

- Android
- **Noțiuni generale despre radio**
- **Accesul la mediu**
 - SDMA, FDMA, TDMA, CDMA
 - CSMA/CA
- **Sisteme de comunicații mobile**
 - 2G: GSM
 - 3G: UMTS
 - 4G: LTE
- **WiFi**
 - 802.11a/b/g/n/ac/ad
 - Infrastructuri
- **Mobile IP**
 - Locator/Identifier split
 - Routing
- **Mobilitate nivel transport**
 - I-TCP, middlebox-uri
- **VoIP**
 - QoS, SIP
- **Descoperire servicii**
 - zeroconf, mDNS, DNS-SD
- **Servicii de locație**
 - Exterior: GPS, CellID
 - Interior: WiFi

Noțiuni generale despre radio



- Unități de măsură
- Atenuare
- Nivelul fizic
- Codare, modulare, MCS
- Nivelul legătură de date
- Detecție, corecție
- FEC, ARQ, HARQ

Unități de măsură



- Bandă

Fizic: MHz

Rețea: Mbps = 10^6 bps

- Atenuare dB

$$1 \text{ dB} = 10 \log_{10} (P_1/P_0)$$

- Putere mW, dBm

$$1\text{W} = 1000\text{mW} = 30\text{dBm}$$

$$1\text{mW} = 0\text{dBm}$$

$$P[\text{dBm}] = 10 \log_{10} P[\text{mW}]$$

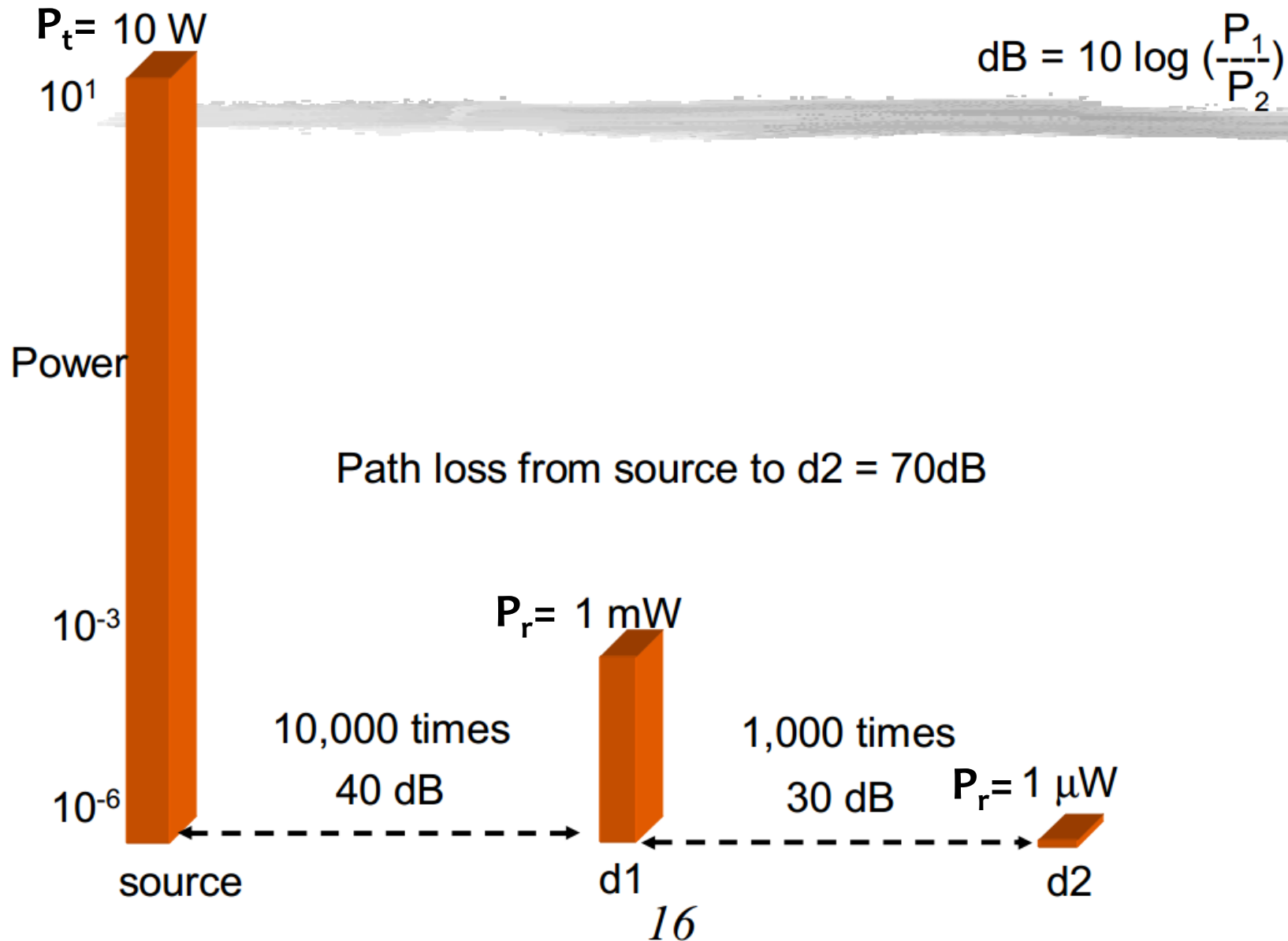
$$P[\text{mW}] = 10^{P[\text{dBm}]/10}$$

