Teória oznamovania 11

Obsah:
- opakovanie
- zabezpečenie na úrovni kodéra zdroja
- detekčné kódy (paritný, cyklický)
- lineárne systematické blokové kódy
- vzdialenosť medzi slovami
- korekčné kódy (cyklický - Hammingov)

KIS – FRI ŽU
1

Základné vrstvy

OPAKOVANIE

KIS – FRI ŽU
2

Vrstva prenosu

OPAKOVANIE

Hlavné úlohy: ??

prenos jedného signálu

súčasný prenos signálov

KIS – FRI ŽU
3

Prenos bez skreslenia

OPAKOVANIE

Prispôsobenie prenosovému médiu

KIS – FRI ŽU
4

Príznakový multiplex

OPAKOVANIE

KIS – FRI ŽU
5

Prenos bez skreslenia

OPAKOVANIE

Korekcia kanála

$$\left|F_n^{kor}\right| = \alpha.\left|F_n\right|^{-1} \quad \varphi_n^{kor} = \varphi_n - \frac{2\pi}{N}n\Delta$$

KIS – FRI ŽU
6

1

Prenos bez skreslenia

OPAKOVANIE

zdroj → kóder zdroja → kóder kanála → kanál

prijímač ← dekóder prijímača ← dekóder kanála ←

Zabránenie vplyvu šumu

modem → Telefónny kanál → modem

KIS – FRI ŽU 7

Multiplex so šumom

OPAKOVANIE

Aditívny šum

Label 1 — Source 1 — x_1 — $x_1\mathbf{b}_1$ — Modulator
$x_1\mathbf{b}_1 + x_2\mathbf{b}_2 + \mathbf{e}$
Source 2 — x_2 — $x_2\mathbf{b}_2$ — Label 2

Label 1 — $\widetilde{x}_1\mathbf{b}_1$ — Filter Demodulator — Destination 1 — $\widetilde{x}_1$
$\widetilde{x}_2\mathbf{b}_2$ — Label 2 — Destination 2 — $\widetilde{x}_2$

communication medium

KIS – FRI ŽU 8

Priemet do podpriestoru

OPAKOVANIE

Nech je Hilbertov priestor a nech φ je uzavretý lineárny podpriestor priestoru . Nech signál a
$\delta = \inf$

Potom existuje práve jeden signál $\mathbf{f}_a \in \varphi$ tak, že $d(\mathbf{f},\mathbf{f}_a) = \delta$

Navyše $\mathbf{f} - \mathbf{f}_a \perp \varphi$, t.j. pre všetky $\widetilde{f} \in \varphi$ platí $(\mathbf{f} - \mathbf{f}_a, \widetilde{\mathbf{f}}) = 0$

Pritom $\mathbf{f}_a$ je jediným signálom priestoru φ s vlastnosťou $\mathbf{f} - \mathbf{f}_a \perp \varphi$

$\mathbf{f}$

$\mathbf{f} - \mathbf{f}_0$

Obr 6

KIS – FRI ŽU 9

Optimálny prijímač

OPAKOVANIE

$\mathbf{y} = \mathbf{x} + \mathbf{e} = (x_0 + e_0)\mathbf{b}_0 + (x_1 + e_1)\mathbf{b}_1 + e_2\mathbf{b}_2 + \ldots$

ortonormálna báza
$(\mathbf{b}_i,\mathbf{b}_j) = 0, i \neq j$
$|\mathbf{b}_i| = 1$

$\mathbf{y} - \widetilde{\mathbf{y}}$

Aditívny šum

Label 1 — Source 1 — x_1 — $x_1\mathbf{b}_1$ — Modulator — $\widetilde{x}_1\mathbf{b}_1$ — Destination 1 — $\widetilde{x}_1$
$x_1\mathbf{b}_1 + x_1\mathbf{b}_1 + \mathbf{e}$ — Filter Demodulator
Source 2 — x_2 — $x_2\mathbf{b}_2$ — Label 2 — $\widetilde{x}_1\mathbf{b}_1$ — Destination 2 — $\widetilde{x}_1$

communication medium

$\mathbf{b}_2$ $\mathbf{b}_1$ $\widetilde{x}_1$ $\widetilde{\mathbf{y}}$ $\mathbf{b}_0$ $\widetilde{x}_0$

