

Multimedijalni računarski sistemi

2. Kompresija podataka

Sadržaj

- ❑ Osnove kompresije podataka
 - ❑ Načini za kompresiju
 - ❑ Tehnike kompresije
 - ❑ RL kodovanje
 - ❑ Korišćenje stabala za generisanje kodova
 - ❑ Huffmanovo kodovanje
-

Osnove kompresije podataka

- Motivacija i potreba za kompresijom
 - Veličina fajlova sa podacima velika
 - Nepraktično za skladištenje
 - Nepraktično za prenos

 - Kompresija i dekompresija
 - Brzina kompresije
 - Brzina dekompresije
-

Primeri veličine fajlova sa podacima

□ Tekst

- 1 strana sa 80 karaktera, 64 linije po strani, 1 byte po karakteru zahteva $80 \times 64 \times 1 \times 8 = 41\text{kbit}$ po svakoj strani

□ Slika

- 24 bita po pixelu, 512 x 512 pixela po slici, zahteva $512 \times 512 \times 24 = 6\text{ Mbit}$ po slici (približno)
-

Primeri veličine fajlova sa podacima

□ Audio

- CD kvalitet, smplovano sa 44,1 KHz, 16 bita po semplu, zahteva $44,1 \times 16 = 706$ kbit/s

□ Video

- Full size frame sa 1024x768 pixel/frame, 24 bit/pixel, 30 frame/s, zahteva $1024 \times 768 \times 24 \times 30 = 566$ Mbit/s
 - Realnije 360x240 pixel/frame, zahteva $360 \times 240 \times 24 \times 30 = 60$ Mbit/s
-

Načini za kompresiju

- Bez gubitka informacije (lossless comp.)
 - Originalni podatak se rekonstruiše u potpunosti (rekonstrukcija je istovetna originalu)
 - Koeficijent kompresije od 2:1 to 50:1
 - Primer: Huffman-ovo kodiranje
 - Sa gubitkom dela informacija (lossy comp.)
 - Rekonstruisani podatak nije isti sa originalom
 - Uzimaju se u obzir nesavršenosti ljudskih čula (oko, uvo)
 - Viši koeficijenti kompresije (tipično oko 100:1)
-

Prenos slika

☐ Kompresija slika

■ Kompresija bez gubitaka

- ☐ Tehnike: DPCM, HINT, DP, BPE, MAR
- ☐ Stepen kompresije: od 1.5:1 do 3:1

■ Kompresija sa gubicima

- ☐ Treba voditi računa da se ne naruši sadržaj tj. da se ne izgubi bilo koja značajna informacija
 - ☐ JPEG,
 - ☐ subband coding: wavelets
 - ☐ ...
-

Formati slika

- ❑ BMP (DIB) - Bitmap format (device independent bitmap)
- ❑ GIF - graphics interchange format
- ❑ JPEG - Joint Photographic Experts Group
- ❑ PNG - portable network graphics
- ❑ TIFF - tagged **image** file format
- ❑ PCX – PC Paintbrush Exchange
- ❑ ...

Formati multimedijalnog sadržaja

Video kompresija:

- **ISO/IEC** : [MJPEG](#) · [Motion JPEG 2000](#) · [MPEG-1](#) · [MPEG-2](#) · [MPEG-4 ASP](#) · [MPEG-4/AVC](#)
- **ITU-T** : [H.120](#) · [H.261](#) · [H.262](#) · [H.263](#) · [H.264](#)
- **Ostali** : [AMV](#) · [AVS](#) · [Bink](#) · [Dirac](#) · [Indeo](#) · [Pixlet](#) · [RealVideo](#) · [RTVideo](#) · [SheerVideo](#) · [Smacker](#) · [Snow](#) · [Theora](#) · [VC-1](#) · [VP6](#) · [VP7](#) · [VP8](#) · [WMV](#)

Audio kompresija


- **ISO/IEC** : [MPEG-1 Layer III \(MP3\)](#) · [MPEG-1 Layer II](#) · [MPEG-1 Layer I](#) · [AAC](#) · [HE-AAC](#)
- **ITU-T** : [G.711](#) · [G.718](#) · [G.719](#) · [G.722](#) · [G.722.1](#) · [G.722.2](#) · [G.723](#) · [G.723.1](#) · [G.726](#) · [G.728](#) · [G.729](#) · [G.729.1](#) · [G.729a](#)
- **Ostali** : [AC3](#) · [AMR](#) · [Apple Lossless](#) · [ATRAC](#) · [FLAC](#) · [iLBC](#) · [Monkey's Audio](#) · [μ-law](#) · [Musepack](#) · [Nellymoser](#) · [OptimFROG](#) · [RealAudio](#) · [RTAudio](#) · [SHN](#) · [Siren](#) · [Speex](#) · [Vorbis](#) · [WavPack](#) · [WMA](#) · [TAK](#)