$$3\text{dB} \text{ înseamnă } P_1 = 2P_0$$

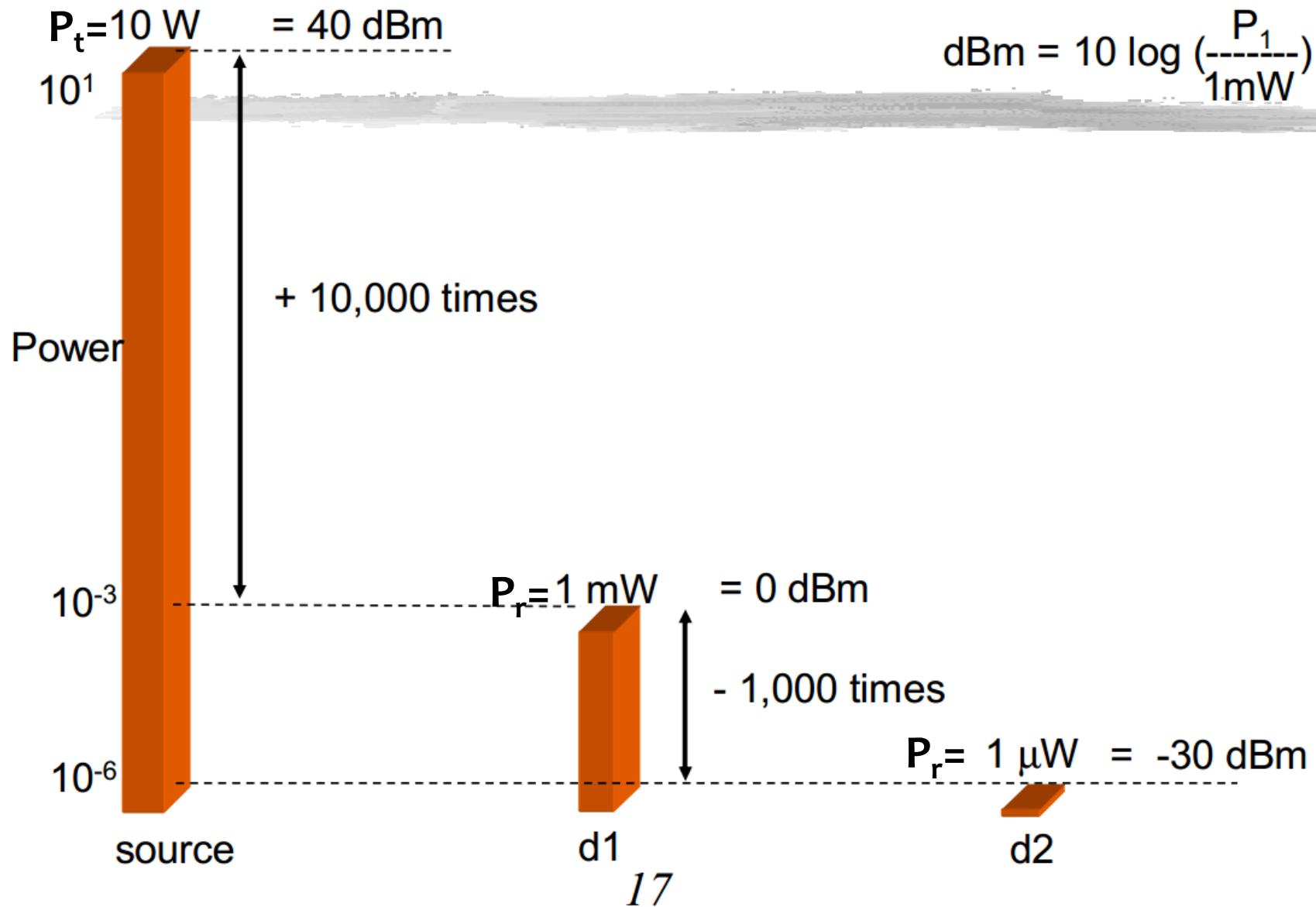
$$10\text{dB} \text{ înseamnă } P_1 = 10P_0$$

mW	dBm
0	$-\infty$
0.000000000001	-100
0.00000000001	-90
0.000001	-50
0.01	-20
0.1	-10
1	0
2	3
4	6
8	9
10	10
100	20
1000	30

Path loss in dB (atenuare)



dBm (absolute measure of power)