$(\mathbf{y} - \widetilde{\mathbf{y}}, \widetilde{\mathbf{y}}) = 0$

$$\widetilde{x}_n = \frac{(\mathbf{y},\mathbf{b}_n)}{(\mathbf{b}_n,\mathbf{b}_n)}$$

KIS – FRI ŽU 10

Prenos bez skreslenia

Zabezpečenie paritou

$\mathbf{x} = (1,0)$ $\quad$ $\hat{\mathbf{x}} = (1,0,1)$

zdroj → kóder zdroja → kóder kanála → kanál

$\hat{\mathbf{y}} = (1,1,1)$

prijímač ← dekóder prijímača ← dekóder kanála ←

$\hat{\mathbf{e}} = \hat{\mathbf{y}} - \hat{\mathbf{x}} = (1,1,1) - (1,0,1) = (0,1,0)$

**Ako zistí prijímač, že došlo ku chybe a nebolo
vyslané slovo** $\hat{\mathbf{x}} = (1,1,1)$?

KIS – FRI ŽU 11

Optimálny prijímač

$\mathbf{y} = \mathbf{x} + \mathbf{e} = (x_0 + e_0)\mathbf{b}_0 + (x_1 + e_1)\mathbf{b}_1 + e_2\mathbf{b}_2 + \ldots$

ortonormálna báza
$(\mathbf{b}_i,\mathbf{b}_j) = 0, i \neq j$
$|\mathbf{b}_i| = 1$

$\mathbf{y} - \widetilde{\mathbf{y}}$

$\mathbf{b}_2$ $\mathbf{b}_1$ $\widetilde{x}_1$ $\widetilde{\mathbf{y}}$ $\mathbf{b}_0$ $\widetilde{x}_0$

zdroj → kóder zdroja → kóder kanála → kanál

prijímač ← dekóder prijímača ← dekóder kanála ←

**Ako to zistil prijímač na 2. úrovni,
že došlo ku chybe a nebolo vyslané
slovo?**

$(\mathbf{y} - \widetilde{\mathbf{y}}, \widetilde{\mathbf{y}}) = 0$

**Prijímač zistil, že prijatý signál neleží
v dohodnutom signálovom priestore!!**

KIS – FRI ŽU 12

Prenos bez skreslenia

$$\mathbf{x} = (1,0)$$
$$\hat{\mathbf{x}} = (1,0,1)$$
$$\hat{\mathbf{y}} = (1,1,1)$$

$$\hat{\mathbf{e}} = \hat{\mathbf{y}} - \hat{\mathbf{x}} = (1,1,1) - (1,0,1) = (0,1,0)$$

Leží prijaté slovo $\hat{\mathbf{y}} = (1,1,1)$ **mimo dohodnutého priestoru?**

NIE, ak je dohodnutý priestor $S = \{0,1\}^3$

ANO, ak je dohodnutý jeho vhodný podpriestor

Napríklad: párna parita

Blokový kód

Kódový priestor

Podpriestor slov kódu   *Doplnok podpriestoru (slová nepatriace kódu)*

Paritný kód – párna parita

Kódový priestor

$(0,0,0)$ $(0,1,0)$ $(1,0,0)$ $(1,1,0)$
$(0,0,1)$ $(0,1,1)$ $(1,0,1)$ $(1,1,1)$

Podpriestor slov kódu   *Doplnok podpriestoru (slová nepatriace kódu)*

Cyklický kód

**To, čo sa naučíme
o cyklickom kóde, platí pre všetky
blokové, systematické, lineárne kódy.**

blokový kód	$\hat{\mathbf{x}} = (\hat{x}_0, \hat{x}_1, \ldots, \hat{x}_{N-1})$
systematický kód	$\hat{\mathbf{x}} = (\hat{x}_0, \ldots, \hat{x}_{n-1} : z_0, \ldots, z_{k-1})$
lineárny kód	$\hat{\mathbf{x}} = \sum_{i=0}^{n+k-1} x_i \hat{\mathbf{b}}_i$

