

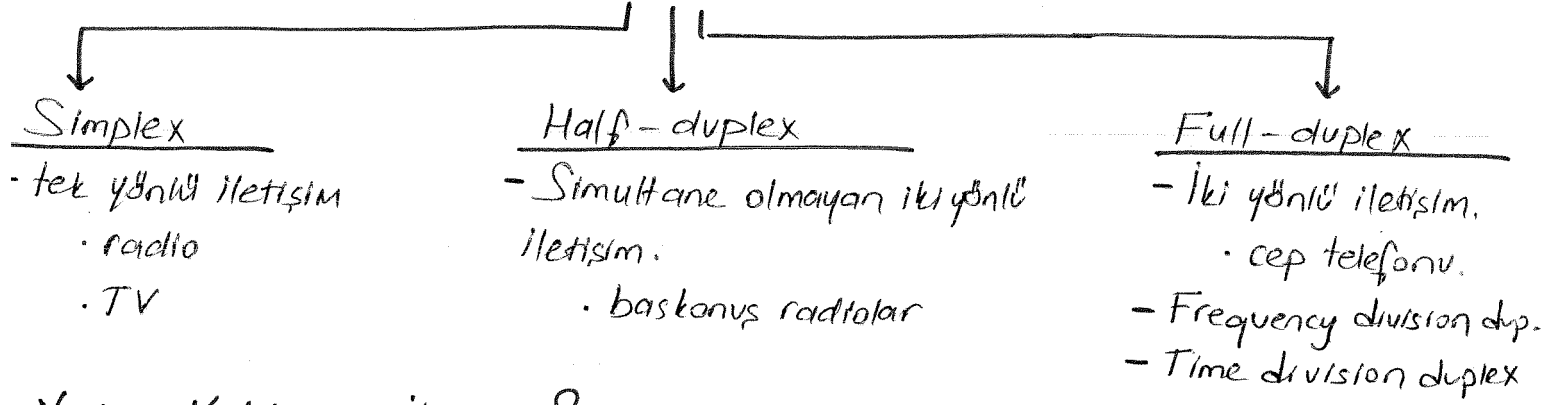
1- GİRİŞ

1

Kablosuz İletişim Nedir?

Alicinin ve vericinin birbirlerine herhangi bir yolla fiziksel olarak temas halinde olmadıkları iletişimidir. (Elektromanyetik dalgaların boşlukta yayılması (free space))

ÖRNEK : Radar, RF, Microwave, IR ---



Neden Kablosuz İletişim?

- 1- Mobil → Her yerden - iletişimi sağlar.
- 2- Düşük maliyet ve kolaylık → Pahalı yatırımlara ihtiyaç duymaz.
→ Kolay kurulur.
- 3- Sadecce iletişim halindeyken kaynak kullanır.

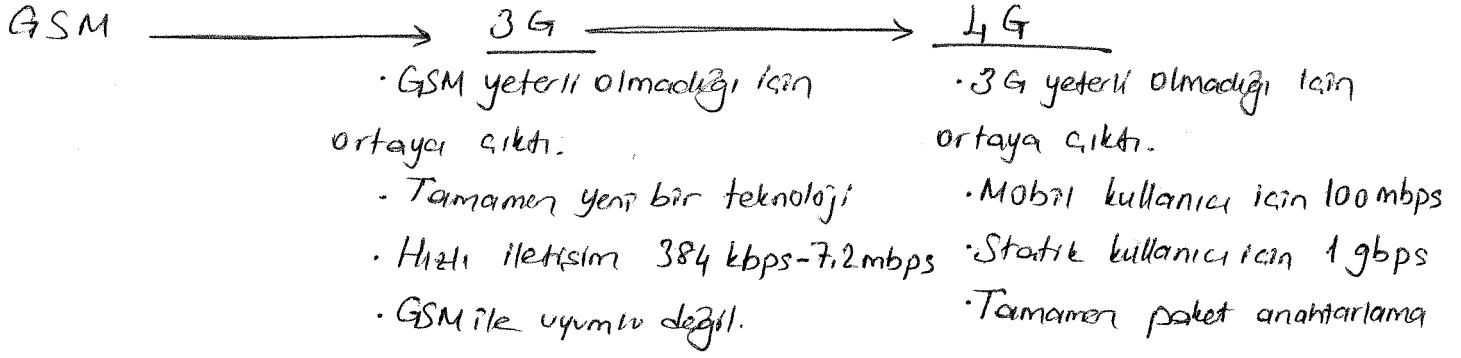
Kablosuz İletişimin Farkları?

- Gürültülü iletim ortamı
 - Yüksek bit hata oranı
 - Çevresel şartlar iletişimi etkiler.
- Paylaşımlı ortam
 - Interference - karışım, girişim
 - İletim kanalı paylaşılmalı.
- Sınırlı bant genişliği
 - RTÜK, FCC
 - ISM Band - lisans gerektirmez.
- Sınırlı bant genişliğini kullanabilmek için etkin sinyal işleme ve iletişim sistemleri gerektirir.

Tarihsel Gelişim

- Kablosuz telgraf : Alfamerik karakterlerin analog sinyal iaine kodlanması, Telgraf sinyallerinin Atlantik okyanusu üzerinden gönderilmesi (Marconi - 1896)
- İletişim uyduları 1960'larında uzaya fırlatılmaya başladı.
- Kablosuz teknolojide gelişmeler (Radyo, televizyon, mobil telefon, iletişim uyduları)
- Yakın zamanda (uydu iletişimi, kablosuz ağlar, hücreli iletişim)

Mobil İletişim



Hızlı Gelişimin Nedenleri ?

- Küçük ama güçlü aletler.
- Düz, hafif, taşınması kolay, hafif ve düşük enerji tüketimli ekranlar.
- Yüksek bant genişliği
- Çok sayıda kablolu ve kablosuz ağ yapısı : wireless LANs, wireless WANs, GSM, 3G, 4G vb.

Teknolojiler

- 1- Sayısal devreler → Digital integrated circuits
- 2- Frekans Üreticileri → RF generation devices
- 3- Kaynak kodlama → Source coding
- 4- Kipleme → Modulation
- 5- Çoklu ortam paylaşımı → Multiple-access techniques
- 6- Kanal kodlama → Channel coding

Say
Fre
Kay
Kip
Çok
Kan

TCP/IP Protokol Yığını

- 1- Application → Source coding
- 2- Transport → Packet re-ordering (TCP)
- 3- Network → Routing (IP)
- 4- Data Link → Error correction, encryption (MAC)
- 5- Physical → Modulation, power control, filtering
- 6- Channel →

Veri İletişimi

Veri iletişiminin etkinliği aşağıdaki 4 temel parametreye dayanır.

- 1 Doğru hedef : Verinin sadece doğru hedefe ulaşmasıdır.
- 2 Doğruluk : Verinin kaynağından çıkışı şekliyle iletilmesidir.
- 3 Zaman : Verinin zamanında hedefe ulaşmasıdır.
- 4 Geçirilebilirlik : Paketlerin hedefe ulaşma süresindeki değişim.

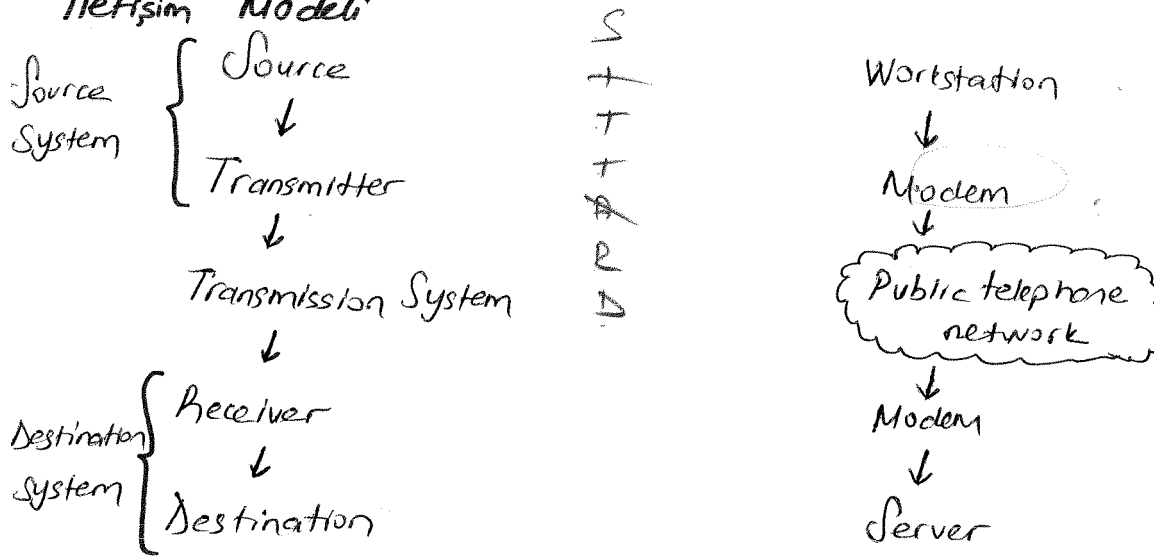
Veri İletişimi

Veri iletişim sistemi 5 elemandan oluşur.

1. Mesaj (message) : iletilen bilgi (ses, görüntü, metin, sayı, resim)
2. Gönderici (sender) : veriyi ileten cihaz (pc, workstation, video, camera)
3. Alıcı (receiver) : veriyi alan cihaz (pc, workstation, television)
4. İletim ortamı (transmission medium) : fiziksel yol (fiber optik kablo, kablolu..)
5. Protokol (protocol) : Veri iletişimini başlatır, yönetir, sonlandırır.

Gündümlükteki iletim ortamları Fiber optik kablolar ve kablosuz iletim ortamı.

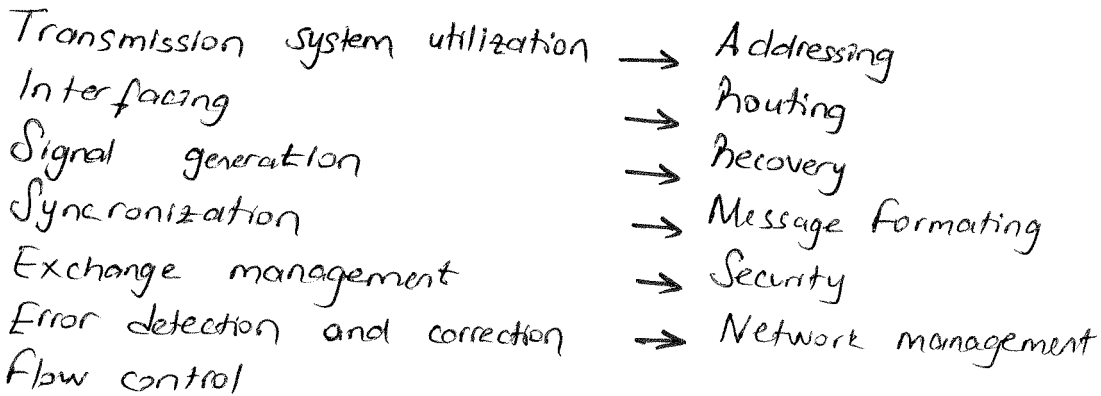
İletişim Modeli



— GENEL BLOK DİYAGRAMI —

— FİZİKEL —

İletişimde İşlemler:



Elektromanyetik İşaret

Zamana bağlı bir fonksiyondur. Ayrıca frekansı bağlı olarak da ifade edilebilir.

İşaret, farklı frekanslı bileşenlerden oluşur.

Zaman bölgesi kavramları

→ Analog İşaret : İşaret yoğunluğu zaman içerisinde düzgün ve yavaş bir değişim gösterir.

Kırılmalar ve ani değişimler olmaz.

→ Sayısal İşaret : İşaret yoğunluğu belirli bir sürede kaldıktan sonra başka bir seviyede geiş yapar.

→ Periyodik İşaret : Analog veya sayısal işaret zaman içerisinde kendi görüntüsünü tekrarlar.

$$s(t+T) = s(t) \quad -\infty < t < \infty \quad \text{Burada } T, \text{ işaretin periyodudur.}$$

Periyodik olmayan analog veya sayısal işaret zaman içerisinde kendi görüntüsünü tekrarlamaz.

→ Tepe Genliği (A) : İşaretin en büyük değeri veya zaman içerisinde aldığı gür; genelde Volt olarak belirtilir.

→ Frekans (f) : Saniyedeki çevrim oranıdır. Hertz (Hz) işaretin saniyedeki tekrar lama sayısını

→ Periyot (T) : İşaretin bir tekrarı yapması için gereken zaman. $T = 1/f$

→ Faz (φ) : İşaretin bir periyodundaki göreceli bir noktaya göre kayma miktarı.

→ Dalgı boyu (λ) : İşaretin bir çevriminin yer kapladığı mesafe veya iki ardışık çevrimin aynı faz değişimlerini gösterdiği iki nokta arası mesafe.

$$\lambda = v \cdot T \quad v = c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

Sinüs Dalgı Parametreleri:

Genel sinüs dalgası : $s(t) = A \cdot \sin(2\pi f t + \phi)$

NOT : $2\pi \text{ radyan} = 360^\circ$

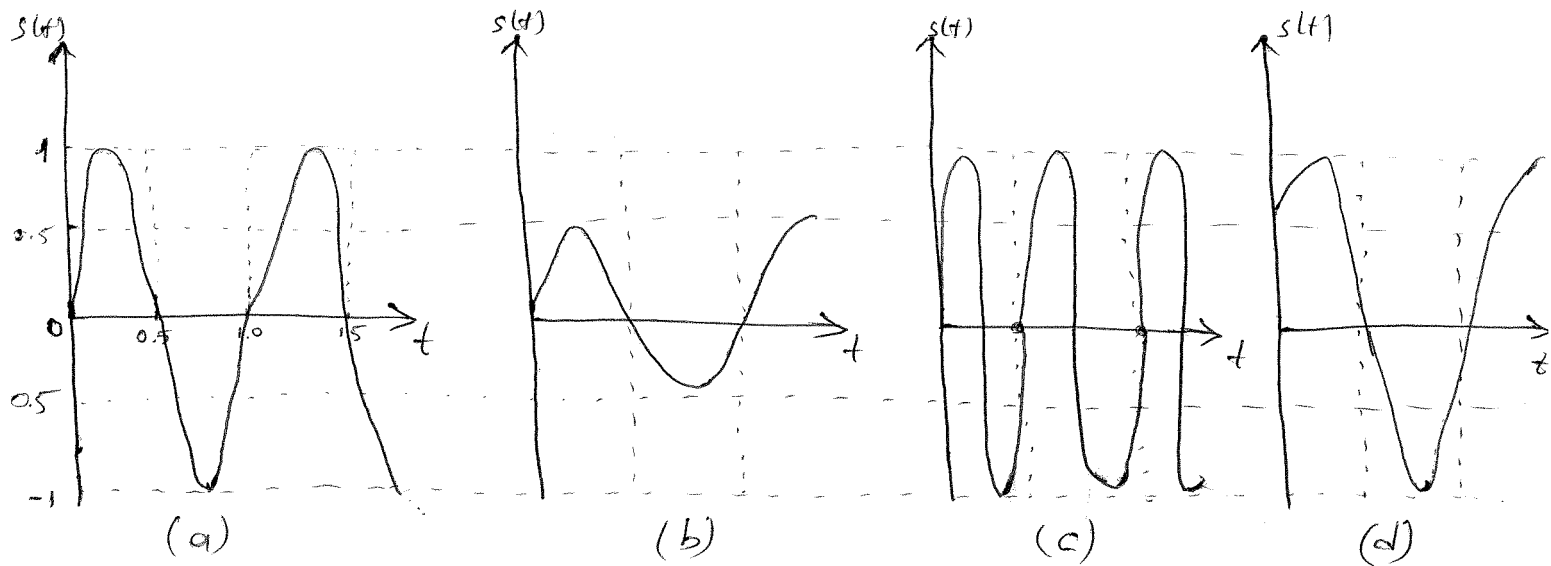
(a) $A=1, f=1 \text{ Hz}, \phi=0; (T=1 \text{ sn})$

(b) Azaltılmış tepe genliği $A=0.5$

(c) Artırılmış frekans ; $f=2 (T=1/2 \text{ sn})$

(d) Faz kayması ; $\phi = \pi/4 \text{ radyan (} 45^\circ \text{ derece)}$

=
1 periyot



Zaman - Uzaklık Kavramı

Şekildeki yatay eksen zaman alınır, grafik zamanın bir fonksiyonu olarak, işaretin uzayda bir noktadaki değerini gösterir. Uzayda yatay eksen ile grafik uzaklığın bir fonksiyonu olarak verilen bir zamanda işaretin değerini gösterir. Zamanın bir anında işaretin yoğunluğu, kaynak uzaklığının bir fonksiyonu olarak değişir.

