

Pot do zaposlitve je težka, ampak:  
»Vedno se je možno povzpeti do zvezd«.



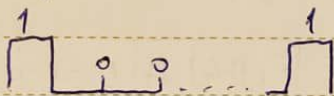
Računalniška omrežja  
VAJE

KOČAK/JJ 12.4 - TRAMONTANA  
OB 13:00

LINJSKI SLOJ

FIZIČNI SLOJ <sup>nezasig.</sup> - prenos bitov preko komunikacijskega kanala

LINJSKI SLOJ - okvirjanje, odčitavanje, popravljanje napak, zagotavljanje zanesljivega prenosa podatkov

OKVIRJANJE:  Sprejemanje bitov in

100% sinhronizirano s samim pošiljanjem

Z okvirjanjem zagotavljamo samo sinhronizacijo

Primer okvira 

GLAVA	DATA	REP
-------	------	-----

Poznamo 4 metode za oblikovanje okvirjev

- Štetje znakov (Byte counting)
- Zastavice in vrivanje znakov (Byte stuffing)
- Zastavice in vrivanje bitov (Bit stuffing)
- Krotke kode na fizičnem sloju

1) Štetje znakov

- V glavi je števec, ki označuje dolžino okvira

Primer: Podatki ABCDE  
okvir 

4	A	B	C	3	D	E
---	---	---	---	---	---	---

Pri napaki v števcu bo prejemnik interpretiral podatke kot števce in ne bo nikoli več odhnil pravega začetka okvira





## 2) Zastavice in vrivanje znakov (8 bit)

Ideja: Začetek in konec okvira označujemo s posebnim znakom  
Primer: Podatki ABC DE

FLAG ABC FLAG

FLAG DE FLAG

V primeru napake bo prejemnik ugotovil ~~pravi~~ pravi začetek  
okvira ~~in se~~ in se ponovno sinhroniziral s pošiljateljem  
Problem: zastavica se pojavi v samih podatkih

Primer: A FLAG B C

okvir ~~FLAG A B C~~

FLAG A ESC FLAG B C FLAG

A ESC FLAG B C

okvir FLAG A ESC ESC ESC FLAG B C FLAG

vrivanje

## 3) Zastavice in vrivanje bitov

- Dolžina okvira = vedno 8 bitov

Primer: Zastavica FLAG: ~~00000001~~ 01111110

A: 01101111

B: 11011111

FLAG A 0 B FLAG  
01111100 1111 11011111 01111110  
FLAG bit

Za vsak 5. bit dodaj 0

0111011110111110

OKVIR: ~~01111100 01111100~~

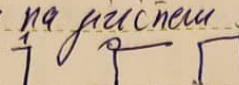
~~01111110 01111110~~ 1111


01111110 01111011 11100111 111110 01111110



Pot do zaposlitve je težka, ampak:  
»Vedno se je možno povzpeti do zvezd«.

4) Kratek kod

- posebno kodiranje na fizičnem sloju  
Primer Ethernet:  zastavice

Manchester kodiramo samo  (ni zastavice)

Primer A: 01000111      Kako izgleda samo sporočilo  
B: 11100011      |A|B|ESC|FLAG|  
ESC: 11100000  
FLAG: 01111110

- Stojni znakov
- zastavice in vrivani znakov
- 11- bitov

a) |S|A|B|ESC|FLAG|

b) FLAG A B ESC ESC ESC FLAG FLAG

c) ~~01000~~ <sup>0</sup>11100011  
01111110 01000111 11100000 01111110 01111110  
<sup>0</sup> <sup>0</sup>

X Y ESC Z ESC FLAG FLAG W  
FLAG X Y ESC ESC ESC Z ESC<sup>3</sup> FLAG<sup>2</sup> W FLAG

01111110 01110111 10111111 01111110 01111110



Odkrivanje in odpravljanje napak  
Ideja: Vsak poslan okvir vsebuje dovolj potrebnih odličnih  
informacij, da sprejemnik lahko ugotovi, če je prišlo do napake, oz.  
je celo lahko popravi.