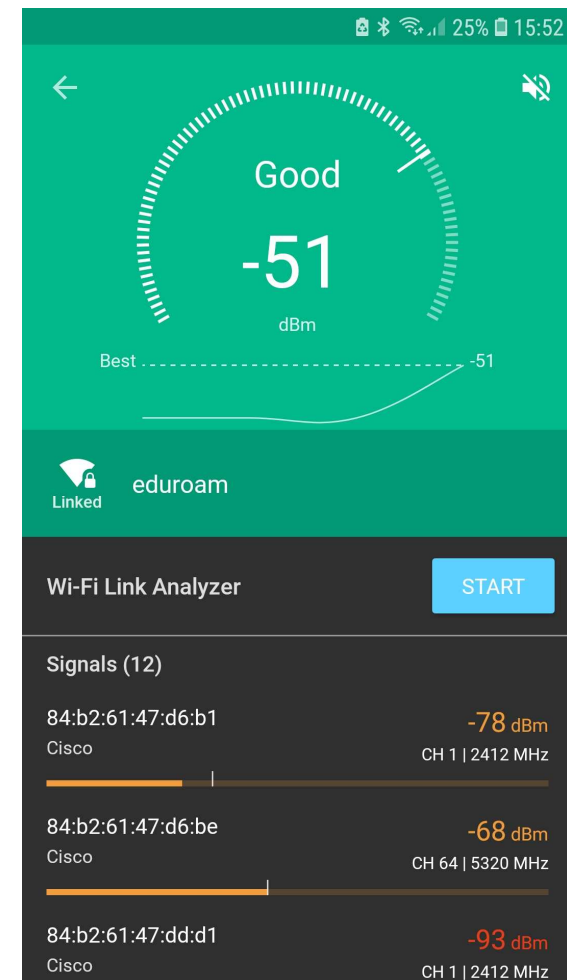
Unități de măsură



- Signal to Noise Ratio $SNR = S[mW]/N[mW]$

$$\begin{aligned} SNR[dB] &= 10\log_{10}(S/N) \\ &= 10\log_{10}S - 10\log_{10}N = \\ &= S[dBm] - N[dBm] \end{aligned}$$

- Temă: instalați programul WiFiman



Atenuarea undelor radio



$$P_r = P_t / \text{atenuare}, \text{ unde } \text{atenuare} = (4\pi df/c)^n$$

d = distanța

f = frecvența purtătoarei

n = exponent specific mediului

c = viteza luminii

mediu	n	propagare
coridoare	1.4 – 1.9	ghid undă
Camere mari, libere	2	free space loss
Camere cu mobilă	3	FSL + multicăi
Camere încărcate	4	non LOS, difracție, împrăștiere
Între etaje	5	traversare podele, pereți

Nivelul fizic (radio)

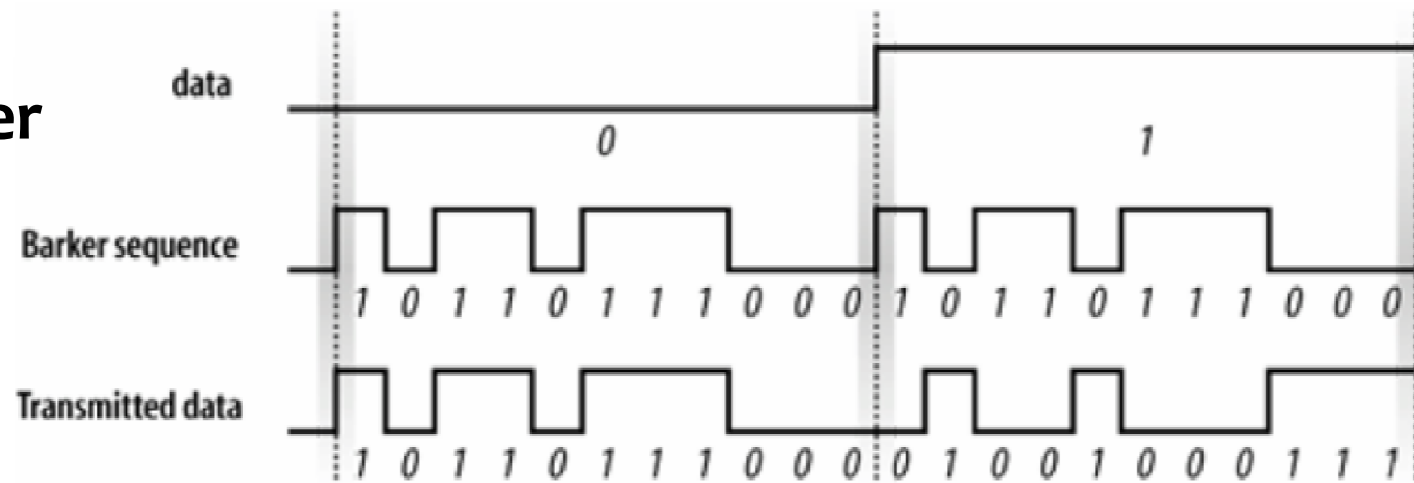


- **Scop:** Transferul biților prin mediu
- **Codare:** transformă un semnal digital în altul, *mai potrivit*
 - Control erori , redundanță (FEC)
 - Bit -> chip (CDMA)
- **Modulare/demodulare**
 - conversia digital–analog-digital
- **MCS = modulation + coding scheme**
- suport L2 (temporizare, sincronizare, încadrare)