Frekans Bölgesi Kavramları

Temel Frekans: Bir işaretin bütün frekansları, bir frekansın tamsayısı ile çarpımından elde edilebiliyorsa, bu temel frekansı gösterir.

Spektrum: Bir işaretin bütün frekansları.

Mutlak Bant Genişliği: Bir işaretin spektrumunun genişliğidir.

Etkin Bant Genişliği (veya sadece Bant Genişliği): İşaretin enerjisinin bulunduğu frekansların yoğunluğunun bulunduğu bant.

- Herhangi bir elektromanyetik işaret farklı genlik, frekans ve fazda periyodik analog işaretlerin (sinüs dalgalarının) bir koleksiyonu olarak gösterilebilir.
- Toplam işaretin periyodu temel frekansın periyoduna eşittir.

Veri Oranı ve Bant Genişliği Arasındaki İlişki

- Daha büyük bant genişliği daha fazla bilgi barındırır. (Taşıma kapasitesi)
- Herhangi bir sayısal dalga biçimi sonlu bant genişliğine sahip olacaktır.
- İletim sistemi, iletim bant genişliğini sınırlandıracaktır.
- Verilen herhangi bir ortam için, daha geniş iletim bantı daha fazla maliyet demektir.
- Bununla beraber, sınırlı bant genişliği, bozulma oluşturur.

Veri Haberleşmesi Terimleri

Veri: Anlam ve bilgi iletenler

İşaret: Verinin elektrikli veya elektromanyetik sunumu

İletim: İşaretlerin işlenmesi ve yayılması ile veri haberleşmesi.

Analog ve Sayısal Veri Örnekleri

Analog

- Video
- Ses

Sayısal

- Metin
- Tamsayılar.

Analog İşaretler

- Frekansına göre geçitli ortamlarda yayılabilen sürekli değişen bir elektromanyetik dalgadır.
- Ortam örnekleri:
 - Bakır kablo ortamı (Büyükçe kablo çifti veya koaksiyel kablo)
 - Fiber optik kablo
 - Atmosfer veya uzay yayılımı.
- Analog işaretler, analog veya sayısal veri taşıyabilirler.

Analog ~~DATA~~ → [Telephone] → Analog Signal

Digital ~~DATA~~ → [Modem] → Analog Signal

Analog Signal → [Codec] → Digital Signal

Digital ~~DATA~~ → [Digital Transmitter] → Digital Signal

Veri ve işaret kombinasyonu seçimi için Nedenler?

- Sayısal Veri - Sayısal İşaret

Kodlama için ekipman, sayısal-analog ekipmanından daha ucuzdur.

- Analog Veri - Sayısal İşaret

Gevrim modern sayısal iletim ve anahtarlama ekipmanlarının kullanımına izin verir.

- Sayısal Veri - Analog İşaret

Bazı iletim ortamları sadece analog işaretlerin yayılımına izin verir. Öh: Optik kablolar veya uydu.

- Analog Veri - Analog İşaret

Analog veri kolayca analog işarete çevrilebilir.

Analog İletim

- Analog işaretler, içeriğe bakılmaksızın iletilir.
- Zayıflama, iletim hattının uzunluğunu sınırlar.
- Kaskad yükselticiler işaretin enerjisinin daha uzak mesafeleri için artırırken bozulmaya neden olur.
- Analog veri bozulmayı tolere edebilir.
- Sayısal işaretlerde hatalara neden olur.

Sayısal İletim

- İşaretin içeriği ile ilgilenir.
- Zayıflama veri bütünlüğünü tehlikeye atar.
- Sayısal İşaret
 - Tekrarlayıcılar daha uzak mesafelere erişebilir.
 - Tekrarlayıcılar işareti kurtarıp yeniden iletir.
- Sayısal işaret taşıyan analog işaretler
 - Yeniden iletim cihazları Sayısal Veriyi analog veriden çıkarır.
 - Yeni ve temiz analog işaret üretir.

Kanal Kapasitesi

Gürültü: erişilebilecek sınırlı veri gibi kusurlardır. Sayısal veri için, sınırlı veri oranı kusurunu gidermek için ne yapılabilir?

Kanal Kapasitesi: Verilen bir haberleşme yolunda veya kanalında, verilen şartlar altında en yüksek iletim oranıdır.

Kanal Kapasitesi ile İlgili Kavramlar

Veri oranı Haberleşmede kullanılan veri oranı (bps) Data rate

Bant genişliği İletici ve iletim ortamı tarafından kısıtlanan iletilen işaretin bant genişliği (Hertz)

Gürültü Haberleşme yolu üzerindeki ortalama gürültü seviyesi? Noise

Hata oranı Hata oluşma oranı, Error rate

Hata = iletilen 1 ve alınan 0; iletilen 0 ve alınan 1.

Nyquist Bant Genişliği:

İkili işaretler için (iki gerilim seviyesi)

$$C = 2B$$

Çok seviyeli işaret için

$$C = 2B \cdot \log_2 M$$

M = Ayrik işaret sayısı veya voltaj seviyesi

İşaret Gürültü oranı

- İşaret gücünün iletimde belirli bir noktadaki gürültü gücüne oranıdır.
- Tipik olarak alıcıda ölçülür.
- Signal to noise ratio (SNR or S/N)

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

- Yüksek SNR'nin anlamı yüksek kalite, düşük değer ara tetkikatçı gerektiğini ifade eder.
- SNR erişilebilecek veri oranının sınırını belirler.

Shannon Kapasite Formülü

- $C = B \cdot \log_2 (1 + SNR)$ Teorik olarak erişilebilecek en büyük değeri belirtir. Pratikte, sadece çok daha düşük oranlar elde edilir.
- Formül, beyaz gürültü olduğunu kabul eder. (termal gürültü)
- Darbe gürültüsü hesaba katılmaz.
- Zayıflama bozulması veya gecikme bozulması hesaba katılmaz.

ÖRNEK-2 $B = 3400 \text{ Hz}$ ve $SNR = 10000$ bir telefon kanalı için Shannon kanal kapasitesi?

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

$$C = 3400 \cdot \log_2 (1 + 10000) = 45200 \text{ bps.}$$

$$SNR = 10000$$

$$SNR_{dB} = 10 \log_{10} SNR = 10 \log_{10} 10000 = 40 \text{ dB.}$$

Nyquist ve Shannon Formüllerine Örnekler

3 MHz ve 4 MHz arası kanal spektrumu;

$$SNR_{dB} = 24 \text{ dB}$$

$$B = 4 \text{ MHz} - 3 \text{ MHz} = 1 \text{ MHz}$$

$$SNR_{dB} = 24 \text{ dB} = 10 \cdot \log_{10}(SNR)$$

$$SNR = 251$$

Shannon formülü kullanımı ile;

$$C = 10^6 \cdot \log_2(1+251) \approx 10^6 \cdot 8 = 8 \text{ Mbps.}$$

Kaç işaretleme seviyesi gereklidir?

$$C = 2B \cdot \log_2 M$$

$$8 \cdot 10^6 = 2 \cdot 10^6 \cdot \log_2 M \Rightarrow M = 16$$

İletim Ortamlarının Sınıflandırılması:

İletim ortamı; Gönderici ve alıcı arasındaki fiziksel yoldur.

Güdümlü (Yönlendirilmiş) Ortam

- Dalgalar sağlam bir ortam boyunca güdümlenir / yönlendirilir.
- Örneğin bakır bükülü çift, bakır koaksiyel kablo, optik fiberler.

Güdümsüz (Yönlendirilmemiş) Ortam

- İletim aracı sağlar fakat elektromanyetik dalgayı yönlendirmez.
- Örneğin atmosfer veya dış uzay.
- İletim ve alım bir anten ile elde edilir.
- Kablosuz haberleşme konfigürasyonları
 - Yönlü
 - Çok yönlü

Genel Frekans Aralığı

Mikrodalga frekans aralığı; 1 GHz - 40 GHz

Yönlü ısıma mümkün

Bir noktadan diğer bir noktaya iletim için uygun
Uydu haberleşmesi için kullanılır.

Radyo frekans aralığı; 30 MHz - 1 GHz.

Çok yönlü uygulamalar için uygun.

Kızılötesi frekans aralığı; (Kabaca) $3 \times 10^{11} \text{ Hz} - 2 \times 10^{14} \text{ Hz}$

Kapalı alanlarda yerel noktadan noktaya çoklu uygulamalar-
da faydalı.

SNR_{dB} ve B. (5)
↑
Kanalın arası
spektrumu nedir
SNR? C? M?

Karasal Mikrodalga

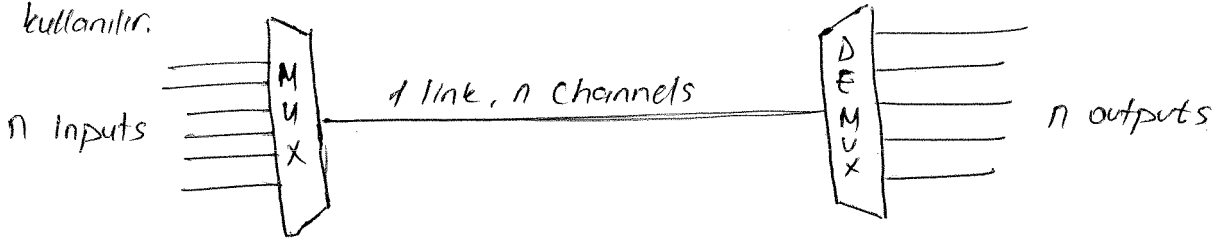
- Ortak Mikrodalga anten tanımı;
 - ✓ Parabolik "çanak", çapı 3m.
 - ✓ Katı, bir sabitleme ve dar ısımaya odaklanır.
 - ✓ Güçlü açık iletim ile alıcı antene erişilir.
 - ✓ Yerden önemli derecede yüksekçe yerleştirilir.
- Uygulamalar;
 - ✓ Uzun mesafeli haberleşme hizmeti
 - ✓ Binalar arasında kısa, noktadan noktaya bağlantılar.

Uydu Mikrodalga

- Uydu haberleşme tanımı;
 - ✓ Mikrodalga rde istasyonu.
 - ✓ İki veya daha fazla yer tabanlı mikrodalga vericilerini bağlamak için kullanılır.
 - ✓ Bir frekans bandından yayınlar alır, güçlendirir veya işareti tekrarlar ve bir başka frekansa iletir.
- Uygulamalar;
 - ✓ Televizyon yayın dağıtımı
 - ✓ Uzak mesafe telefon haberleşmesi.
 - ✓ Özel iş ağıları.

Göğüllama

İletim ortamının kapasitesi genellikle, bir işaret için gerekli kapasiteye ulaşır. Göğüllama, bir ortamda birden çok işaretin taşınmasıdır. Böylece İletim ortamı daha etkin kullanılır.



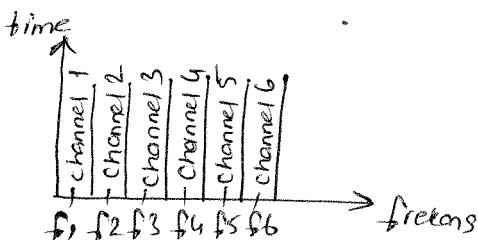
Göğüllamanın Yaygın Kullanım Nedenleri:

- Veri oranındaki artış ile kbps başına iletim tesisi maliyeti düşer.
- Artan veri oranı ile iletim ve alım ekipmanlarının maliyeti düşer.
- Göğü bağımsız veri haberleşme cihazı, göreceli olarak mütevazı veri oranı desteği gerektirir.

Göğüllama Teknikleri

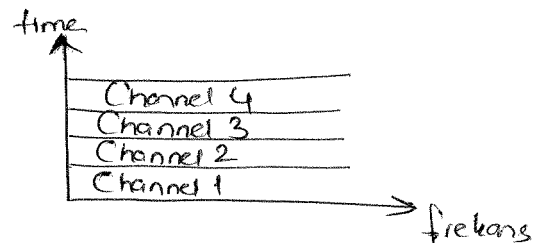
Frekans Bölümlü Göğüllama (FDM)

Ortamın bant genişliğinin verilen işaret için gerekli bant genişliğine ulaşma gereğinden faydalanır.



Zaman Bölümlü Göğüllama (TDM)

Ortamın erişilebilir bir oranının verilen sayısal işaretin gerekli veri oranına erişebileceği gereğinden faydalanır.



3-ANTENLER VE YAYILIM

(1)

Giriş

- Anten bir elektriksel iletken veya elektriksel iletkenlerin bir sistemidir.

İletim : Elektromanyetik enerjiyi uzaya yayar.

Alım : Uzaydan elektromanyetik enerjiyi toplar.

- İki yönlü iletişimde, aynı anten hem iletim hem de alım için kullanılabilir.

Yayılım Örüntüleri

- Yayılım örüntüsü, bir antenin yayılım özelliğinin grafiksel sunumudur. İki boyutlu bir kesit olarak resmedilir.

- Işıma genişliği (veya yarım güç ışıma genişliği) antenin yönlenme ölçüsüdür.

- Yayılma örüntüsü, alıcı antenin ışıma örüntüsüne eşdeğer olmasıdır.

Anten Tipleri

1- Yönden bağımsız (isotropic) anten → ideal gücü eşit olarak her yöne yayar.

2- Çift kutuplu anten

a. Yarım dalga çift kutuplu anten (veya Hertz anten)

b. Çeyrek dalga dikey anten (veya Marconi anten)

3- Parabolic Yansıtıcı anten

Anten Kazancı

- Güç çıkışı belirli bir yönde mükemmel yönlü (isotropic) antenin herhangi bir yöndeki yayımı ile karşılaştırıldığında anten kazancından bahsedilebilir.

- ÖRNEĞİN; Eğer bir antenin kazancı 3 dB ise o anten, isotropic antenin etkisini belirli bir yönde 3 dB artırıyordur.

Etkin Alan

Antenin fiziksel boyu ve şekli ile ilişkilidir.