Obstajata 2 koda:

- kod za odkrivanje napak (Zičnem LAN)  $\Rightarrow$  zanesljiv prenos
- kod za popravljanje napak (WAN)  $\Rightarrow$  nezanesljiv prenos

st. bitov

$$n = k + r$$

dolžina pod. dela

Hammingova razdalja: razlika v st. bitov med  
dve različni besedama  $x$  in  $y$

$x: 0101$

$y: 1000$

$$d(c) = d(x, y) = 3$$

Hammingova razdalja kode  $c$ :  $d(c) = \min \{d(x, y) \mid x, y \in c \wedge x \neq y\}$

- Kod  $c$ , ki odkrije  $d$  napak:  $d(c) \geq d+1$
- Kod  $c$ , ki odkrije in popravi  $d$  bitnih napak:  $d(c) \geq 2(d+1)$

Primer kode s sodno pariteto

Pariten bit  $(\sum_{i=0}^{k-1} b_i) \bmod 2$

01100



Pot do zaposlitve je težka, ampak:  
»Vedno se je možno povzpeti do zvezd«.



Kod za odkrivanje napak CRC

Ideja: niz bitov dolžine  $k$   $p(x) = \sum_{i=0}^{k-1} c_i x^i$   $c_i \in \{0, 1\}$

Primer:  $x = 110001$

$$p(x) = x^5 + x^4 + 1$$

100101

→ sestavljanje in odčitavanje  
enake kot XOR

$$\begin{array}{r} 01 \\ + 01 \\ \hline 00 \end{array}$$

Posiljatelj  $\xrightarrow{T(x)}$  Prejemnik  $T'(x)$  ali je  $T(x) = T'(x)$

$$T'(x) \bmod G(x) = 0$$

DA NE

$$T'(x) = T(x) \quad T'(x) \neq T(x)$$

Postopek: 1. posiljatelj in prejemnik se dogovorita z  $G(x)$  šifrir  
(kor-bitno napake)

2. Izračun  $M(x) \cdot x^r$

$x^r$  = premik sporočila za  $r$  bitov na levo

Primer  $M = 1011$   $M(x) \cdot x^r = 1011000$

$$x^3 + x + 1 \quad r = 3$$

3. Izračun ostanka pri deljenju  $(M(x) \cdot x^r) \bmod G(x)$

$$R(x) = (M(x) \cdot x^r) \bmod G(x)$$



4.)  $T(x) = (M(x) \cdot x^r) - R(x)$

5.  $T(x)$  pošlje prejemniku

Prejemnik: Preveri  $T'(x)$  mod  $g(x) = 0$ , da vidi če je napaka ali ne

Niz 10011101 se prenese s CRC  $g(x) = x^3 + 1$   
Kake zglada kodirano sporočilo?

1.  $M(x) \cdot x^r = \Rightarrow r = 3$

$10011101000$

2.  $10011101000 : 1001 =$

$-1001$

$01101$

$-1001$

$1000$

$-1001$

$100$

$T(x) = 10011101100$

- Med prenosom se pokvari 3 bit iz leve

$T'(x) = 10111101100$  Ali prejemnik ugotovi napako?

$10111101100 : 1001 =$

$1011$

$1001$

$0100$

$R(x) = 100 \rightarrow$  napaka ugotovljena





$$M(x) = x^3 + 1$$

$$g(x) = x^3 + x + 1$$

1.) Kako izgleda kodirano sporočilo

2.) 4 bit z leve se pokvari (ugotovi napake?)

$$M(x) = 1001$$

$$r = 3$$

$$g(x) = 1011$$

$$M(x) \quad 1001000 : 1011 = 110$$

$$\begin{array}{r} 1000 \\ 110 \end{array}$$

$$T(x) = 1001110$$

$$T'(x) = 1000110 : 1011 = 11 \neq 0 \quad \text{UGOTОВI NAPAKO}$$

$$\begin{array}{r} 1111 \\ 1000 \\ 011 \end{array}$$

$$M(x) = x^7 + x^5 + 1$$

$$g(x) = x^3 + 1$$

$$r = 3$$

Kodirano sporočilo

Pokvari se 4 bit z desne

$$10100001$$

$$1001$$

$$T(x) = 10100001110$$

$$10100001000 : 1001 = 110$$

$$\begin{array}{r} 1100 \\ 1010 \\ 1110 \\ 1110 \\ 1110 \end{array}$$

$$T'(x) = 10100000110 : 1001 = 0$$

$$\begin{array}{r} 1100 \\ 1010 \\ 1100 \\ 1001 \end{array}$$

Napake ni ugotovljena