

Teorija informacije

Informacijska svojstva i kodiranje medija

Informacijska svojstva i kodiranje medija

- ♦ Uvod: hibridno kodiranje
- ♦ Jezik (tekst)
- ♦ Zvuk
- ♦ Slika

Hibridno kodiranje

- ♦ Kombinacija izvornog i entropijskog kodiranja
- ♦ Primjene na razne vrste medija (slika, video, glazba...)
- ♦ Različite metode, uglavnom s gubicima (ljudima manje ili više neprimjetnima)
- ♦ Omjer kompresije ovisan o sadržaju i (subjektivnoj) kvaliteti

Primjeri primjene hibridnog kodiranja

- ♦ Zvuk
 - PCM, ADPCM, MPEG audio,...
- ♦ Nepomična slika
 - GIF, JPEG, JPEG 2000,...
- ♦ Video
 - H.261, MPEG video...
- ♦ 3D modeli i animacija
 - MPEG-4

Odabrane metode hibridnog kodiranja zvuka i slike obrađene su u predavanjima koja slijede.

Kolika je entropija hrvatskog jezika?

- ♦ Osnovni simbol: slovo
- ♦ 27 slova (uključujući razmak):
 $H = \log 27 = 4,755 \text{ bit/simbol}$

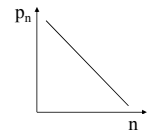
Vjerojatnost pojavljivanja pojedinih slova

znak	rel.frekv.	kod	znak	rel.frekv.	kod	znak	rel.frekv.	kod
razmak	0.1700	000	t	0.0367	10100	b	0.0155	11100
a	0.0960	001	u	0.0364	10101	z	0.0144	111010
e	0.0770	0100	d	0.0319	10110	š	0.0086	111011
o	0.0754	0101	m	0.0313	10111	č	0.0084	111100
i	0.0742	0110	v	0.0306	11000	c	0.0067	111101
n	0.0464	0111	l	0.0306	11001	h	0.0065	1111100
j	0.0435	1000	k	0.0298	11010	ž	0.0052	1111101
s	0.0420	10010	p	0.0204	110110	ć	0.0049	1111110
r	0.0382	10011	g	0.0166	110111	f	0.0011	1111111

$$H = - \sum_{i=1}^{27} p(x_i) \log p(x_i) = 4,19$$

- ♦ Npr. iza samoglasnika vjerojatniji suglasnik
- ♦ Neodređenost je smanjena
- ♦ Promatramo po dva susjedna znaka: $H = 3,59$
- ♦ Promatramo po tri susjedna znaka: $H = 3,1$

- ♦ Zipfov zakon: $p_n = \frac{P}{n}$
 - n : redni broj riječi, počevši od najčešćih
 - p_n : vjerojatnost pojavljivanja riječi n
 - P : konstanta
- ♦ Prosječni sadržaj informacije po riječi

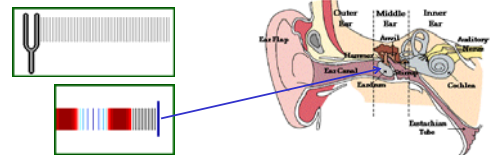


$$\bar{I}_r = - \sum_{n=1}^R p_n \log p_n [\text{bit / riječ}]$$

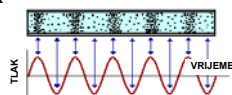
- ♦ Dijelimo s prosječnim brojem slova po riječi; za engleski dobivamo 1,66 bit/simbol
- ♦ Korelacije među riječima, gramatika...: **0,6 – 1,3 bit/simbol**

- ♦ Metoda kodiranja zasnovana na ovim razmatranjima bila bi složena
- ♦ Gramatika, riječi, slova, vjerojatnosti pojave riječi i slova: sve ovisi o jeziku
- ♦ Jednostavnost i univerzalnost važnija od moguće uštede
- ♦ Stoga: ASCII (8 bit), Unicode (16 bit)

