

Noțiuni generale despre radio



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

Nivelul fizic (radio)

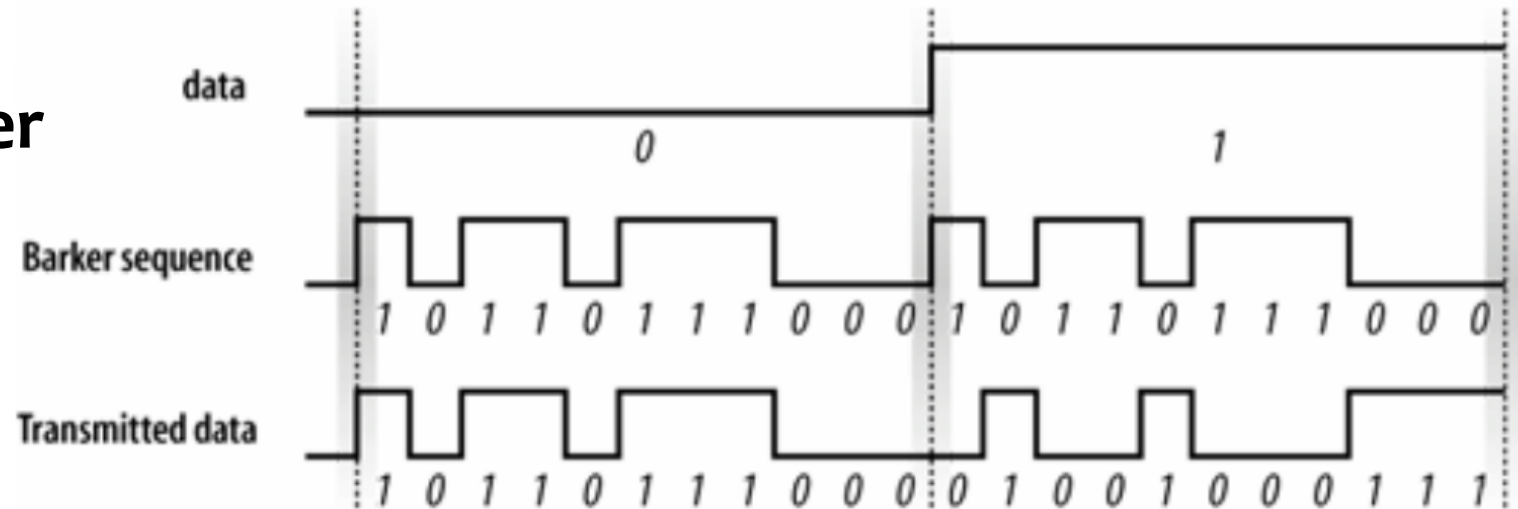


- **Scop: Transferul biților prin mediu**
- **Codare: transformă un semnal digital în altul, *mai potrivit***
 - Control erori , redundanță (FEC)
 - Bit -> chip (CDMA)
- **Modulare/demodulare**
 - conversia digital–analog-digital
- **MCS = modulation + coding scheme**
- **suport L2 (temporizare, sincronizare,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

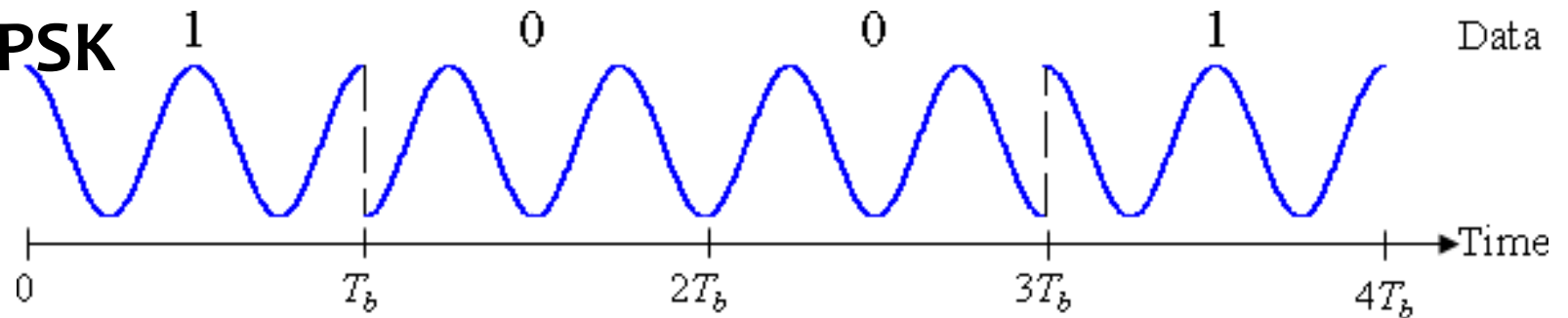
Exemplu MCS pentru WiFi 1Mbps



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 = $(n-k)/k$

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

$p = \text{BER necodat}$

FEC: Cod cu repetiție(3,1)