Paritný kód je systematický

Dvojrozmerný podpriestor trojrozmerného priestoru

Dvojrozmerný priestor
$\mathbf{x}_0 = (0,0)$
$\mathbf{x}_1 = (0,1)$
$\mathbf{x}_2 = (1,0)$
$\mathbf{x}_3 = (1,1)$

Jednotková báza
$\mathbf{x}_0 = (0,0,0)$
$\mathbf{x}_1 = (0,1,0)$
$\mathbf{x}_2 = (1,0,0)$
$\mathbf{x}_3 = (1,1,0)$

Báza kódu
$\hat{\mathbf{x}}_0 = (0,0,0)$
$\hat{\mathbf{x}}_1 = (0,1,1)$
$\hat{\mathbf{x}}_2 = (1,0,1)$
$\hat{\mathbf{x}}_3 = (1,1,0)$

informačná časť **zabezpečujúca časť**
$$(0,1 : 1)$$

Paritný kód je lineárny

Dvojrozmerný podpriestor kódu trojrozmerného kódového priestoru

Dvojrozmerný priestor zdroja
$\mathbf{x}_0 = (0,0)$
$\mathbf{x}_1 = (0,1)$
$\mathbf{x}_2 = (1,0)$
$\mathbf{x}_3 = (1,1)$
$\mathbf{b}_0 = (1,0)$
$\mathbf{b}_1 = (0,1)$

Jednotková báza
$\mathbf{x}_0 = (0,0,0)$
$\mathbf{x}_1 = (0,1,0)$
$\mathbf{x}_2 = (1,0,0)$
$\mathbf{x}_3 = (1,1,0)$
$\mathbf{b}_0 = (1,0,0)$
$\mathbf{b}_1 = (0,1,0)$
$\mathbf{b}_2 = (0,0,1)$

Báza kódu
$\hat{\mathbf{x}}_0 = (0,0,0)$
$\hat{\mathbf{x}}_1 = (0,1,1)$
$\hat{\mathbf{x}}_2 = (1,0,1)$
$\hat{\mathbf{x}}_3 = (1,1,0)$
$\hat{\mathbf{b}}_0 = (1,0,1)$
$\hat{\mathbf{b}}_1 = (0,1,1)$
$\hat{\mathbf{b}}_2 = (0,0,1)$

$$\hat{\mathbf{x}} = (1,1,0) \cdot \begin{pmatrix} 1,0,1 \\ 0,1,1 \\ 0,0,1 \end{pmatrix}$$

$$\hat{\mathbf{x}} = \mathbf{x} \cdot \hat{\mathbf{B}}$$

$\mathbf{x} = (1,1)$ $\mathbf{x} = 1 \cdot \mathbf{b}_0 + 1 \cdot \mathbf{b}_1 + 0 \cdot \mathbf{b}_2 = (1,1,0)$
$\hat{\mathbf{x}} = 1 \cdot \hat{\mathbf{b}}_0 + 1 \cdot \hat{\mathbf{b}}_1 + 0 \cdot \hat{\mathbf{b}}_2$
$\hat{\mathbf{x}} = 1 \cdot (1,0,1) + 1 \cdot (0,1,1) + 0 \cdot (0,0,1) = (1,1,0)$

