüm frekansları, frekans f 'nin tam katları ise frekans f temel frekans olarak adlandırılır.

Spektrum: Sinyals oluşturan frekans seti

Absolute bandwidth: spektrum genişliği

Effective ": bant genişliği, sinyalin enerjisinin büyük kısmının toplandığı dar frekans bandı.

Veri hızı - Bant genişliği

- ✓ Bant genişliği \uparrow bilgi taşıma kapasitesi \uparrow
- ✓ Her sayısal dalgı sonsuz bant genişliğine sahiptir.
- ✓ İletim sistemi bant genişliğini sınırlar.
- ✓ Bant genişliğinin sınırlanması distortion'a (bozukluk) neden olur.
- ✓ Bant genişliği \uparrow maliyet \uparrow

Veri: anlam veya bilgi içeren varlıklar

Sinyal: verinin elektrik ya da elektromanyetik olarak ifadesi

İletim (Transmission): Sinyallerin yayılması ve istenmesi ile verinin transferi

Sayısal ve analog veri

Analog veri \rightarrow Ses, Video

Sayısal (digital) veri \rightarrow Text,
Tam sayılar

Analog sinyal

Sürekli degisen elektromanyetik dalgadır.

- Değişik ortamlarda yayılabilir.

- Ortam örnekleri; bakır kablo, fiber optik, atmosfer

Analog sinyaller, analog ve sayısal veri yayabilir.

Sayısal sinyal

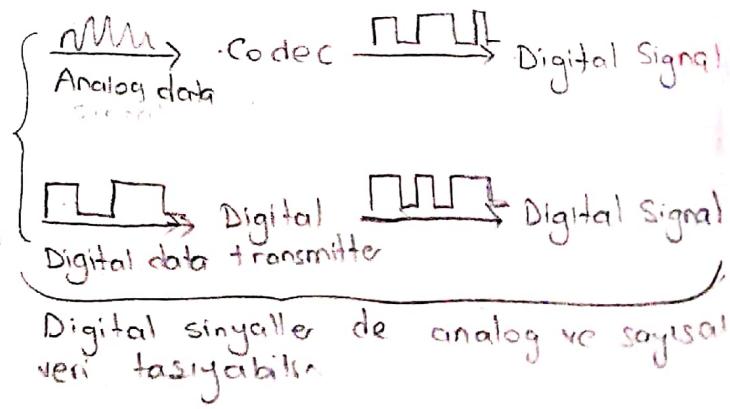
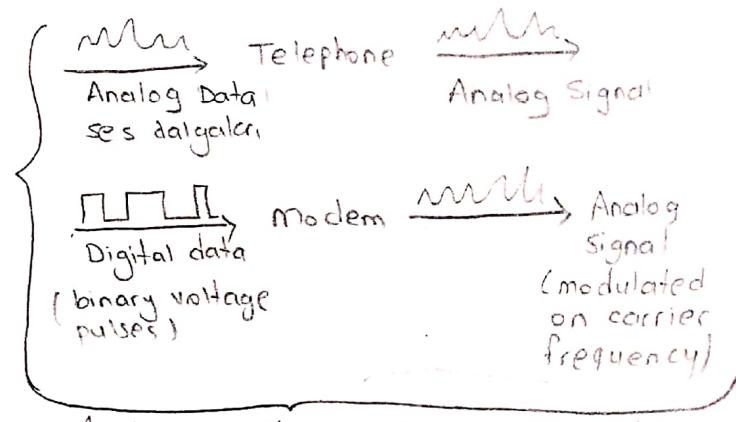
Bir ortam üzerinde yayılan voltaj durum dizisidir.

Analog sinyalden daha ucuz

Noise'a daha dayanıklı

Zayıflamaya (attenuation) dayanıklı değil

Sayısal sinyaller analog ve sayısal veri yayabilir.



Veri Sinyal Kombinasyonları

Digital data → digital signal // encoding

Analog // → digital // // transmission and switching equipment

Digital // → analog // // Modem vb

Analog // → analog // //

Analog İletim

Analog sinyalleri içeriğine bakmadan ileter, iletim linkinin uzunluğunu zayıflama (attenuation) belirler.

Güçlendiriciler (amplifiers) sinyal gücünü artırmak için kullanılır ancak bozutluğa (distortion) sebep olur.

- Analog veri distortiona dayanıklı
- Digital veride hatalara neden olur.
- Amplifier sayısı arttıkça sinyal kalitesi düşer.



Sayısal İletim

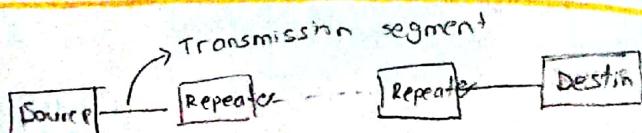
Sinyalin içeriği ile ilgilenir.

Sinyalin zayıflaması (attenuation) verinin doğruluğunu etkiler.

Tekrarlayıcılar (Repeaters) sinyalin erişebileceği uzunluğu artırır. Hataya sebep olmaz, sinyali düzeltir, ve tekrar iletir.

Retransmission aracı sayısal veriyi analog sinyalden çıkarır.

Yeni ve temiz analog sinyal oluşturur ve iletir.



Gürültü gibi etkenler veri iletim hızını (data rate) etkiler.

Kanal Kapasitesi kesitli etkiler altında bir iletim kanalında elde edilebilecek max veri iletim hızıdır.

Data rate: veri iletiminin yapabilmesi en yüksek hız (bps)

Bant genişliği: sinyal gönderici ve ortam tarafından kısıtlanan bant genişliği (Hz)

Noise: veri iletim hattındaki ortamlara girer.