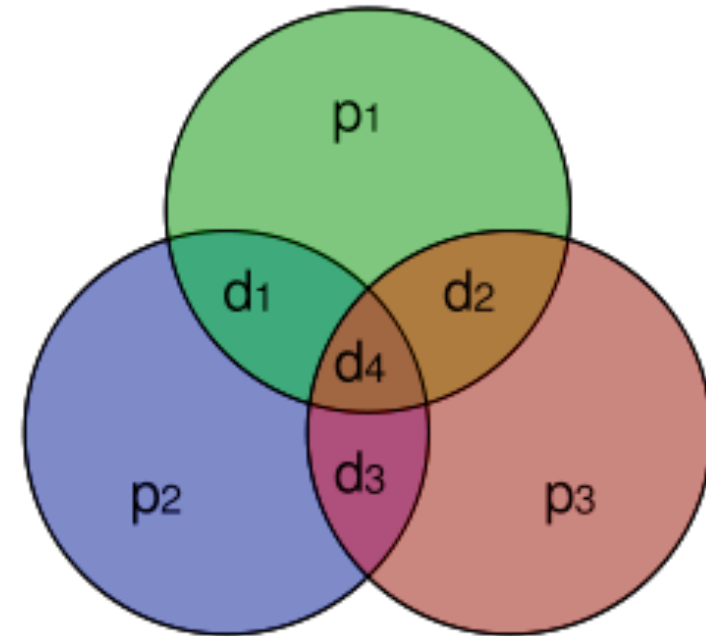


- Simbol = 1 bit
- $k = 1$ $n = 3$
- transmit 3 biți pentru 1
- votează la recepție
- corecție 1 bit eronat
- overhead: 200%

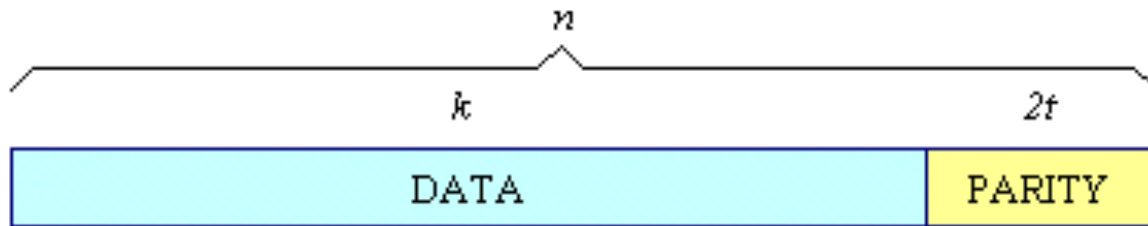
Recepție	Interpretare
000	0(fără eroare)
001	0
010	0
100	0
011	1
101	1
110	1
111	1 (fără eroare)