Systematický lineárny kód

Kódový priestor — Podpriestor slov kódu | Doplnok podpriestoru (slová nepatriace kódu)

$$\hat{\mathbf{B}} = \begin{pmatrix} 1,0, & 1 \\ 0,1, & 1 \\ 0,0, & 1 \end{pmatrix}$$

$$\hat{\mathbf{B}} = \begin{pmatrix} \mathbf{E} & \mathbf{Z} \\ \mathbf{0} & \mathbf{E} \end{pmatrix}$$

19

Cyklický kód

Kódový priestor — Podpriestor slov kódu | Doplnok podpriestoru (slová nepatriace kódu)

informačná časť zabezpečujúca časť

$(x_0, x_1, x_2, : ... ? ...)$

Generujúci polynóm $g(x) = x^2 + x + 1$ $\mathbf{g} = (1,1,1)$

$\hat{\mathbf{b}}_0 = (1,0,0, : z_0, z_1) = (1,0,0, : 1,0)$
$\hat{\mathbf{b}}_1 = (0,1,0, : z_0, z_1) = (0,1,0, : 0,1)$
$\hat{\mathbf{b}}_2 = (0,0,1, : z_0, z_1) = (0,0,1, : 1,1)$
$\hat{\mathbf{b}}_3 = (0,0,0, : 1,0) = (0,0,0, : 1,0)$
$\hat{\mathbf{b}}_4 = (0,0,0, : 0,1) = (0,0,0, : 0,1)$

Vyskúšajte $g(x) = x + 1$. Aký kód ste dostali?

20

Cyklický kód

Kódový priestor — Podpriestor slov kódu | Doplnok podpriestoru (slová nepatriace kódu)

$\hat{\mathbf{b}}_0 = (1,0,0, : 1,0)$ $\mathbf{x} = (1,1,0)$
$\hat{\mathbf{b}}_1 = (0,1,0, : 0,1)$ $\mathbf{x} = (1,1,0, : 0,0)$
$\hat{\mathbf{b}}_2 = (0,0,1, : 1,1)$ $\hat{\mathbf{x}} = (1,1,0, : \hat{z}_0, \hat{z}_1)$
$\hat{\mathbf{b}}_3 = (0,0,0, : 1,0)$
$\hat{\mathbf{b}}_4 = (0,0,0, : 0,1)$

$\hat{\mathbf{x}} = 1.\hat{\mathbf{b}}_0 + 1.\hat{\mathbf{b}}_1 + 0.\hat{\mathbf{b}}_2 + 0.\hat{\mathbf{b}}_3 + 0.\hat{\mathbf{b}}_4 = (1,1,0, : 1,1)$

$$\hat{\mathbf{x}} = (\hat{x}_0, \hat{x}_1, \hat{x}_2, : \hat{z}_0, \hat{z}_1) = (1,1,0, : 0,0) \begin{pmatrix} 1,0,0, : 1,0 \\ 0,1,0, : 0,1 \\ 0,0,1, : 1,1 \\ 0,0,0, : 1,0 \\ 0,0,0, : 0,1 \end{pmatrix}$$

21

Cyklický kód

Kódový priestor — Podpriestor slov kódu | Doplnok podpriestoru (slová nepatriace kódu)

$$\hat{\mathbf{x}} = (\hat{x}_0, \hat{x}_1, \hat{x}_2, : \hat{z}_0, \hat{z}_1) = (1,1,0, : 0,0) \begin{pmatrix} 1,0,0, : 1,0 \\ 0,1,0, : 0,1 \\ 0,0,1, : 1,1 \\ 0,0,0, : 1,0 \\ 0,0,0, : 0,1 \end{pmatrix}$$

$$\hat{\mathbf{B}} = \begin{pmatrix} \mathbf{E} & \mathbf{Z} \\ \mathbf{0} & \mathbf{E} \end{pmatrix}$$

