

20SK – Signály a kódy

Přednáška 1 – Úvod do digitálních komunikací (12.11.2018)

Probíraná témata:

- Digitální komunikační systémy
- Kódování/dekódování zdroje a kanálu
- Binární rozhraní mezi zdrojem a komunikačním kanálem, hlavní důvody pro použití binárního rozhraní mezi zdrojem a kanálem
- Zdrojové kódování/dekódování,
- Entropie diskrétního zdroje signálu, příklady
- Shannonova věta o kódování (angl. *source/channel separation theorem*)
- Komunikační kanály, aditivní kanál s Gaussovským bílým šumem (AWGN)
- Kapacita přenosového kanálu
- Význam kódů pro detekci a opravu chyb
- Digitální rozhraní

Relevantní literatura je [1, kapitola 1].

Seznam literatury

- [1] GALLAGER, Robert. Principles of Digital Communications I (6.450): Course materials. In: *MIT OpenCourseWare* [online]. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology, 2006 [cit. 2013-11-18]. Dostupné z: <http://ocw.mit.edu/>

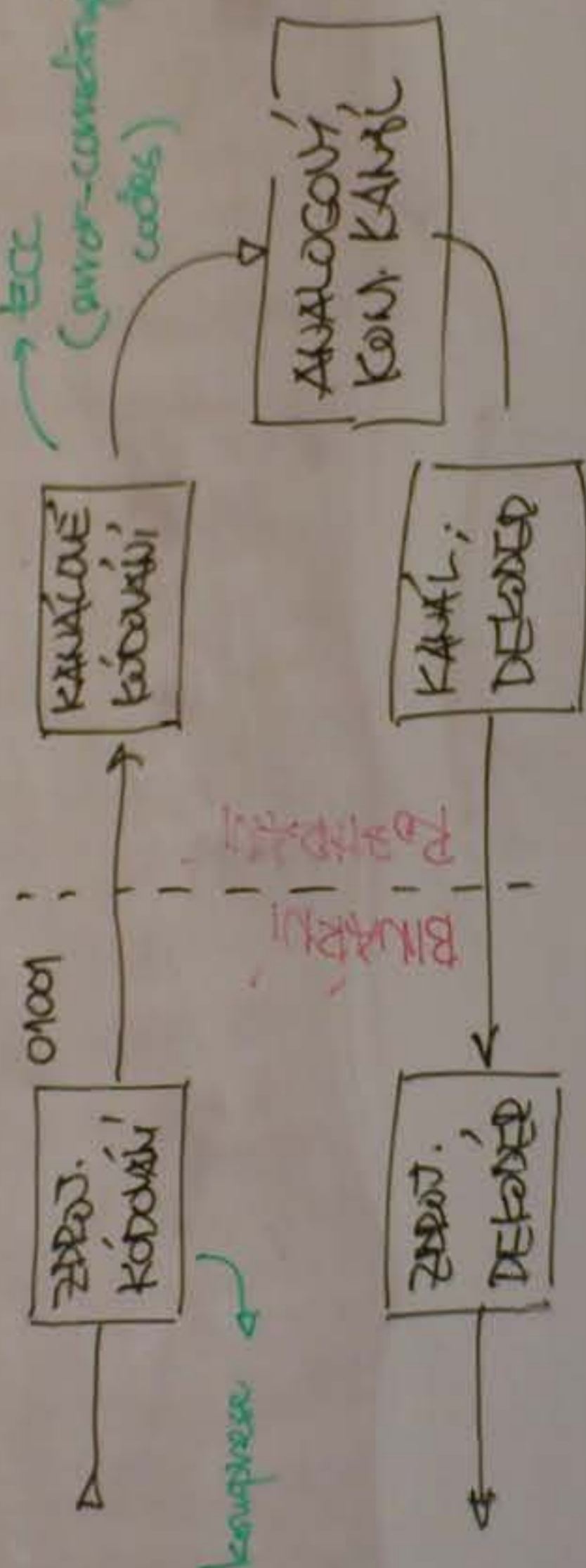
<http://zolotarev.fd.cvut.cz/sk/>

Gallager, R. Introduction to Digital Communication

ocna mit. sdru

Pracovní kódování
Zdroj a kódek

Claude Shannon:



Pracovní kódování

- 1 Shannon to diskretizace
- 2 Lenny' HW | miniaturizace
- 3 Binární volby lze standardizovat
- 4 Pře. síť → vrstvy → jednodušší stavění

* Za předpokladu, že je jeden zdroj a jeden kódek

Ústředí a vzhled



zhluk

VOZBUHA

diskontinuální čas
spojitá $f(t)$

KONTAKT

diskontinuální čas
diskontinuální $f(t)$

DISKRETNÍ
KODÉR

00010
00000
01101
...