Hata oranı: hataların olusma oranı

(transmit & and receive),
II o and II J

Nyquist Bandwidth - Gürültüsüz

Kanalda kapasite

→ ikili sinyaller için $C = 2B$

→ Çok seviyeli sinyalleme $C = 2B \log_2 M$
M: number of discrete signal or voltage levels

Signal to noise ratio (SNR)

✓ Sinyal gücünün gürültünün gücüne oranı

✓ Yüksek SNR → Yüksek kaliteli sinyal

$$(SNR)_{dB} = 10 \log_{10} \frac{\text{signal power}}{\text{noise power}}$$

$$\star SNR = \frac{\text{average signal power}}{\text{average noise power}}$$

✓ Kanal üzerindeki SNR elde edilebilerek max data rate'i belirle (Shannon capacity)

Gürültülü Kanalda Kapasite

Teorik olarak elde edilebilecek max kanal kapasitesi

$$\triangleright C = B \log_2 (1+SNR)$$

Uygulamada çok daha düşük kanal kapasitesi elde edilir.

- Sadece hesaplanabilir white noise (thermal noise vs.)

- Impulse noise hesaba katılmaz.

- Attenuation distortion or object distortion hesaba katılmaz

ÖR: Spektrum of a channel between 3MHz and 4MHz; $\text{SNR}_{\text{dB}} = 24 \text{ dB}$

$$B = 4 \text{ MHz} - 3 \text{ MHz} = 1 \text{ MHz} = 10^6 \text{ Hz}$$

$$\text{SNR}_{\text{dB}} = 10 \log_{10} \left(\frac{\text{signal power}}{\text{noise power}} \right)$$

$$24 = 10 \log_{10} \cdot \text{SNR}$$

$$\frac{24}{10} = \log_{10} \text{SNR}$$

$$(10)^{\frac{24}{10}} = \text{SNR}$$

$$252 \approx \text{SNR}$$

Shannon capacity \Rightarrow

$$C = B \log_2 (1 + \text{SNR})$$

$$C = 10^6 \cdot \log_2 (252) \approx 10^6 \cdot 8 \approx 8 \text{ Mbps}$$

Nyquist capacity \Rightarrow

Bu kapasiteye ulaşmak için kaç sinyal seviyesi gereklidir.

$$C = 2B \log_2 M$$

$$8 \cdot 10^6 = 2 \cdot 10^6 \cdot \log_2 M$$

$$16 = M$$

ÖR 2: Find the shannon channel capacity for a telephone channel with $B = 3400 \text{ Hz}$ and $\text{SNR} = 10000$

$$C = B \log_2 (1 + \text{SNR})$$

$$= 3400 \cdot \underbrace{\log_2 (1 + 10^4)}_{\approx 13,28} \approx 45,200 \text{ bps}$$

$$\text{SNR}_{\text{dB}} = 10 \log_{10} (10^4) = 40 \text{ dB},$$

$$\left(\text{Recall that } \log_2 \frac{(10^4+1)}{10^4} = \frac{\log_{10} 10^4 + 1}{\log_{10} 2} \right)$$

ÖR 3: 265 Kbps veri iletim hızı ile 20 kHz lik gürültüsüz bir kanal üzerinde veri göndermek istenir. Kaç sinyal seviyesine ihtiyaç vardır?

$$C = 256 \cdot 10^3 \text{ bps} \quad B = 20 \cdot 10^3 \text{ Hz}$$

$$C = 2B \log_2 M$$

$$265 \cdot 10^3 = 2 \cdot 20 \cdot 10^3 \cdot \log_2 M$$

$$6,625 = \log_2 M \quad (M = 2^{6,625})$$

$98,7 = M$ bu değer 2' nin katı olmadığı için yuvarlanır.

Gerekli

$$128 \text{ seviye } 280 \text{ kbps} \quad \} \text{ sonucu}$$

$$64 \text{ seviye } 240 \text{ kbps}$$

* multiplexing *

İletim ortamının kapasitesi gönderilerdeki olan sinyal iain gereklili olan kapasiteden daha fazladır.

multiplexing: Tek bir ortam üzerinde

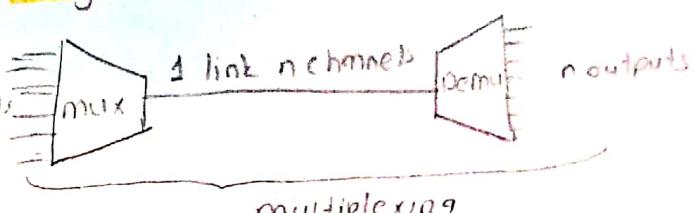
bir çok sinyal göndermek

- İletim ortamını etkin kullanımı

Asağıdaki özellikler kullanılarak gerçekleştirilebilir.

- Frekans - Dalga boyu - Uzay (space)
- Zaman - Kod

(NOT: modülasyon) taşıyıcı sinyalinin üzerinde bir takım sinyal özelliklerini değiştirecek sinyali bindirip karşı tarafa iletmek. Genlik, frekans ve dalga fazı modülasyonu olabilir.)

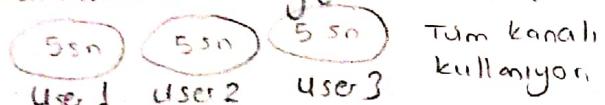


frequency division multiplexing (FDM)

Kanalın bandgenişliğinin kullanıcının bandgenişliği ihtiyacından çok daha fazla olması durumunda kullanılır. Aynı zamanda farklı frekanslardan iletim yapar.

time division multiplexing (TDM)

Kanalın veri gönderme hızının kullanıcının veri gönderme hızından çok daha fazla olması durumunda uygulanabilir.



wavelength division multiplexing (WDM)

Fiber optik iletişim sistemlerinde farklı dalga boyuna sahip ışınların tek bir kanal üzerinde gönderilmesi ile gerçekleştirilir.

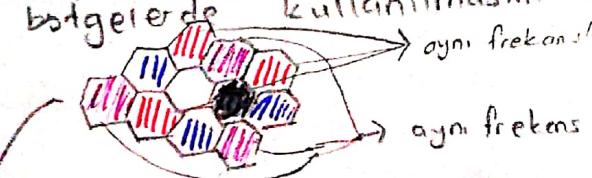
code division multiplexing (CDM)

Farklı cihazların aynı iletisim kanalı (frekans ve zaman olarak) üzerinden farklı kodlar kullanarak gönderilmesini sağlar.