Systematický kód:
stačí počítať zabezpečovaciu časť

$$\hat{\mathbf{z}} = (\hat{z}_0, \hat{z}_1) = (1,1,0) \begin{pmatrix} 1,0 \\ 0,1 \\ 1,1 \end{pmatrix}$$

$$\boxed{\hat{\mathbf{z}} = \mathbf{x}.\mathbf{Z}}$$

22

Kóder lineárneho kódu

Kódový priestor — Podpriestor slov kódu | Doplnok podpriestoru (slová nepatriace kódu)

$\mathbf{x}$ $(\mathbf{x} : \mathbf{0}), \hat{\mathbf{x}} = (\mathbf{x} : \hat{\mathbf{z}}),$

zdroj → kóder zdroja → kóder kanála

$\hat{\mathbf{z}} = \mathbf{x}.\mathbf{Z}$

kanál

prijímač ← dekóder prijímača ← dekóder kanála

3 2 1

23

Detekčný cyklický kód

Kódový priestor

$\hat{\mathbf{b}}_0 = (1,0,0, : 1,0)$ $\hat{\mathbf{b}}_3 = (0,0,0, : 1,0)$
$\hat{\mathbf{b}}_1 = (0,1,0, : 0,1)$ $\hat{\mathbf{b}}_4 = (0,0,0, : 0,1)$
$\hat{\mathbf{b}}_2 = (0,0,1, : 1,1)$

Podpriestor slov kódu — Doplnok podpriestoru (slová nepatriace kódu)

Vyslané slovo
$$\hat{\mathbf{x}} = \sum_{n=0}^{2} x_n \hat{\mathbf{b}}_n$$

Prijaté slovo
$$\hat{\mathbf{y}} = \sum_{n=0}^{4} y_n \hat{\mathbf{b}}_n$$

Patrí prijaté slovo $\hat{\mathbf{y}}$ do kódu?

Patrí, ak má tvar $\mathbf{y} = (y_0, y_1, y_2, 0, 0)$

24

4

Dekódovanie cyklického kódu

Kódový priestor

Podpriestor slov kódu | *Doplnok podpriestoru (slová nepatriace kódu)*

$\hat{b}_0 = (1,0,0, \vdots 1,0)$ $\hat{b}_3 = (0,0,0, \vdots 1,0)$
$\hat{b}_1 = (0,1,0, \vdots 0,1)$ $\hat{b}_4 = (0,0,0, \vdots 0,1)$
$\hat{b}_2 = (0,0,1, \vdots 1,1)$

Podpriestor slov kódu

Doplnok podpriestoru (slová nepatriace kódu)

$$\hat{x} = \sum_{n=0}^{4} x_n \hat{b}_n$$

Prijaté slovo

$$\hat{y} = \sum_{n=0}^{4} y_n \hat{b}_n$$

$$\hat{y} = y.\hat{B}$$

$$y = \hat{y}.\hat{B}^{-1}$$

$$\hat{B} = \begin{pmatrix} 1,0,0, \vdots 1,0 \\ 0,1,0, \vdots 0,1 \\ 0,0,1, \vdots 1,1 \\ 0,0,0, \vdots 1,0 \\ 0,0,0, \vdots 0,1 \end{pmatrix}$$

$$\hat{B}^{-1} = ?$$

Inverzná matica kódu

$$\begin{pmatrix} 1,0,0,1,0, \vdots 1,0,0,0,0 \\ 0,1,0,0,1, \vdots 0,1,0,0,0 \\ 0,0,1,1,1, \vdots 0,0,1,0,0 \\ 0,0,0,1,0, \vdots 0,0,0,1,0 \\ 0,0,0,0,1, \vdots 0,0,0,0,1 \end{pmatrix} \begin{matrix} I+IV \\ II+V \\ III+IV+V \end{matrix} \approx \begin{pmatrix} 1,0,0,0,0, \vdots 1,0,0,1,0 \\ 0,1,0,0,0, \vdots 0,1,0,0,1 \\ 0,0,1,0,0, \vdots 0,0,1,1,1 \\ 0,0,0,1,0, \vdots 0,0,0,1,0 \\ 0,0,0,0,1, \vdots 0,0,0,0,1 \end{pmatrix}$$