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%



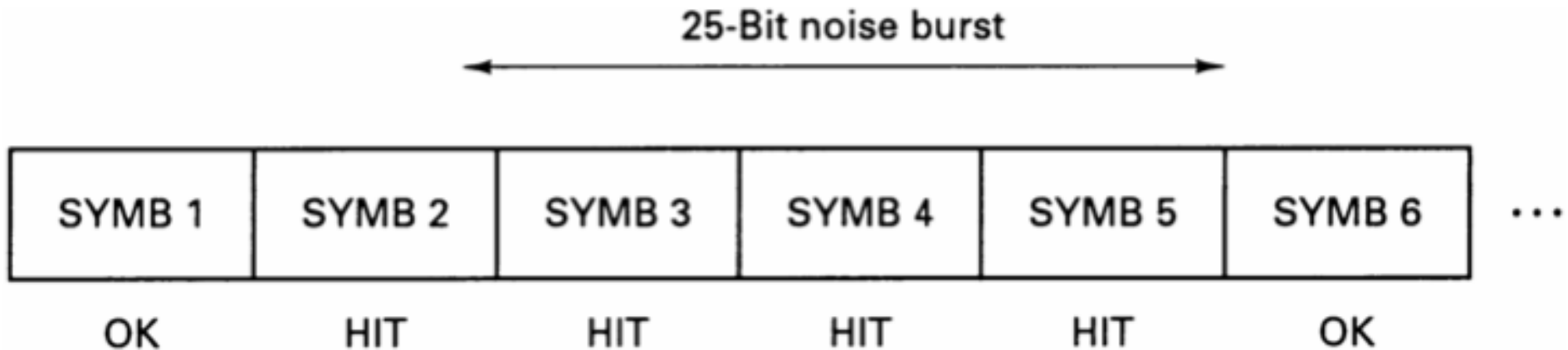
FEC: cod Reed Solomon



Exemplu RS(255, 223):
 $s=8$ bit per simbol
 $2t=32$ simboluri de paritate
 $n=2^s-1$ lungimea cuvântului

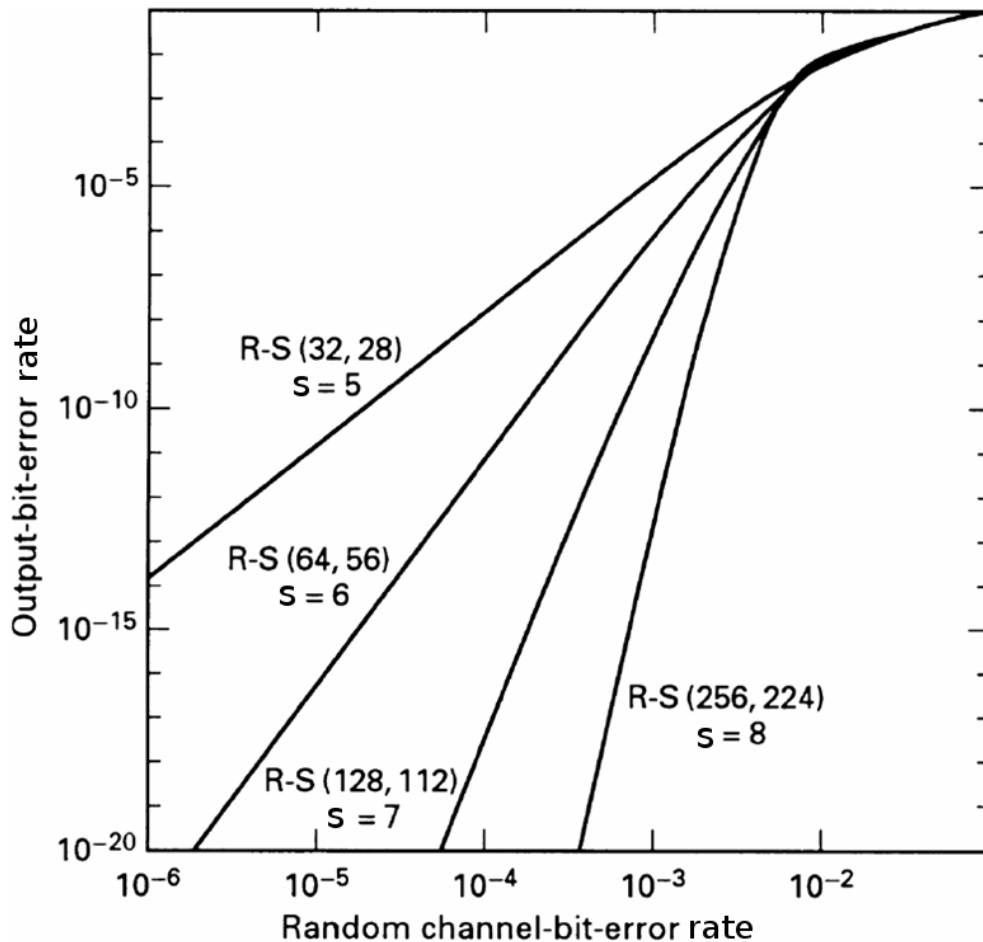
- k simboluri de transmis \Rightarrow se emit $n = k + 2t = s(2^s-1)$ biți
- corectează max t erori – poziții necunoscute în n
- Overhead $(n-k)/k$
- Complexitate codec depinde de t, s

Exemplu RS(255,247)