Kompresija slika

- **ISO/IEC/ITU-T** : [JPEG](#) · [JPEG 2000](#) · [lossless JPEG](#) · [JBIG](#) · [JBIG2](#) · [PNG](#) · [WBMP](#)
- **Ostali** : [APNG](#) · [BMP](#) · [GIF](#) · [ICER](#) · [ILBM](#) · [PCX](#) · [PGF](#) · [TGA](#) · [TIFF](#) · [JPEG XR / HD Photo](#)

Media containers

- **Opšti** : [3GP](#) · [ASF](#) · [AVI](#) · [Bink](#) · [DMF](#) · [DPX](#) · [EVO](#) · [FLV](#) · [Matroska](#) · [MPEG-PS](#) · [MPEG-TS](#) · [MP4](#) · [MXF](#) · [NUT](#) · [Ogg](#) · [Ogg Media](#) · [QuickTime](#) · [RealMedia](#) · [Smacker](#) · [RIFF](#) · [VOB](#)
- **Samo audio** : [AIFF](#) · [AU](#) · [WAV](#)



Primeri kompresije

*Originalna slika:
veličina: 1,177,864
bajta*

<i>GIF kompresija</i>	<i>JPEG kompresija</i>	<i>JPEG kompresija</i>
<i>545,463 byte</i>	<i>Optimizovan kvalitet</i>	<i>Optimizovana</i>
<i>odnos 1:2.2</i>	<i>127,246 byte</i>	<i>veličina</i>
	<i>odnos 1:9.3</i>	<i>26,141 byte</i>
		<i>odnos 1:45</i>





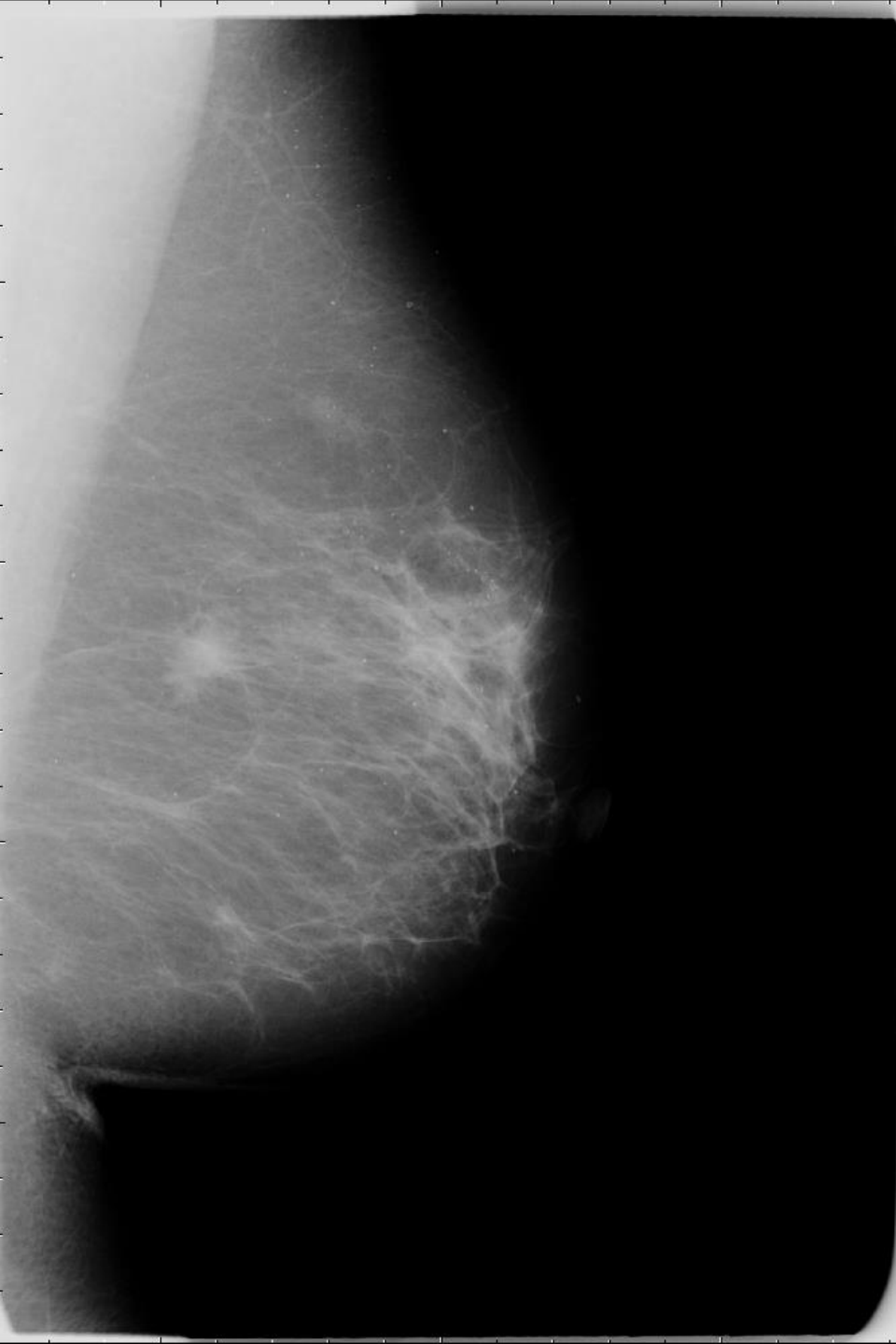
*Originalna slika:
veličina: 1,989,536
byte*

