






Širjenje zvočnega vala



boštjan.vovk@bsc.si 7



Snemanje zvoka

- Različni načini ustvarjanja in obdelave zvoka
 - Govorec-poslušalec
 - Dodatna obdelava/shranjevanje
 - Radijsko oddajanje
 - Snemanje plošč

boštjan.vovk@bsc.si 8



Akustika

- Vir zvoka
- Poslušalec
- Okolje (ambient)
 - Echo 🗣️
 - Reverberation 🗣️

Občutek prostora
 Mirtev zven zvoka, če ga zajamemo neposredno pri izvoru (instrumentu)
 Umetno ustvarjanje zvočne slike (DSP*)

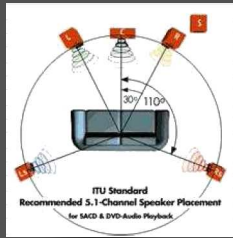
*A Digital Signal Processor is a specialised microprocessor designed specifically for digital signal processing.

boštjan.vovk@bsc.si 9



Večkanalni zvok

- Mono/stereo
- 2 ušesi – 2 kanala možgani določijo smer zvoka
- Prostorski zvok!
- Zakaj z več kanali dosežemo boljšo prostorsko kuliso?

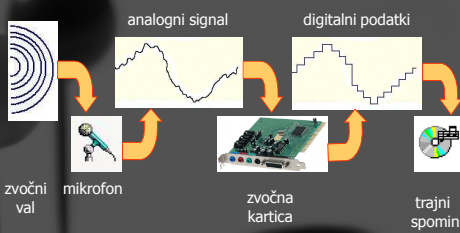


boštjan.vovk@iis.si

10



Hranjenje zvočne datoteke



boštjan.vovk@iis.si

11




Standardi za zapis zvoka

- Digitalizirani:
 - WAV
 - MP3
 - OGG VORBIS
 - VQF
 - AAC
 - ...
- Sestavljeni:
 - MIDI
 - MOD
 - S3M
 - XM
 - ...

boštjan.vovk@iis.si

12



MP3 - MPEG-1 Audio Layer 3

- MP3 je eden izmed najpopularnejših formatov za kodiranje in izgubno kompresiranje digitalnega zvoka. Narejen je z namenom, da bi se zvočne informacije kompresirale na tak način, da človeško uho kljub reduciranim informacijam ne bi zaznalo večjih sprememb. Omogoča predstavitev PCM (angl.: pulse code modulation) oblike zapisa analognega signala na racionalnejši način. To dosežemo s tem, da frekvence zvoka, ki jih človeško uho ne zazna, preprosto izpusti in s tem prihrani prostor. Zaradi tega pravimo tej obliki zapisa "**zapis z izgubami**", kar pomeni, da se zvočne informacije ob pretvorbi skazijo. Na podoben način pri slikovnih podatkih deluje zapis JPEG.

boštjan.vovk@bsc.si 13



MP3 - MPEG-1 Audio Layer 3

- Ker je MP3 izgubljen (lossy) glasbeni zapis, ima številne nastavitve bitne hitrosti (bitrate). Bitna hitrost je število bitov, ki predstavljajo kodirane podatke za 1 sekundo zvoka. Običajna bitna hitrost je med **96 in 256 kilobitov na sekundo**. Glasbeni CD, na katerem je glasba zapisana brez stiskanja, ima bitno hitrost približno **1400 kilobitov na sekundo**. Večja kot je bitna hitrost, večja je kvaliteta. Bitna hitrost 128 kilobitov na sekundo je že dober približek CD avdio zapisu. Kakovost ni odvisna samo od bitne hitrosti. Na kakovost odločilno vpliva tudi kodirnik (encoder), ki skrbi za ustrezno pretvorbo. Kakovostni in brezplačni kodirnik se imenuje Lame.

boštjan.vovk@bsc.si 14



M4A -MPEG-4 Audio File

- Format M4A je relativno nov in uporablja MPEG-4 avdio stiskanje, torej uporablja isto stiskanje kot MP4 video format, vendar ne vsebuje videa. M4A je torej okleščena verzija MPEG-4 formata. Uveden je bil zaradi množice predvajalnikov, ki niso predvajali zvoka ali videa iz datotek MP4. Format je poznan tudi kot Apple Lossless, Apple Lossless Encoder ali ALE. Kvaliteta datotek tipa M4A je ponavadi **kvalitetnejša od datotek MP3**, prav tako pa zavzamejo manj prostora. Za razliko od MP3 pri M4A oziroma MP4 formatu ni potrebna licenca za predvajanje oziroma distribucijo. Avdio datoteke MPEG-4, ki vključujejo avtorske pravice, kot so npr. Apple iTunes Music Store, ponavadi uporabljajo končnico M4P.

