

Zvok z računalnikom v izobraževanju **The sound with a computer in education**

Ivo Verovnik

Povzetek

Predstavljen je priročnik za učitelje o uporabi osebnega računalnika za podporo pouka o zvočnih pojavih. Pripravljene zvočne datoteke na CD-ROM-u, ter didaktična navodila v priloženi knjigi omogočajo izvedbo učinkovitih in zanimivih učnih ur. Primeri prikazujejo temeljne značilnosti zvočnega nihanja preprostih sinusnih tonov, zvenov z različno spektralno strukturo in šumov, ki so proizvedeni bodisi programsko ali pa so posneti v naravi. Predstavljene so nekatere značilnosti zvokov, ki jih oddajajo različni glasbeni instrumenti. Pokazani so nekateri posebni zvočni učinki, povezani z Dopplerjevim pojavom, kot je npr. možnost izračunavanja hitrosti avtomobila na podlagi analize njegovega hrupa. Posebna pozornost je posvečena človeškemu glasu od načina njegovega nastajanja do pojasnjevanja razlik moških, ženskih in otroških glasov.

Abstract

The teacher's guide about using a personal computer to assist in teaching the acoustical phenomena is presented. To make the teacher's work easier and more efficient the CD-ROM with a lot of sound records which are discussed in written part of the guide is prepared. One can find a lot of examples to show fundamental characteristics of acoustical vibrating of the simple sine-wave tones, complex tones with different spectral structures and noises produced either synthetic or recorded in the nature. Some characteristics of the sound produced by the different musical instruments are also presented. In particular the Doppler effect is discussed. The possibility of computing the speed of driving car from it's noise is presented. The special attention is paid to the human voice from its production to explanation of the differences of an adult male, female and child's voices.

Ključne besede

zvok, računalnik, analiza, Doppler, glasbeni instrumenti, človeški glas, zaznavanje

Key words

sound, computer, analyses, Doppler, musical instruments, human voice, perception

Zvok z računalnikom v izobraževanju

Sodobna računalniška tehnologija je danes vedno bolj dostopna učiteljem in dijakom v razredu in v šolskem laboratoriju. Smiselno jo je uporabljati povsod tam, kjer omogoča, da naredimo pouk bolj učinkovit in, kar je tudi zelo pomembno, privlačnejši za dijake. Današnji računalniki so ponavadi opremljeni z zvočno kartico, ki skupaj s primernimi programi odpira nove možnosti za izvajanje pouka o zvočnih pojavih.

Da bi bilo učiteljem delo olajšano, so predstavljenemu priročniku [1], ki v knjižni obliki, dodani CD-ROM s programom za obdelavo in analizo zvočnih posnetkov ter množica posebej izbranih in pripravljenih zvočnih datotek, s katerimi lahko podpremo teoretično obravnavo pri pouku.

V našem primeru predstavlja računalniško opremo osebni računalnik s *Sound Blaster 16* združljivo zvočno kartico in operacijskim sistemom *MS Windows 95, 98* ali *2000*. Program za obdelavo in analizo zvočnih posnetkov je *Cool Edit*, ki je distribuiran kot preizkusni (shareware) program. Pri pouku lahko uporabljamo na zgoščenki priložene zvočne posnetke (kar je najpreprosteje), lahko pa jih posnamemo tudi sami s pomočjo mikrofona, priključenega neposredno na zvočno kartico, z glasbenega CD-ja, ki ga vstavimo v računalniško CD-ROM-enoto ali pa z drugih zvočnih elektronskih naprav prek *Line-in* vhoda na zvočni kartici. Dijakom je s tem dana možnost izvedbe svojih lastnih mini raziskav.

Za frontalno delo v razredu so potrebni zvočniki, najboljše aktivni, torej taki z ojačevalnikom, ki jim lahko nastavljamo glasnost. Za individualno delo so dovolj slušalke, ki jih lahko priključimo neposredno na zvočno kartico.

Pomembna lastnost računalniškega programa je, da omogoča Fourierjevo analizo, torej izračunavanje in prikaz spektrov in spektrogramov, ki sicer predstavljajo didaktično zahtevno in za dijake pogosto težko razumljivo snov. Tega z drugimi sredstvi, do prihoda računalnikov v šole, tako rekoč ni bilo mogoče izvesti. Dijaki s tem tudi hitreje usvojijo pojem spektra, kajti tako lahko razlago podpremo s predvajanjem zvočnih zapisov ob hkratnem izrisovanju spektrov in s tem v učni proces vključimo še dodatno čutilo.