GIF kompresija
1,175,620 byte
odnos 1:1.7

JPEG kompresija
Optimizovan kvalitet
283,557 byte
odnos 1:7

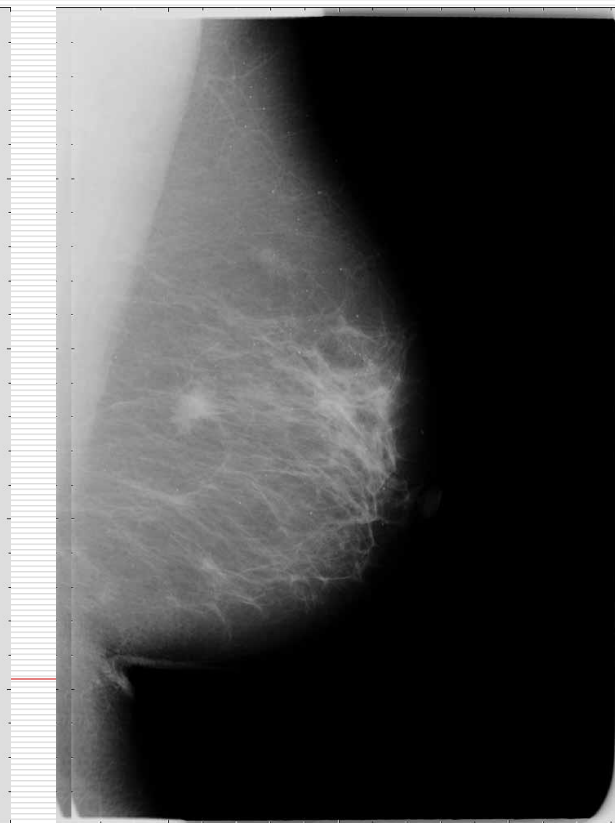
JPEG kompresija
Optimizovana
veličina
39,690 byte
odnos 1:50





*Originalna slika:
Veličina: 746,786
byte*

<i>GIF kompresija</i>	<i>JPEG kompresija</i>	<i>JPEG kompresija</i>
<i>315,683 byte</i>	<i>Optimizovan kvalitet</i>	<i>Optimizovana</i>
<i>odnos 1:2.4</i>	<i>89,200 byte</i>	<i>veličina</i>
	<i>odnos 1:8.4</i>	<i>24,783 byte</i>
		<i>odnos 1:30</i>