boštjan.vovk@bsc.si 15



WMA - Windows Media Audio

- Windows Media Audio (WMA) je izgubno kompresijski avdio format, ki je bil razvit pri Microsoftu in je bil namenjen operacijskemu sistemu Windows. Ime se lahko nanaša na avdio format ali na njegov avdio kodek. Original WMA kodek, preprosto poznan kot WMA, je bil zamišljen kot tekmeček popularnemu formatu MP3 in kodeku RealAudio. Trenutno je zraven MP3 in MPEG 4, AAC eden izmed najpopularnejših kodekov. Danes imamo različne naprave, kot so mobilni telefoni, DVD in CD predvajalniki, ki imajo med drugim tudi podporo za WMA.

boštjan.vovk@iis.si

16



RA - RealAudio

- RealAudio je izgubno kompresijski format, ki ga je razvila družba RealNetworks. Uporablja različne avdio kodeke, od tistih z nizkim bitrate za uporabo preko analognih modemov do zelo kvalitetne glasbe. Pogosto je uporabljen za »streaming« oziroma pretok, to je poslušanje glasbe v istem času, kot je prenesena iz medmrežja. Veliko radijskih postaj uporablja RealAudio za prenašanje svojega programa preko medmrežja v realnem času. RealAudio je bil na začetku istoveten s končnico .ra (RealAudio). Kasneje so začeli izdajati tudi video format RealVideo (.rv), kombinacija obeh se imenuje RealMedia (.rm).

boštjan.vovk@iis.si

17



MIDI - Musical Instrument Digital Interface

- MIDI (Musical Instrument Digital Interface) za razliko od drugih standardov (npr. MPEG, WAV) ni le format datotek, temveč tudi jezik za definiranje glasbe in komunikacijski protokol. S pomočjo tega protokola lahko obstaja komunikacija med sintetizatorjem zvoka in drugo opremo, kot so računalnik, zvočne kartice in druga elektronika, ki se uporablja pri ustvarjanju ali obdelavi glasbe. Zvoka ne prenaša v digitalni obliki, temveč prenaša navodila, ki omogočajo enoti za predvajanje zvoka (na odjemalcu) elektronsko sintezo zvoka. MIDI datoteke so zato precej krajše od ostalih (do 100 krat) in primerne za prenos zvoka preko interneta. MIDI zapis je tako stisnjen zaradi tega, ker zvoka ne snema, ampak vse zvoke ponazori računalnik. Zapisu podamo kanal, na katerem se predvaja, glasnost in na katero glasbilo naj računalnik igra. Zvok tako ni nikoli enak tistemu, kot bi bil posnet v naravi.

boštjan.vovk@iis.si

18



AAC - Advanced Audio Coding

- Ideja AAC (Advanced Audio Coding) algoritma je, izrabiti dve primarni kodirni strategiji, da bi se dramatično reducirala količina podatkov, ki so potrebni, da se doseže visoko kakovosten digitalni avdio zapis. AAC ima frekvence vzorčenja med 8 Hz in 96 kHz in vse možne kanale med 1 in 48. Za svoje kodiranje uporablja modificirano diskretno kosinusno transformacijo (**MDCT**). Za razliko od kodiranja MP3 je zmožen kodirati tudi kompleksnejše zvočne valove. Pri AAC kodiranju lahko dinamično spreminjamo velikost MDCT blokov, in sicer od 2.048 do 256 točk. Za večino ljudi je ACC najboljša rešitev za *kompresijo glasbe za mobilni telefon*, na drugi strani pa je veliko tistih, ki zagovarjajo format MP3.