- Hücresel ağlar

space division multiplexing (SDM)

Radjo dalgalarının sınırlarını kontrol ederek aynı frekans setinin farklı bölgelerde kullanılmasını sağlar.



Habir renk birbirile aynı renkle temsili ya da yan yana olmuyor.

(D)

1912'de Amerika'da CCIR oluşturuldu. 1965'teki ITU' ile birleşerek 1932'de bu iki kurum birleştiğen spektrum, frekans aralıkları, lisans-tamaları, protokoller belirlendi. Bu ikisi birden ITU denir. Dahası sonrasında.

1992'de CCIR ITU-R olarak adlandırıldı.

ITU-R radyo haberleşmesinde iki alan düzenleri;

① Politik alanlar

② Spektrum, frekans yönetimi

(hangi radyo ekipmanı kullanılmalı, hangi frekanslarda kullanılmalı, radyo servislerini belirleme)

Bizim ülkemizde bunları kim sağlıyor?

multipath fading:

multipath yansima ve ekonun oluşturduğu durum. Zayıf bağlantı ve kablolama bursa neden oluyor. (Televizyonda ekranın net olmaması, çizgili olması vb.)

Fading, mobil istasyon hücrede dolasırken multipath sinyaller birbirlerine eklenip karışır. İyi sinyallerle kötü sinyal bir araya gelip karışabilir. Bu durum Ragleigh Fade olarak ifade edilir.

multipath fading: Gönderilen bilgiler birçok kanalı kullanarak farklı güzelerde ve farklı zaman gecikmeleriyle atılırsa ulaşabilirdi. Bundan daha daha.

Kablosuz haberleşmenin dezavantajları içinde multipath fading, multipath fading, ağ yapraklarındaki suyun elektromanyetik radyasyonu absorbe etmesi, çok yüksek frekanslarda atmosferde sinyalleri absorbe etmesi, hava şartları, path loss

(yol kaybı)

Path loss: Radyo sinyallerinde iletici ile aradaki mesafenin karesine bağlı olarak ($1/d^2$ ile) güç kaybı yaşanır. İletilen sinyal gücünün alınan gücü oranının desibel cinsinden yol kaybını verir. Buna δ denir.

Dobbler etkisi: Mobil istasyon ile illetisi, baz istasyonuna yaklaşır uzaklaşır bu sırada alınan sinyilde frekans ötelemeleri geraçklesir. Buna Δ denir.

ANTEN

Anten: Bir iletken ya da iletkenlerden oluşan bir elektromanyetik sinyal alıp verebilen sistemdir.

+ İletim (Transmission) - elektromanyetik dalgalar yayar

+ Alım (Reception) - havadaki elektromanyetik enerjisi toplanır.

İki yarlı bir iletişimde, bir anten hem iletim hem de alım için kullanılabilir.

yayılma deseni (radiation pattern)

Bir antenin yayılma özelliklerinin grafiksel olarak gösterimi.

- 2D bir düzlemede gösterilir.

alma deseni (reception pattern)

- yayılma deseni ile aynı özelliklerini gösterir.

Anten sınıfları

✓ yon bağımsız (isotropic) ideal anten

- Her yöne eşit güçte sinyal gönderilir.

✓ Çift kutup (dipole) anten

- half-wave dipole antenna (or hertz antenna)

- quarter-wave vertical antenna (or marconi antenna)

✓ parabolic reflective anten

Güç ortada toplanıyor.

Isotropic anten

✓ Her yöne eşit güçte yayılım

✓ Teorik, referans, model anten

S_0 : birim alanına düşen güç

P_t : transmitted power

$$S = P_t \cdot \frac{1}{4\pi d^2}$$

Anten kazancı

- Belki bir giriş gücü için, bir antendeki belki bir yondeki güç akışının, aynı giriş gücüne sahip bir isotropic antenin herhangi bir yondeki güç akışına orası.

Örnek: Eğer bir antenin kazancı

3dB ise o anten isotropic antenin etkisini belki bir yonda 3dB arttırmış demektir.

Anten kazancı anten etkinliğini ile ilişlidir.

$$G = \frac{4\pi A_e}{\lambda^2} = \frac{4\pi f^2 A_e}{c^2}$$

antenn
kazancı

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Frekansı 12 GHz ve alanı 2 m² olun

Parabolik antenin etkin alanı ve anten kazancı nedir? $r=1$

$$A_e = 0.56 A = 0.56 \cdot \pi \cdot r^2 = 0.56 \pi$$

$$G = \frac{4\pi A_e}{\lambda^2} = \frac{0.56 \pi \cdot (10^{-2})^2}{(0.025)^2} = 3518.6$$

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{12 \cdot 10^9} = 0.025 \text{ m}$$

$$6 \text{ dB} = \frac{4\pi \cdot 0.56 \pi}{(0.025)^2} = \frac{3518.6}{(0.025)^2} = \frac{3518.6}{625} = 5.6 \text{ dB}$$

sinyotta 46.46 dB
gaziyor ama
ben 35.372 buldm

Yayılma modları

- ✓ Ground-wave propagation (Ground)
- ✓ Sky-wave
- ✓ Line of sight " (iki taraf birbirini görür.)

Ground wave

- ✓ Ver kabuğunu takip eder.
- Elektromanyetik dalgalar yer kabuğu üzerinde yakınlık oluşturur, sinyali yayaslatır ve büker
- **Diffraction (dağılarak kırılma)**
- ✓ Göz uzun mesafelerde yol alabilir.
- ✓ 2 MHz'e kadar olan frekanslarda kullanılır.
- Örnek: AM radio

Sky wave

- ✓ Sinyal atmosferdeki iyonosfer tabakası yer kabuğu arasında yansıtılır.
- ✓ Sinyal iyonosfer tabakası ve yer kabuğu arasında birçok kez gidip gelebilir.
- ✓ Yansıtma etkisi **isın kırılmasıyla** olusur.
ör: Amatör radyo (telsiz iletişim) BBC international, voice of America

Line of sight wave

- ✓ Sinyal yayan ve alm antenler mutlaka birbirlerinin görüş alanı içinde olmalıdır.
- ✓ Uydu iletişim (30MHz'ın üzerindeki sinyal-ler iyonosfer tarafından yansıtılır.)
- ✓ Ver iletişim antenler birbirlerinin etkin görüş alanı içinde diler.