Uvećan deo prethodne slike

~~Originalna slika~~
veličina: 65,589

~~JPEG kompresija~~

~~Optimizovan kvalitet~~

14,411 byte

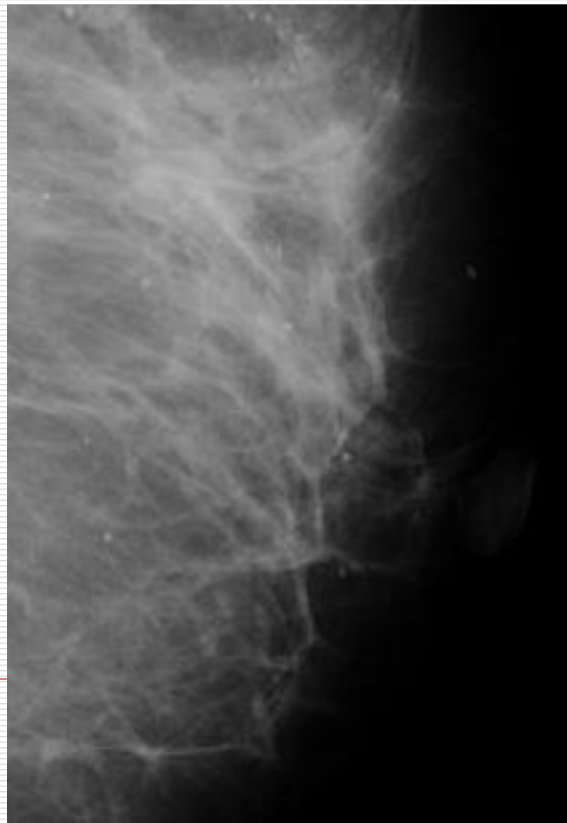
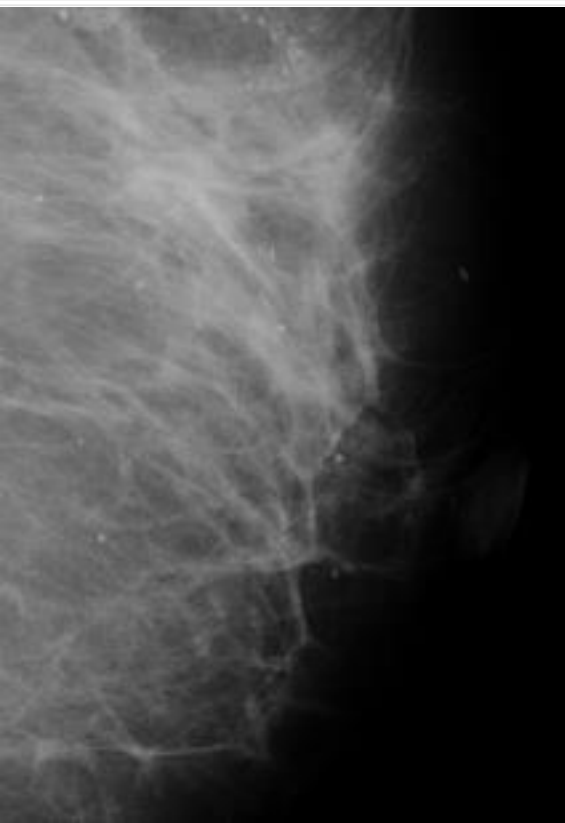
odnos 1:4.6

~~JPEG kompresija~~

~~Optimizovana veličina~~

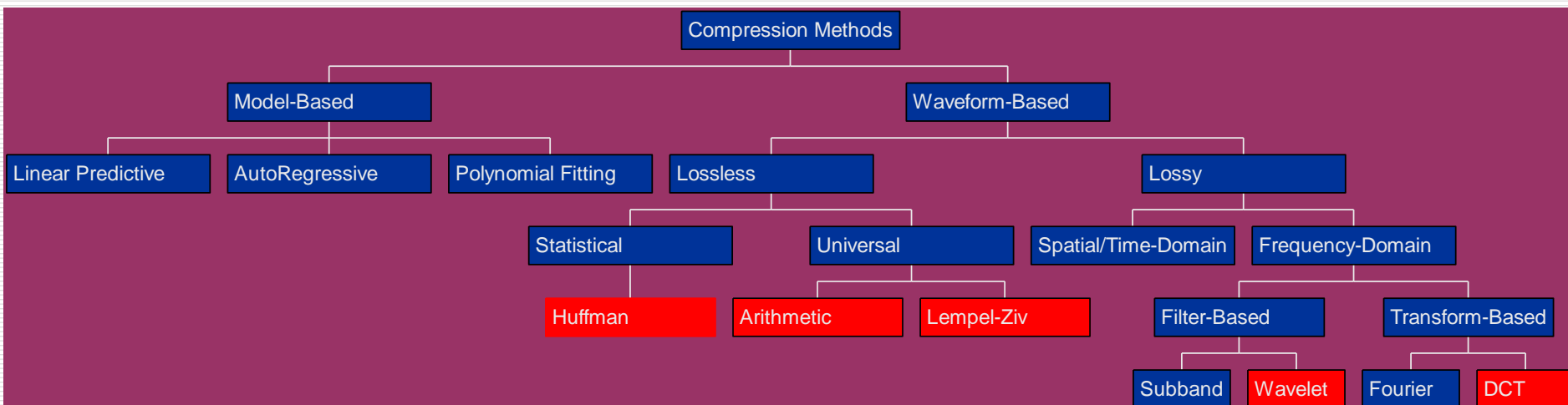
3,731 byte

odnos 1:17.6



Šta se koristi kod kompresije?

- Smanjuje se količina podataka na osnovu postojeće korelacije
 - prostorne
 - vremenske
 - spektralne



Tehnike za kompresiju

□ RLE (Run-Length Encoding)

Niz karaktera koji se ponavljaju se kodiraju brojem pojavljivanja i jednim karakterom.

□ Huffmanov kod

Prefiks kod koji predstavlja optimalni kod zasnovan na učestanosti pojavljivanja simbola.

□ LZW (Lempel-Ziv-Welch)

Kodira niz karaktera koji se nalaze u rečniku.

□ Aritmetičko kodovanje

Menja niz simbola realnim brojem.