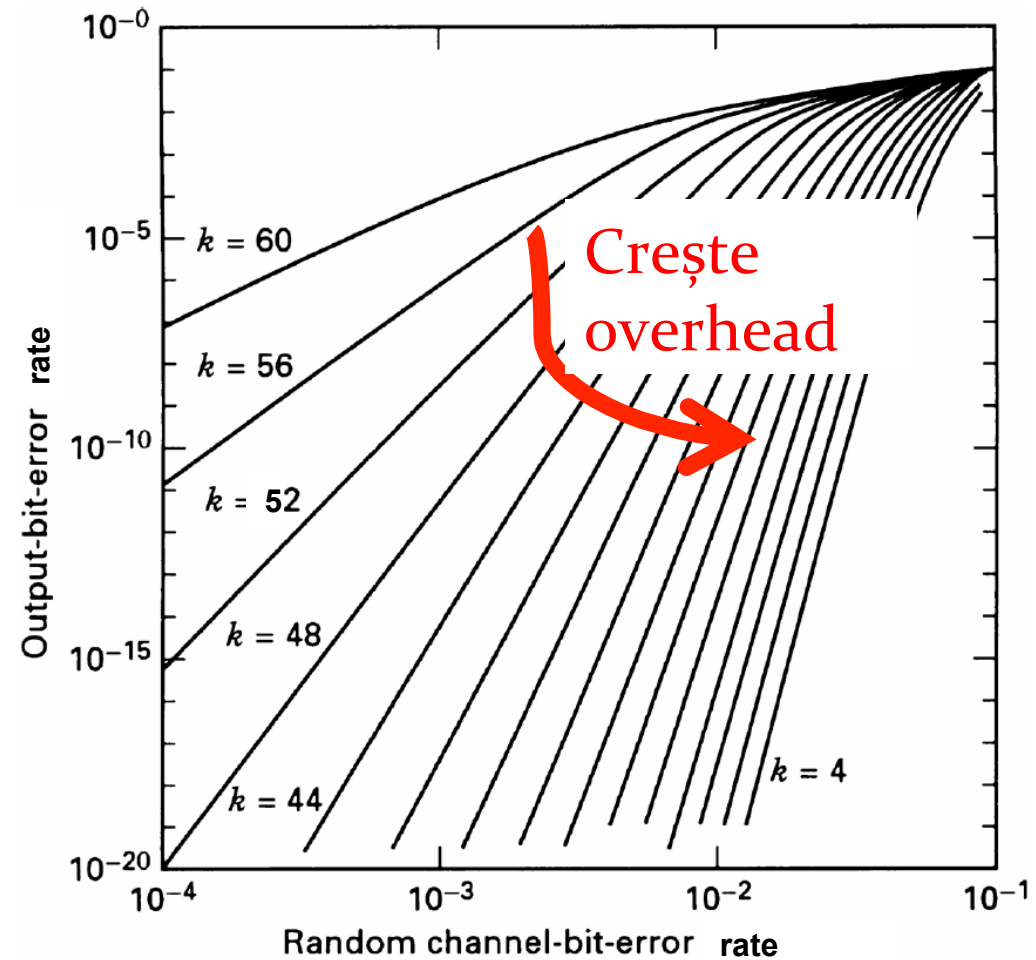
- bloc de 255 simboluri de 8 biți
- 247 originale + 8 de paritate
- **orice** 4 simboluri se pot pierde
- rezistă cu bine la o rafală de pierderi de 25 biți
- dar la 25 de biți răspândiți aleator?

Performanța RS



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

- s crește \Rightarrow crește blocul
- s crește \Rightarrow crește rezistența



RS(64, k):

- k scade \Rightarrow crește overhead
- k scade \Rightarrow crește rezistența

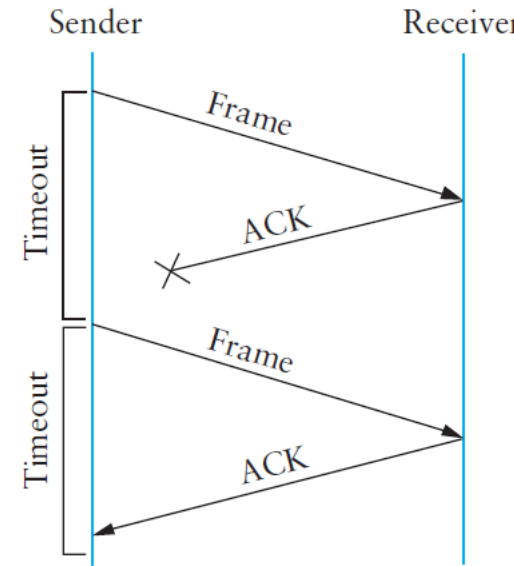
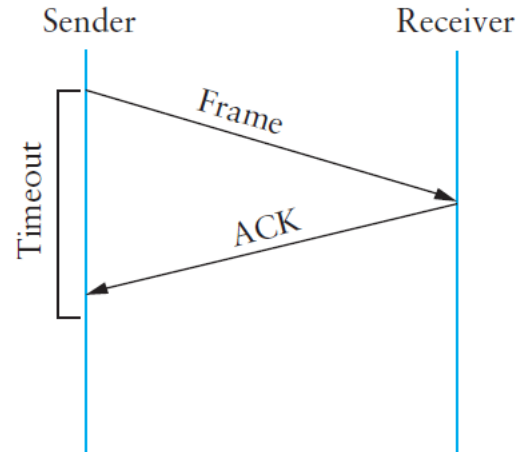
- Overhead mare
- Overhead-ul depinde de capacitatea de corecție dorită
- Funcționează până la o rată maximă de erori
 - Necesită detecție
 - **Necesită calitatea canalului cunoscută :-)**
- Aplicații
 - RTT mare: spațiu (Marte OWD = 4-24 minute)
 - Stocare pe disc/bandă: informația e “uitată” la sursă