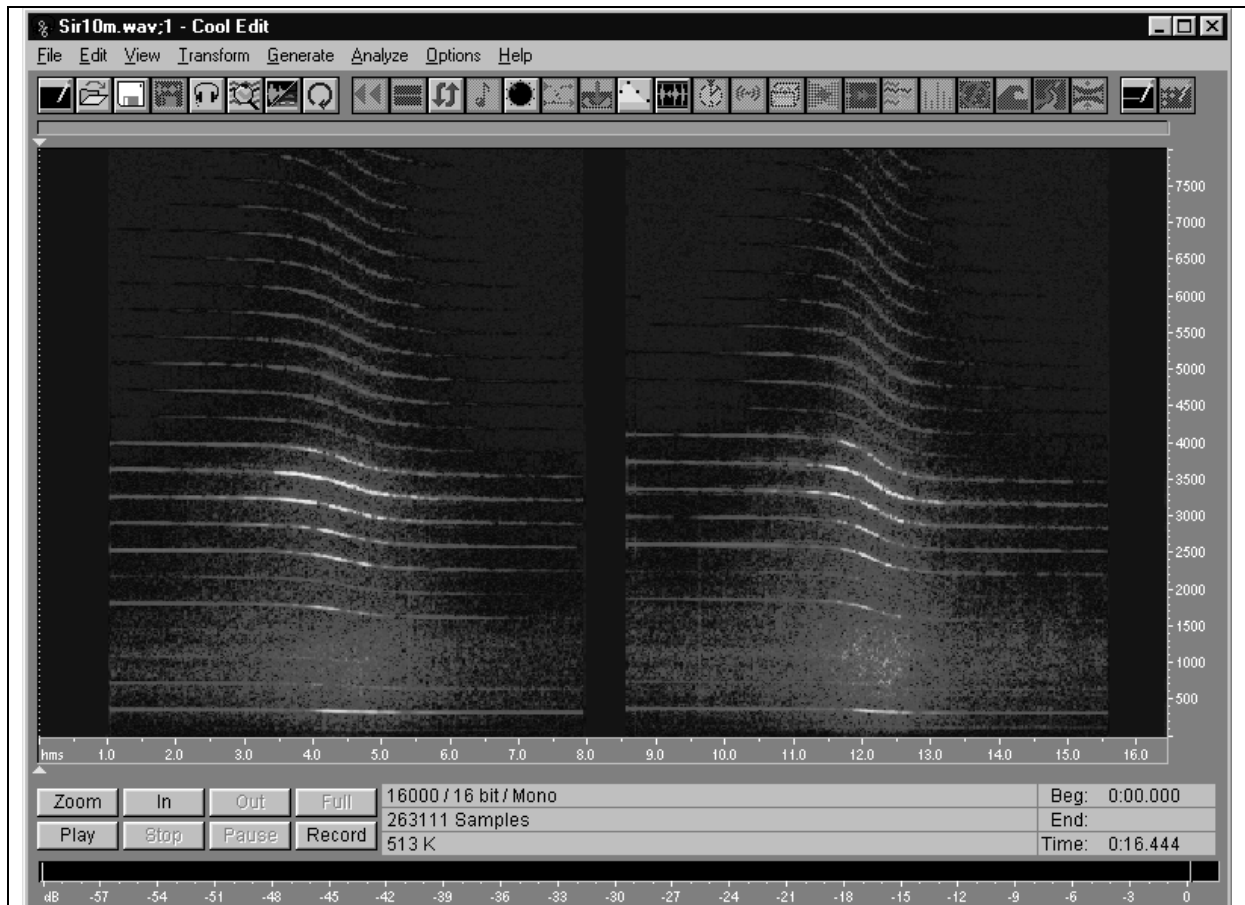
Priročnik je razdeljen na poglavja, ki pokrivajo različne akustične pojave. Vanj so vključene predvsem tiste vsebine, pri katerih z računalnikom in s tem v zvezi s spektralno analizo zvoka bistveno prispevamo k nazornosti pouka in razumevanju obravnavanih pojavov.

V uvodnem delu so najprej kratka navodila za instalacijo in uporabo programa *Cool Edit* ter priporočene nastavitve za hiter začetek dela. Jedro priročnika predstavljajo predvsem komentarji k zvočnim datotekam tipa WAV, ki jih najdemo na CD-ROM-u. Posamezna poglavja v jedru so napisana kot sklenjene enote, tako da za njihovo razumevanje ni treba prebirati vsebine priročnika po vrsti.

V poglavju **Osnove zvoka** so prikazane osnovne značilnosti sinusnega tona različnih frekvenc, ki se lahko tudi zvezno spreminjajo. Opazujemo lahko časovni potek spreminjanja zvočnega tlaka ali pa časovni potek spreminjanja položaja spektralne črte v spektru. Prikažemo lahko razlike treh tipičnih vrst zvoka: tona, zvena in šuma. Vidi in sliši se, kako se barva zvena spreminja v odvisnosti od spektralnih sestavin, torej od relativnih moči posameznih harmoničnih komponent. Analiziramo lahko različne vrste šumov, ki jih lahko generiramo programsko, lahko pa poslušamo in si ogledamo spektre naravnih šumov, kot je npr. šumenje vodnega slapa, ali pa so to šumniki, ki jih izgovarja človek.