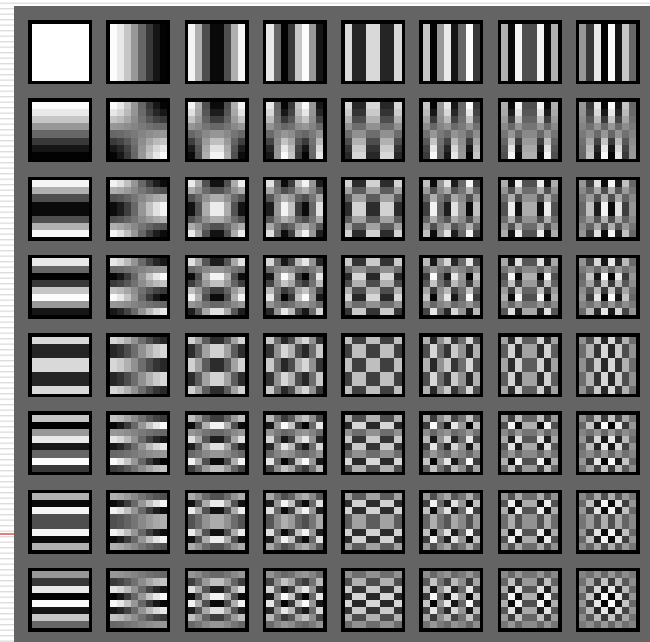
Tehnike za kompresiju

□ Diferencijalno kodovanje

Kodiraju se razlike izmedju tekućeg i prethodnog podatka.

□ Diskretna Kosinusna transformacija

Transformiše blok podataka u težinsku sumu prostornih frekvencija.



Primer lossless algoritma

□ Zamena paterna

- ABCDEABCEEEABCEE ABC sa 1, EE sa 2
- 1DE1212

□ ABCEE sa 1

- Dobija se ABCDE11
 - U oba primera isti stepen kompresije
-

RL Kodovanje (run length coding)

- ❑ Zamena svih uzastopnih pojavljivanja simbola brojem ponavljanja i simbolom
 - ❑ Primer:
AAAABBBBAABBBBBBCCCCCCCCCDABCBAABBB
BCCD
 - ❑ Kod
4A3B2A5B8C1D1A1B1C1B2A4B2C1D
 - ❑ Dugačak niz blanko znakova, vodeće nule u brojevima ili stringovima "belog" u gray-scale slikama
-

Patenti

□ **Run length encoding of the type (length, character)**

- US Patent No: 4,586,027
 - Title: Method and system for data compression and restoration
 - Filed: 07-Aug-1984
 - Granted: 29-Apr-1986
 - Inventor: Tsukimaya et al.
 - Assignee: Hitachi
-

Patenti

- ❑ **Run length encoding (length [\leq 16], character)**
 - US patent Number: 4,872,009
 - Title: Method and apparatus for data compression and restoration
 - Filed: 07-Dec-1987
 - Granted: 03-Oct-1989
 - Inventor: Tsukimaya et al.
 - Assignee: Hitachi
-

Kodovanje promenljive dužine

- ❑ Klasičan pristup – svi znaci imaju kod iste dužine
- ❑ Ako je učestalost pojavljivanja znakova različita onda se koriste kodovi različite dužine (za frekventnije simbole kod je kraći)

❑ Primer:

Kod 1: A B C D E ...
 1 2 3 4 5 ...

Primer - nastavak

❑ ABRACADABRA sa dužinom koda 5 bita

00001 00010 10010 00001 00011 00001
00100 00001 00010 10010 00001

❑ Kod 2: A (0), B(1), R(01), C(10), D(11)

0 1 01 0 10 0 11 0 1 01 0

❑ Dešifrovanje samo ako se uvedu
ograničavači

❑ Povećanje dužine kodiranog stringa u
nekim slučajevima značajno

Kodovanje bez ograničavača

- ❑ Ideja: Kod takav da nijedna kodna reč ne može da bude prefiks druge kodne reči
- ❑ Onda nije potrebno ubacivati ograničavače
- ❑ Primer:

A(11), B(00), R(011), C(010) i D(10)