bostjan.vovk@bsc.si

19



AAC - Advanced Audio Coding

- Da bi lahko sploh predvajali glasbo na mobilnem telefonu, moramo zagotoviti primerno majhnost glasbene datoteke, ki jo bomo predvajali. Druga pomembna stvar je, da ne smemo pričakovati prevelike zvočne kakovosti. MP3 bi prišel prav zaradi prve lastnosti, ker je datoteka MP3 majhna. Zaradi druge lastnosti pa pride v poštev ACC format. Njegova prednost je, da so ACC datoteke zelo majhne, a tudi kakovostne (Tu govorimo o glasbi za mobilne telefone. Če hočete uživati v stereo efektih pa je bolje uporabljati MP3 format).

bostjan.vovk@bsc.si

20



Primerjava AAC in MP3

- Primer:
- 128 kbps MP3 = 96 kbps AAC
- Brez večje izgube kakovosti zvočnega zapisa, bo datoteka velika 600 kb ~ 750 kb ali manj. Tako dobimo skoraj polovično velikost datoteke MP3. AAC kodiranje se veliko uporablja tudi pri pretoku glasbe preko interneta ("streaming"), saj nudi odlično kvaliteto zvoka in zahteva dosti manjšo pasovno širino kot Lame kodiranje pri MP3.

bostjan.vovk@bsc.si

21



Primerjava

Format	+	-
MIDI	Izredno majhna velikost	Omejena uporabnost Kvaliteta zvoka
WAV	Kvaliteta zvoka Brez izgub podatkov – Lossless format	Velikost Omejenost
Ogg Vorbis	Zastonj – Opensource Velikost Kvaliteta zvoka Boljši od MP3	Izguba podatkov še vedno prisotna – Lossy format

boštjan.vovk@bnc.si

22



Kompresija

- Lossless kompresija – brez izgub
 - iste kompresijske metode kot pri rasterskih slikah
- Lossy kompresija – z izgubami
 - Mp3
 - Ogg Vorbis

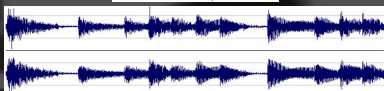
boštjan.vovk@bnc.si

23




Kompresija

- MIDI
 - Musical Instrument Digital Interface
 - protokol za digitalno komunikacijo
 - S pomočjo MIDI protokola se ne prenaša posneti zvok pač pa note, ki jih instrument odigra
 - instrumenti imajo karakteristične barve zvoka
 - izjemno majhne datoteke ~ 50 KB za 5 min muzike



boštjan.vovk@bnc.si


24



Hitrost prenosa

- Primer: Telefonska linija
 - frekvenca vzorca: 8 kHz
 - 256 kvantiziranih nivojev → 8 bitov po vzorcu
 - za kodiranje ene sekunde signala je potrebno:
 - 8000 (Hz) x 8 bitov
 - hitrost prenosa: 64 kbit/s


bostjan.vovk@bsc.si 25



Hitrost prenosa

- Primer: CD audio
 - frekvenca vzorca: 44.1 kHz
 - 65536 kvantiziranih nivojev → 16 bitov po vzorcu
 - za kodiranje ene sekunde signala je potrebno:
 - 44100 x 16 bitov
 - hitrost prenosa: 705.6 kbit/s
 - CD avdio je stereo → ima dva kanala → rezultat x 2

bostjan.vovk@bsc.si 26



Izračun velikosti avdio posnetka

- Formula za izračun velikosti avdio posnetka
 - frekvenca vzorca * trajanje zvoka v sec * (velikost vzorca/8) * N
- N = 1 za mono posnetke
- N = 2 za stereo posnetke
- Primer:
 - 10 sec zvoka posnetega s 22,05 kHz, z 8-bitnim vzorci
 - $22050 * 10 * 8/8 * 1 = 220\,500$ byte

bostjan.vovk@bsc.si 27



Velikost avdio posnetka

- 1 minuta avdio posnetka - CD kvaliteta
 - frekvenca vzorca: 44.1 kHz – 44100 vzorcev v sekundi
 - 16-bitna kvantizacija: 2 bajta po vzorcu
 - 2 kanala (stereo)
 - potrebna količina prostora je
 - $2 \times 44100 \times 2 \times 60 = 10584000$ bajtov ≈ 10 MB

bostjan.vovk@iis.si

28



Velikost - CD

- Fizični medij
 - CD → 700MB ≈ 70 min
- Ali lahko zapišemo na CD za 70 min podatkov?
 - Kakovost CD → 44,1 kHz, 16 bitov, stereo
 - Za vsako minuto potrebujemo skoraj 10 MB (5 MB na kanal).
 - $2 \times 44,1\text{kHz} \times 16\text{bit} = 1.411.200$ bps
- Izračun:
 - $2 \times 44100 \times 2 \times 60 \times 70 = 740880000$ byte ≈ 707 MB
- Izračunajte koliko min vsebine lahko damo na 1CD velikosti 700MB.

bostjan.vovk@iis.si

29




Kompresijska razmerja

Kakšna kompresijska razmerja lahko dosežemo s posameznim algoritmom?