Antenna	Power Gain	Effective Area
Isotropic	1	$\lambda^2/4\pi$
Small Dipole or Loop	1.5	$1.5 \lambda^2/4\pi$
Half-Wave Dipole	1.64	$1.64 \lambda^2/4\pi$
Horn mouth area A	$10A/\lambda^2$	$10A/\lambda^2$ 0.81 A
Parabolic face area A	$7A/\lambda^2$	0.56 A
Turnstile	1.15	$1.15 \lambda^2/4\pi$

★★ Anten kazancı ve etkin alan arasındaki ilişki;

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

G : Anten kazancı

A_e : etkin alan

f : taşıyıcı frekansı

c : ışık hızı (3×10^8 m/s)

λ : taşıyıcı dalga boyu.

ÖRNEK: Frekans 12 GHz ve Gapı 2 m olan Parabolik antenin etkin alanı ve anten kazancı nedir?

$$A_e = 0.56 A = 0.56 \pi$$

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

$$G = 7 A / \lambda^2 = 7 \pi / (0.025)^2$$

$$G = 35186 \Rightarrow G_{dB} = 10 \cdot \log_{10} G$$

$$G_{dB} = 46.46 \text{ dB}$$

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

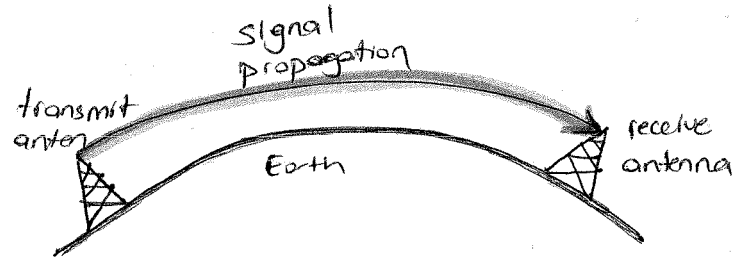
$$f = 12 \text{ GHz} = 12 \times 10^9 \text{ Hz}$$

Yayılım Modları

- 1 - Yer dalgaları yayılımı
- 2 - Gökyüzü dalgaları yayılımı
- 3 - Gidruş hattı yayılımı.

1 Yer Dalgası Yayılımı

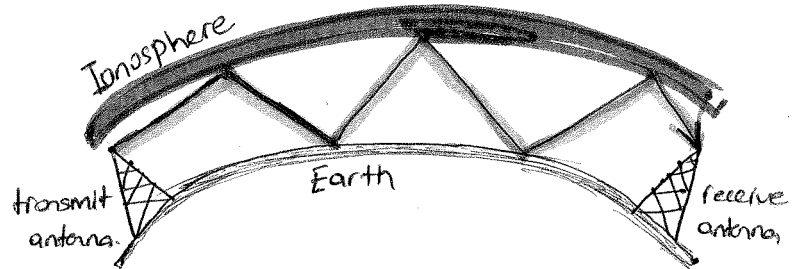
- Yeryüzü kontürünü takip eder.
- Elektromanyetik dalgalar yerkabuğu üzerinde akım oluşturur, işaret yavaşlar ve bükülür.
- Önemli uzaklıklara yayılabilir.
- Frekans 2 MHz'le kadar çıkabilir.
- ÖRNEK: AM Radio.



2 Gökyüzü Yayılımı

- İşaret atmosferin iyonize olmuş katmanı tarafından yere doğru yansıtılır.
- İşaret iyonosfer ile yeryüzü arasında ileri geri zıplamalar yaparak seyahat edebilir.
- Yansıma ışın kırılması ile olur.

- ÖRNEK: Amatör radyo (telisiz iletişimi)
CB (Citizen Band) Radio,
BBC International, Voice of America



3 Görüş Hattı Yayılmı

— Gönderici ve alıcı antenler mutlaka görüş hattı üzerinde olmalıdır.

× Uydu haberleşmesi — İşaret 30 MHz üzerinde olmalıdır. (iyonosfer tarafından yansıtılmamalı)

× Yer haberleşmesi — Antenler kırılma olmaması için etkin görüş çizgisi üzerinde olmalıdır.

— Kırılma: Atmosfer tarafından mikrodalganın bükülmesidir.

✓ Elektromanyetik dalganın hızı, ortamın yoğunluğunun bir fonksiyonudur.

✓ Ortam değiştiğinde hız değişir.

✓ Dalga, ortam sınırları arasında kırılır.

Kırılma

— Kırılma, dalgaların atmosfer tarafından eğilmesidir.

— Elektromanyetik dalgaların hızları, ortam yoğunluğuna göre değişir. Ortam değiştiğinde hız da değişir.

— Dalga ortam değişiminin olduğu yerde yoğun olan ortama doğru eğilir.

Görüş Hattı Denklemleri

Optik görüş hattı $\rightarrow d = 3.57\sqrt{h}$

Etkin veya radyo, görüş çizgisi $\rightarrow d = 3.57\sqrt{k \cdot h}$

d : anten ve ufuk çizgisi arası uzaklık. (km)

h : anten yüksekliği (m)

k : kırılma faktörü,
genel kural $k = 4/3$

Görüş hattı için iki anten arası en büyük uzaklık: $3.57(\sqrt{k \cdot h_1} + \sqrt{k \cdot h_2})$

h_1 : 1. antenin yüksekliği

h_2 : 2. antenin yüksekliği

Line-of-Sight (LOS = Görüş Hattı) Kablosuz iletim kusurları

— Zayıflama ve zayıflama bozulması

— Serbest uzay kaybı

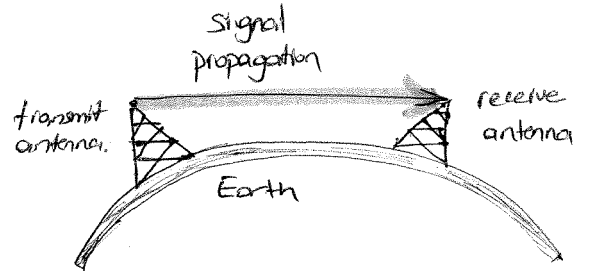
— Günlük

— Atmosferik emilim

— Çoklu yol

— Kırılma

— Isıl Gürültü



Zayıflama

İşaretin gücü, iletim ortamı üzerinde uzaklığa bağlı olarak düşer. Yönlendirilmemiş ortamlar için zayıflama faktörleri:

1. Alınan işaret, alıcıdaki devrelerin işareti doğru yorumlayabilmesi için yeterli kuvvet/güce sahip olmalıdır.
2. İşaret, hatasız alınabilmesi için gürültü seviyesinden daha yüksek bir seviyede tutulmalıdır.
3. Zayıflama yüksek frekanslarda daha fazladır, bozulmaya sebep olur.

Serbest Uzay Kaybı

Serbest uzay kaybı uzaklığa bağlıdır. İdeal Isotropic anten için

$$\frac{P_t}{P_r} = \frac{(4\pi d)^2}{\lambda^2} = \frac{(4\pi f d)^2}{c^2}$$

P_t : gönderici antenindeki işaret gücü

P_r : alıcı antenindeki işaret gücü

λ : taşıyıcı dalga boyu

d : antenler arası yayılım uzaklığı

c : ışık hızı ($3 \cdot 10^8$ m/s)

} aynı birim olmalı
(örnek : metre)

Serbest uzay kaybı denklemleri şöyle değiştirilebilir:

$$L_{dB} = 10 \cdot \log_{10} \frac{P_t}{P_r}$$

$$= 20 \cdot \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) = 20 \cdot \log(\lambda) + 20 \log(d) + 21.98 \text{ dB}$$

$$= 20 \cdot \log \left(\frac{4\pi f \cdot d}{c} \right) = 20 \cdot \log(f) + 20 \cdot \log(d) - 147.56 \text{ dB}$$

Diğer antenlerin kazancını dikkate alan serbest uzay kaybı:

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

G_t : Gönderici anten kazancı

G_r : Alıcı anten kazancı

A_t : Gönderici antenin etkin alanı

A_r : Alıcı antenin etkin alanı

Diğer antenlerin kazancını dikkate alan serbest uzay kazancı yeniden şöyle yazılabilir.

$$L_{dB} = 20 \log(2) + 20 \log(d) - 10 \log(A_t A_r) \\ = -20 \log(f) + 20 \log(d) - 10 \log(A_t A_r) + 169.54 \text{ dB}$$

ÖRNEK: Aşınypdan 35863 km uzaklıktaki bir uydur (Isotropic ve 4 GHz ile çalışıyor) için serbest uzay kaybı nedir?

GÖZÜM ✓ $L = -20 \cdot (10.075) + 20 \cdot \log(35863000) + 21.98$

✓ $L_{dB} = 195.6 \text{ dB}$

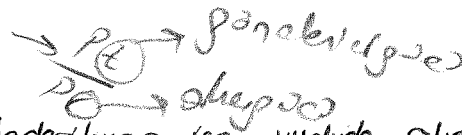
✓ Eğer anten kazançları 44dB ve 48dB olsaydı ?

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

devamı
↓

ÖRNEK Eğer yerden 250 W ile sinyal gönderiliyor ise, uyduda alınan sinyalin gücü ne olur?

$$250 \text{ W} \rightarrow 10 \cdot \log 250 \text{ W} \rightarrow 24 \text{ dBW} \\ 24 - 103.6 = -79.6 \text{ dBW}$$



Sen ve Yarın ?

Gürültü Kategorileri

- Isıl gürültü
- Inter modülasyon gürültüsü
- Crosstalk (Çapraz etkileşim)
- Darbe gürültüsü.

Isıl Gürültü: Elektronların galkalanma hareketinden meydana gelir. Bütün elektronik cihazlarda ve iletim ortamlarında bulunur. Yok kabul edilemez. Sıcaklığın bir fonksiyonudur. Özellikle uydur haberleşmesinde önemlidir.

Herhangi bir cihaz veya iletker madde içersinde 1 Hz lik bant genişliğinde bulunan Isıl gürültü miktarı: $N_0 = k T \text{ (W/Hz)}$

N_0 : 1 Hz bant genişliği başına düşen watt cinsinden gürültü gücü yoğunluğu
 k : Boltzmann sabiti $1.3803 \times 10^{-23} \text{ J/K}$
 T : Sıcaklık (kelvin) (Mutlak sıcaklık)

Gürültü frekansın bağımsız kabul edilir. B Hz'lik bant genişliğindeki ısı gürültüsü

$$N = kTB \quad (\text{watt olarak})$$

veya

$$\begin{aligned} N &= 10 \cdot \log k + 10 \log T + 10 \cdot \log B \\ &= -228.6 \text{ dBW} + 10 \cdot \log T + 10 \cdot \log B \quad (\text{decibel watt olarak}) \end{aligned}$$

ÖRNEK 294K sıcaklığında ve 10 MHz bant genişliğinde olan bir alıcıdaki termal gürültü nedir?

ÇÖZÜM
$$N = -228.6 + 10 \cdot \log(294) + 10 \cdot \log(10^7)$$

$$= 133.9 \text{ dBW}$$

Gürültü terminolojisi

- Intermodulasyon gürültüsü - Farklı frekanslı işaretler, aynı ortamı paylaşırsa oluşur. Orijinal frekanslı işaretlerin toplamı veya farkları, frekanslarında oluşan işaretin neden olduğu girişim.
- Crosstalk - İşaret yolları arasında istenmeyen yüklenme.
- Darbe Gürültüsü - Düzensiz darbeler veya gürültü ziplamaları.
 - • Kısa süreli ve genellikle yüksek genlik
 - • Nedeni, harici elektromanyetik bozucular veya haberleşme sistemlerindeki hata ve kusurlardır.

E_b/N_0 ifadesi

1 Bit için işaret enerji oranının 1 Hz için gürültü gücü yoğunluğudur. Yani;

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{S/R}{N_0} = \frac{S}{kTB}$$

- Sayısal veri için bir hata oranı E_b/N_0 'ın bir fonksiyonudur.
- İstenen hata oranına erişmek için; E_b/N_0 için verilen bir değer, bu formülün parametreleri seçilmelidir.
- Bir oranı M artırdığımızda, E_b/N_0 oranını korumak için gönderilen işaret gücü E_b artırılmalıdır.

ÖRNEK Bir sinyal işleyicinin 10^{-4} lük bir hata oranı ile çalışabilmesi için $\frac{E_b}{N_0} = 8.4 \text{ dB}$ oranına ihtiyacı var. Eğer oda sıcaklığı 290K ve veri iletim hızı 2400 bps ise sinyali işleyicinin alması gereken sinyalin gücü ne olmalıdır?

ÇÖZÜM:

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

$$= 8.4 = S_{\text{dBW}} - 10 \cdot \log 2400 + 228.6 \text{ dBW} - 10 \cdot \log 290$$

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

Diğer Kusurlar

- Atmosferik emilim - Su buharı ve oksijenin zayıflatmaya katkısı.
- Gök yarı - engeller işaretleri yansıttığı için, değışen gecikmelerle çoklu kopyalar alınabilir.
- Kırılma - Atmosferde yayılınca radyo dalgaları eğilirler/bükülürler.

Gök Yarı Yayılımı

Reflection yansıma sinyal, dalga boyuna orantı çok daha büyük bir cisme çarparsa oluşur.

Diffraction kırılma, sinyal dalga boyuna orantı çok daha büyük bir cismin köşesinde oluşur.

Scattering saçılma, sinyal dalga boyuna orantılı ya da daha büyük bir cisme çarparsa oluşur.

Gök Yolu Yayılma'nın Etkileri

1-) İşaretin çoklu kopyaları farklı fatlarda erkebilir. İşaret seviyesinin tespiti zorlaşır.

2-) Bir veya daha fazla gecikmiş kopya darbe, takip eden asıl darbe ile aynı anda vararak onun yerini alabilir.

Hata Düzeltme Mekanizmaları:

İleri Hata Düzeltmesi

Uyarlamalı Eşitleme

Geçitme teknikleri

Dış Ortam Yayılım Modelleri

- Longley-Price Modeli
- Durkin's Modeli
- Okumura Modeli.
- Hata Modeli.
- PCS Extension Hata Modeli
- Walfisch ve Bertoni Modeli.
- Wideband PCS Microcell Modeli.

Okumura Modeli Şehir alanları için en yaygın kullanılan modellerden biridir. Bu model şunlar için uygundur.

Frekans aralığı : 150 MHz \rightarrow 1920 MHz

Uzaklık : 1 km \rightarrow 100 km

Baz İstasyonu

antenn yüksekliği : 30 m \rightarrow 1000 m

$$L_{50}(\text{dB}) = L_f + A_{\text{ms}}(f, d) - G(h_{te}) - G(h_{re}) - G_{\text{AREA}}$$

$$d = 50 \text{ km}$$

$$h_{te} = 100 \text{ m}$$

$$h_{re} = 10 \text{ m}$$

$$f = 900 \text{ MHz}$$

} Okumura modeline göre ortalama kaybını bulunuz.

İŞARET KODLAMA TEKNİKLERİ - 4

①

İkodlama Teknikleri Seçimi Nedenleri

- Sayısal veri, sayısal işaret
 - ✓ Ekipmanlar sayısal-analog modülasyon ekipmanlarından daha az karmaşık ve ucuzdur.
- Analog veri, sayısal işaret
 - ✓ Modern sayısal habersizme ve anahtarlama ekipmanlarının kullanımına izin verir.

Modülasyon

- Modülasyon veriyi iletme uygun hale getirmek için yapılan kodlama işlemidir. Genelde "baseband" bir sinyali, çok daha yüksek frekanstaki bir "bandpass" sinyale çevirme işlemidir.

Baseband: modulating signal. Bandpass: modulated signal.