Kırılma (refraction)

Refraction, dalgaların atmosfer tarafından eğilmesi

→ Optik görüş çizgisi

$$d = 3.57 \sqrt{h}$$

→ Etkin ya da radyo görüş çizgisi

$$d = 3.57 \sqrt{K \cdot h}$$

d: anten ve ufuk çizgisi arasındaki mesafe
h: anten yükseltliği
K = 4/3 kırılma faktörü

$$\text{Line of sight} \Rightarrow 3.57 (\sqrt{Kh_1} + \sqrt{Kh_2})$$

Line of sight iletimi zayıflatıcı etkiler

✓ Zayıflama Uzaklığa bağlı dağılıma (Free space loss)

✓ Görüntü

✓ Atmosferik emilim (absorption)

✓ multipath (gök yol)

✓ Kırılma

① Zayıflama

- Sinyal gücü mesafe ile birlikte azalır.

- ✓ Alıcının sinyali doğru yorumlayabilmesi için alınan sinyalin yeterli güçle sahip olması gereklidir.
- ✓ Hatasız alınabilmesi için sinyal seviyesi gürültünün seviyesinden yüksek olmalıdır.
- ✓ Yüksek frekanslarda zayıflama daha çok olur ve bu da bozulmaya sebep olur.

② Free Space Loss

✓ Uzaklığa bağlı olarak sinyal dağılım

✓ Isotropik antenler için free space loss;

$$\frac{Pt}{Pr} = \frac{(4\pi d)^2}{\lambda^2} \quad Pt: \text{transmitter power}$$

Pr: receiving power

✓ Uzak mesafede geceri yakın mesafede tutmaz.

$$\text{FSL} = \frac{Pt}{Pr} \text{ nyi etkileyen 2 faktör}$$

① Sinyalin elektromanyetik enerjisinin yayılması,

$$S = Pt \cdot \frac{1}{4\pi d^2}$$

② Antenin etkin alım, Ae sinyalin ne kadar iyi alılabildiği,

$$Pr = S \cdot \frac{\pi^2}{4\pi}$$

FSL eşitliği desibel olarak da ifade edilebilir.

$$L_{dB} = 10 \log \frac{P_t}{P_r} = 20 \log \frac{4\pi d}{\lambda} = -20 \log(\lambda) + 20 \log(d) + 21.98 \text{ dB}$$
$$= 20 \log \left(\frac{4\pi f d}{c} \right) = 20 \log(f) + 20 \log(d) - 167.56 \text{ dB}$$

Isotropik olmayan antenler için anten kazancı da dikkate alınmalıdır.

$$\frac{P_t}{P_r} = \frac{(4\pi)^2 (d)^2}{G_r G_t \cdot \lambda^2} = \frac{(\lambda d)^2}{A_r A_t} = \frac{(cd)^2}{f^2 \cdot A_r A_t}$$

Isotropik olmayan antenler için FSL eşitliği:

$$L_{dB} = 20 \log(\lambda) + 20 \log(d) - 10 \log(A_t A_r)$$
$$= -20 \log(f) + 20 \log(d) - 10 \log(A_t A_r) + 16.9.54 \text{ dB}$$

ÖR: Dünyadan 35863 km uzaklığındaki bir uydu (isotropik ve 4 GHz ile iletişim) için FSL nedir?

$$L_{dB} = -20 \log(\lambda) + 20 \log(35863 \cdot 10^3) + 21.98$$

$$L_{dB} = 195.6 \text{ dB}$$

a) Eğer anten kazançları 44 dB ve 48 dB olsaydı,

$$L_{dB} = 195.6 - 44 - 48 = 103.6 \text{ dB}$$

b) Eğer yerden 250 W ile sinyal gönderiliyorsa, uydu'da alınan sinyalin gücü ne olur?

$$10 \log P = 10 \log 250 \text{ W} = 24 \text{ dBW}$$

$$24 - 103.6 = -79.6 \text{ dBW}$$

gücü - yoldaki kaybı

③ Görültü

Termal görüntü elektronların hareketinden oluşuyor.

Uydu iletişiminde sorun oluşturur.

1 Hz'lik bant genişliğinde oluşan termal görüntü miktarı;

$$\Rightarrow N_0 = k \cdot T \cdot (\omega / \text{Hz})$$

k : Boltzmann's constant = $1,3803 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$

T : temperature

N_0 : noise power density in watts per 1 Hz of bandwidth

Görüntünün frekansından bağımsız olduğu kabul edilsin.

► B Hertz bant genişliğindeki görüntü (watt olar�):

$$N = 10 \log k + 10 \log T + 10 \log B$$
$$= -228.6 \text{ dBW} + 10 \log T + 10 \log B$$

ÖR: 294 K sıcaklığı ve 10 MHz bant genişliğine sahip bir olasıda termal görüntü nedir?

$$N = -228.6 + 10 \log(294) + 10 \log(10^7)$$
$$= -133.9 \text{ dBW}$$

J bitlik bir sinyalin enerjisinin J Hz'deki gürültü yoğunluğuna oranı:

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{S/R}{N_0} = \frac{S}{k \cdot T \cdot R}$$

Sayısal veri için bit error rate
 E_b/N_0 oranının bir fonksiyonudur.