- ♦ Longitudinalni val titranja čestica zraka
 - Izvor zvuka stvara titranje čestica (promjene tlaka)
 - Titranje se širi brzinom $v = \lambda f = 330 \text{ m/s}$ (ovisno o temperaturi)
 - Lokalno titranje tlaka uzrokuje titranje struktura uha
 - Pužnica ima više od 10000 „detektora“ osjetljivih na razne frekvencije; oni pretvaraju zvuk u žičane signale



- ♦ Vremenskoj domena: valni oblik
 - amplituda
 - faza
 - frekvencija



- ♦ Frekvencijska domena: frekvencijski spektar
 - harmonici (višekratnici osnovne frekvencije f , $2f$, $3f$, ...)
 - za govor, formanti (rezonantne frekv. govornog trakta), npr:

	F1	F2	F3
a	860	1700	2400
e	530	1850	2500
u	300	870	2250



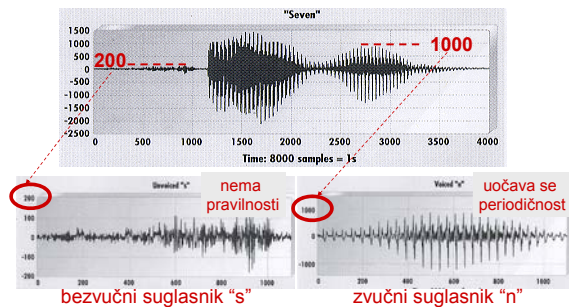
- ♦ Frekvencija (f) [Hz] → **visina**: $20 \log (f/f_r)$ [Mel]
 - **Jednake rastuće korake frekvencije** primjećujemo kao sve manje i manje korake rasta **visine zvuka**
 - Čujno područje 20 Hz do 20 kHz
- ♦ Amplituda (A) [Pa] → Intenzitet (I) [W/m^2] → **glasnoća**: $20 \log (I/I_r)$ [dB] (I_r je granica čujnosti)
 - **Jednake rastuće korake amplitude (intenziteta)** primjećujemo kao sve manje i manje korake rasta **jačine odnosno, glasnoće zvuka**
 - granica čujnosti 0 dB ($1 \cdot 10^{-12} \text{ W/m}^2$)
 - šapat 25 dB
 - uredska buka 50 dB
 - razgovor 60-65 dB
 - prosječni kućni stereo uređaj ~90 dB
 - granica boli 120 dB
 - ozljeda bubnjača 130dB

dinamički raspon
ljudskog sluha
120 dB

Vremenska analiza govora



Zavod za telekomunikacije



09/05

TI • Informacijska svojstva i kodiranje medija

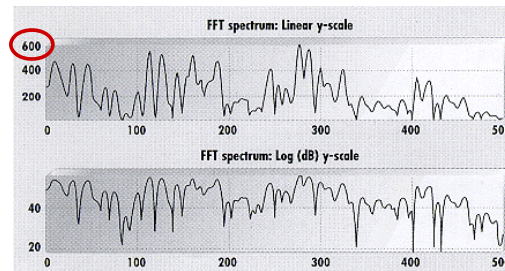
13

Frekvencijska analiza govora (1)



Zavod za telekomunikacije

- Odsječak 30 ms **bezzvučni suglasnik "s"**



09/05

TI • Informacijska svojstva i kodiranje medija

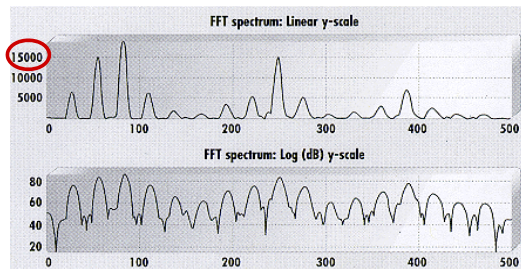
14

Frekvencijska analiza govora (2)