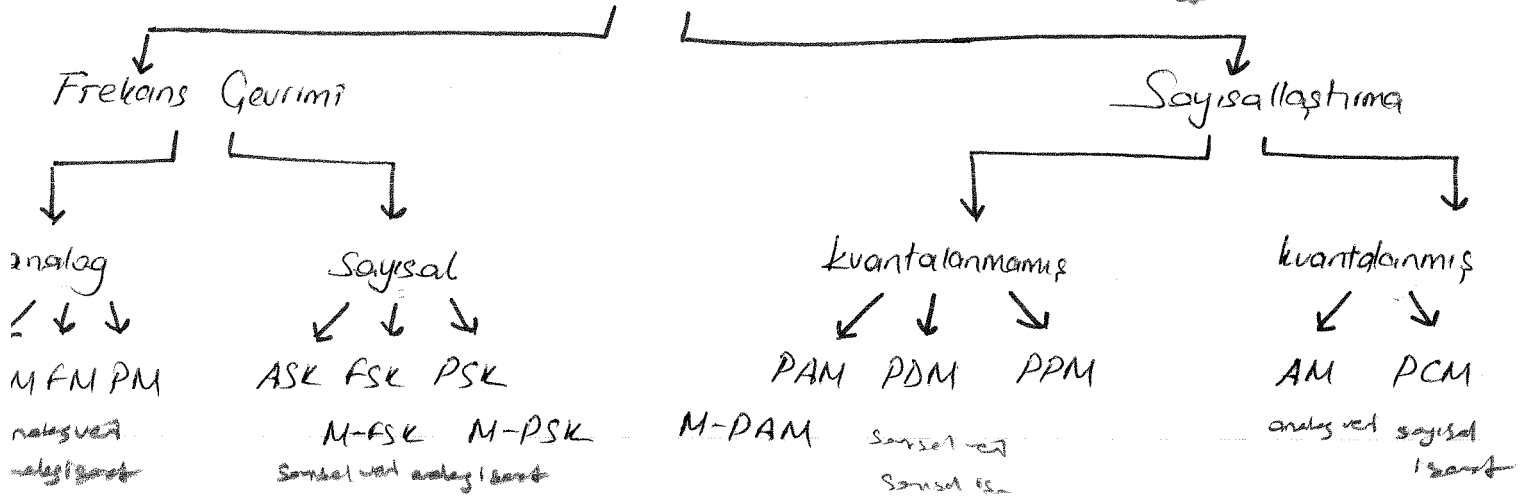
Neden Modülasyon?

- Genelde iletişilecek olan "baseband" işaret olduğu gibi iletilemez. Taşıyıcı sinyalin özellikleri, baseband sinyal kullanılarak değiştirilir.
- Modülasyon gerekçeleri
 1. Küçük anten boyutları
 - ✓ Anten boyutu, yayılarak frekans ile ters orantılıdır. (λ ile doğru orantılı)
 - ✓ 1 MHz → anten yüksekliği birkaç yüz metre
 - ✓ 1 GHz → anten yüksekliği birkaç santim.
 2. Frekans bölme çözümlaması yaparak aynı anda birçok işaretin taşınması sağlanabilir.
 3. Gönderen işaretler arası girişim (interference) azalır.
 4. Ortam özellikleri (Denizaltı - uzun dalga boyu)

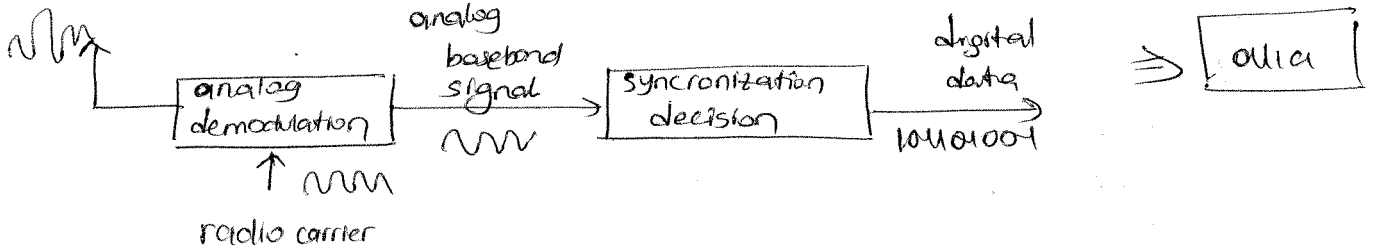
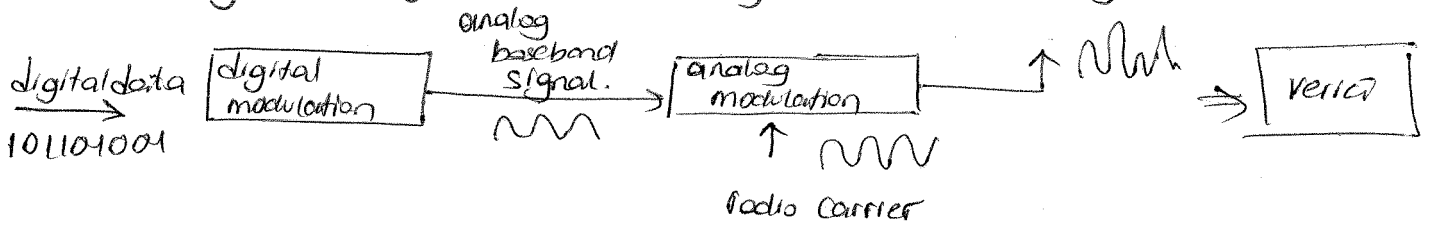
Modülasyon Nasıl Yapılır?

- Modülasyon yüksek frekanslı taşıyıcının amplitude, phase ve frekansının gönderilecek baseband sinyale göre değiştirilmesi ile yapılır.
- Genel olarak iki çeşit modülasyon işlemi vardır.
 - ✓ Frekans çevirimi: Temel bant işaretini, bir bütün olarak yüksek bir frekansa taşıma olayı.
 - ✓ Sayısalallaştırma: Temel bant işaretini örnekleyerek sayısal hale getirme olayı.

MODULASYON



Kablosuz Ağlarda Sayısal Veri Modülasyonu ve demodülasyonu



Modülasyon Kriterleri

- Alıcının, gönderilen bir sinyali başarı ile almasını etkileyen faktörler:
 - ✓ İşaret Güçlüğü oranı (SNR / SIN)
 - ✓ Veri oranı (Data rate)
 - ✓ Bant genişliği

- Çıkarımlar:

- ✓ SNR 'deki artış, bit hata oranını azaltır.
- ✓ Veri oranındaki artış, bit hata oranını artırır.
- ✓ Bant genişliğindeki artış, veri oranını artırır.

Sayısal veri - analog işaret temel modülasyon teknikleri

- ① Genlik Kaydımlı Anahırlama : Taşıyıcı frekans genlik farkına göre yapılır.
(Amplitude shift keying - ASK)
- ② Frekans Kaydımlı Anahırlama : Taşıyıcı frekans etrafında fark oluşturma.
(Frequency shift keying - FSK)
- ③ Faz Kaydımlı Anahırlama : Taşıyıcı frekansın fazı kaydırılır.
(Phase shift keying - PSK)

Sayısal Modülasyon

Sayısal işaret modülasyonu Shift Keying olarak adlandırılır.

ASK

Basit

Düşük bant genişliği

Gürültüden etkilenir
(interference)

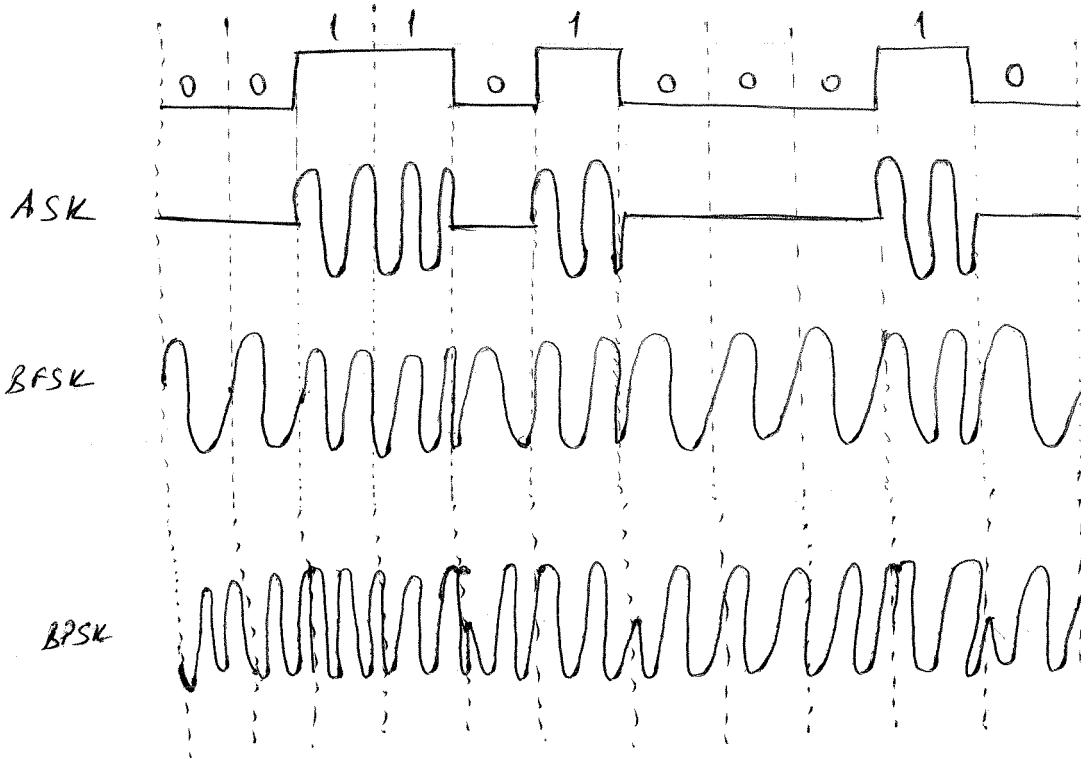
FSK

Yüksek bant genişliği

PSK

Karmaşık

Gürültüye karşı dayanıklı
(interference)

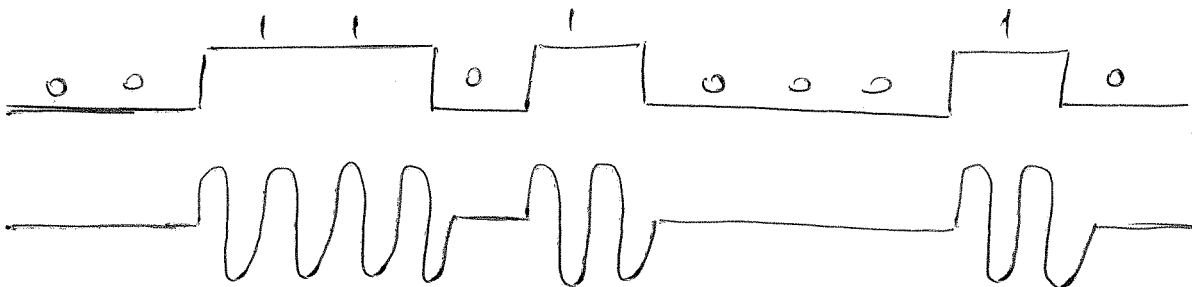


ASK

- Binary digitlerden birisi, taşıyıcı sinyalin varlığı ile ifade edilir. Diğer binary digit ise taşıyıcı sinyalin yokluğu ile ifade edilir.

- taşıyıcı sinyal = carrier signal = $A \cdot \cos(2\pi f_c t)$ olmak üzere;

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



ASK

ASK ;

- ✓ Sinyaller olası istenmeyen girişimden faydasıyla etkilenir. Hatalar oluşur.
- ✓ Kolay ama verimsiz bir modülasyon tekniğidir.
- ✓ Ses hatlarında 1200 bps data rate'e kadar kullanılır.
- ✓ Sayısal veri, optik fiber üzerinde iletmek için kullanılabilir.
- ✓ Binary digitter, taşıyıcı frekansına yakın iki değişik frekans olarak ifade edilir.

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

- ✓ f_1 ve f_2 ters yönlere f_c taşıyıcı frekansında offset değerleridir.

Binary FSK (B-FSK)

- ✓ ASK'dan daha az hata oluşur.
- ✓ Ses hatlarında 1200 bps data rate'e kadar kullanılabilir.
- ✓ Yüksek frekanslı (3 → 30 MHz) radio iletişimi için kullanılabilir.
- ✓ Coaxial kablo kullanılan LAN'larda daha yüksek frekanslarda kullanılabilir.

Multiple FSK (M-FSK)

- ✓ İki frekanstan daha fazla kullanılır.
- ✓ Bant genişliği olarak daha iyi ama hata oluşturmaya daha müsaittir.

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

M : Ayırık sinyal elemanlarının sayısı.

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

f_c : taşıyıcı frekans

f_d : fark frekansı

M : Ayırık sinyal elemanlarının sayısı = 2^L

L : Sinyaldeki sn'lerde bit sayısı

- ✓ Giris bit akis oranını sağlamak için, her bir grup işaret elemanı şu süre kadar beklendir

$$T_s = LT \text{ seconds} \quad \text{burada } T, \text{ bit periyodudur. (Data rate} = 1/T)$$

- ✓ Yani bir işaret elemanı L adet bit'i kodlar.

MFSK :

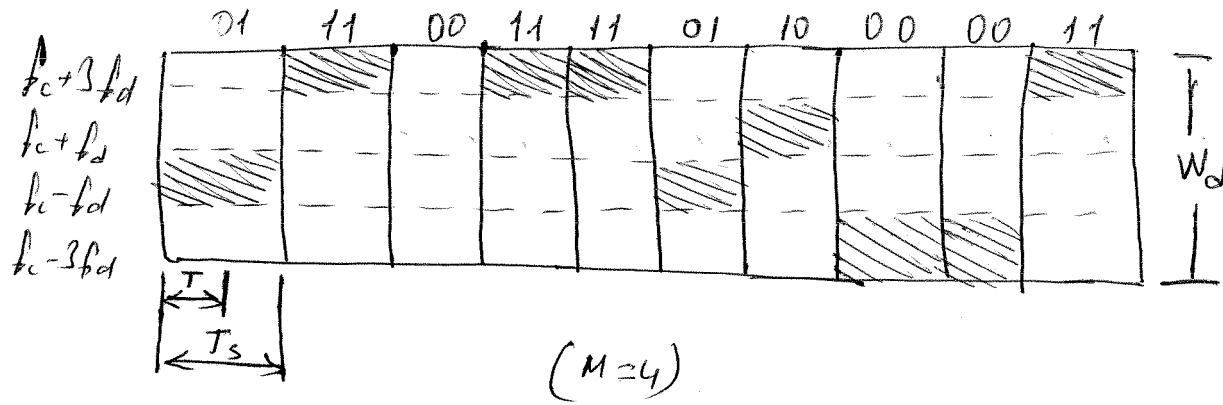
✓ Toplam bant genişliği : $2Mf_d$

✓ Minimum frekans ayrımı : $2f_d = 1/T_s$

✓ Bu nedenle, modulator su bant genişliğine ihtiyaç duyar:

$$W_d = 2^L / LT = M / T_s$$

✓ FSK için gerekli olan bandwidth, taşıyıcı frekansları arasındaki uzaklığa bağlıdır.