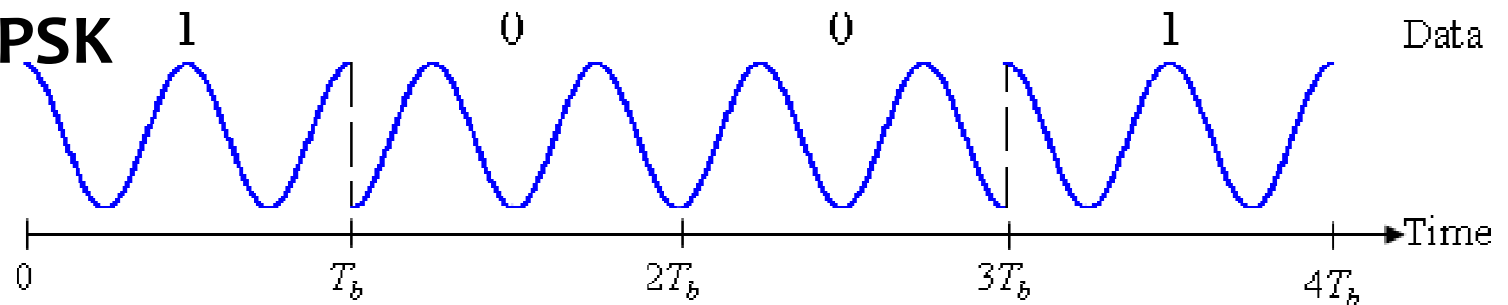
Exemplu MCS pentru WiFi 1Mbps



Codare Barker



Modulare BPSK



Modulation&coding scheme



- MCS = combinație de codare + modulare
- obține o rată fixă de transmisie în bps
- Exemple WiFi: 1Mbps, 54Mbps, 600Mbps, 1.3Gbps
- **MCS mare necesită putere mare**
 - Trimitem la putere mai mare
 - Mergem mai aproape de sursă
 - Folosim o antenă mai mare

Controlul erorilor (PHY + LL)



1. Detectie

- Biți de paritate
- Checksum, CRC

2. Corectie

- FEC (Forward Error Correction)
 - Coduri bloc
 - Hamming, Reed-Solomon

- ARQ (Automatic Repeat Request): Stop&Wait, GoBackN, Selective Repeat

- HARQ (Hybrid ARQ)

physical
layer

link
layer

Detecție vs Corecție



- Ambele sunt necesare
 - Detecție fără corecție?
 - Corecție fără detecție?
- Detecție – overhead mic
 - Ethernet, WiFi: payload CRC 4 octeți
 - IP header checksum: 2 octeți
 - TCP/UDP payload checksum: 2 octeți
- Corecție – overhead **MARE** în timp/biți
 - ARQ: se retransmite
 - FEC: se folosesc biți suplimentari – redundanță

FEC: Coduri Corectoare pe bloc



- Codare la transmisie (FEC encoder)
 - bloc de **k** simboluri se mapează la un cuvânt de **n** simboluri
 - se emit **n** simboluri
- Decodare la recepție (FEC decoder)
 - A. din **n** simboluri primite se recuperează **k** simboluri corecte
 - B. se detectează maximum **t** erori nerecuperabile
 - C. nu se detectează erori, deși ele sunt prezente
- Cod(**n**, **k**)
 - Overhead = (n-k)/k

$$BER = \frac{1}{n} \sum_{i=t+1}^n i \binom{n}{i} p^i (1-p)^{n-i}$$

p = BER necodat

FEC: Cod cu repetiție(3,1)



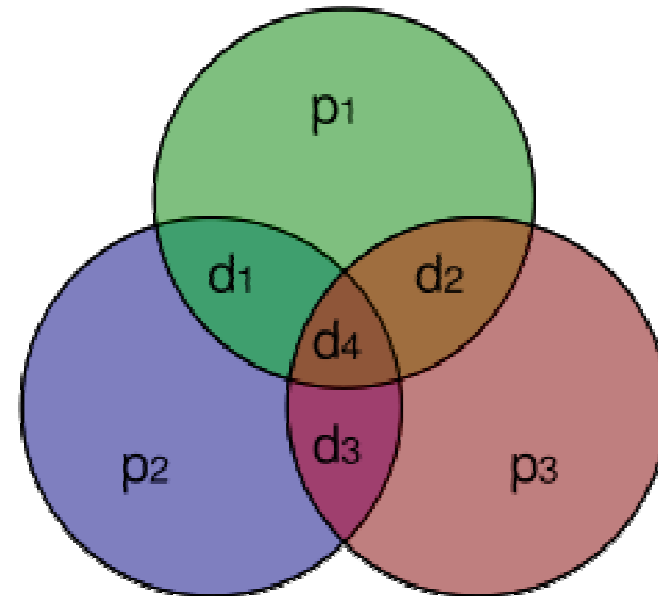
- Simbol = 1 bit
- $k = 1$ $n = 3$
- transmit 3 biți pentru 1
- votează la recepție
- corecție 1 bit eronat
- overhead: 200%

Recepție	Interpretare
000	0(fără eroare)
001	0
010	0
100	0
011	1
101	1
110	1
111	1 (fără eroare)