Čo ste si všimli?

$$\hat{B} = \hat{B}^{-1}$$

Dekódovanie cyklického kódu

Kódový priestor

Podpriestor slov kódu | *Doplnok podpriestoru (slová nepatriace kódu)*

$\hat{b}_0 = (1,0,0, \vdots 1,0)$ $\hat{b}_3 = (0,0,0, \vdots 1,0)$
$\hat{b}_1 = (0,1,0, \vdots 0,1)$ $\hat{b}_4 = (0,0,0, \vdots 0,1)$
$\hat{b}_2 = (0,0,1, \vdots 1,1)$

Podpriestor slov kódu

Doplnok podpriestoru (slová nepatriace kódu)

$$\hat{x} = \sum_{n=0}^{2} x_n \hat{b}_n$$

Prijaté slovo

$$\hat{y} = \sum_{n=0}^{4} y_n \hat{b}_n$$

$$\hat{y} = y.\hat{B} \qquad y = \hat{y}.\hat{B}$$

Cyklický kód

Kódový priestor

Podpriestor slov kódu | *Doplnok podpriestoru (slová nepatriace kódu)*

$$(y_0, y_1, y_2, y_3, y_4) = (\hat{y}_0, \hat{y}_1, \hat{y}_2, \hat{y}_3, \hat{y}_4) \begin{pmatrix} 1,0,0, \vdots 1,0 \\ 0,1,0, \vdots 0,1 \\ 0,0,1, \vdots 1,1 \\ 0,0,0, \vdots 1,0 \\ 0,0,0, \vdots 0,1 \end{pmatrix}$$

Patrí do kódu ak $\quad y = (y_0, y_1, y_2, 0, 0)$

Je potrebné počítať celé slovo y?

$$(y_3, y_4) = (\hat{y}_3, \hat{y}_4) \begin{pmatrix} 1,0 \\ 0,1 \\ 1,1 \\ 1,0 \\ 0,1 \end{pmatrix} = s$$

$$s = \hat{y}.\left(\frac{Z}{E}\right) = 0$$

Dekóder detekčného kódu

Kódový priestor

Podpriestor slov kódu | *Doplnok podpriestoru (slová nepatriace kódu)*

$x \quad (x \vdots 0), \quad \hat{x} = (x \vdots \hat{z}),$

zdroj → kóder zdroja → kóder kanála

kanál

$$s = \hat{y}.\left(\frac{Z}{E}\right) = 0$$

prijímač ← dekóder prijímača ← dekóder kanála ← $\hat{y}$

3   2   1

Cyklický kód

Kódový priestor

Podpriestor slov kódu | *Doplnok podpriestoru (slová nepatriace kódu)*

Použili sme:
- signálový priestor (báza, lineárna nezávislosť)

Nepoužili sme:
- skalárny súčin (kolmosť, vzdialenosť)

Vieme:
- zostaviť **detekčný** lineárny kód,
  t.j. povedať, či prijaté slovo patrí do kódu

Cyklický kód

$|\mathbf{b}_i| = 1$

Potrebujeme:
- zostaviť **korekčný** lineárny kód, t.j. odhadnúť, ktoré slovo bolo vyslané

Musíme vedieť merať vzdialenosť

- Množina vzdialeností $0,1$ je nedostatočná
- Vektor $(1,1,1,1)$ má nulovú veľkosť