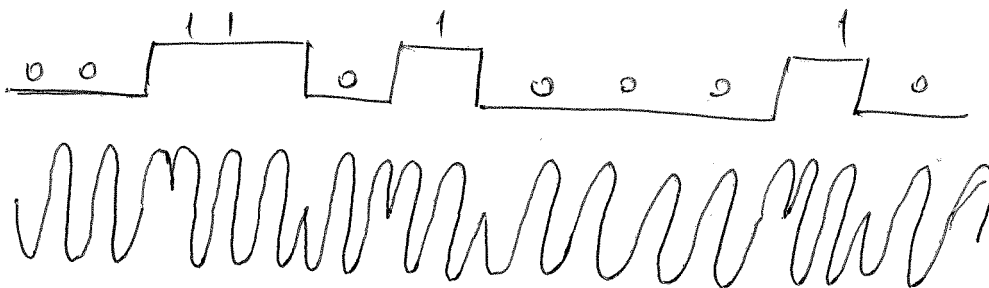
PSK

Binary digitleri ifade etmek için iki farklı faz kullanılır.

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

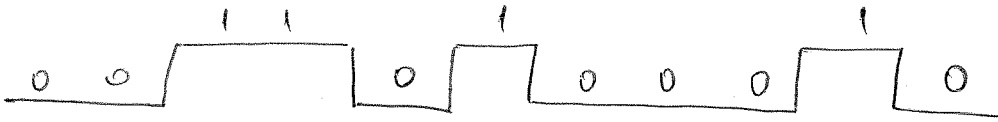
$$= \begin{cases} A \cdot \cos(2\pi f_c t) & \text{binary 1} \\ -A \cdot \cos(2\pi f_c t) & \text{binary 0} \end{cases}$$

BPSK



* Differential (DPSK) PSK

- Faz kaydırması bir önceki bite göre yapılır.
- Zamanlama mekanizmasına ihtiyaç duymaz.
- Binary 0 işaret, bir önceki işaret ile aynı fazlı ağıza çıkar.
- Binary 1 işaret, bir önceki fazın tersi fazda ağıza çıkar.



* QPSK (Quadrator)

✓ Dört Seviyeli PSK. Burada her bir eleman, iki bit ifade eder.

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

✓ 2 bit bir sembol olarak kodlanır.

✓ 90° ($\pi/2$) kaydırır.

✓ BPSK'ya göre daha az bant genişliğine ihtiyaç duyar.

✓ Daha karmaşıktır.

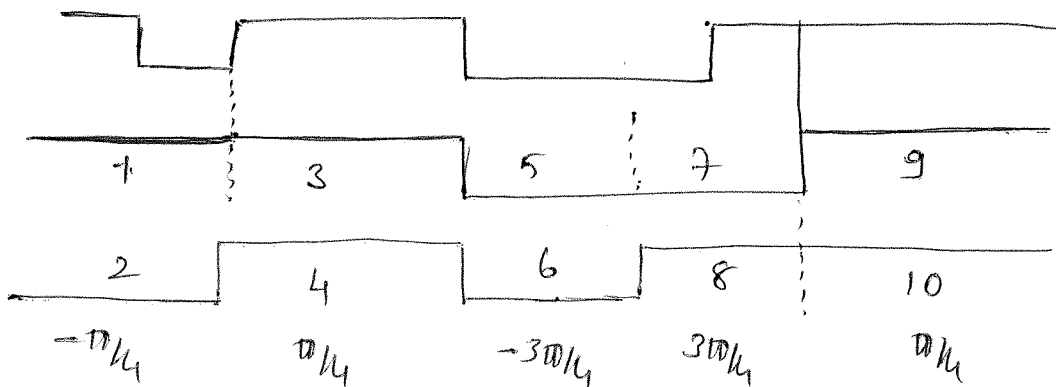
bit number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
value	1	-1	1	1	-1	-1	-1	1	1	1
	I	Q	I	Q	I	Q	I	Q	I	Q

Input signal

I(t)

Q(t)

carrier sinüsünün
fazı.



Göklü Seviyesi SK

— Her faz ikiden çok bit ifade edebilir. Dahası her faz için birden çok genlik değeri kullanılabilir.

— 9600 bps modem

— 12 farklı faz

— 4 tanesi iki farklı genlik kullanıyor

— Toplam 16 değişik sinyal vardır.

$$\Delta = \frac{R}{L} = \frac{R}{\log_2 M}$$

Δ : Modülasyon oranı (baud)

R : Veri oranı (bps)

M : Farklı işaret elemanı (2^L)
sayısı

L : İşaret elemanı başına bit sayısı.

Performans

— Modülasyon yapılmış sinyalin Bandwidth'ı = B_T olmak üzere;

— ASK, PSK için $B_T = (1+r) \cdot R$

— FSK için $B_T = 2\Delta f + (1+r) \cdot R$

R : bit rate

$0 < r < 1$

$$\Delta f = f_2 - f_c = f_c - f_1$$

— MPSK için $B_T = \left(\frac{1+r}{L} \right) \cdot R = \left(\frac{1+r}{\log_2 M} \right) \cdot R$

— MFSK için $B_T = \left(\frac{(1+r) \cdot M}{\log_2 M} \right) \cdot R$

B_T : Modüle edilmiş işaret

L : İşaret elemanı başına kodlanmış bit sayısı.

M : Farklı işaret elemanı sayısı.

Quadrature Amplitude Modulation (QAM)

- ASK ve PSK'nin bir kombinasyonudur.
- İki farklı işaret, aynı taşıyıcı frekansı üzerine eş zamanlı olarak gönderilir.
- İşaretler 90° kaydırılmıştır.

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

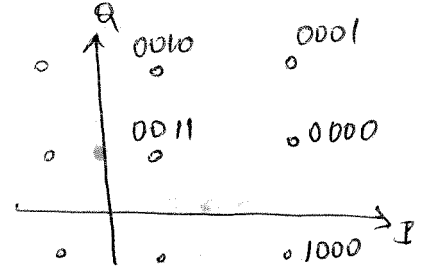
- 2^n farklı seviye vardır. $n=2$ alınırsa QPSK olur.

ÖRNEK:

16-QAM (4 bits = 1 sembol)

0011 ve 0001 aynı faz fakat farklı genlik

0000 ve 1000 farklı faz fakat aynı genlik.



Analog Veri Analog İşaret

Sayısal Sinyallerin Modülasyonu

Sadece analog iletim hattı kullanılabilir olduğunda, sayısal veriyi analoga çevirmek gerekir. (kablolu iletim)

Analog Sinyallerin Modülasyonu

- Verimli bir iletim için daha yüksek frekanslara ihtiyaç olabilir.
- Modülasyon FDM için gereklidir.

Genlik Modülasyonu

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

$\cos 2\pi f_c t$: taşıyıcı

$x(t)$: giriş işareti

m_a : modülasyon indeksi

İletilen Güç

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

P_t : $S(t)$ içerisinde toplam iletilen güç

P_c : taşıyıcıda iletilen güç

Amaç : m_a 'yı olabildiğince büyük yapmak

ÖRNEK: Sıfır ortalımalı bir sinüs mesaj işareti 10 kW gücünde AM işaret yayan bir taşıyıcıya uygulanıyor. Modülasyon indeksi 0.6 ise taşıyıcı gücünü hesaplayınız. Taşıyıcıdaki toplam güç oranını gösteriniz.

ÇÖZÜM: $P_c = P_t / (1 + \frac{n_a^2}{2}) = 10 / (1 + \frac{0.6^2}{2}) = 8.47 \text{ kW}$.

$$\frac{P_c}{P_t} = \frac{8.47}{10} = \underline{\underline{84.7}} \quad \%84.7 \text{ taşıyıcıdaki toplam güç oranı.}$$

Single Sideband (SSB)

- AM'inin bir versiyonudur.
- Sadece bir yan band gönderilir. Diğer yan band ve taşıyıcı ihmal edilir.
- Avantajları;
 - ✓ Sadece yarım band genişliği gerektirir.
 - ✓ Daha az güç gerektirir.
- Dezavantajı;
 - ✓ Baskılanmış taşıyıcı, senkronizasyon amacıyla kullanılamaz.

Açı Modülasyonu

- Açısal modülasyon;

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

- Faz modülasyonu;

$$\phi(t) = n_p \cdot m(t)$$

n_p : faz modülasyon indeksi.

Angle Modülasyonu

- FM ve PM den sonra elde edilen sinyaldir.
 - ✓ AM gibi f_c merkezlidir. Ancak frekanslar değişikliği çok fazladır.
- Bu yüzden FM ve PM modülasyonu, AM modülasyonundan çok daha fazla bant genişliğine ihtiyaç duyar.
- AM modülasyonu için $B_T = 2B$ dir.

Açısal Modülasyon

- Carson kuralı $B_T = 2(\beta + 1) \cdot B$ burada $\beta = \begin{cases} n_p A_m & \text{for PM} \\ \frac{\Delta f}{B} = \frac{n_f A_m}{2\pi B} & \text{for FM} \end{cases}$
- FM için formül şöyle olur;

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

Analog veri Sayısal İşaret

- Temel kodlama teknikleri
- Analog veri Sayısal İşaret
 - ✓ Pulse code modulation (PCM)
 - ✓ Delta modulation (DM)

Pulse code modulation; (PCM) En yaygın kullanılan analog sinyal - sayısal data dönüştürme yöntemidir.

Analog Sayısal Çevrimi

Analog Sayısal Çevrimin üç aşaması vardır:

1. Örnekleme (Sampling)
2. Sayısallaştırma (Quantization)
3. Original sinyali tekrar oluşturma

1. Örnekleme

- Her T_s aralığında analog sinyal örneklenir.
- Üç farklı örnekleme yapılır. (Ideal Sampling, Natural Sampling, Flat-top sampling)
- Flat top yaygın kullanılır.
- Nyquist kriterine göre örnekleme frekansı, en yüksek frekansın en az iki katı olmalıdır.

2. Sayısal kodlama - Kuantalama

- Örneklenen değerler analogdur. Minimum ve maximum değerlerin arası L seviyeye bölünür. İki seviye arasındaki fark; $\Delta = (V_{max} - V_{min}) / L$ olur.

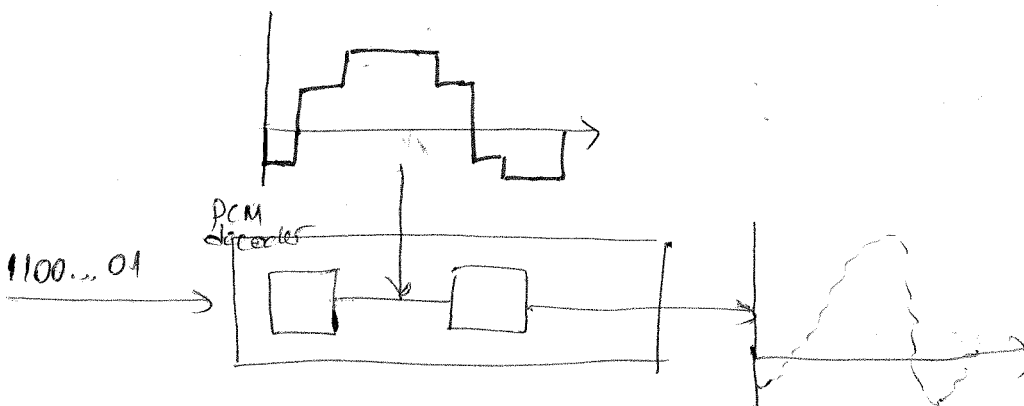
$$V_{max} = 20$$

$$V_{min} = -20$$

$$L = 8$$

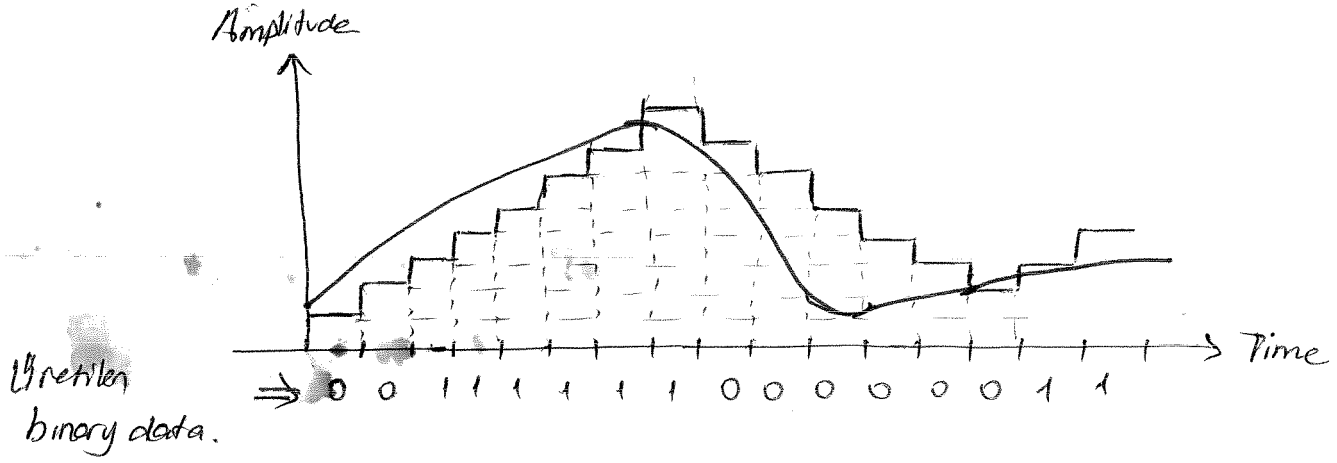
$$\Delta = \frac{40}{8} = 5$$

3- Asıl İşareti Yeniden Oluşturmak



Delta Modülasyonu

- Delta modülasyonu, PCM'den daha basittir.
- Örneğin değeri, bir öncekinden büyükse artış, küçükse azalış gerçekleştirilir.



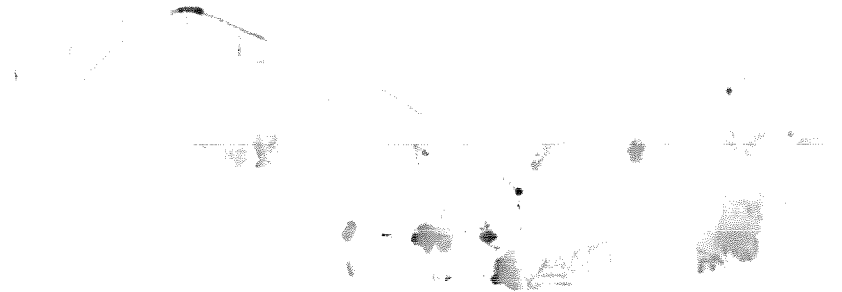
- Analog giriş merdiven basamak fonksiyonu gibidir.
- Her bir örnekleme aralığında kuantalama seviyesi yukarı çıkar veya aşağı iner.
- Bir artış analog işaretin bir türüdür.
- Fonksiyon yükseliyorsa 1 üretilir.
- Diğer durumlarda 0 üretilir.

Sayı Tekniklerin Gelişmesinin Nedenleri :

1. Yükselticilerin yerine tekrarlayıcıların kullanılması (Gürültü ilavesi yok)
2. FDM yerine TDM kullanım nedenleri (Dahili modülasyon gerekliliği yok)
3. Sayısal işaret ayırımı, daha etkili sayısal anahtarlama tekniklerinin kullanımına izin vermesi

analog veri gönderimi için sayısal tekniklerin popülerliğini artırmıştır.

to present



copy of

no. 102

1

2

3

page

5- SPREAD SPECTRUM

(11)

~~Spread Spectrum~~

- Modülasyon teknikleri bant genişliği kullanımını etkin hale getirmeyi amaçlar.
- Spread spectrum teknikleri ise gerekenden çok daha fazla bant genişliği kullanır.