11 00 011 11 010 11 10 11 00 011 11

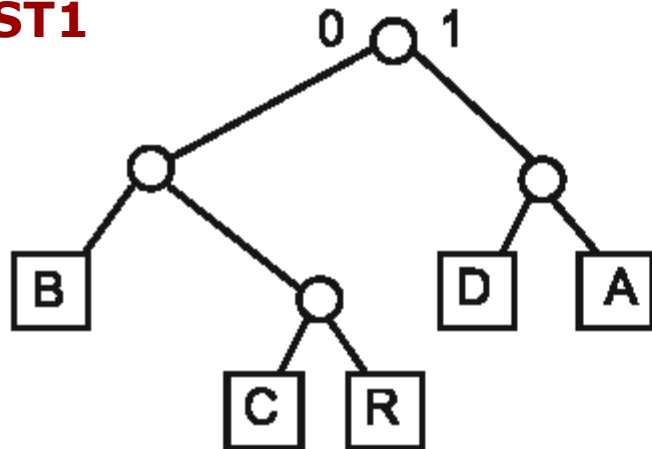
A B R A C A D A B R A

Korišćenje stabala

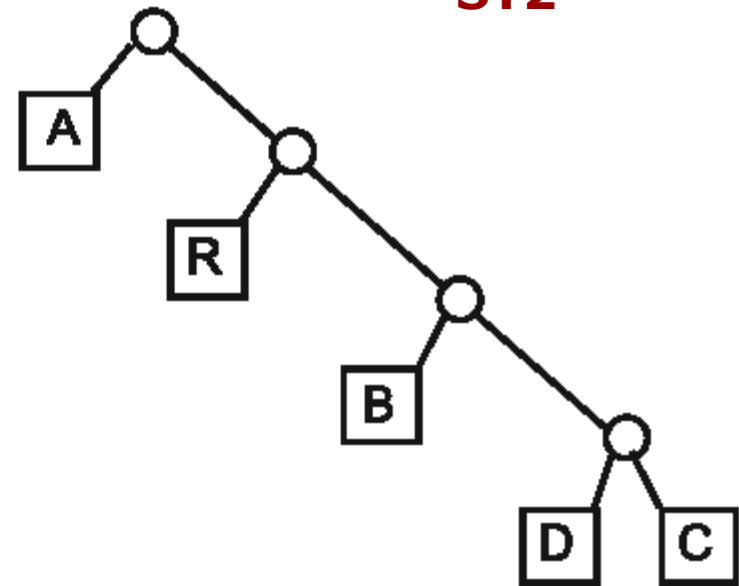
- ❑ Svako stablo sa M terminala može da se koristi za predstavljanje koda za string koji sadrži M različitih simbola
 - ❑ Reč ABRACADABRA može da se kodira različitim kodovima koji mogu da se predstave pomoću stabala.
 - ❑ 0 - grana levo, 1- grana desno
-

Korišćenje stabala

ST1



ST2



□ A-11, B-00, C-010, D-10, R-011

□ A-0, B-110, C-1111, D-1110, R-10

Korišćenje stabala

- ❑ Kod po levom stablu ST1 :
1100011110101110110001111
 - ❑ Kod po desnom stablu ST2:
01101001111011100110100
 - ❑ ST1 kod – 25 bita
 - ❑ ST2 kod – 23 bita
 - ❑ Reprezentacija koda pomoću stabla
garantuje da nijedna kodna reč nije
prefiks druge kodne reči
-

Osnovne ideje

- ❑ RL kodovanje
- ❑ Srednja entropija informacija
- ❑ Izvor S generiše simbole S_1 do S_N
 - Entropija: $I(s_i) = \log \frac{1}{p_i} = -\log p_i$
 - Entropija izvora S : $H(S) = \sum_i p_i \log_2 p_i$
 - Srednji broj bita za kodovanje $\leq H(S)$ - Shannon
- ❑ Diferencijalno kodovanje
 - Da bi se poboljšala raspodela verovatnoće pojavljivanja simbola

Osnovne ideje

- Pitanje: kako izabrati kod promenljive dužine koji je optimalan za odgovarajuću raspodelu verovatnoće pojavljivanja simbola?
 - Odgovor:
 - David Huffman 1952 daje svoj algoritam
-