Kódová vzdialenosť

Binárne kódy:
- **Hammingova vzdialenosť** – počet bitov, v ktorých sa dve kódové slová líšia $d(\mathbf{x},\mathbf{y})_H = \sum_{n=0}^{N-1} x_n \oplus y_n$
- **Li-ova vzdialenosť** $x_n \in \{0,1,\ldots,q-1\}, n = 0,1,\ldots,N-1$

$$|a|_L = \min\{a, q-a\} \quad d(\mathbf{x},\mathbf{y})_L = \sum_{n=0}^{N-1} |a_n - b_n|_L$$

$$pre\ q = 2\ a\ 3:\ d(\mathbf{x},\mathbf{y})_L = d(\mathbf{x},\mathbf{y})_H$$

Cyklický kód

informačná časť — zabezpečujúca časť
$$(x_0, \vdots\ z_0, z_1)$$

Generujúci polynóm $g(x) = x^2 + x + 1$

$$\hat{\mathbf{b}}_0 = (1, \vdots\ z_0, z_1) = (1, \vdots\ 1,1) \quad \mathbf{g} = (1,1,1)$$

$$\hat{\mathbf{x}} = x_0 \mathbf{b}_0$$

zdroj — kóder zdroja — kóder kanála — kanál — dekóder kanála — dekóder prijímača — prijímač

$$\mathbf{y} = \hat{\mathbf{y}}.\hat{\mathbf{B}} = (y_0, y_1, y_2) \begin{pmatrix} 1,1,1 \\ 0,1,0 \\ 0,0,1 \end{pmatrix}$$

Korekčný cyklický kód

Pre prijaté $\hat{\mathbf{y}}$ nájdite $\tilde{\mathbf{y}}$ tak že:
- leží v priestore $\hat{\mathbf{b}}_0$
- je najbližšie k $\hat{\mathbf{y}}$

$$\hat{\mathbf{y}}_0 = (0,0,0)$$
$$\hat{\mathbf{y}}_1 = (0,0,1)$$
$$\hat{\mathbf{y}}_2 = (0,1,0)$$
$$\hat{\mathbf{y}}_3 = (0,1,1)$$
$$\hat{\mathbf{y}}_4 = (1,0,0)$$
$$\hat{\mathbf{y}}_5 = (1,0,1)$$
$$\hat{\mathbf{y}}_6 = (1,1,0)$$
$$\hat{\mathbf{y}}_7 = (1,1,1)$$

$$\tilde{\mathbf{y}} = (0,0,0) \quad \tilde{\mathbf{y}} = (1,1,1)$$

Cyklický kód

$$\hat{\mathbf{x}} = x_0 \mathbf{b}_0$$
$$\mathbf{y} = \hat{\mathbf{y}}.\hat{\mathbf{B}} = (\hat{y}_0, \hat{y}_1, \hat{y}_2) \begin{pmatrix} 1,1,1 \\ 0,1,0 \\ 0,0,1 \end{pmatrix}$$

Čo ste si všimli?

$\hat{\mathbf{x}}_0 = (0,0,0)$	syndrom	$\hat{\mathbf{x}}_1 = (1,1,1)$	syndrom
$\hat{\mathbf{y}}_0 = (0,0,0)$	$(0,0)$	$\hat{\mathbf{y}}_7 = (1,1,1)$	$(0,0)$
$\hat{\mathbf{y}}_1 = (0,0,1)$	$(0,1)$	$\hat{\mathbf{y}}_3 = (0,1,1)$	$(1,1)$
$\hat{\mathbf{y}}_2 = (0,1,0)$	$(1,0)$	$\hat{\mathbf{y}}_5 = (1,0,1)$	$(1,0)$
$\hat{\mathbf{y}}_4 = (1,0,0)$	$(1,1)$	$\hat{\mathbf{y}}_6 = (1,1,0)$	$(0,1)$

Syndrom ukazuje na miesto chyby!

Hammingov kód

$(1,1,0)$ $(1,1,1)$

$(1,0,0)$ $(1,0,1)$

$(0,1,0)$ $(0,1,1)$

$(0,0,0)$ $(0,0,1)$

6

Ďakujem za
Vašu pozornosť

37

7