ÖR: Bir sinyal isteyicisinin 10^{-4} lük bir hata oranı ile anlaşılabilmesi için $E_b/N_0 = 8.4$ dB oranına ihtiyaç var. Eğer oda sıcaklığı 290 K ve veri iletim hızı 2400 bps ise, sinyal isteyicisinin alması gereken sinyalin gücüne olmalıdır?

$$\left(\frac{E_b}{N_0}\right)_{dB} = S_{dBW} - 10\log R - 10\log k - 10\log T$$

$$8.4 \text{ dB} = S_{dBW} - 10\log 2400 + 223.6 \text{ dBW} - 10\log 290$$

$$S = 161.8 \text{ dBW}$$

Diger gürültü çeşitleri

Intermodulation noise: Farklı frekanslardaki sinyaller aynı ortamı paylaşırsa d olusur.

Cross talk noise: Sinyal yolları arasında karışma durumu.

Impulse noise: Duzenli olmayan pulse durumları yüksek genlik kısa zamanlarda neden olun. Elektromanyetik dis zorlukları

LOS'u etkileyen diğer etkenler

4) Atmosferik emilim (absorption) - su buharı ve oksijen zayıflaması arttırır.

5) Gözlu yol (multipath): Büyüklük boyutlu engeller sinyalleri yansıtırlar bunun sonucu olarak alıcı aynı sinyalin bir çok kopyasını değişik zamanlarda alabilir.

6) Kirılma (refraction): Sinyaller atmosferde yol almakta eğilirler.

Bit error rate

Multipath Propagation

Reflection: yansıtma sinyal dalga boyuna orantılı olarak daha büyük bir cisimle çarparsa olusur.



Diffraction: kıvrılarak dağılma sinyal dalga boyuna orantılı olarak daha büyük bir cismin köşesinde olusur. (Dağıtma)



Scattering: saçılıma uğrayan dalga boyuyla orantılı ya da daha büyük bir cisimle çarparsa olur.



Multipath yayılmanın etkileri

- Intersymbol interference (ISI): Gecikmiş birkaç sinyal aynı zamanda alıcıya ulaşarak gerçek bir sinyalin yerini alır.
- multipath yayılma sonucu oluşan hatalar düzeltilebilir;
- error correction
- diversity tec

Outdoor Propagation Models

- Okumura
- Longley Rice
- Durkin's

! Anten stantının Okumura kismından sorumlusu ne?

SİNAL VE KODLAMA TEKNİKLERİ

Bant genişliği: Bilgi üretmeye misait olan spektruma t₁ ya da frekans aralığı denir.

Narrowband -- baseband - tek 1 kanal

Wideband -- broadband - çoklu kanal

Modülasyon: Taşıyıcı dalganın değişiklikle uğratılarak veri sinyalinin iletilme durumu

! Bir taşıyıcı dalganın su 3 özellikleri modüle olur: Genlik }
Frekans }
Faz }

Sembol süresi: Dalgın formunun tek bir çevrim süresidir.

Single carrier: Tüm bant genişliğini tek bir kanal kullanır

classroom
koyacağ

multi carrier: Çoklu kanal yapısı vardır.

OFDM (Orthogonal Frequency Division multiplexing) multiplexing örneği

Açık frekanslı bilgi sinyallerinin yüksek si. taşıyıcı sinyaller üzerine bindirilip uzak mesafeye gönderme işlemine **modülasyon** deniyor.

Genlik modülasyonu: Taşıyıcı sinyalin genliğinin modüle eden sinyalin genliğiyle değiştirmesi işlemidir.

taşıyıcı sinyal → modüle edilen bilgi sinyali → modüle eder

Faz modülasyonu: Bilgi sinyalinin frekans ve genliğine bağlı olarak taşıyıcı sinyalin fazının değiştirilmesi durumudur

Modülasyon yüksek frekanslı taşıyıcının amplitude, phase, frekansının gönderilecek baseband sinyale göre değiştirilmesi ile yapılır

Genel olarak 2 çeşit modülasyon

frequency translation: baseband sinyal bir batın olarak yüksek bir frekansa taşıma

digitization (sayısallaştırma); baseband sinyal örnekleme metoduyla digital hale getirme

✓ Alıcının gönderilen bir sinyali basıncı ile almasını etkileyen faktörler;

✓ Signal to noise ratio

✓ Data rate

✓ Bandwidth

signal kuvveti, (bit hatalı)
SNR ↑ bit error rate ↓

data rate ↑ bit error rate ↑

bandwidth ↑ data rate ↑

Sayısal data - Analog sinyal

① Amplitude-shift keying (ASK)
Taşıyıcı sinyalin genliğini farklılaştırır

② Frequency-shift keying (FSK)

Taşıyıcı frekansın farklılıklarını oluşturarak karşı tarafla iterlemesi

③ Phase-shift keying (PSK)

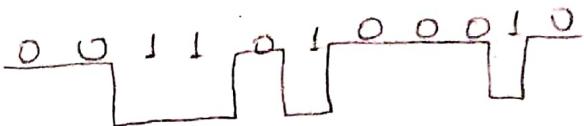
modulated; taşıyıcı sinyal

modulating; veri sinyali

Dijital modülasyon: Analogtan digitale

Digital modulation

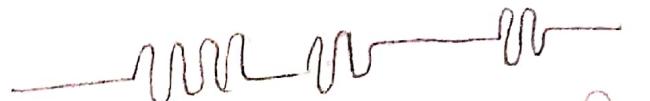
Digital sinyal modülasyonu shift keying olarak adlandırılır.



① Amplitude Shift Keying (ASK):

- basit
- düşük bantgenişliği } etkilenir
- interference

ASK



② FSK

- yüksek bantgenişliği

BFSK



③ PSK

- kompleks
- interference

BPSK



$$s(t) = \begin{cases} A \cdot \cos(2\pi f_c t) & \text{binary 1} \\ 0 & \text{binary 0} \end{cases}$$

carrier signal $\rightarrow A \cdot \cos(2\pi f_c t)$

ASK

Kötü ama verimsiz bir modülasyon teknigi.
Fiberoptik

BFSK (Binary)

$$s(t) = \begin{cases} A \cdot \cos(2\pi f_2 t) & \text{binary 1} \\ A \cdot \cos(2\pi f_1 t) & \text{binary 0} \end{cases}$$

✓ ASK'dan daha az hata olusur.

