

Sadržaj

1. Uvod.....	1
1.1. Korijeni teorije informacije	4
1.2. Pregled knjige	6
2. Osnovni pojmovi teorije informacije	9
2.1. Opći model komunikacijskog sustava	11
2.1.1. Diskretni komunikacijski sustav	11
2.1.2. Poruka	12
2.1.3. Prijenos poruke.....	13
2.2. Sadržaj informacije.....	15
2.2.1. Entropija.....	16
2.2.2. Entropija, neodređenost i sadržaj informacija u sustavu bez smetnji.....	19
2.2.3. Svojstva entropije.....	20
2.3. Kodiranje	21
2.3.1. Kodiranje i entropija	22
2.4. Informacijski opis komunikacijskog sustava.....	24
2.4.1. Vjerojatnosni opis diskretnog informacijskog sustava.....	25
2.4.2. Prijelaz iz vjerojatnosnog u informacijski opis	28
2.4.3. Informacijske mjere	29
2.4.4. Entropija na ulazu, na izlazu, združena entropija.....	30
2.4.5. Uvjetna entropija.....	30
2.4.6. Entropija šuma ili irelevantnost.....	31
2.4.7. Mnogoznačnost ili ekvivocija	31
2.4.8. Srednji uzajamni sadržaj informacije i relativna entropija.....	32
2.4.9. Odnosi i svojstva informacijskih mjera.....	34
Odnos entropije i uzajamnog sadržaja informacije.....	34
Odnos između entropije, združene entropije i uvjetne entropije	35
Vlastiti sadržaj informacije.....	35
Odnosi informacijskih mjera – pregledni prikaz	35
2.5. Prijenos informacije i informacijske mjere	38
2.6. Kapacitet kanala.....	39
2.6.1. Temeljni teorem kanala sa smetnjama	40
2.7. Prijenos informacija komunikacijskim sustavom.....	42
2.8. Zadaci	44
3. Komunikacijski kanali u kontinuiranom vremenu	49
3.1. Signali	51
3.1.1. Srednja snaga i energija determinističkih signala	53
3.1.2. Periodični signali.....	53
3.1.3. Neperiodični signali	59

3.1.4. Veza između spektra periodičnih i neperiodičnih signala.....	62
3.1.5. Slučajni signali.....	63
3.1.6. Širina spektra signala	66
3.2. Komunikacijski kanali u kontinuiranom vremenu.....	67
3.2.1. Matematički model kanal.....	69
3.2.2. Impulsni odziv i prijenosna funkcija kanala	71
3.2.3. Širina prijenosnog pojasa kanala.....	73
Veza između širine prijenosnog pojasa kanala i širine spektra signala.....	79
3.3. Uzorkovanje signala.....	79
3.3.1. Teorem uzorkovanja u vremenskoj domeni	80
Dokaz teorema uzorkovanja: inačica 1	81
Rekonstrukcija signala temeljem njegovih uzoraka.....	84
Dokaz teorema uzorkovanja: inačica 2	85
Rekonstrukcija signala temeljem njegovih uzoraka.....	86
3.3.2. Fizikalna interpretacija teorema uzorkovanja	86
3.3.3. Uzorkovanje signala u pomaknutom frekvencijskom pojasu.....	89
3.3.4. Uzorkovanje u frekvencijskoj domeni	92
3.3.5. Poduzorkovanje.....	94
3.3.6. Kvantizacija uzoraka.....	95
Kvantizacijski šum.....	97
3.3.7. Kodiranje kvantiziranih uzoraka	100
3.4. Kapacitet kanala u kontinuiranom vremenu.....	101
3.4.1. Entropija u kanalima u kontinuiranom vremenu.....	101
Informacijske mjere kontinuiranog informacijskog sustava	103
Entropija slučajnog vektora	105
3.4.2. Problem maksimizacije entropije kontinuirane slučajne varijable...105	
3.4.3. Prijenos informacije u prisustvu aditivnog šuma	106
Određivanje kapaciteta kanala u prisustvu Gaussovog aditivnog šuma te uz zadanu srednju snagu signala na izlazu predajnika i srednju snagu šuma.....	107
3.4.4. Informacijski kapacitet pojasno ograničenog kanala	109
AWGN kanal	109
Teorem o informacijskom kapacitetu AWGN kanala.....	110
3.4.5. Učinkovitost prijenosnog pojasa	114
3.4.6. Odnos prijenosne brzine i kapaciteta kanala.....	115
3.4.7. Informacijski kapacitet kanala s obojenim šumom	116
3.5. Sažetak poglavlja.....	121
3.6. Zadaci	121
4. Zaštitno kodiranje	125
4.1. Uvod u blok kodove.....	129
4.1.1. Hammingova udaljenost	131
4.1.2. Najveći ostvarivi broj kodnih riječi i perfektni kodovi.....	134
4.1.3. Ekvivalencija kodova.....	137
4.1.4. Paritetno kodiranje	139