Način kodiranja (algoritem)	Kodirno razmerje	Velikost datoteke
CD kvaliteta (44.1 kHz, 16bit) wave	1:1	46,080 KB
MPEG-1 Audio Layer 3 (128kbps)	1:6	4,180 KB
VQF (96kbps)	1:18 ali olje	3,136 KB
CS-ACELP kodiranje govora (8kbps)	1:96	480 KB

bostjan.vovk@iis.si

30



Kompresijska razmerja

- Glede na predhodnjo tabelo, bi bilo logično sklepati, da je najboljši način kodiranja CS-ACELP (Conjugate Structure Algebraic-Code-Excited Linear-Prediction), a je to kodiranje namenjeno le kompresiji človeškega govora, saj ohranja le audio signal v frekvenčnem območju človeškega govora (300Hz-3400Hz), zato si ga težko predstavljamo kot univerzalen algoritem za kompresijo zvoka in ga kot takega niti ne bomo primerjali z ostalima načinoma kompresije avdio signalov.


boštjan.vovk@iis.si 31



MP3 - MPEG-1 Audio Layer 3

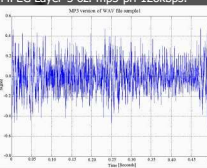
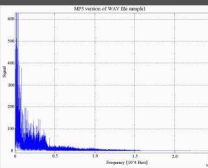
- Pri kompresiji avdio signalov se nam seveda zastavi vprašanje kako lahko dosežemo razmerja kodiranja **1:10** ali celo več. To je možno predvsem zato, ker so ti algoritmi zasnovani na lastnostih človeškega ušesa, se pravi da podatke spremenimo tako, da človekovo uho ne zazna spremembe. Že kot se da razbrati iz stopnje kodiranja je v kodiranem signalu (mp3) veliko manj zvočnih informacij kot v CD formatu, kjer pa veliko zvočnih informacij naše uho zaradi svoje specifičnosti ne zna zaznati. Shema kodiranja se zato opisuje kot "perceptual noise shaping" (zaznavno zvočno ostrenje).

boštjan.vovk@iis.si 32



MP3 - MPEG-1 Audio Layer 3

- Bistvo tega kodiranja je v tem, da damo našim možganom dovolj informacij o zvoku, ki ga slišimo, da le ta za nas še ni popačen. Tako lahko nekatere frekvence popolnoma odrežemo, na primer pri mp3 se pojavi problem pri zelo nizkih frekvencah, ki jih ponavadi sploh ne slišimo, ampak čutimo. Poleg tega nekateri ljudje slišijo bolje kot drugi, se pravi, da bodo nekateri zaznali razliko med CD kvaliteto in mp3, večina pa ne.
- MPEG Layer 3 oz. mp3 pri 128kbps:

boštjan.vovk@iis.si 33



Vektorska kompresija

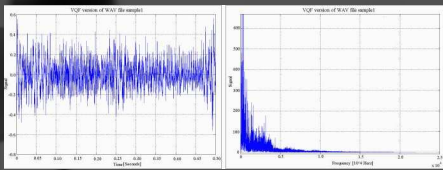
- Način kodiranja, pri katerem ravno tako dosežemo velika kodirna razmerja (VQF 1:18). Gre za to, da **dve ali več vrednosti preprosto zakodiramo** v eno. Pri dekodiranju (predvajanju) pa preprosto primerjamo kodirano vrednost z vrednostmi v tabeli in tako razberemo originalne vrednosti. To je tako imenovano tehnologija lose-less, kjer lahko razberemo original, a se pojavi problem saj velikost tabel **zato hitro narašča in hitro preseže še obvladljive okvire**. Če pa to tehnologijo kombiniramo z obteževanjem (weights) lahko dosežemo presenetljivo dobre rezultate (npr.: predictive coding).

boštjan.vovk@iis.si

34



VQF (96kbps)



boštjan.vovk@iis.si

35