✓ Coaxial kablo kullanan LAN'larda
daha yüksek frekanslarda kullanılır.

✓ Yüksek frekanslı (3-30MHz) radio
sinyallerini iain kullanılabılır.

MFSK (multiple Frequency Shift Keying)

✓ 2 frekanstan fazla kullanılıyon

✓ Bantgenişliği iyi ama hata
olusturmaya daha mislit

$$s_i(t) = A \cdot \cos(2\pi f_i t) \quad 1 \leq i \leq m$$

$$f_i = f_c + (2i-1-M)f_d$$

f_c = taşıyıcı frekans

f_d = frekans farkı

$M = 2^L = \underbrace{\text{number of different signals}}_{\text{element}}$

$L = \underbrace{\text{number of bits per signal element}}_{\text{mFSK}}$

Input data rate' e günbatıda
her output sinyal elementi T_s
kadar bekletilir.

$$T_s = L T \text{ seconds}$$

$$\text{data rate} = 1/T \quad T \rightarrow \text{bit period}$$

Yani bir sinyal elementi L bit
input datayı kodlar.

$$\text{Toplam bantgenişliği} = 2Mf_d$$

$$\text{min frekans arımı} \Rightarrow 2f_d = 1/T_s$$

$$W_d = 2Mf_d = M/T_s$$

modülasyonun toplam bantgenişliği

Two-Level PSK (BPSK)

İkili değerler: ifade etmek için iki farklı phase kullanılır.

$$s(t) = \begin{cases} A \cdot \cos(2\pi f_c t) & \text{binary 1} \\ A \cdot \cos(2\pi f_c t + \pi) & \text{binary 0} \end{cases}$$

$$= \begin{cases} A \cdot \cos(2\pi f_c t) & \text{binary 1} \\ -A \cdot \cos(2\pi f_c t) & \text{binary 0} \end{cases}$$

- ✓ Phase kaydirması referans sinyale göre değil, transmit edilen önceki bite göre kaydırma yapılır.
- ✓ Zamanlama mekanizmasına ihtiyaç duymaz.

Differential PSK (DPSK)

Bir önceki bite göre phase kaydırması yapar.

Binary 0 - bir önceki bitle aynı fazda sinyal gönder.

Binary 1 - bir önceki bitin tam tersi fazda bir sinyal gönder.

Quadrature PSK (QPSK)

- ✓ Her element 2 biti temsil eder.

$$s(t) = \begin{cases} A \cdot \cos\left(2\pi f_c t + \frac{\pi}{4}\right) & 11 \\ A \cdot \cos\left(2\pi f_c t + \frac{3\pi}{4}\right) & 01 \\ A \cdot \cos\left(2\pi f_c t - \frac{3\pi}{4}\right) & 00 \\ A \cdot \cos\left(2\pi f_c t - \frac{\pi}{4}\right) & 10 \end{cases}$$

- ✓ Daha karmaşık

- ✓ 90° kaydırma yapar

- ✓ Daha az bant genişliğine ihtiyaç duyar. (17)

Multilevel PSK

✓ Birden çok faz değerini kullanır.

✓ 9600 bps modem

$$D = \frac{R}{L} = \frac{R}{\log_2 M} \quad M = 2^L$$

modulation rate(baud)

number of bits per signal element

Performans

B_T : module edilmiş sinyalin bant genişliği

$$\text{ASK, PSK} \Rightarrow B_T = (1+r)R$$

$$\text{FSK} \Rightarrow B_T = 2\Delta F + (1+r)R$$

R: bit rate

$0 < r < 1$; related to how signal is filtered

$$\Delta F = f_d = f_2 - f_1 = f_c - f_1$$

Quadrature Amplitude Modulation

QAM, ASK ve PSK'nın kombinasyonudur.

Sinyaller 90° kaydırılır.

$$s(t) = d_1(t) \cdot \cos 2\pi f_c t + d_2(t) \cdot \sin 2\pi f_c t$$

ANALOG-ANALOG (Telefon)

Analog modülasyon Nedeleri

- ✓ Sayısal sinyallerin modülasyonu

- Sadece analog iletim hatları kullanılır olduğunda, sayısal veriyi analoga çevirmek gereklidir. (kablosuz iletisim)

- ✓ Analog sinyallerin modülasyonu

- Verimli bir iletisim için daha yüksek frekanslara ihtiyaç olabilir (düşük frekans, anten boyutu)

- modülasyon "frequency division multiplexing" için gereklidir.

Analog data to analog signal

✓ Amplitude modulation (AM)

✓ Angle II (asal)
Frequency II (FM)
Phase II (PM)

Sinyalin merkez frekansını taşıyıcı frekansına yükseltir.

Amplitude modulation

$$s(t) = [1 + m_a \times x(t)] \cos 2\pi f_c t$$

$\cos 2\pi f_c t$ = carrier

$x(t)$ = input signal

m_a : modulation index

Transmitted Power

$$P_t = P_c \left(1 + \frac{m_a^2}{2} \right)$$

P_t : total transmitted power in $s(t)$

P_c : transmitted power in carrier

Angle modulation

$$s(t) = A_c \cdot \cos [2\pi f_c t + \phi(t)]$$

Phase modulation

II II sinyalle orantılıdır

$$\phi(t) = m_p m(t)$$

m_p : phase modulation index

Angle modulation örneği:

Fm ve pm'den sonra elde edilen sinyal

Am gibi fc merkezlidir

Frekanstaki değişiklik çok fazladır

Bu yüzden Fm ve pm modülasyonu

Am modülasyonundan çok daha

fazla bant genişliğine ihtiyaç duyar

For AM modulation $B_T = 2B$

Carson's rule (heuristic) $B_T = 2(\beta + 1)B$

$$\beta = \begin{cases} m_p A_m & \text{for PM} \\ \frac{\Delta f}{B} = \frac{m_f A_m}{2\pi B} & \text{for FM} \end{cases}$$

The formula for FM becomes:

$$B_T = 2\Delta f + 2B$$

ANALOG DATA - SİYASAL SİNYAL

Analog data to digital signal

- Pulse code modulation (PCM)

- Delta modulation (DM)

Bazı uygulamalar da analog sinyal verdir (mikrofon, kamera)

Analog sinyal sayısal dataya çevrilir ardından sayısal sinyale dönüştürülür. PCM en yaygın analog sinyal - sayısal data dönüştürme yöntemidir.