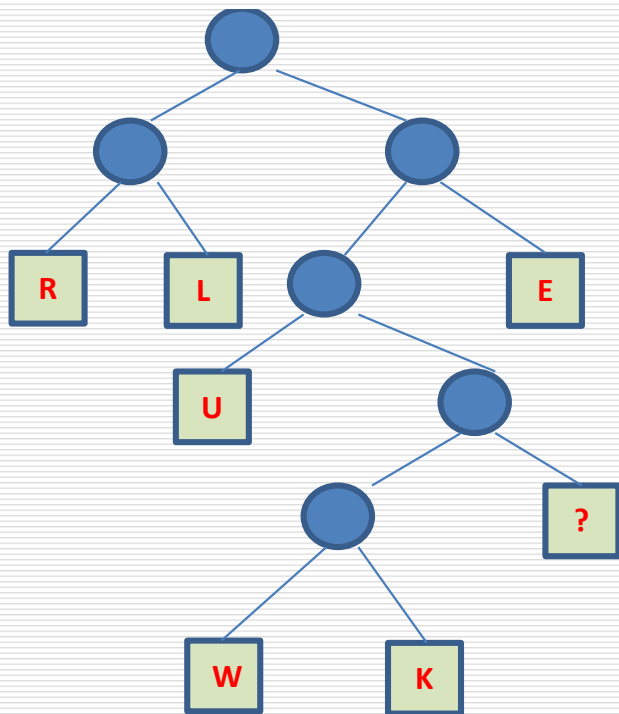
Huffmanov kod - generisanje

- ❑ Neka alfabet ima N simbola $S_1 \dots S_N$
 - ❑ Neka je p_i verovatnoća pojavljivanja simbola S_i
 - ❑ Poredjati simbole po njihovoj verovatnoći pojavljivanja
$$p_1 \geq p_2 \geq p_3 \geq \dots \geq p_N$$
 - ❑ Zameniti simbole S_{N-1} i S_N novim simbolom H_{N-1} tako da on ima verovatnoću $p_{N-1} + p_N$
 - ❑ Ponoviti postupak sve dok se ne dobije jedan simbol
 - ❑ Ovaj postupak generiše binarno stablo
-

Huffmanov kod - primer

Simbol	Verovatn oća	Kodna reč
K	0.05	10101
L	0.2	01
U	0.1	100
W	0.05	10100
E	0.3	11
R	0.2	00
?	0.1	1011

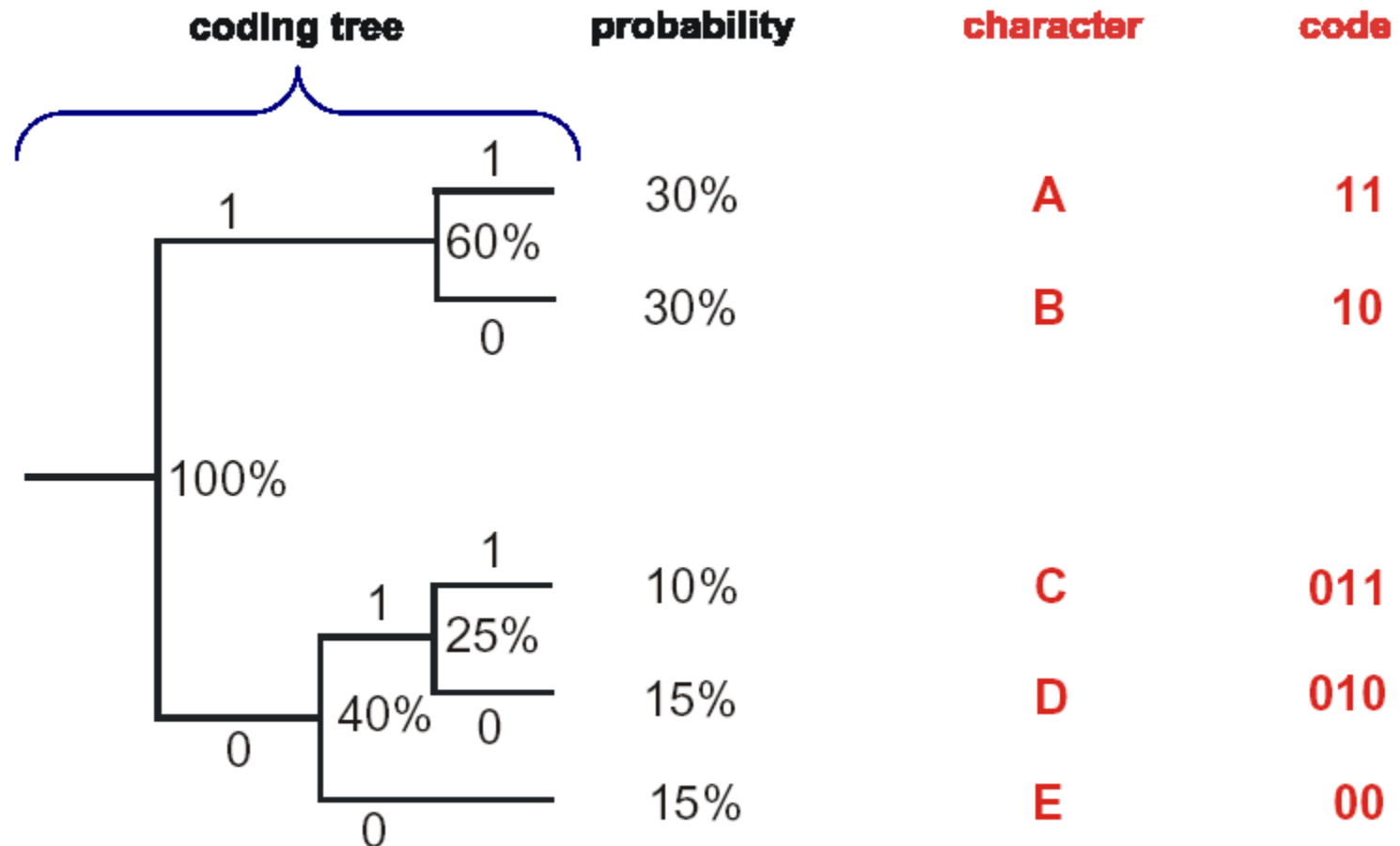
- Simboli se uzimaju:
 - $K+W$
 - $\{K,W\}+?$
 - $\{K,W,?\}+U$
 - $\{R,L\}$
 - $\{K,W,?,U\}+E$
 - $\{\{K,W,?,U,E\},\{R,L\}\}$
- Kodne reči se generišu obilaskom generisanog stabla