KANÁLOVÉ
KÓDOVÁNÍ

Standardní vzhled

musíme ignorovat funkci ostatních ústředí

Průběh (př):

- ① Shannon to dokázal *
- ② Lennig, Hux, miniaturizace
- ③ Binární vzhled lze standardizovat
- ④ Př. síť → ústředí → jednotlivší

→ ECC
(error-correcting codes)

ANALOGOVÝ
KON. KANÁL

KANÁL;
DEKODÉR

* za předpokladu, že je jeden zdroj a je

že oddělení zdrojů

KOMUNIKACE: ZDROJĚ SIGNÁLU

Analogové signály: vlnění; měřené veličiny, ...

Nyquistova teorie: vše je superpozice harmonických

Shannon: stačí přenést informace nutné k rekonstrukci signálu na přijímací straně:

$$f(t) = a \cdot \sin(\omega t + \varphi) \rightarrow a, \omega, \varphi$$

Příklad: Kódka: $X = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$; $P(x_i) = \frac{1}{6}$

$$H(X) = - \sum_{i=1}^6 \frac{1}{6} \cdot \log_2 \left(\frac{1}{6}\right) = - \log_2 \left(\frac{1}{6}\right) = 2,585$$

ZDROJOVÉ KÓDOVÁNÍ

1) málo symbolů A...Z + mezera + ... \rightarrow 00000 až 11111 (32)

2) ~~A~~A, B, ..., Z, Z, Z + ... \rightarrow víc bitů

3) proměnná délka kódu (Huffman) \rightarrow 0...11111 (kompresa!)

Entropie zdrojů: počet bitů, nutný k vyjádření informace, poskytnoucí zdrojem

Definice: $X = \{X_1, X_2, X_3, \dots, X_n\}$... zdroj jako markovský proces

$$H(X) = - \sum_{i=1}^n P(x_i) \cdot \log_2 P(x_i)$$

udává průměrný počet bitů nutný k reprezentaci vzhledem k X_1, \dots, X_n .

Shannonova věta o separaci zdroje a kanálu:

Maximální zdroj entropie $H(X)$ produkující r symbolů za sekundu. $[N(X) = H(X) \cdot r]$ zdrojová rychlost [bps]

Maximální přenosový kanál s kapacitou C [bps]

1) Pokud $C < N(X)$, nelze přenést nic.

2) Pokud $C > N(X)$, lze vhodným zakódováním zdroj přenést informaci s libovolně malou chybou.

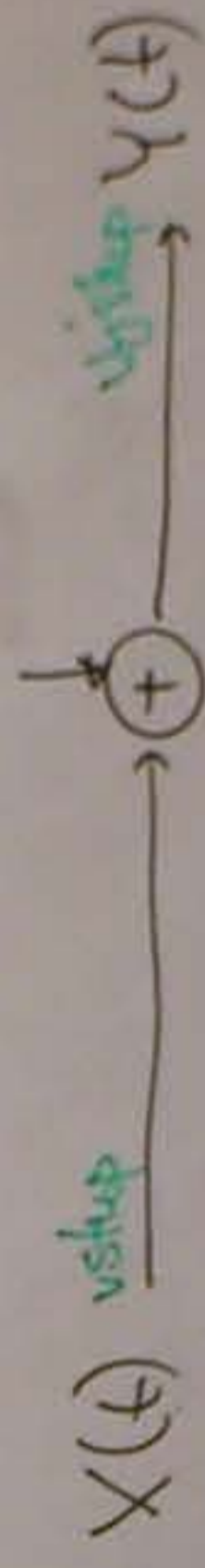
3) Pokud $C = N(X)$ záleží na chybovosti kanálu

KOMUNIKAČNÍ KANÁL

- je daný, nemůžeme jej nijak ovlivnit
- pokud by neexistoval šum a řešení, nebylo by co řešit

Šum: omezi počet bitů, je dokonalé spolehlivé volně

Jednoduchá simulace: $Z(t)$ ruční (šum)