4.2. Linearno binarni blok kodovi	141
4.2.1. Generirajuća matrica	143
4.2.2. Standardni oblik generirajuće matrice.....	145
4.2.3. Kodiranje linearnim kodovima.....	147
4.2.4. Dekodiranje linearnog koda	148
4.2.5. Matrica provjere pariteta	151
4.2.6. Sindromsko dekodiranje.....	155
4.2.7. Vjerojatnost ispravnog dekodiranja i kapacitet kanala.....	157
4.3. Hammingovi kodovi	162
4.3.1. Kodiranje pomoću Hammingovog koda	163
4.3.2. Dekodiranje Hammingovog koda	167
4.4. Ciklični kodovi.....	167
4.4.1. Generirajući polinom i generirajuća matrica.....	171
4.4.2. Matrica provjere pariteta	173
4.4.3. Implementacija koda i dekodera cikličnog koda.....	175
4.4.4. Cikličan kôd na primjeru CRC-32	182
4.5. BCH kodovi.....	184
4.5.1. Pojam minimalnog polinoma	184
4.5.2. Ciklični Hammingovi kodovi.....	188
4.5.3. Definicija BCH kodova.....	190
4.5.4. Dekodiranje BCH koda	195
4.6. Reed-Solomonovi kodovi	198
4.7. Konvolucijsko kodiranje	202
Tipovi konvolucijskih koda.....	203
4.7.1. Generirajuća matrica binarnih konvolucijskih kodova	204
Polinomski prikaz konvolucijskih kodova	208
4.7.2. Grafički prikaz konvolucijskih kodova	209
4.7.3. Prijenosna funkcija konvolucijskog koda	212
Proračun udaljenosti konvolucijskih kodova.....	213
Proračun performansi konvolucijskih kodova u pogledu pogrešaka	215
4.7.4. Dekodiranje konvolucijskih kodova.....	217
Dekoder s tvrdim i mekim odlučivanjem	217
Mjerenje performansi kodnih sustava.....	219
4.7.5. Optimalni Viterbijev algoritam dekodiranja konvolucijskih kodova.....	220
4.7.6. Drugi algoritmi dekodiranja konvolucijskih kodova.....	227
4.8. Turbo kodovi	228
4.9. Zadaci	229
5. Entropijsko kodiranje	235
5.1. Podjela metoda kompresije	237
5.2. Uvod u entropijsko kodiranje	239
5.3. Karakteristike izvora informacije	239
5.3.1. Stacionarni izvor	240