✓ Tek kullanıcı için gereksiz bant genişliği israf olur ancak çoklu kullanımda kullanıcılar aynı bant genişliğini girişim olmadan kullanabilir.

✓ Dolayısıyla çoklu kullanımda spread spectrum bant genişliği açısından etkin bir yöntemdir.

Spread spectrum iletilecek veri için gerekli olan bant genişliğinin yayılmasını sağlar.

- Örneğin CDMA spread spectrum tekniğine dayanan bir çoklu erişim modelidir. CDMA'da ortak bir kanalı kullanan her bir kullanıcıya aynı frekans bandını kaplayan bir sinyal (code) verilir.

✓ Aynı band üzerinde birçok kullanıcı eş zamanlı olarak bulunabilir.

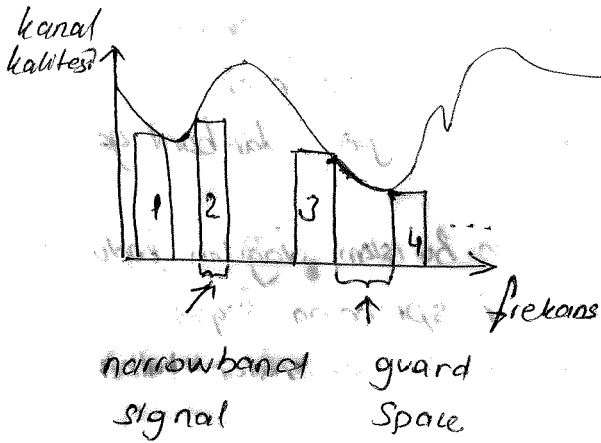
✓ Kullanıcılara ayrılan data rate değişken yük koşullarına göre ayarlanabilir.

- Veriyi geniş bant genişliğine yaymak jamming ve interception'ı zorlaştırır.
- Dar bant girişimi;

FDM çoğullama için 6 kanal gerekir.

Frekans planlaması gerekir.

Kanal kalitesi frekansa bağlıdır. Kanal kalitesi, o frekanstaki girişimin bir göstergesidir.



- Dar bant girişim yüzünden 3. ve 4. kanallardaki sinyal kalitesi çok düşük olduğundan alıcı tarafından doğru alınmaz

- Çözüm:

✓ Dar bant işareti özel bir kod kullanarak geniş bant işareti olarak yayılır.

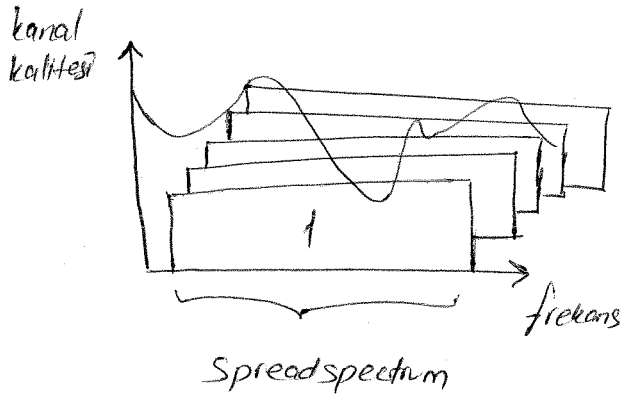
x Pseudo-noise (PN) sequence, pseudo-noise code

x Masgele gibi görünen ikili dizi.

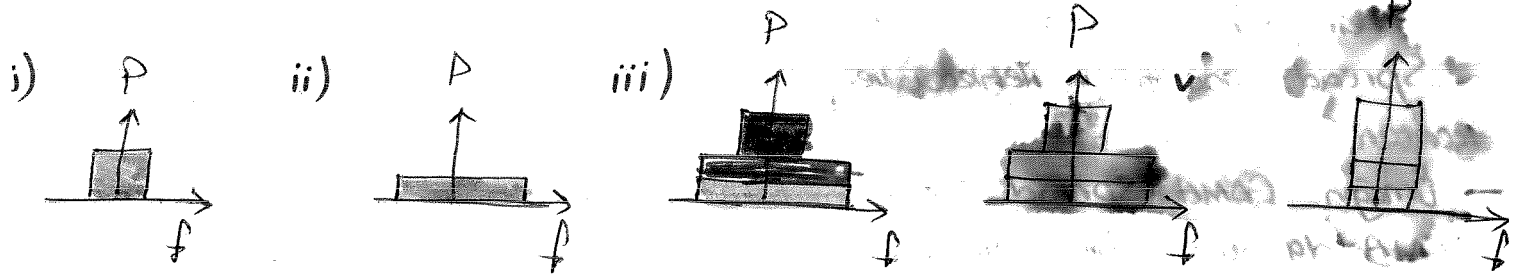
✓ Spread spectrum narrowband interference'e karşı dayanıklılığı artırır.

✓ Frekans planlaması gerektirmez.

✓ Bütün narrowband sinyaller aynı (geniş) frekans aralığında broadband sinyal olarak yayılırlar.



Boşta harcama yapıyor!
 - Güvenliliğe karşı dayanıklılık
 - Güvenlik - şifreleme
 - Birçok kullanıcı, geniş bir bandı
 Gök aze bir girişim ile kullanabilir.



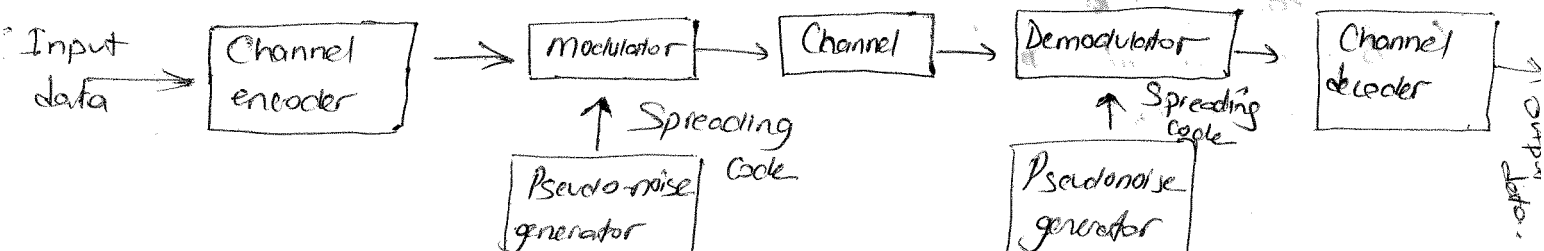
user signal

broadband interference

narrowband interference

- i. Dar bant işaretli
- ii. Gönderici işaretli yayar; dar bant işaretli, geniş bant işaretine dönüştürülür. Böylece aynı enerji daha geniş bir frekans aralığına yayılır.
- iii. İletim sırasında, dar bant ve geniş bant girişimi, işarete katılır.
- iv. Alıcı işaretli toplar ve dar bant girişimi yayar.
- v. Alıcı bir bant geçiren filtre kullanarak asıl işaretli elde eder.
- Veri bir kanal kodlayıcıdan (channel encoder) geçirilir. Böylece dar bant genişliğine sahip bir analog sinyal elde edilir.
- Bu sinyal, bir bit sırası kullanılarak modüle edilir. Bu işlem dağıtım kodu ya da dağıtım sırası olarak adlandırılır. (pseudo spreading or spreading sequence)
- Bu bit sırası, pseudo-noise ya da pseudo-random number generator kullanılarak üretilir.

- Modülasyon, gönderilecek olan sinyalin bant genişliğini artırmak için yapılır.
- Alıcı tarafında, aynı bit dizisi spread spectrum sinyali demodüle etmek için kullanılır.
- Sinyal, kanal decoderden geçirilerek orijinal veri elde edilir.



Giriş → Analog veya Sayısal Veri

Çıkış / İşaret → Analog İşaret

Spectrumun yayılması iki şekilde olabilir.

Frequency hopping

Direct Sequence

Spread Spectrum (FHSS)

İşaret, rastgele radyo frekans serisi üzerinden gönderilir.

FH sinyali için kanallar ayrılır.

Her kanalın genişliği giriş işaretinin bant genişliğine eşittir.

İşaret, belirli zaman aralıklarında frekansdan frekansa zıplar.

Gönderici 1 anda 1 kanal ister.

Bitler bazı kodlama teknikleri ile gönderilir.

Her bir başarılı aralıkta, yeni taşıyıcı frekansı seçilir.

1) Zıplama yapılacak kanal dizisi spreading code tarafından belirlenir.

Gönderici ile senkronize bir şekilde frekanslar arasında zıplayan alıcı, gönderilen mesajı alır.

Avantajları;

Kötüculü kişiler sadece anlaşılmaz bipler duyar.

Frekans jam edilirse sadece birkaç bit etkilenir

SS

— MFSK işareti, FHSS taşıyıcı işaret ile modüle edilerek, MFSK işareti her T_c saniyede yeni bir işarete çevrilir.

— R veri oranı için

Bir süresi : $T = 1/R$ saniye

İşaret eleman süresi : $T_s = LT$ saniye

— $T_c \geq T_s$ slow frequency hop spread spectrum

— $T_c < T_s$ fast frequency hop spread spectrum

Slow Frequency Hop

MFSK için $M=4$

$$W_d = M \cdot f_d$$

MFSK ve FHSS birlikte

kullanılırsa;

$k=2$ (PN dizisinin her iki bitinde bir, frekans aralığı değişiyor)

Her biri W_d genişliğinde

$$2k = 2 \cdot 2 = 4 \text{ farklı kanal}$$

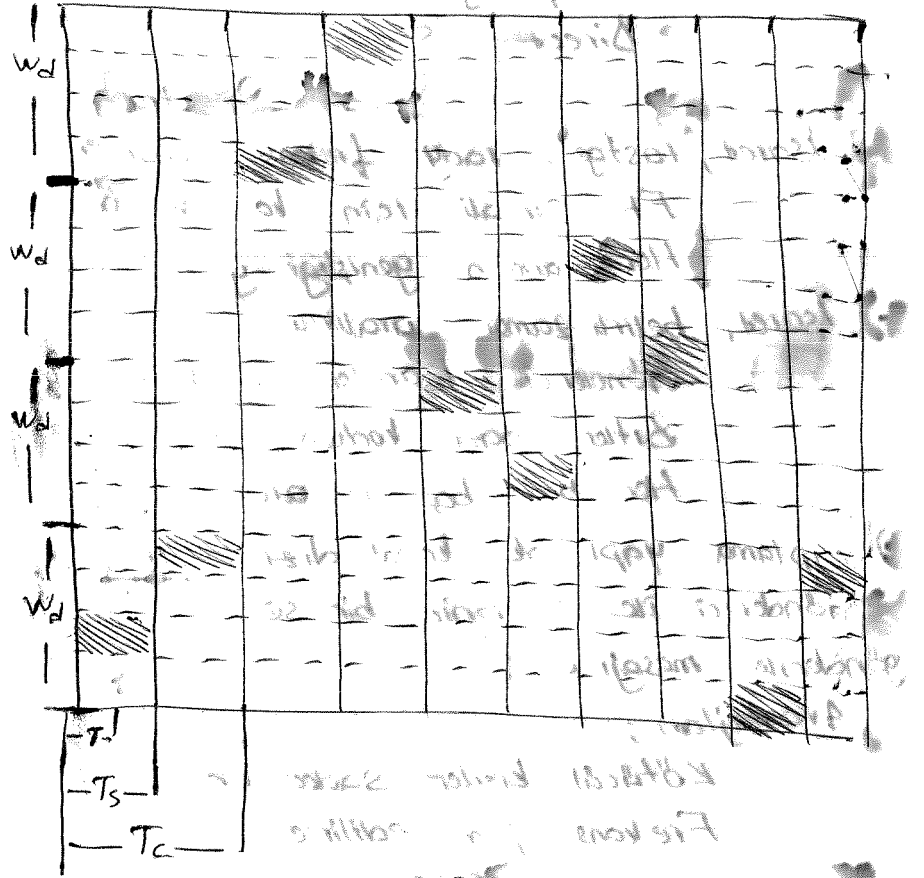
FHSS bant genişliği

$$W_s = 2 \cdot k \cdot W_d$$

$$T_c = 2 \cdot T_s = 4T$$

MFSK Sembolü

00	11	01	10
01	11	01	10



Fast : her bir bit için (iki bit için değil) $T_s > T_c$ ve $T_s > T$

FHSS Performans İncelemesi

— Çok sayıda frekans kullanılır.

— Jamming'e oldukça dayanıklı bir sistemdir

✓ Jammer bütün frekanslarda bozma yapmaz.

✓ Eğer jammer'ın geçerken şifre oluyorsa kabul edilirse, frekans bozma dışarı jammer

gücü düşer ve ısıtma bozma

2014 VİZE SORULARI

1) Bant genişliği, kanal kapasitesi nedir?

a) Nyquist $SNR=300$

İkili iletişim için 5 MHz-6 MHz arası kullanılabilecek

→ Shannon'a göre $C=?$

2) Modülasyon nedir.

a) Nasıl kullanılır.

b) Elektromanyetik yayılım nedir?

c) 200 MHz için $f=?$ $T=?$

3) ASK, PSK, MFSK, FSK açılımı.

1100011011 A, P, M gir

4) FHSS nedir?

Açılımı nedir?

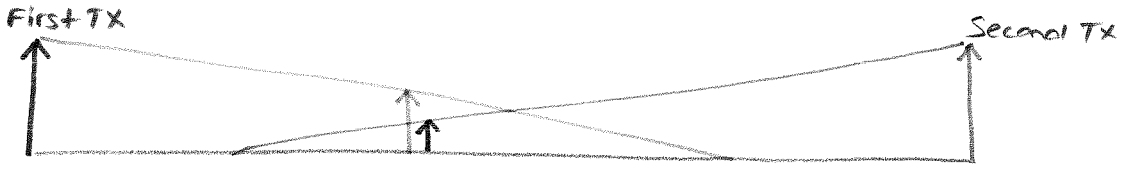
6- HÜCRESEL AĞLAR

Hücresel Ağlar

- İlk mobil ağı sistemlerinde amaç tek bir yüksek güçlü anten ile oldukça geniş bir alanı kapsamaktı (max of 12 calls in New York city in 1990)
 - Hücresel ağı konseptinde, yüksek güçlü gönderici yerine düşük güçlü göndericiler kullanılır.
 - Her bir baz istasyonu bütün kanallardan bir kısmını alır.
 - Prensip: talep arttıkça baz istasyonu sayısını artır ve iletim gücünü düşür. Böylece belli sayıda kanal tekrar tekrar kullanılarak (channel reuse) göreceli olarak çok sayıda kullanıcıya hizmet eder.
 - Bir sistem içinde bütün hücresel baz istasyonları için kanal gruplarını seçme ve yer ayırma tasarım süreci frekansın yeniden kullanımı veya frekans planlaması olarak bilinir.
 - Space division multiplex kullanılır. Yani bir baz istasyonu belli bir bölgeyi kapsar. (cell, hücre)
 - Mobil istasyonlar sadece baz istasyonu ile iletişim kurarlar.
 - Hücre yapısının avantajları:
 - * Yüksek kapasite, yüksek kullanıcı sayısı anlamına gelir.
 - * Düşük iletim gücü gerektirir.
 - * Daha güvenilir ve bağımsız yönetim söz konusudur.
 - * Baz istasyonu yerel olarak girişim ve iletim ortamından faydalanır.
 - Problemler :
 - * Bütün baz istasyonlarını bağlamak karmaşık bir yapı gerektirir.
 - * Devir teslim gerekir (Bir hücreden diğerine geçiş)
 - * Diğer sağırmalar ile girişim.
 - Hücre boyutları şehirlerde 100 m, kırsal kesimlerde 35 km (GSM) dir.
- ### Hücresel gösterimi:
- Footprint : Bir hücrenin gerçek radyo kaplama alanı (Başlıklar ve örtülen bölgeler kare, eşkenar üçgen)
 - Altıgen geometri, bir coğrafik alanı kapsamak için daha az sayıda hücre kullanılması sağlar.
- ### Kanal tanımları:
- Bir kanal şöyle karakterize edilir.
 - x FDM'de frekans bandı (Frequency division multiplexing)
 - x TDM'de zaman yuvası (Time division multiplexing)
 - x CDM'de dik modülasyon kodu. (Code division multiplexing)
 - x Veya bunların kombinasyonu.