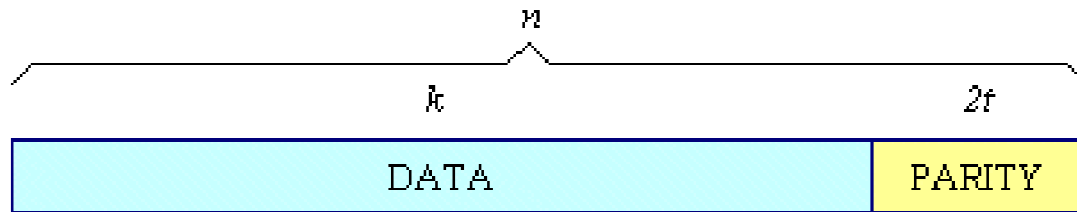
FEC: Cod corector Hamming(7,4)



- $k = 4$ $n = 7$
- Codează 4 biți în 7 biți
- Corectează 1 bit eronat
- Detectează 2 biți eronați
- Overhead 75%



FEC: cod Reed Solomon



Exemplu RS(255, 223):

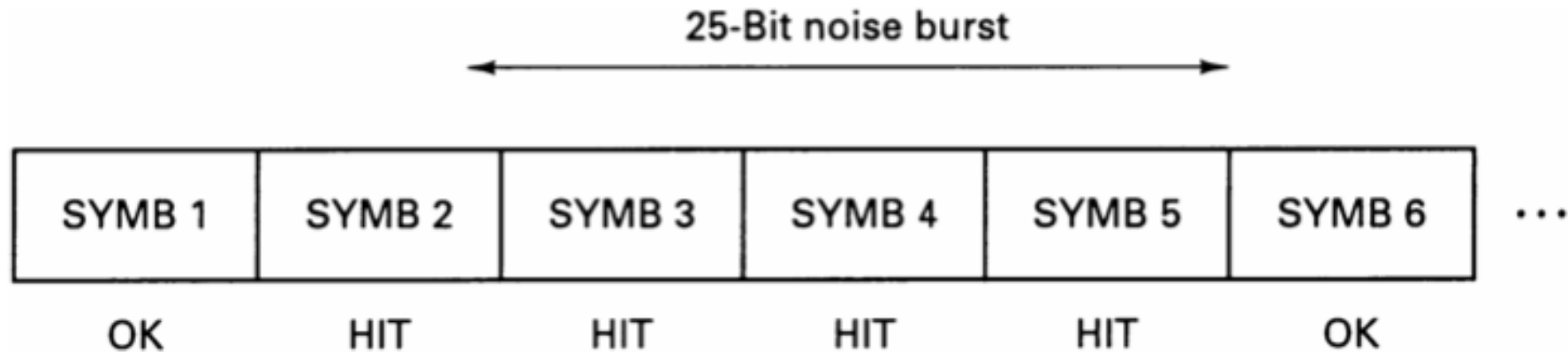
$s=8$ bit per simbol

$2t=32$ simboluri de paritate

$n=2^s-1$ lungimea cuvântului

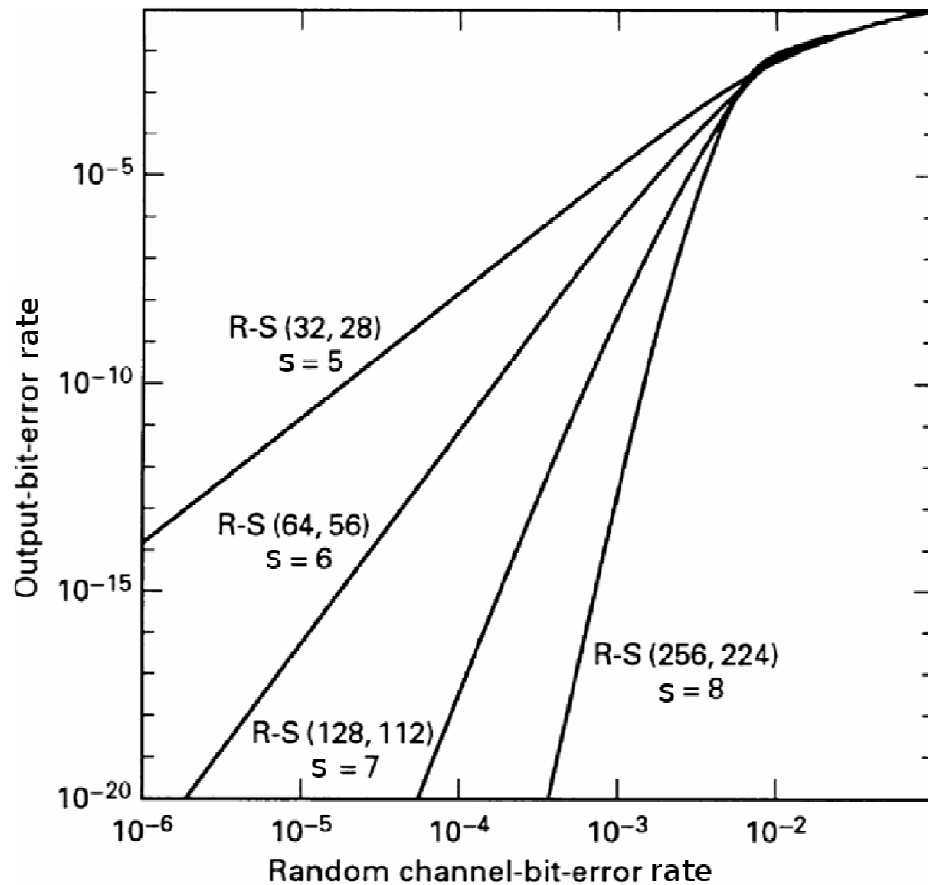
- k simboluri de transmis \Rightarrow se emit $n = k + 2t = s(2^s-1)$ biți
- corectează max t erori – poziții necunoscute în n
- Overhead $(n-k)/k$
- Complexitate codec depinde de t, s