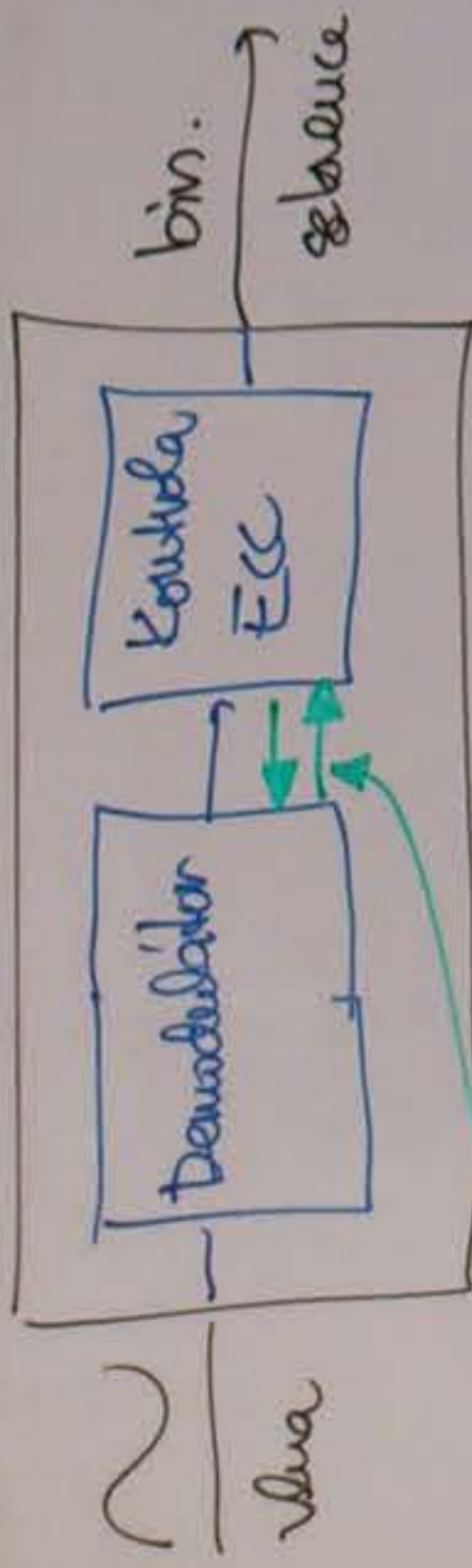


AWGN kanál

Additive White-Gaussian Noise

$$Y(t) = X(t) + Z(t)$$

ruční produkce: $X(t)$ a $Z(t)$ jsou stochasticky nezávislé



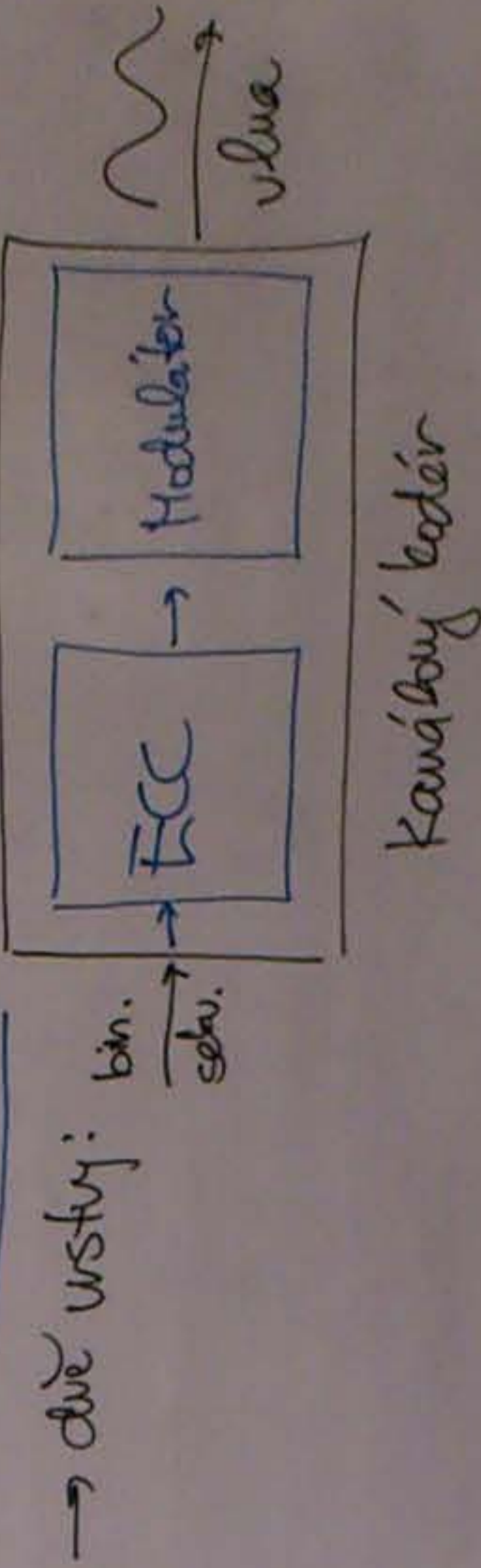
KANÁLOVÝ DEKODÉR
(KLASICKÉ ŘEŠENÍ)