Simbol	Verovatn oća	Kodna reč
K	0.05	10101
L	0.2	01
U	0.1	100
W	0.05	10100
E	0.3	11
R	0.2	00
?	0.1	1011

Primer

- $p(A) = 0.3$; $p(B) = 0.3$; $p(C) = 0.1$; $p(D) = 0.15$; $p(E) = 0.15$



Huffmanov kod – optimalnost?

- ❑ Simboli sa većom verovatnoćom su bliže korenu stabla što znači da imaju kraću dužinu kodne reči što je i cilj
 - ❑ To je najbolji mogući kod za datu raspodelu verovatnoća!
 - ❑ Suma verovatnoća puta dužina kodne reči je minimalna.
 - ❑ Indukcijom se pokazuje da je za bilo koji drugi slučaj ova suma veća.
-

Osobine Huffmanovog koda

- ❑ Ulaz fiksne dužine daje izlaz promenjive dužine
 - ❑ Srednja dužina kodne reči: $\sum l_i p_i$
 - ❑ Gornja granica srednje dužine je zbir entropije izvora i maksimalne verovatnoće simbola: $H(S) + p_{\max}$
 - ❑ Složenost generisanja koda: $O(N \log N)$
 - ❑ Zadovoljen uslov o prefiksima tj. nijedna kodna reč nije prefiks neke druge
 - Kod obezbedjuje jednoznačno dekodiranje
-

Huffmanovo kodiranje

- ❑ Zasnovano na stablu
 - ❑ Zasnovano na Look-up tabeli

 - ❑ Kodiranje zasnovano na stablu
 - ❑ Za svaki ulazni simbol se obilazi stablo polazeći od korena dok se ne dosegne terminal koji je pridružen tom simbolu.
 - ❑ Na izlaz se ispisuje predjena putanja sastavljena od **0** (leva grana) i **1** (desna grana)
 - ❑ Postupak se ponavlja za svaki ulazni simbol
-

Huffmanovo kodiranje

☐ **Kodiranje zasnovano na Look-up tabelama**

☐ Kreiranje look-up tabele

- ☐ Neka najduža kodna reč ima dužinu L
- ☐ Tabela ima 2^L elementa
- ☐ Neka je c_i kodna reč koja odgovara simbolu s_i
- ☐ Ako c_i ima l_i bita, obrazuj L -bitnu adresu tako da prvih l_i bita budu c_i a ostatak može da bude neka od $2^{(L-l_i)}$ kombinacija nula i jedinica.
- ☐ Obrazuj $2^{(L-l_i)}$ adresa za svaki simbol s_i
- ☐ Za svaki element zapamti parove (s_i, l_i)

☐ Proces dekodiranja

- ☐ Učitaj L bita u bafer
- ☐ Uzmi simbol s_k , koji ima adresu L i dužinu koda l_k
- ☐ Izbaci l_k bita iz bafera i učitaj novih l_k bita u bafer

Primer:

- Iscrtati Lookup tabelu za
- $p(A) = 0.3$; $p(B) = 0.3$; $p(C) = 0.1$; $p(D) = 0.15$; $p(E) = 0.15$

■ A(11)

■ B(10)

■ C(011)

■ D(010)

■ E(00)

000	E 2
001	E 2
010	D 3
011	C 3
100	B 2
101	B 2
110	A 2
111	A 2

□ AEDC 1100010011

Huffman-ov kod - osobine

- ❑ Dekodiranje zasnovano na look-up tabeli je brzo
 - ❑ Dobar za mnoge praktične primene
 - ❑ Koristi se ako je unapred poznata raspodela verovatnoća pojave simbola izvora podataka
 - ❑ Varijanta: za svaki dokument najpre odredi verovatnoće pa ih dodaj uz dokument
-

Problemi!

- ❑ Ako su frekvence pojavljivanja simbola iste.
 - ❑ Model entropije reda-0
 - Pojavljivanje simbola nije uslovljeno prethodnim pojavljivanjem nekog drugog simbola tj. nezavisni su.
 - ABCD ABCD ABCD ABCD ...
 - Model entropije reda-1 (C nakon B, B nakon A, itd.)
 - Mnogi izvori podataka imaju korelaciju između simbola npr. U engleskom jeziku: posle **c** često dolazi **h** a retko **z**
-

Pitanja

☐ ??????