Exemplu RS(255,247)



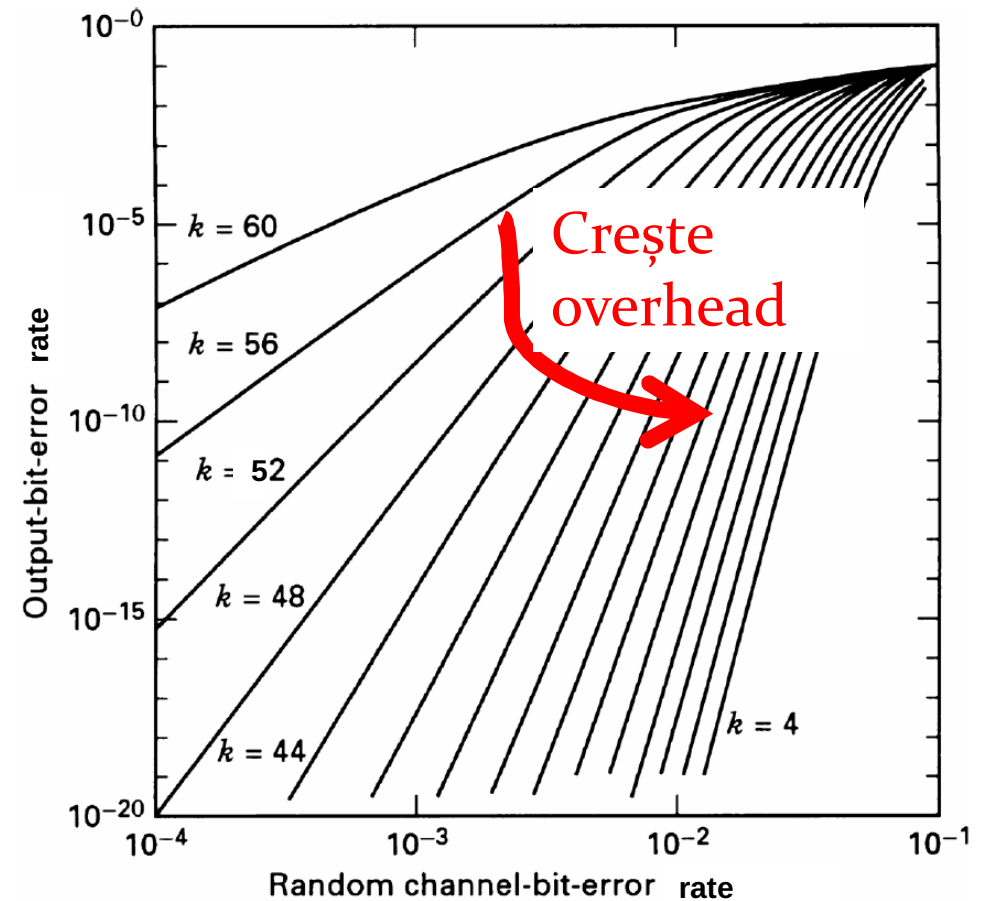
- bloc de 255 simboluri de 8 biți
- 247 originale + 8 de paritate
- **orice** 4 simboluri se pot pierde
- rezistă cu bine la o rafală de pierderi de 25 biți
- dar la 25 de biți răspândiți aleator?

Performanța RS



overhead fix de 1/7 cu $s=5..8$

- s crește => crește blocul
- s crește => crește rezistența



RS(64,k):

- k scade => crește overhead
- k scade => crește rezistența

Proprietăți FEC



- Overhead mare
- Overhead-ul depinde de capacitatea de corecție dorită
- Funcționează până la o rată maximă de erori
 - Necesită detecție
 - **Necesită calitatea canalului cunoscută :-)**
- Aplicații
 - RTT mare: spațiu (Marte OWD = 4-24 minute)
 - Stocare pe disc/bandă: informația e “uitată” la sursă