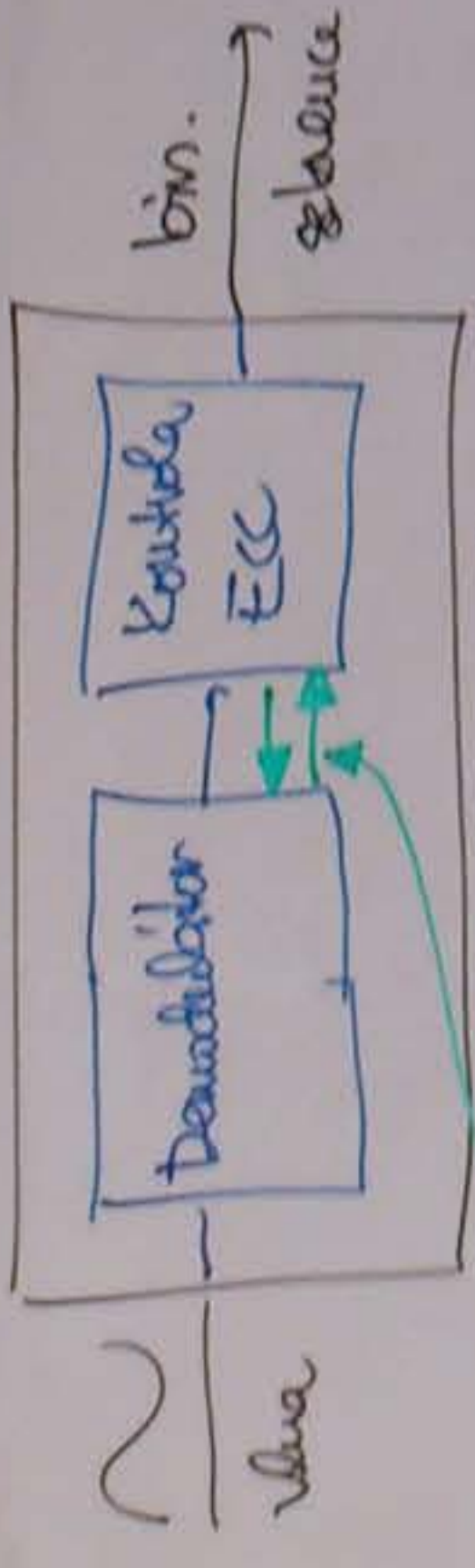
iterativní, společná demodulace a kontrola ECC
 => výrazně lepší odolnost proti chybám
 (MODERNÍ ŘEŠENÍ)

KANÁLOVÝ KODÉR

- převádí vstupní binární sdělení na spojitou vlnu (waveform)
 -> demodulátor: převádí "vlua" + šum zpět na bin. sdělení
 => odhaduje nejpravděpodobnější vstup do kanálu

TECHNICKÁ REALIZACE:





KLASICKÝ DEKODÉR
 (KLASICKÉ ŘEŠENÍ)

iterativní, společnou demodulaci a kontrolu ECC
 ⇒ výrazně lepší odolnost proti chybám
 (MODERNÍ ŘEŠENÍ)

Kapacita AWGN kanálu

Shannon: Dostatečně sofistikované kódovací schéma při dané kapacitě přenos kanálu.
 data o libovolně nízkou pravděpodobnost chyb při dané kapacitě přenos kanálu.

C_0 AWGN:

$$C = W \cdot \log_2 \left(1 + \frac{P}{N_0 W} \right) \quad [\text{bps}]$$

kde: W [Hz] ... šířka přen. pásma
 P [W] ... výšilací výkon
 N_0 [$\frac{W}{Hz}$] ... výkon šumu na jednotku šířky pásma

→ udává odstup signálu od šumu

Historie problémů v binárních komunikačních

větvách

- 1) Rozdílné rychlosti - rychlost vstupu a předchozího výstup & ne zcela perfektně shodný
- 2) Chyby - kanálový dekódér může dodat chybně dekodovaná data
- 3) Síť - zpráva může cestovat nejednou po více různých cestách
- po jedné kanále cestují zprávy z různých zdrojů k různým cílům

Kapacita AVGN kanálu

Shannon: Důležitě sfofikované významí sdělení, v. určité přímě kanálu.
data s libovolně nízkou pravděpodobností chyby při dané kapacitě přenos. kanálu.

Pro AVGN:

$$C = W \cdot \log_2 \left(1 + \frac{P}{N_0 \cdot W} \right) \quad [\text{bps}]$$

kele: W [Hz] ... šířka přen. pásma

P [W] ... výšlací výkon

N_0 [$\frac{W}{\text{Hz}}$] ... výkon šumu na jednotku šířky pásma

→ udává výkon šumu od šumu