Zavod za telekomunikacije

- Odsječak 30 ms **zvučni suglasnik "n"**
- Uočljive rezonantne frekvencije - **formanti**



09/05

TI • Informacijska svojstva i kodiranje medija

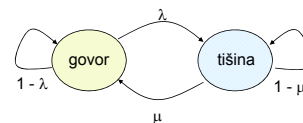
15

Model govora u vremenu



Zavod za telekomunikacije

- model govora u vremenu može se opisati "on-off" modelom
- intervali govora prosječno traju 800 ms - 1.2 s
- intervali tišine (između pojedinih glasova, riječi i rečenica) prosječno traju 1 - 1.6 s
 - ako se na izlaz kodera ne šalje ništa u intervalima tišine, može se uštedjeti do 40%



09/05

TI • Informacijska svojstva i kodiranje medija

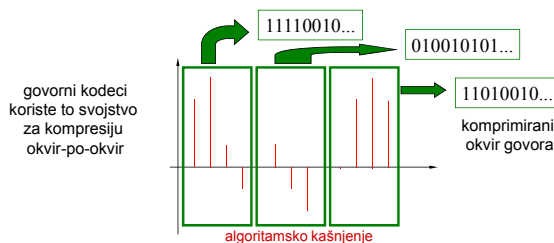
16

Vremenska svojstva govornog signala



Zavod za telekomunikacije

- govorni signal je nestacionaran (mijenja se u vremenu), ali u manjim vremenskim odsječcima (okvirima od 20 - 30 ms) može se promatrati kao stacionaran



09/05

TI • Informacijska svojstva i kodiranje medija

17

Karakteristike govora važne za kodiranje



Zavod za telekomunikacije

- Izvor: ljudski govorni organi
 - Zrak iz pluća prolaskom kroz govorne organe (dušnik, grkljan, glasnice, šupljine usta i nosa) stvara glas
 - zvučni glasovi** (zrak izaziva titranje glasnica)
 - bezzvučni glasovi** (nema titranja glasnica)
 - Frekv. raspon 60 Hz - 8 kHz, dinamički raspon 40 dB
- Prijamnik: ljudski slušni organi
 - Čujno područje 20Hz - 20 kHz, dinamički raspon 120 dB
 - Za razumljivost najvažnije 2 - 5 kHz (500-2000Hz)
 - Kvaliteta se ocjenjuje subjektivno
 - Poznata anomalija: efekt *maskiranja*: jedan zvučni signal prekriva drugi (ovisno o relativnim glasnoćama i frekvencijama)

09/05

TI • Informacijska svojstva i kodiranje medija

18

Ideje za konstrukciju codeca



Zavod za telekomunikacije

- ♦ Svojstvo govornog signala je da ima veću vjerojatnost poprimanja manjih vrijednosti nego većih vrijednosti
 - Uniformna kvantizacija nije optimalna
 - "isplati se" točnije kodirati manje vrijednosti od većih - nelinearna kvantizacija daje bolju kvalitetu uz jednak broj bita po uzorku
- ♦ Postoji visoka korelacija između uzastopnih uzoraka i uzastopnih okvira
 - Uklanjanjem redundancije u signalu može se sažeti zapis
- ♦ Na temelju poznavanja svojstava govora, tj. fizioloških karakteristika govornog trakta, može se napraviti model
 - Parametri modela se računaju na temelju stvarnih uzoraka
 - Prenose se samo parametri, a govor se rekonstruira (sintetizira) na temelju modela
 - U najnovijim koderima (npr. MPEG-4 SA) ova ideja proširuje se i na druge zvukove