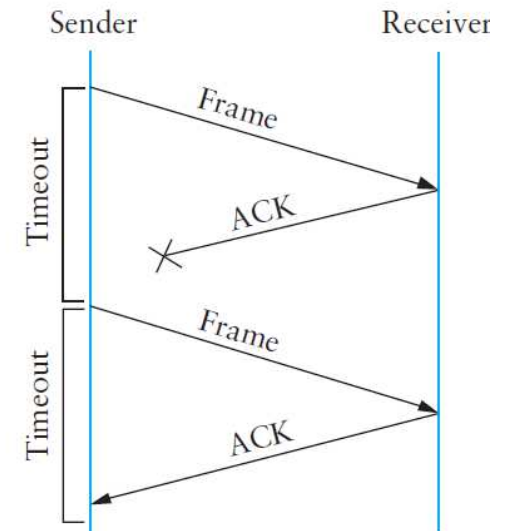
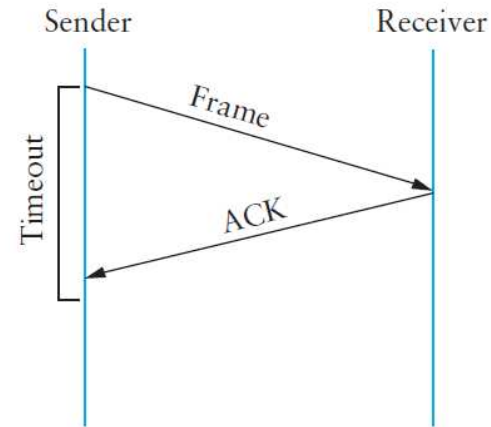
OWD = one way delay

Automatic Repeat reQuest

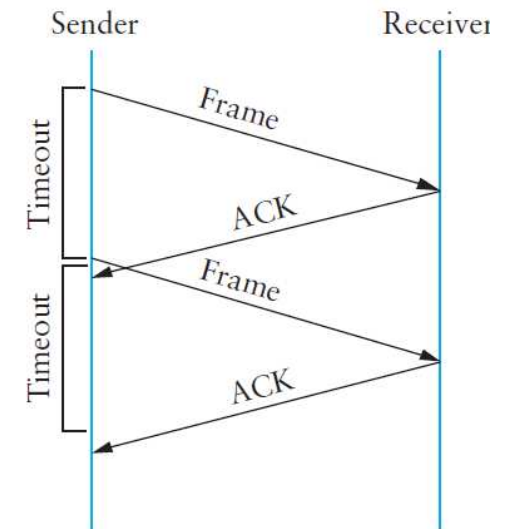
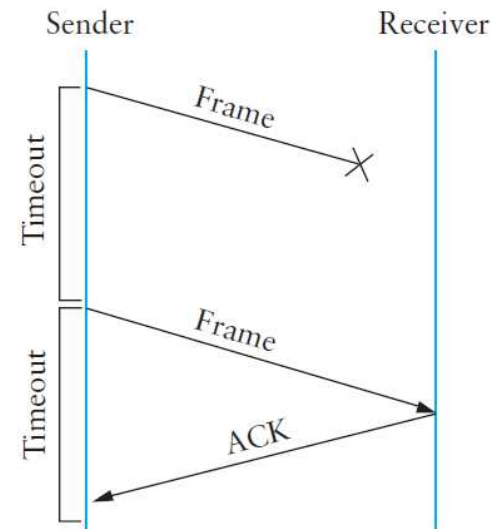


- **necesită** detecția erorilor
- repetă cadrul/cadrele eronate
- Overhead în timp
 - RTT + timeout
 - Retransmisia propriu-zisă