Analog sayısal çevirmenin 3 aşaması vardır

① Örnekleme (Sampling)

② Sayısallaştırma (Quantization)

③ Orjinal sinyali tekrar oluşturma

1) Örnekleme: Her T_s aralığında analog sinyal örneklenir.

3 farklı örneklemeye yapılır. Sample and hold (flat-top) yaygın kullanılır.

Nyquist teoremine göre örneklemeye frekansı (sampling rate) en yüksek frekansın en az 2 katı olmalıdır.

2) Sayısallaştırma:

Üç farklı yöntem:

a) Dijitalizasyon

b) Dijitalizasyon

c) Dijitalizasyon

8. HAFTA

SPREAD SPEKTRUM

Modülasyon teknikleri bantgenişliği kullanımını etkin hale getirmeyi amaçlar. Spread spektrum teknikleri ise gerekenden çok daha fazla bantgenişliği kullanır.

Göklu kullanımında spread spektrum bantgenişliği olsın da etkin bir yöntemdir.

Mesela CDMA, spread spektrum teknigine dayanan göklü erişim modelidir. CDMA'de ortak bir kanalı kullanan her bir kullanıcıya ayrı frekans bandını kaplayan bir kod verilir.

- ✓ Aynı bant üzerinde birçok kullanıcı es zamanlı olarak bulunabilir.
- ✓ Kullanıcılar ayrıdan data rate değişken yük koşullerine göre ayarlanabilir.
- ✓ Veriyi geniş bantgenişliğine yaymak jamming ve interception'e karşıdır.

AMAGİ

Narrowband interference → broadband conversion.

TDMA multiplexing'in 6 kanal olur her kullanıcıya 1 kanal tahsis edilir.

narrowband sinyal, özel bir kod kullanarak broadband sinyal olarak yayılır.

Özel kod: pseudo-noise sequence, pseudo-noise code

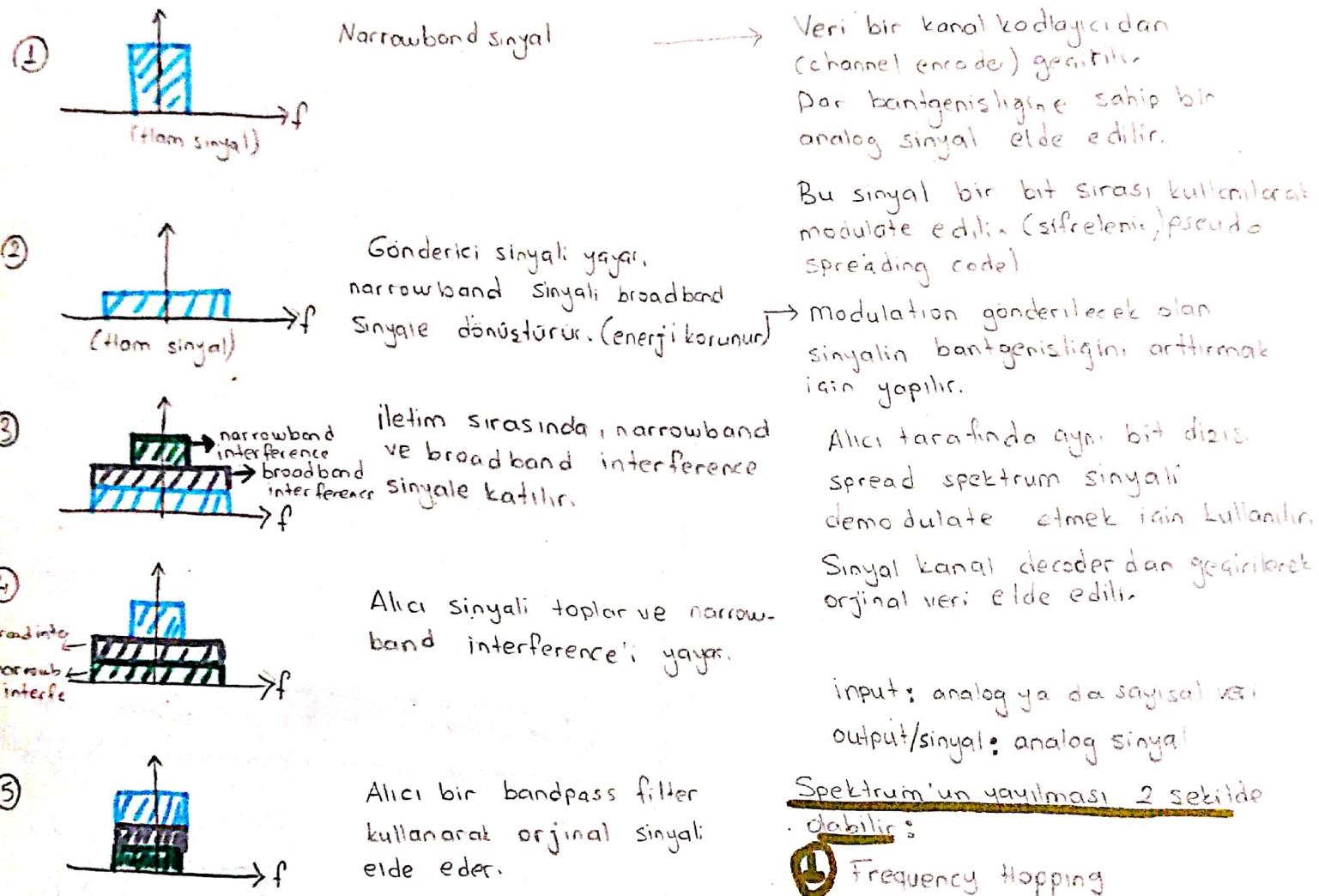
Spread spektrum narrowband interference' e karşı dayanıklılığı artttır.