5.3.2. Ergodički izvor.....	241
5.3.3. Izvori s memorijom	242
Markovljevi informacijski izvori	243
5.4. Vrste kodova: nesingularni, jednoznačni i prefiksni kodovi.	244
Prosječna duljina kodne riječi	245
5.4.1. Nesingularni kodovi	247
5.4.2. Jednoznačno dekodabilni kodovi	247
5.4.3. Prefiksni kodovi	248
5.5. Optimalno kodiranje.....	250
5.5.1. Kraftova nejednakost	250
5.5.2. Optimalni kodovi	251
5.6. Metode entropijskog kodiranja.....	252
5.6.1. Shannon-Fanoovo kodiranje	253
5.6.2. Huffmanovo kodiranje	255
Svojstva Huffmanovog kodiranja	258
Prošireni Huffmanov kôd.....	259
Primjene Huffmanovog kodiranja.....	260
5.6.3. Aritmetičko kodiranje	260
Postupak kodiranja.....	261
Postupak dekodiranja	263
Odabir koda.....	264
Implementacija.....	265
Usporedba Huffmanovog i aritmetičkog kodiranja.....	268
Primjene aritmetičkog kodiranja.....	268
5.6.4. Metode rječnika.....	268
Algoritam LZ77	269
LZ78 i LZW	271
Primjene metoda rječnika	275
5.6.5. Metode skraćivanja niza.....	275
Primjene metoda skraćivanja niza.....	276
5.7. Zadaci	276
6. Izvorno kodiranje	279
6.1. Analogni mediji u diskretnom komunikacijskom sustavu	281
6.2. Principi kompresije pri izvornom kodiranju.....	283
6.3. Osnovne metode izvornog kodiranja.....	284
6.3.1. Kvantizacija	284
Pogreška kvantizacije (kvantizacijski šum)	286
Linearna i nelinearna kvantizacija	286
Vektorska kvantizacija.....	288
6.3.2. Poduzorkovanje.....	291
6.3.3. Transformacijsko kodiranje	292
6.3.4. Diferencijalno (predikcijsko) kodiranje	297
Osnovni postupak diferencijalnog kodiranja	299
6.3.5. Potpojasno kodiranje.....	303
6.3.6. Kodiranje zasnovano na modelu	306

7. Informacijska svojstva i principi kodiranja medija309

7.1. Jezik.....	311
7.2. Zvuk.....	314
7.2.1. Fizikalne osnove zvuka	314
7.2.2. Percepcija zvuka.....	315
7.2.3. Karakteristike govornog signala.....	316
Vremenska analiza govora	316
Frekvencijska analiza govora	317
Model govora u vremenu.....	318
Maskiranje zvuka	318
7.2.4. Osnove kodiranja zvuka.....	319
Primjena svojstava i percepcije zvuka na kodiranje	319
Kriteriji usporedbe kodera.....	320
Subjektivna mjerila kvalitete kodera	321
7.2.5. Koderi govora.....	321
PCM	322
ADPCM.....	323
7.2.6. Koderi zasnovani na modelu	324
Ljudski govorni organi	325
Model proizvodnje govora	325
Koder LPC.....	327
Koder CELP	328
7.2.7. Koderi zvuka u frekvencijskoj domeni	329
Osnovni percepcijski koder	330
MPEG <i>Audio Layer 3</i> – MP3 koder	331
7.3. Slika	331
7.3.1. Fizikalna svojstva svjetlosti i percepcija slike	332
7.3.2. Računalni prikaz slike	335
Osnovni modeli boje za sliku	335
7.3.3. Kodiranje slike	336
7.3.4. JPEG.....	337
Princip rada JPEG kodera prikazan na 1D primjeru.....	337
JPEG koder.....	340
Korak 1: priprema slike.....	341
Korak 2: transformacija.....	341
Korak 3: kvantizacija.....	342
Korak 4: kompresija bez gubitaka.....	343
Svojstva JPEG kodera	344
7.3.5. JPEG 2000.....	345
Usporedba JPEG – JPEG 2000.....	346
7.3.6. Fraktalno kodiranje	347
Funkcija s fiksnom točkom	347
Svojstva fraktalnog kodiranja.....	348

7.4. Video	349
7.4.1. Modeli boje i formati za video	349
Formati za digitalni video	350
7.4.2. Postupak kompresije videa.....	352
Kompenzacija gibanja.....	352
Osnovni princip kodiranja videa	354
7.4.3. Evolucija normi za kodiranje videa.....	356
Strategija predikcije (I, P, B okviri/blokovi).....	357
Veličina blokova (kompenzacija gibanja, DCT).....	359
Veličina vektora pomaka	360
Preciznost vektora pomaka	360
Hijerarhijska podjela slika na jedinice i njihovo pakiranje u struju bitova	361
Pregled normi za kodiranje videa prema namjeni.....	362
8. Rješenja zadataka	365
8.1. Rješenja zadataka (Osnovni pojmovi teorije informacije)....	367
8.2. Rješenja zadataka (Komunikacijski kanali u kontinuiranom vremenu).....	371
8.3. Rješenja zadataka (Zaštitno kodiranje)	374
8.4. Rješenja zadataka (Entropijsko kodiranje).....	382
9. Referencije.....	387
10. Kazalo	393