09/05

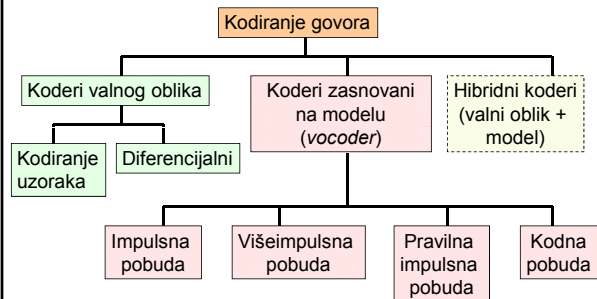
TI • Informacijska svojstva i kodiranje medija

19

Koderi govora



Zavod za telekomunikacije



09/05

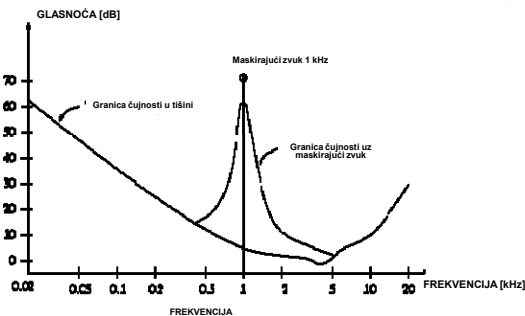
TI • Informacijska svojstva i kodiranje medija

20

Maskiranje zvuka



Zavod za telekomunikacije



09/05

TI • Informacijska svojstva i kodiranje medija

21

Digitalna (nepomična, 2D) slika



Zavod za telekomunikacije

- ♦ Slika iz stvarnog svijeta (u digitalnom obliku):
 - slika snimljena digitalnom kamerom
 - slika prenesena na računalo preko optičkog čitača (scanner)
 - ...
- ♦ Slika stvorena pomoću računala:
 - crtež (vektorska grafika)
 - slika (obrađena digitalna slika, bitmap, računalna grafika)
 - fraktalna slika
 - graf
 - vizualizacija
 - ...
- ♦ Slika kao jedinica unutar animiranog filma ili videa

09/05

TI • Informacijska svojstva i kodiranje medija

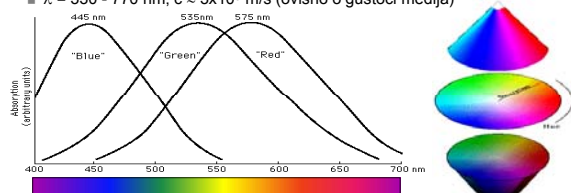
22

Percepcija slike



Zavod za telekomunikacije

- ♦ vidljiva svjetlost = elektromagnetski val
 - $\lambda = 330 - 770 \text{ nm}$, $c \approx 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ (ovisno o gustoći medija)



- tri svojstva boje koje ljudsko oko raspoznaje su **obojenost** (hue), **zasićenost** (saturation), i **svjetlina** (brightness)
 - to je osnova za HSB model boja u računalnoj grafici

09/05

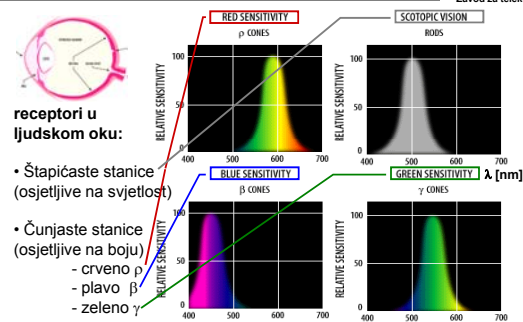
TI • Informacijska svojstva i kodiranje medija

23

Ljudski vid



Zavod za telekomunikacije



receptori u ljudskom oku:

- Štapičaste stanice (osjetljive na svjetlost)
- Čunjaste stanice (osjetljive na boju)
 - crveno ρ
 - plavo β
 - zeleno γ