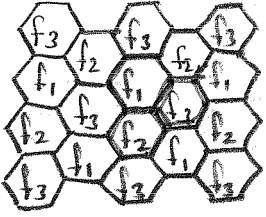
Kanal Tetrar Kullanımı

→ Ana göndericiden alınan enerjinin, ikinci göndericiden baskın olabilmesi için, eğer kanalı kullanan ikinci gönderici ana göndericiden yeterince uzakta ise kanal yeniden kullanılır.

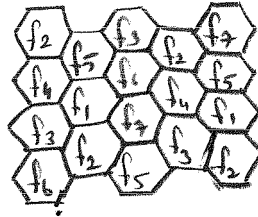


Frekans Planlaması

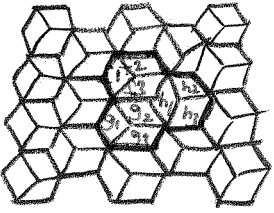
→ 3 hücre demeti



→ 7 hücre demeti



→ 3 sektör anteni ile 3 hücre demeti



Kapasite ve Demet

N : Grup içerisindeki hücre sayısı (Demet boyutu)

k : Bir grubun her hücresindeki kanal sayısı

S : Grupta kullanılabilecek çift yönlü kanal sayısı (demet)

N hücreleri demet olarak isimlendirilir.

M : demet sayısı ve C : kapasite

Cluster size = 3, 4, 7, 12

$$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \boxed{S = k \cdot N}$$

$$\left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \boxed{C = M \cdot k \cdot N = M \cdot S}$$

⚠ C kapasitesini en büyük yapmak için en küçük N değeri kullanılır. (Girişim)

⚠ Bir hücresel sistemin frekansı (veya kanalı) yeniden kullanım faktörü $1/N$ ile verilir.

$$\boxed{N = i^2 + j^2}$$

ÖRNEK: Tam çift yönlü sesi sağlamak ve kontrol etmek için iki adet 25 kHz tek yön kanal kullanan özel FDD hücreli telefon sistemine toplam 33 MHz bant genişliği ayrılmış ise $N=4, 7$ ve 12 ise hücre başına düşen kanal sayısı ve k ne olur?

$$33000 / (25 \times 2) = 660 \text{ toplam kanal sayısı}$$

$$660 / 4 = 165 \text{ kanal / hücre}$$

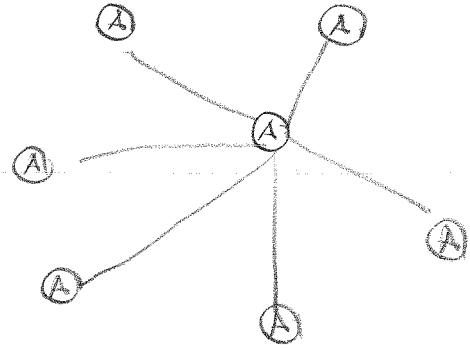
$$660 / 7 = 94 \text{ kanal / hücre}$$

$$660 / 12 = 55 \text{ kanal / hücre}$$

ÖRNEK ilk düşünceler şeylerden bir tanesi;

baz istasyonlarını, sabit olarak planlama

(buna sonra bunları yazacağız) önceden bir fizibilite çalışması yap. Ortam-traffic yoğunluklarını belirle istasyonları ona göre konumlandır.



$$N=7$$

$$i=3$$

$$j=2$$

Kanal Dağıtım Stratejileri

→ Sabit kanal atama:

- * Belirli frekanslar, belirli hücrelere atanır.
- * Problem: farklı hücrelerde farklı trafik yükünün olması
- * Blocklama: Eğer bir hücrede bütün kanallar dolu ise, yeni bir çağrı bloklanır.

→ Düzgün olmayan yük dağılımının etkisini alt etmek için stratejiler:

- * Düzgün olmayan kanal ayırma: Her bir hücreye atanan kanal sayısı, beklenen yüke bağlıdır.

→ Sabit kanal atama:

- Kanal ödün alma şemaları: girişim kısıtları yerine getirilmesi halinde, komşu bir hücreden bir kanal ödün; aramalar tamamlandıktan sonra ödün kanalları döndürülür.
- Kanal kilitleme: Bir kanal ödün alındığı zaman, diğer bazı hücrelerin onu kullanmaları yasaktır.

→ Dinamik kanal atama: (DCA)

- * Kanallar trafığa göre atanır.
- * Mobil anahtarlama merkezi, komşu hücreler tarafından zaten kullanılan frekanslara göre frekanslar seçer. → MSC
- * Hücrelerde daha fazla kapasite kullanımı, daha fazla trafik demektir.
- * MSC kanal mesguliyeti, trafik dağılımı gibi bilgileri gerçek zaman verisi olarak toplar.

→ DCA Stratejileri

- * Merkezi DCA: Merkezi controller veya merkezi havuz.
- * Dağıtık DCA:

→ Hibrit Kanal Atama (HCA)

* Toplam kanal kümesi iki alt kümeye ayrılır:

1. İlk kanal kümesi FCA tarafından hücrelere atanır.

2. İkinci alt küme merkezi havuzda tutulur, ve istekte hücrelere dinamik atanır.

Devir Teslim

→ Kullanıcı hareket ettiğinde devam eden bir çağrı bir hücreden diğerine aktarılır. Buna devir teslim denir.

→ Kotı ve Yumuşak Devir Teslim:

→ Kotı Teslim: Mobil (cep) bir sonraki kanalı seçmeden bir kanalı bırakır (TDMA sistemlerinde)

→ Yumuşak Teslim: Mobil istasyon, bir veya daha fazla baz istasyonundan işaret alır, bunları karşılaştırır ve en iyi isareti seçer (CDMA sistemlerinde)

→ (Devir) Teslim Önceliği

* Devam eden çağrılara karşı yeni çağrılar (QoS)

* Çağrı engelleme oranı

* Çağrı bırakma oranı

* Öncelik teslimi

* Koruma kanalı kavramı

* Teslim istek kuyruğu

Hücresel Ağlarda Girişim

→ Girişim, kablosuz hücresel sistemlerde önemli sınırlayıcı faktördür.

→ Girişim, kapasite artırımıyla en önemli bir bəğəz olup çağrı düşmesine sebep olur.

→ Eş kanal girişimi ve bitişik kanal girişimi olmak üzere iki şekildedir.

→ Eş kanal hücre: Aynı frekans kümesini kullanan hücrelerdir. Bu hücreler arasındaki girişim eş kanal girişimi olarak adlandırılır. Eş kanal hücreleri mutlaka minimum mesafe ile ayrılmalıdırlar.

Yeniden Kanal Kullanımı

Yeniden kullanım mesafesi;

Δ : En yakın eşkanal hücrelerinin merkezleri arası uzaklık

R : Çemberin yarıçapı

Kanal yeniden kullanım oranı:

$$Q = \frac{\Delta}{R} = \sqrt{3N}$$

→ Q nın küçük değerleri N küçük olduğundan daha fazla kapasite sağlar.

→ Q nın büyük değerleri daha iyi QoS demektir.

SIR ve SNR

SIR : Signal to Interference Ratio

SNR : Signal to Noise Ratio

S : Ortalama işaret gücü

I : Ortalama girişim gücü (veya gürültü)

Kanal Yeniden Kullanım Oranı :

→ Eş kanal yeniden kullanım oranı: $Q = D/A = (3N)^{1/2}$

→ Q azalırsa C artar ve Q'nun küçük olması daha iyi QoS anlamına gelir.

$$\frac{S}{I} = \frac{S}{\sum_{i=0}^L I_i}$$

S : İstenen işaret gücü

I_i : i. girişimci kanal hücresi, batı istasyonunun neden olduğu girişim gücü.

Trunking, GoS, Cell Sectors

→ Trunking, kullanıcılara kanal havuzunu paylaşmasına izin verir.

→ Trunking teorisi, bir ağdaki desteklenen kullanıcı sayısını belirler : Eğer kanal sayısı değilse Engelle ve kuyruğa at.

Trafik Yoğunluğu

$$= (\text{Çağrıların geliş oranı}) \times (\text{Ortalama çağrı süresi})$$

Erlang

→ 1 Erlang, tamamen meşgul olan bir kanal tarafından taşınan trafik yoğunluğu miktarı. (Saat başına 1 çağrı - saat veya dakika başına 1 tüm-dk)

→ Örneğin ; Bir saat süresince 30 dk için meşgul olan bir radyo kanalı 0.5 Erlang trafik taşır.

Servis Derecesi (Grade of Service GoS)

→ GoS, en yoğun saat boyunca bir kullanıcının trunk sistemine ulaşım yeteneğinin bir ölçüsüdür.

→ Verilen GoS için, kablosuz tasarımcıların işi en fazla gerekli kapasiteyi belirlemek ve uygun kanal sayısını ayırmaktır.

→ GoS genellikle engellenen veya geciktirilen çağrının olasılığı olarak verilir.

Toplam Trafik Yoğunluğu

Her bir kullanıcı A_u Erlang trafik yoğunluğu üretir.

$$A_u = \lambda H$$

λ : Ortalama çağrı süresi

H : Birim zamanda ortalama çağrı istediği

U : bütün kullanıcıların sayısı.

$$A = U \cdot A_u$$

→ Kanal başına trafik yoğunluğu ;

$$A_c = U \times A_c / C$$

→ Tasarım en yoğun saatte sadece %2 engelleme ile çalışarak şekilde yapılır.

Trunked Sistemler

→ İki tip trunked sistem vardır.

* Engellenmiş çağrılar sınırlıdır (Kuyruk baş ise Erlang B formülüne göre)

→ Engellenmiş çağrılar geçiktirilir. (Erlang C Formülü)

→ Erlang B engellenen çağrı olasılığını belirtir.

$$P_r[\text{blocking}] = \frac{\frac{A^C}{C!}}{\sum_{k=0}^C \frac{A^k}{k!}} = GOS$$

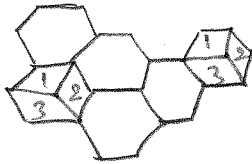
Handover
Fast print
Delta modülasyonu
Çağullama - kanal bölme
Hücresel ağ 316711

→ Erlang C, bir kanala anında erişemeyen çağrı olasılığını belirtir.

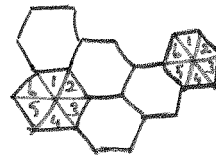
FINAL

$$P_r[\text{delay} > 0] = \frac{A^C}{A^C + C! \left(1 - \frac{A}{C}\right) \cdot \sum_{k=0}^{C-1} \frac{A^k}{k!}}$$

Sektörleme



a) 120° sektörleme



b) 60° sektörleme.

Frekansların belli bir açı ile gitmesi olayıdır. Bölgeleme ilk kademede girişim bantlarının sayısını azalttığından girişim azalır. Bu nedenle bölgeleme, sistemdeki her bir kullanıcı için S/I'yı iyileştirir.

FORMÜLLER

1-) Nyquist Bant Genişliği :

İkili işaretler için $C=2B$

Çok seviyeli işaret için $C=2B \cdot \log_2 M$

M: Ayrık işaret sayısı veya voltaj seviyesi.

2-) İşaret Gürültü Oranı : $SNR/S/N$

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

3-) Shannon Kapasite Formülü

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

4-) Antenna Power Gain Effective Area

Isotropic $\rightarrow 1 \rightarrow \lambda^2/4\pi$

Small dipole

or loop $\rightarrow 1.5 \rightarrow 1.5 \lambda^2/4\pi$

Half-wave

dipole $\rightarrow 1.64 \rightarrow 1.64 \lambda^2/4\pi$

Horn mouth

Area A $\rightarrow 10A/\lambda^2 \rightarrow 0.81A$

Parabola

face area A $\rightarrow 7A/\lambda^2 \rightarrow 0.56A$

Turnstile $\rightarrow 1.15 \rightarrow 1.15 \lambda^2/4\pi$

7-) Serbest uzay kaybı :

$$\frac{P_t}{P_r} = \frac{(4\pi d)^2}{\lambda^2} = \frac{(4\pi f d)^2}{c^2}$$

P_t : gönderici antenindeki işaret gücü

P_r : alıcı antenindeki işaret gücü

λ : taşıyıcı dalga boyu

d : antenler arası yayılım uzaklığı

c : ışık hızı ($3 \cdot 10^8$ m/s)

} aynı birim olmalı

$$L_{dB} = 10 \cdot \log_{10} \frac{P_t}{P_r}$$

$$= 20 \cdot \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)$$

$$= -20 \cdot \log(\lambda) + 20 \cdot \log(d) + 21.98 \text{ dB}$$

$$= 20 \cdot \log \left(\frac{4\pi f d}{c} \right)$$

$$= 20 \cdot \log(f) + 20 \cdot \log(d) - 147.56 \text{ dB}$$

5-) Anten kazancı ve etkin alan arasındaki

ilişki :

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

G : Anten kazancı

A_e : etkin alan

f : taşıyıcı frekans

c : $3 \cdot 10^8$ m/s

λ : taşıyıcı dalga boyu.

$$G_{dB} = 10 \cdot \log_{10} G$$

6-) Görüş hattı denklemleri

Optik görüş hattı $\rightarrow d = 3.57 \sqrt{h}$

Etkin veya radio $\rightarrow d = 3.57 \sqrt{k h}$

görüş çizgisi

iki anten arası $\rightarrow 3.57 (\sqrt{k h_1} + \sqrt{k h_2})$

max uzaklık

d : anten ve ufuk çizgisi arası uzaklık (km)

h : anten yüksekliği (m)

h_1 : 1. antenin yüksekliği (m)

h_2 : 2. " "

k : kırılma faktörü = $4/3$

7-) Devam...

Diğer anten kazancını dikkate alan

Serbest uzay kaybı:

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

G_t : Gönderici anten kazancı

G_r : Alıcı anten kazancı

A_t : Gönderici antenin etkin alanı

A_r : Alıcı antenin etkin alanı

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

$$= -20 \cdot \log(f) + 20 \cdot \log(d) - 10 \cdot \log(A_t A_r) + 169.54 \text{ dB}$$

8-) Isıl Gürültü

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

N_0 : 1Hz başına düşen gürültü gücü yoğunluğu.

k : Boltzmann sabiti $1.3803 \times 10^{-23} \text{ J/K}$

T : Sıcaklık (Kelvin) mutlak sıcaklık.

$$N = k \cdot T \cdot B \text{ (watt)}$$

$$N_{dB} = 10 \cdot \log k + 10 \cdot \log T + 10 \cdot \log B$$

$$= -228.6 + 10 \cdot \log T + 10 \cdot \log B$$

B : Bant genişliği (Hz)

9-) E_b / N_0 1 bit işaret, 1 Hz.