→ OWD = one way delay

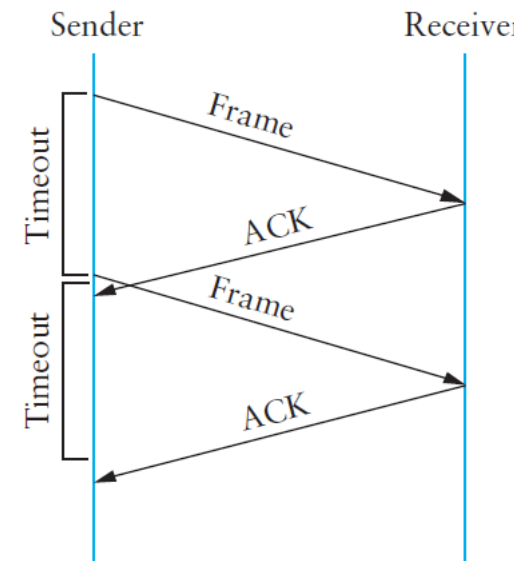
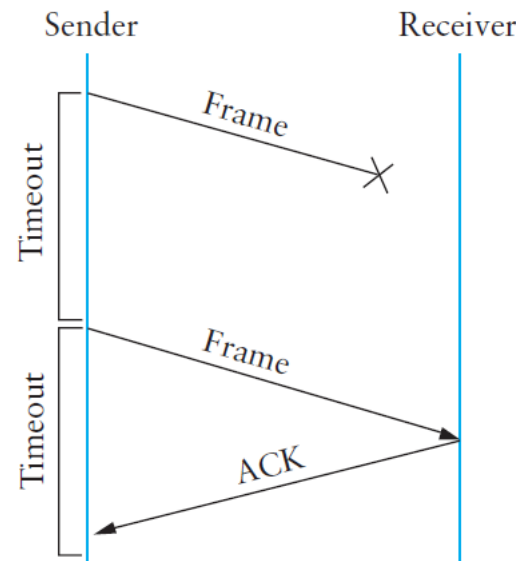
Automatic Repeat reQuest