Spread Spk. Avantajı: Frekans planlaması gerektirmez.

-Bütün narrowband sinyaller aynı (geniş) frekans aralığında broadband sinyal olarak yayılır.

Kazanım:

- ✓ Görüntüye karşı dayanım
- ✓ Güvenlik - şifrelene
- ✓ Bir çok kullanıcı geniş bandı olsun bir gürüşmeli kullanabilir.



Frequency Hopping

Direct Sequence

Avantajlar: Kötüwil kişiler sadece bip sesi duyar.

Frekans jam edilirse sadece bir kaç bit etkilendir.

① Frequency Hopping Spread Spektrum

- ✓ Sinyal rastgele radyo frekans serisi üzerinden gönderilir. FTL sinyali için kanallar ayrılır. Her kanalın genişliği input sinyalinin bantgenişliğine eşittir.
- ✓ Sinyal belirli zaman aralıklarında frekanstan frekansa 2ipler.
- ✓ 2iplama yapacak kanal dizisi spreading code tarafından belirlenir.
- ✓ Gönderici ile senkronize şekilde frekanslar arasında 2iplayan alici gönderilen mesajı alır. (20)

FHSS using MFSK

$$T = 1/R \text{ seconds}$$

$$T_s = L \cdot T \text{ seconds}$$

$$\text{FHSS bantgenisligi} = 2^k \cdot W_d$$

② Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS)

✓ Orjinal sinyaldeki her bit iletilen sinyalde birden fazla bitle gösterilir.

✓ Spreading code sinyali daha geniş bir frekans bandına yayar.

✓ XOR

BPSK kullanarak DSSS

multiply BPSK signal,

$$s_d(t) = A_d(t) \cdot \cos(2\pi f_g t)$$

Slayt 5 soyfa 28

Code Division Multiple Access (CDMA)

D: data sinyalin hizi

Her bit k chip'e bölünür.

chip data rate of new channel = k.D chips/second

Kod 1 ve -1'lerden oluşan bit dizisi

Avantajı

Trekansa ösgü fading den etkilenmez.

Hücresel ağlarda baz istasyonları aynı frekans aralığını kullanabili.

Desavantajı

Hassas güç kontrolü gereklidir.

Orthogonality (Diklik)

Carpimlarının toplamı 0 olan kodlara dik denir.

$$A \cdot B = \sum_{i=1}^k A_i \cdot B_i = 0 \text{ ise } A \text{ ve } B \text{ ortogonal kodlardır.}$$

Her veri biti chip denilen k küçük parçaya bölünür.

İf $k = 6$ ise

$$\begin{aligned} 1 \text{ bili için } & \langle c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6 \rangle \\ 0 \text{ için } & \langle -c_1, -c_2, -c_3, -c_4, -c_5, -c_6 \rangle \end{aligned}$$

Alici tarafı decoder yapıyor.

$$\begin{aligned} \langle d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6 \rangle & \xrightarrow{\text{received}} \text{chip pattern} \\ \langle c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6 \rangle & \Rightarrow \text{sender's code} \end{aligned}$$

$$S(d) = d_1 \times c_1 + d_2 \times c_2 + d_3 \times c_3 + d_4 \times c_4 + d_5 \times c_5 + d_6 \times c_6$$

ÖR: User A Code = $\langle 1, -1, -1, 1, -1, 1 \rangle$

Eğer gönderilen bit,

$$\begin{aligned} 1 \text{ ise aynı } & \rightarrow \langle 1, -1, -1, 1, -1, 1 \rangle \\ 0 \text{ ise ters } & \rightarrow \langle -1, 1, 1, -1, 1, -1 \rangle \end{aligned}$$

User B Code = $\langle 1, 1, -1, -1, 1, 1 \rangle$

(Gönderilen bit 1'ise aynı)

A ve B aynı anda birer bit gönderirse, alici eğer A'dan veri bekliyorsa aldığı sinyali A'nın kodu ile eşleştir ve yapar.

A'nın kodu X received chip pattern

$$S_A = a_1 x_{r1} + a_2 x_{r2} + a_3 x_{r3} + a_4 x_{r4} + a_5 x_{r5} + a_6 x_{r6}$$

Sonuç 0'dan > ise 1 ; küçükse 0

eğer 0'a eşitse ihmal edilmiş sinyoldur.

User A '1' bit : 6 \rightarrow 1

User A '0' bit : -6 \rightarrow 0

User B '1' bit : 0 \rightarrow unwanted signal

ÖR: A, B, C, O sırasıyla 1, 1, 1, 0
bitlerini ayrı anda gönderiyor.

Alici bu sinyallerin toplamını alır;

$$S = A + B + C + \bar{O}$$

Alicinin C' den ver. beklediğini varsayıyalım;

$$S \cdot C = (A + B + C + \bar{O}) \cdot C = 0 + 0 + 1 + 0 = 1$$

Spreading Sequence Kategorileri

✓ PN sequences

✓ Orthogonal codes

→ for FHSS; PN seq. kullanılır.

→ for DSSS not employing CDMA;
PN seq. kullanılır.

→ for DS-SS-CDMA; PN ve orthogonal
kullanılır.

PN sequences

PN generator rasgele gibi görünen
periódik diziler üretir.

Belli bir başlangıcı var ve
bu bilinmezse dizi üretilmez.

Rastgelelik → uniform distribution

Bağımsızdır bir bitin değeri
diğerlerine göre tahmin edilemez.
Tahmin edilemez.