09/05

TI • Informacijska svojstva i kodiranje medija

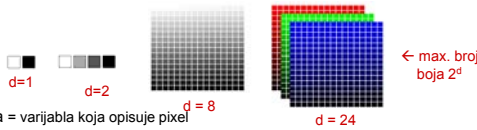
24

Računalni prikaz slike



Zavod za telekomunikacije

- Slika se promatra kao matrica obojanih točaka, odn. *pixela*
- Pixel = *picture element*
 - Razlikujemo *pixel slike* od "*pixela uređaja*" (device pixel, dot)!! Npr:
 - printer 600 dpi: kvadrat sa stranicom 1/600"
 - video monitor 72 dpi: kvadrat sa stranicom 1/72"
- Rezolucija slike = dimenzije matrice pixela $N_1 \times N_2$
- Dubina slike = broj bita (d) za opis pixela (odn. boju)



- Boja = varijabla koja opisuje pixel
 - Modeli boje za sliku: RGB, CMY, HSB, HSI, ...
 - Modeli boje za video: YUV, YIQ, ...

09/05

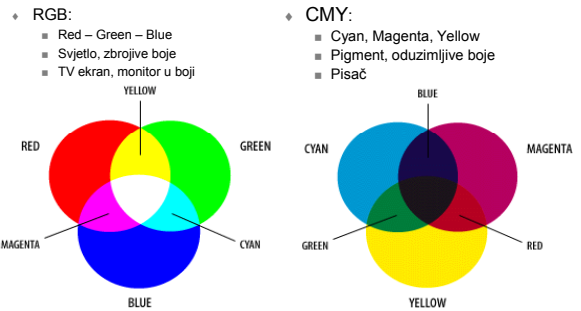
TI • Informacijska svojstva i kodiranje medija

25

Modeli boje za sliku



Zavod za telekomunikacije



09/05

TI • Informacijska svojstva i kodiranje medija

26

Kodiranje slike zasniva se na:



Zavod za telekomunikacije

- Statističkim karakteristikama slike: kodiranje bez gubitaka
- Karakteristikama ljudskog sustava vida: kodiranje s neprimjetnim gubicima
- Sažimanju manje važnih elemenata slike prema nekom kriteriju: kodiranje s vidljivim gubicima
- Obično se radi o kombinaciji ovih ideja

09/05

TI • Informacijska svojstva i kodiranje medija

27

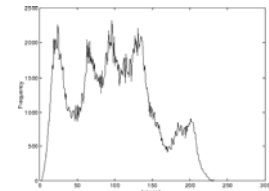
Primjer: slika i njen histogram



Zavod za telekomunikacije



256*256*8 bita



Direktnim entropijskim kodiranjem može se postići 7 bit/pixel

09/05

TI • Informacijska svojstva i kodiranje medija

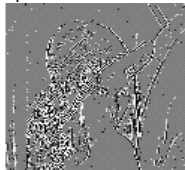
28

Signal razlike



Zavod za telekomunikacije

- Razlika susjednih pixela



- Signal se ujednačuje, povoljnije za entropijsko kodiranje
- Entropijskim kodiranjem dobiva se 2.6 bit/pixel!

09/05

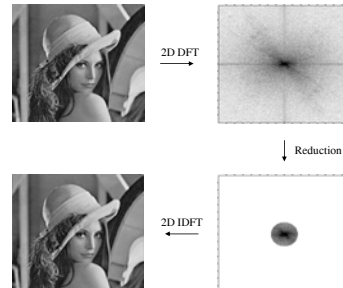
TI • Informacijska svojstva i kodiranje medija

29

Primjer 2: Fourierova transformacija



Zavod za telekomunikacije



09/05

TI • Informacijska svojstva i kodiranje medija

30



- ♦ Jaka korelacija među susjednim točkama
- ♦ Prijelaz u prostorno-frekvencijsku domenu
 - više frekvencije manje prisutne
- ♦ Percepcija
 - odbacivanjem viših frekvencija slika se "zamućuje", u početku neprimjetno
 - svjetlina važnija od boje