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

Time ↓



- **Stop&Wait**

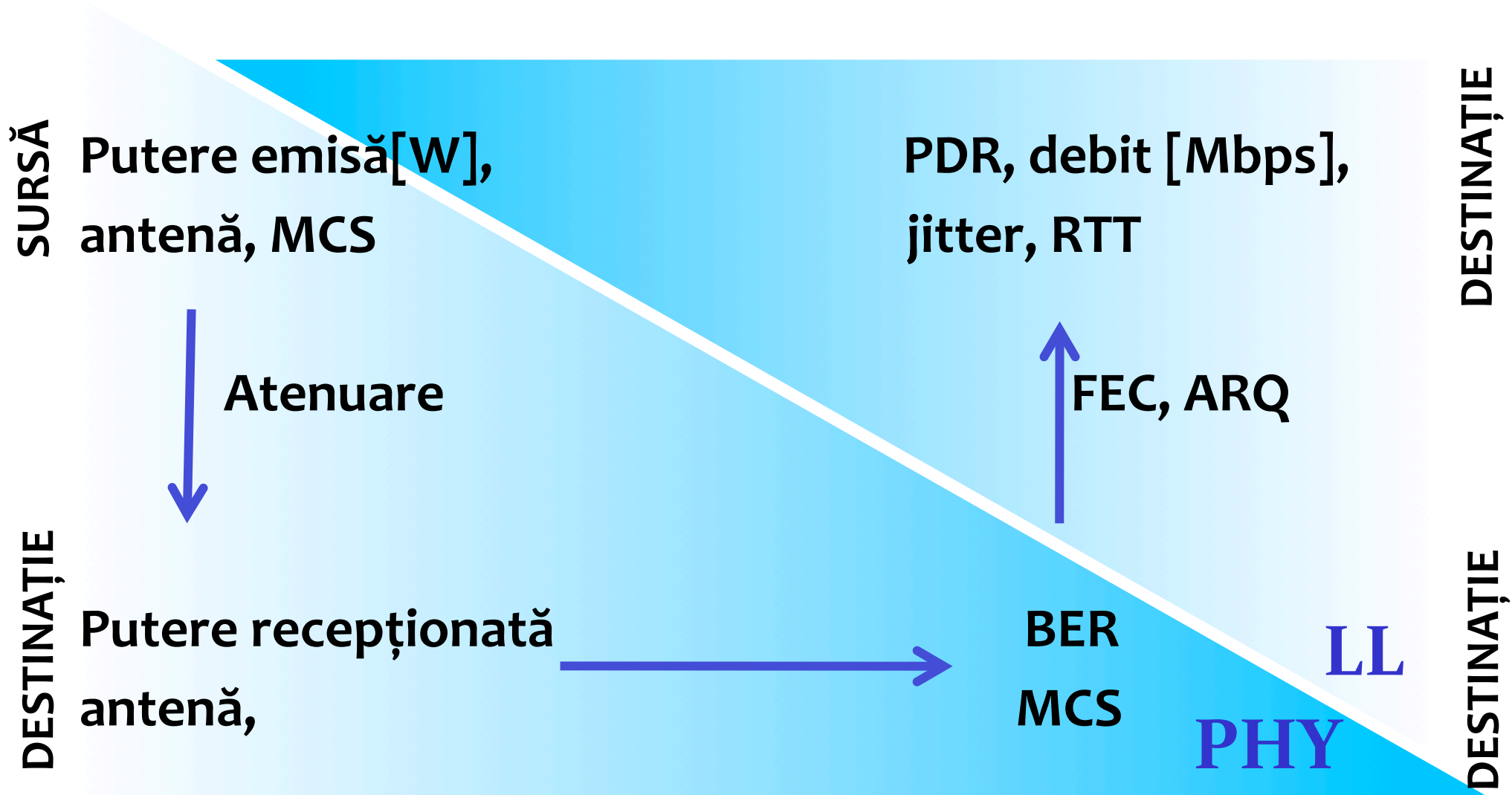


Automatic Repeat reQuest



- **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)