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

$$\left(\frac{E_b}{N_0} \right)_{dB} = S_{dBW} - 10 \cdot \log P - \underbrace{10 \cdot \log k - 10 \cdot \log T}_{-228.6}$$

10-) Multiple FSK

$$S_i(t) = A_i \cos(2\pi f_i t)$$

$$f_i = f_c + (2i-1-M) \cdot f_d \quad 1 \leq i \leq M$$

f_c : taşıyıcı frekansı

f_d : fark frekansı

M : Ayırık sinyal elemanlarının sayısı $= 2^L$

L : Sinyaldeki sn'deki bit sayısı.

T_s : Geliş elemanının bekleme süresi.

$$T_s = L \cdot T$$

$$\text{Data rate} = 1/T$$

Toplam bant genişliği: $2M f_d$

minimum frekans ayrımı: $2 \cdot f_d = 1/T_s$

bant genişliği: $W_d = 2^L / L \cdot T = M / T_s$

11-) Çoklu seviyeli PSK

$$\Delta = \frac{P}{L}$$

Δ : modülasyon oranı (baud)

$$L$$

P : Veri oranı (bps)

$$= \frac{P}{\log_2 M}$$

M : farklı işaret eleman

sayısı $= 2^L$

L : işaret elemanı başına bit sayısı.

12-) Performans

$$\text{ASK ve PSK} \rightarrow B_T = (1+r) \cdot P$$

$$\text{FSK} \rightarrow B_T = 2 \Delta F + (1+r) \cdot P$$

$$\text{MPSK} \rightarrow B_T = \left(\frac{1+r}{L} \right) \cdot P = \left(\frac{1+r}{\log_2 M} \right) \cdot P$$

$$\text{MFSK} \rightarrow B_T = \left(\frac{(1+r) \cdot M}{\log_2 M} \right) \cdot P$$

P : bit rate

$$0 < r < 1$$

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

L : işaret elemanı başına kodlanmış bit sayısı

M : Farklı işaret elemanı sayısı.

3-) QAM

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

27 farklı seviye.

4-) Genlik Modülasyonu

$$S(t) = [1 + n_a \cdot x(t)] \cdot \cos(2\pi f_c t)$$

$\cos(2\pi f_c t)$ taşıyıcı

$x(t)$: giriş işareti

n_a : modülasyon indeksi.

5-) İletilen güç

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

P_t : $S(t)$ içerisinde toplam iletilen güç

P_c : taşıyıcıda iletilen güç

$n_a \uparrow$

16-1 Açı Modülasyonu

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

Faz ; $\phi(t) = n_p \cdot m(t)$

n_p : faz modülasyon indeksi.

17-) Açısal modülasyon

Carson kuralı $B_T = 2 \cdot (\beta + 1) \cdot B$

$$\beta = \begin{cases} n_p \cdot A_m & , \text{ PM} \\ \frac{\Delta f}{B} = \frac{n_f \cdot A_m}{2\pi B} & , \text{ FM} \end{cases}$$

AM $\rightarrow B_T = 2B$

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

18-) Kuantalama (iki seviye arasındaki fark)

$$\Delta = (V_{\max} - V_{\min}) / \text{Lokasyon bölüm sayısı.}$$

9-) Slow Frequency Hop

MFSK için $M = 4$

$$W_d = M \cdot f_d$$

$k=2 \Rightarrow 2k=4$ farklı kanal

$$W_s = 2k \cdot W_d$$

$$T_c = 2T_s = 4T$$

W_s : FHSS bant genişliği

$$T_c > T_s > T$$

Nyquist

İkili işaretler için $C=2B$

Gök seviyeli iş için $C=2B \log_2 M$

M: ayrık iş. sayısı / voltaj seviyesi

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

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

Isotropic	1	$\lambda^2 / 4\pi$
Small dipole or loop	1.5	$1.5 \lambda^2 / 4\pi$
Half wave dipole	1.64	$1.64 \lambda^2 / 4\pi$
Horn mouth area A	$10A / \lambda^2$	$0.81A \quad (A=\pi)$
Parabola face area A	$7A / \lambda^2$	$0.56A \quad (A=\pi)$
Turnstile	1.15	$1.15 \lambda^2 / 4\pi$

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

f: taşıyıcı fre.
c: ışık hızı
($3 \cdot 10^8$ m/s)

$$\lambda = c / f \quad A \text{ yerine } \pi \text{ getir.}$$

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

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

$$d \text{ km, } h \text{ m. } k = \text{kur. kat.} = 4/3.$$

$$3.57(\sqrt{k h_1} + \sqrt{k h_2})$$

$$\frac{P_t}{P_r} = \frac{(4\pi d)^2}{\lambda^2} = \frac{(4\pi f d)^2}{c^2}$$

$$QAM = 2^n$$

$$L_{dB} = 10 \log_{10} (P_t / P_r) = 20 \log (4\pi f d / c)$$

$$= 20 \log (\lambda) + 20 \log (d) + 21.98 \text{ dB}$$

$$= 20 \log (4\pi f d / c)$$

$$= 20 \log (f) + 20 \log (d) - 147.56 \text{ dB}$$

Diğer antenlerin kazançlarını dikkate alarak;

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

G: kazanç
A: etkin alan

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

$$= -20 \log (f) + 20 \log (d) - 10 \log (A_t A_r) + 169.54 \text{ dB}$$

$$N_0 = k \cdot T \quad (W/Hz) \quad k: 1.3803 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

T: kelvin.

$$N = k \cdot T \cdot B \quad (\text{Watt olarak})$$

$$N = 10 \log k + 10 \log T + 10 \log B$$

$$= -228.6 \text{ dBW} + 10 \log T + 10 \log B \quad (\text{dBWatt})$$

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

B: veri iletim hızı
S: sinyal gücü.

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

da çıkış iş. elemanının bekleme süresi

$$T_s = L \cdot T \text{ sn.}$$

$$M \rightarrow s_i(t) = A_i \cos(2\pi f_i t)$$

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

$$\rightarrow 1/T$$

toplam bant genişliği: $2M f_d$

min. frekans ayrımı: $2f_d = 1/T_s$

ihtiyaç duyulan bant genişliği: $W_d = 2^L / LT = M / T_s$

$$MPSK \rightarrow B = \frac{R}{L} = \frac{R}{\log_2 M}$$

D: modülasyon oranı
L: data rate

SK için performans: $B_T = (1+r) \cdot R$

performans: $B_T = 2\Delta F + (1+r) \cdot R$

R: bit rate
0.2521

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

SK için performans:

$$B_T = \left(\frac{1+r}{L} \right) \cdot R = \left(\frac{1+r}{\log_2 M} \right) \cdot R$$

SK için performans:

$$B_T = \left(\frac{(1+r)M}{\log_2 M} \right) \cdot R$$

B_T : bandwidth

AM

modülasyonu:

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

n_a : modülasyon indeksi

AMC

gönderilen güç

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

$$\left[\frac{n_a^2}{2} \right]$$

$$\frac{P_c}{P_t}$$

modülasyonu:

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

modülasyonu:

$$\phi(t) = n_p \cdot m(t)$$

n_p : faz modülasyon indeksi

AM Modülasyonu için $B_T = 2B$.

Acısal Modülasyon:

$$\text{Carson kuralı} \rightarrow B_T = 2(\beta + 1) \cdot B$$

$$\beta = \begin{cases} n_p \cdot A_m & \text{for PM} \\ \frac{\Delta F}{B} = \frac{n_f \cdot A_m}{2\pi B} & \text{for FM} \end{cases}$$

FM için formül şöyle olur: $B_T = 2\Delta F + 2B$

SK kullanan FHSS

2 verici için bit süresi; $T_b = 1/R$

işaret eleman süresi; $T_s = L \cdot T$

frequency hop

$$W_d = M \cdot f_d \rightarrow \text{MFSK bant genişliği}$$

$$W_s = 2k \cdot W_d \rightarrow \text{FHSS bant genişliği}$$

Hücreler Ağlar - Kapasite & Demet

$$S = k \cdot N, \quad C = M \cdot N = M \cdot S$$

M: demet sayısı

k: her hücredeki kanal sayısı

S: ağıt yönlü kanal sayısı

N: hücre sayısı

yeniden kullanım faktörü 1/N

$$N = j^2 + i \cdot j + i^2$$

teniden kanal kullanımı

1. $Q = \frac{D}{R} = \sqrt{3N}$ D: uzatlık
R: yarıçap

2. $\frac{S}{I} = \frac{S}{\sum_{i=0}^I I_i}$ S: iletme gücü
I: girişim gücü

Trafik yoğunluğu

Gağrıların geliş oranı x Ortalama
cağrı süresi.

Toplam trafik yoğunluğu

$A_u = \lambda \cdot H$ λ : ortal. cağrı süresi

$A = U \cdot A_u$ H: ortal. cağrı istat.
(birim zamanda)

U: tüm kullanıcıların
sayısı.

Kanal başına trafik yoğunluğu

$A_c = U \cdot A_u / C$

Erlang B :

$P_r [\text{blocking}] = \frac{\frac{A^C}{C!}}{\sum_{k=0}^C \frac{A^k}{k!}} = GOS$

Erlang C

$P_r [\text{delay}] = \frac{A^C}{A^C + C! \left(1 - \frac{A}{C}\right) \sum_{k=0}^{C-1} \frac{A^k}{k!}}$

Kuantalama : $\Delta = (V_{max} - V_{min}) / \text{Lisans bölün. sayısı}$

3K $B = 3400 \text{ Hz}$, $SNR = 10000$ bir kanal için Shannon kapasitesi

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

$= 3400 \cdot \log_2(1 + 10000) = 3400 \cdot \log_2 10001 = \underline{\underline{45178.712 \text{ bps.}}}$

$SNR = 10000$

$SNR_{dB} = 10 \cdot \log_{10} 10000 = 40 \text{ dB.}$

6R 3 MHz - 4 MHz arası kanal spektrumu;

Hz < KHz < MHz < GHz.

$SNR_{dB} = 24 \text{ dB}$ ise $SNR = ?$ $B = ?$ Shannon ile $C = ?$

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

$SNR_{dB} = 10 \cdot \log_{10} SNR$

$24 = 10 \cdot \log_{10} SNR \Rightarrow 2,4 = \log_{10} SNR \Rightarrow SNR = 10^{2,4} \Rightarrow \boxed{SNR = 251.18}$

$C = B \cdot \log_2(1 + SNR) \Rightarrow C = 10^6 \cdot \log_2(1 + 251.18) \Rightarrow C = 10^6 \cdot \log_2 252 = 7.97 \times 10^6 \text{ bps} \Rightarrow 7.97 \text{ Mbps}$

* Kac isaretleme seviyesi gereklidir?

$\approx 8 \text{ Mbps.}$

ikili is = $C = 2B \Rightarrow C \neq 2B \Rightarrow 8 \cdot 10^6 \neq 2 \cdot 10^6$ old. C'den is formulu kull.

$C = 2B \cdot \log_2 M \Rightarrow 8 \cdot 10^6 = 2 \cdot 10^6 \cdot \log_2 M \Rightarrow \boxed{M = 16}$

6R frekansı 12 GHz ve capı 2m parabolik anten etkin alanı alan kazaı = ?

Etkin alanı: 0.56A

$A_e = 0.56A = 0.56\pi \rightarrow$ Etkin alan

$f = 12 \text{ GHz} = 12 \times 10^9 \text{ Hz}$

Ant kazancı: $\frac{4A}{\lambda^2}$ $\lambda = c/f = 3 \cdot 10^8 / 12 \cdot 10^9 = 0.25 \cdot 10^{-1} = 0.025 \text{ m.}$

$R = 2 \text{ m.}$

$\frac{4\pi}{(0.025)^2} = 35185.6 \approx 35186.$

$G_{dB} = 10 \cdot \log_{10} G = 10 \cdot \log_{10} 35186 = \underline{\underline{45.4636 \text{ dB.}}}$

2R Dönryada 35863 km uzaklığı bir uydu (isotropik (46 MHz)) ser. ver. kabı = ?

Ant. kazancı = 1.

Etkin alanı: $A^2/4\pi$

$f = 46 \text{ MHz} = 4.6 \cdot 10^7 \text{ Hz}$

$\lambda = c/f = 3 \cdot 10^8 / 4.6 \cdot 10^7$

$= 3/4 \cdot 10^{-1} \text{ m}$

$d = 35863 \text{ km} = 35863 \cdot 10^3 \text{ m.}$

\rightarrow Ant kazancı 44 dB ve 48 dB olmalı?

$195.5716 - 44 - 48 = \underline{\underline{103.5716 \text{ dB}}}$

\rightarrow Yerde 250 W ile sinyal gönderilse uyduda alınan sinyalin gücü ?

$L_{dB} = -20 \log(3/4 \cdot 10^{-1}) + 20 \log(35863 \cdot 10^3) + 21.98 \text{ dB}$

$= -20 \log(0.075) + 20 \log(35863000) + 21.98 \text{ dB}$

$= 22.4987 + 151.0929 + 21.98 \text{ dB}$

$= \underline{\underline{195.5716 \text{ dB.}}}$

$10^{195.5716/10} = 10 \cdot \log_{10} 250 = 73.97 \approx 74 \text{ dB}$

$\frac{P_t}{P_r} = \text{bulalım.}$ $10 \cdot \log_{10} (P_t/P_r) = L_{dB} = 195.5716.$

$\frac{P_t}{P_r} = 3.6071 \times 10^{19}$

$\frac{240}{P_r} = 1.955716 \cdot 10^5, 57$

$P_r = 6.93 \times 10^{-18} \text{ W}$ 0.78.

32

T = 296 K

N = kTB

B = 10 MHz = 10 · 10⁶ Hz

N = 1.3803 · 10⁻²³ · 296 · 10 · 10⁶ W

termal gürültü?

N = ~~10~~ -228.6 + 10 · log 296 + 10 · log 10⁷

-228.6 + 24.68 + 70

= -133.92 ≈ -134 dBW

32

10⁻⁴ / 0.6 hatırlanır. ile çalışabiliyoruz

T = 290 K, verilecek hız 240 bps ise

E_b / N₀ = 8.4 dB olarak.

Signal güçü = ? S = ?

E_b / N₀ = S / R = ~~S~~ / kTR = 8.4 dB

10 · log 8.4 = E_b / N₀ = 9.24

S / (1.3803 · 10⁻²³ · 290 · 2400) = 9.24

S = 8.876 · 10⁻¹⁷
S_{dB} = 10 · log 8.876 · 10⁻¹⁷
= -160.517 dBW

AM → 10 kW güç → transistör P_t

η_a = 0.6 ⇒ P_c = ?

transistörün top. güç oranı = ?

P_t = P_c · (1 + η_a² / 2) ⇒ $\frac{10 \text{ kW}}{1.18} = P_c \cdot \left(1 + \frac{0.6^2}{2}\right) \Rightarrow P_c = \underline{8.47 \text{ kW}}$

$\frac{P_c}{P_t} = \frac{8.47}{10} = 0.847$ ~~0.847~~ $\frac{0.36}{2} \approx 0.18$ 0.847