Time ↓



- **Stop&Wait**

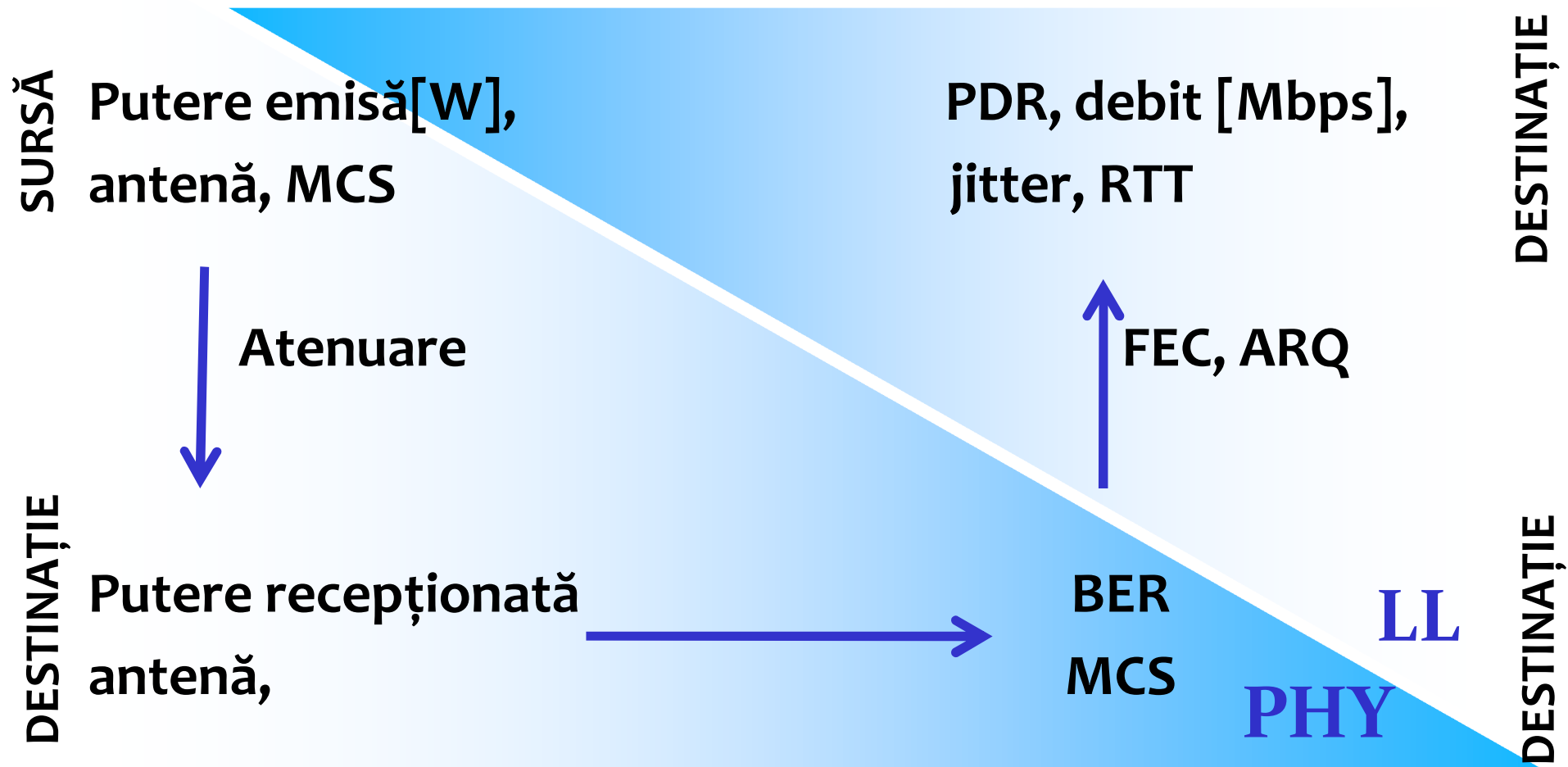


Automatic Repeat reQuest



- **necesită** detecția erorilor
- repetă cadrul/cadrele eronate
- Overhead în timp, capacitate
 - RTT + timeout
 - Retransmisia propriu-zisă
- Stop&Wait
- Window based: Go back N, Selective Repeat
- HARQ (Hybrid ARQ)
 - **Cadrele necorectate de FEC sunt recuperate cu ARQ**

PHY și LL (nivelele 1 și 2) în radio



PDR = packet delivery ratio

BER = bit error rate

RTT = round trip time

facultative



- (nu se cer la examen)

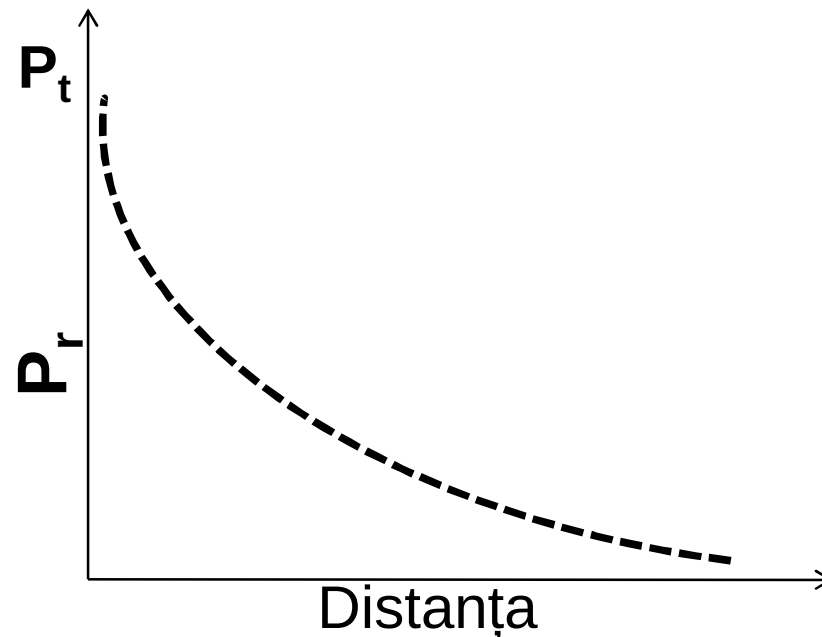
Atenuare



$$\begin{aligned}\text{Atenuare}[\text{dB}] &= 10 \log_{10} (4\pi df/c)^n = \\ &= 10n \log_{10}(d) + \text{Const.}\end{aligned}$$

Efect: puterea recepționată[dB**] depinde logaritmic de distanță**

În dBm: $P_r = P_t - \text{atenuare}$



- **Bit Error Ratio (BER) = probabilitatea de eroare 1 bit**
 - 1000BASE-T : 10^{-10}
 - Fibră: 10^{-15}
 - Wireless: 10^{-6} .. **1**

- **Packet Error Ratio (PER)**
 - probabilitatea de eroare 1 pachet de L biți
 - $PER = 1 - (1 - BER)^L$

Modulation & coding scheme



- MCS mari necesită putere mare
- Experiment în UPB: 2 laptop-uri la distanță fixă, se modifică puterea de transmisie (Tx power), se măsoară debitul obținut în Mbps