- **Bandă**

Fizic: MHz

Rețea: Mbps = 10^6 bps

- **Atenuare dB**

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

- **Putere mW, dBm**

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

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

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

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

3dB = putere dublă

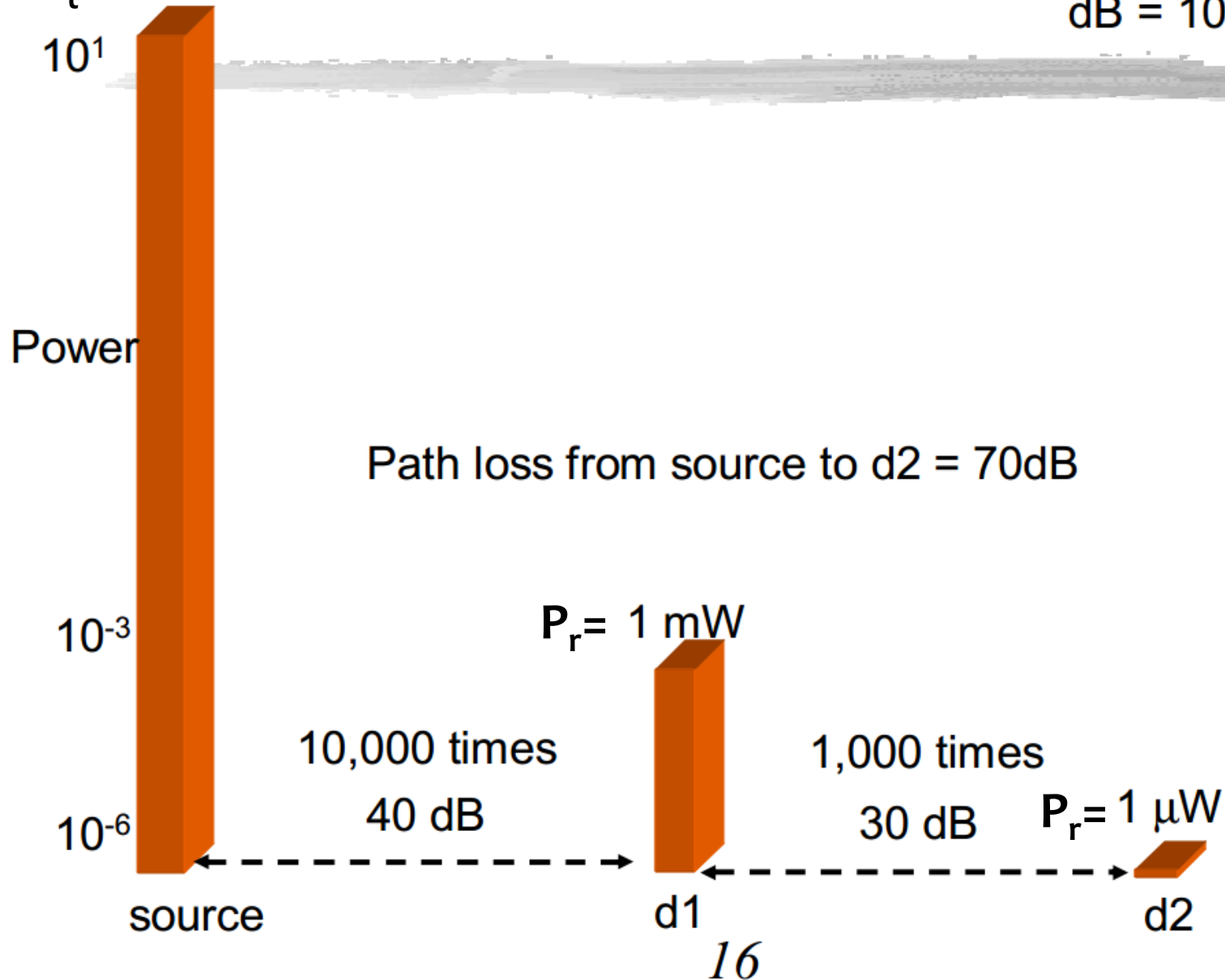
mW	dBm
0	$-\infty$
0.0000000001	-100
0.000000001	-90
0.00001	-50
0.01	-20
0.1	-10
1	0
2	3
4	6
8	9
10	10
100	20
1000	30

- **Signal to Noise Ratio**
- **SNR fără unitate de măsură = $S[W]/N[W]$**
- **$SNR[dB] = 10\log_{10}(S/N)$**
 $= 10\log_{10}S[mW] - 10\log_{10}N[mW] =$
 $= S[dBm]-N[dBm]$

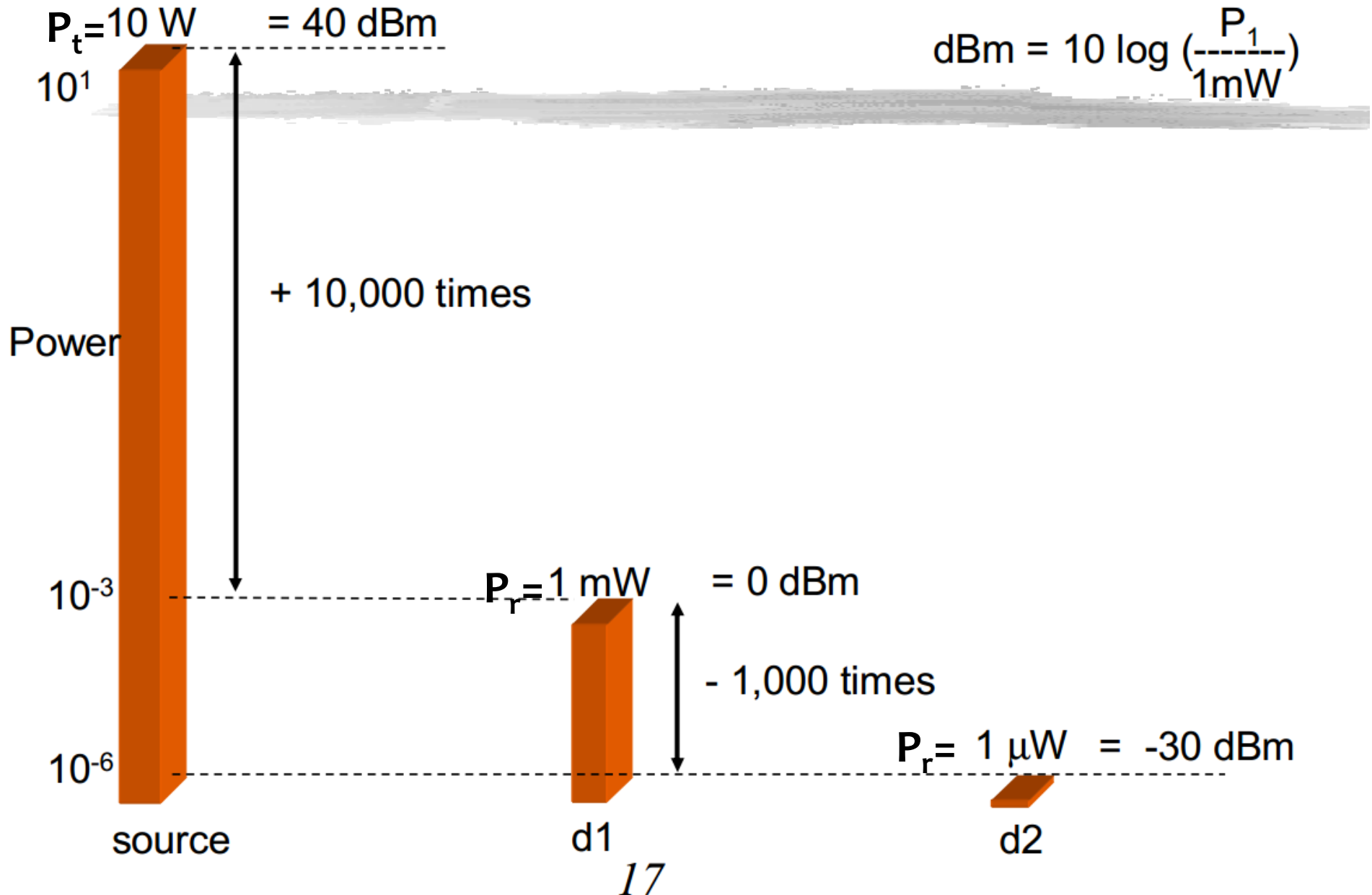
Path loss in dB (atenuare)

$P_t = 10 \text{ W}$

$$\text{dB} = 10 \log \left(\frac{P_1}{P_2} \right)$$



dBm (absolute measure of power)



Atenuarea undelor radio

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

d = distanța

f = frecvența purtătoare

n = exponent specific mediului

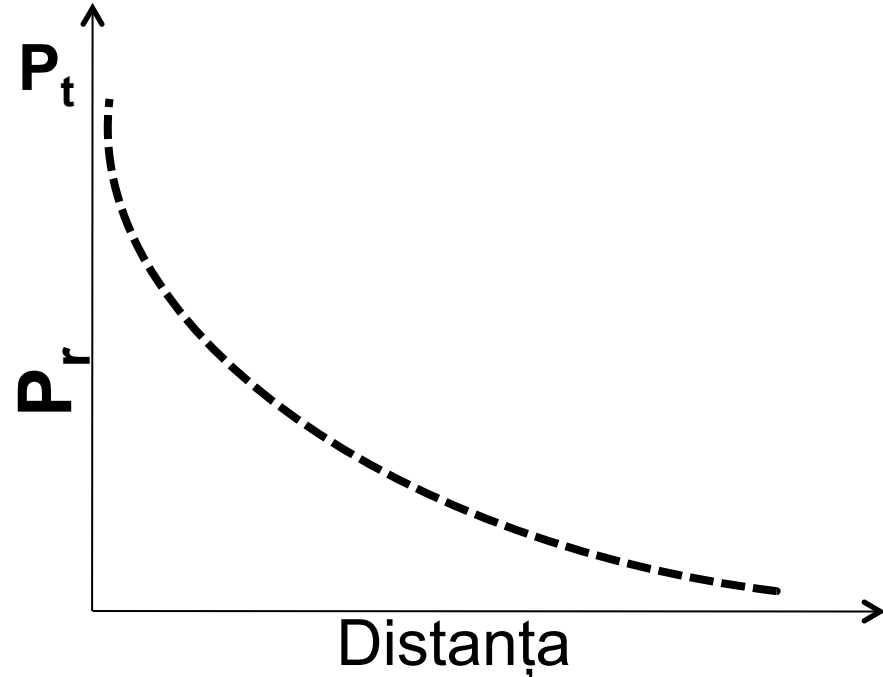
c = viteza luminii

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

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

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