V poglavju **Dopplerjev pojav** so obravnavane datoteke, s katerimi s spektralno analizo razmeroma natančno preverimo enačbe, ki opisujejo spremembo zvočne frekvence, ki nastane zaradi gibajočih se izvirov zvoka. Na voljo imamo zvočne posnetke avtomobila, z vključeno trobljo, ki pelje mimo mirujočega opazovalca – mikrofona. Spektrogrami nazorno prikazujejo časovni potek spreminjanja frekvenc posameznih sinusnih sestavin v zvenu troblje in omogočajo njihove meritve [2].

Poleg posnetkov, narejenih pri različnih hitrostih avtomobila, so še posnetki, pri različnih oddaljenostih vozečega avtomobila do mikrofona. Informacija o časovnem poteku spreminjanja frekvence namreč omogoča izračun razdalje od mikrofona do avtomobila. Na voljo je tudi posnetek dirkalnega avtomobila *Formula 1*, pri katerem že sam motor oddaja dovolj glasen in izrazit zven za meritve Dopplerjevega pojava.



Slika 1: Spektrogram dveh zvočnih posnetkov avtomobila z vključeno trobljo. V prvem delu je hitrost avtomobila 70 km/h, v drugem pa 100 km/h. To je tridimenzionalni diagram, katerega abscisna os predstavlja čas, ordinatna frekvenco, intenzitete spektralnih sestavin v zvenu pa so predstavljene z barvno skalo.

Zanimivo kлокotanje tekočine, ki jo točimo v kozarec, je opisano v poglavju **Zvok iz kozarca, v katerega točimo tekočino**. Kozarec namreč učinkuje kot na eni strani odprta piščal, ki ima svoje resonančne frekvence. Te so odvisne od dolžine piščali ali v našem primeru od razdalje od vrha kozarca do gladine tekočine, ki se med natakanjem kozarca spreminja. Šum klockotanja se zato v izbranem spektralnem območju, ki ustreza resonančni frekvenci, ojači. Zaradi tega razločno razlikujemo klockotanje skoraj praznega kozarca od tistega, ko je kozarec že skoraj poln. Dobljeni spektrogram omogoča kvantitativno preverjanje tega pojava [3].

Zvoki nekaterih glasbenih instrumentov, ki so obravnavani v poglavju **Glasbeni instrumenti**, se med seboj razlikujejo po barvi oziroma po zastopanosti harmoničnih komponent v spektru. Spektri nekaterih instrumentov imajo razmeroma preprosto fizikalno razlago. Na voljo imamo dva zvočna posnetka. Zvočni spekter klarineta pokaže, da so lihe harmonične komponente bistveno močnejše od sodih. To je v zvezi z dejstvom, da učinkuje

klarinet kot na eni strani odprta piščal, pri kateri so lastne frekvence lihi večkratniki frekvence osnovnega tona.

Zvočni posnetek kitare prikazuje različno barvo zvena glede na mesto brenkanja po struni. Če zabrenkamo blizu vpetega konca strune je zven drugačen kot v primeru, ko zabrenkamo na sredini strune. Zopet imamo v zadnjem primeru močnejše lihe večkratnike osnovne frekvence.

Človeški glas je najpomembnejše sredstvo vsakdanjega komuniciranja med ljudmi, vendar je v učnih načrtih pogosto zanemarjen. Razlog je najbrž v razmeroma zapleteni razlagi pojavov v zvezi z govorom. Priročnik nudi možnosti, s katerimi si to delo olajšamo [4]. Na voljo je veliko število zvočnih datotek z ustrezno razlago in didaktičnimi priporočili za njihovo uporabo. Primeri pojasnjujejo med drugim nastanek človeškega glasu, oblikovanje različnih samoglasnikov in nekaterih drugih glasov, razlike med ženskim, moškim in otroškim glasom, šepetajoči glas, značilnosti glasov znamenitih pevcev, razlike med zdravim in obolelim glasom ...

Znano je, da poslušanje z obema ušesoma omogoča zaznavanje smeri, iz katerih prihaja zvok. O tem je govor v poglavju **Zaznavanje zvoka z obema ušesoma**. Eden od pomembnih mehanizmov, ki to omogočajo, je časovni zamik zvočnega vzorca, ki ga sprejema eno uho glede na drugega. Če je izvir zvoka točno pred nami, časovnega zamika ni. Pri zaznavanju zvoka, ki prihaja nekoliko s strani, pa vzorec, ki ga sprejema eno uho časovno nekoliko prehiteva drugega. Pripravljene so zvočne datoteke, s katerimi lahko te okoliščine kvantitativno preverjamo.

Oglašanje živali ima svoj namen pri medsebojni komunikaciji, iskanju hrane, izogibanju roparjem in orientaciji s posredovanjem in sprejemanjem zvočnih sporočil. Pripravljene so nekateri zvočni posnetki, ki predvsem s spektralno analizo razkrivajo lastnosti, ki bi jih sicer težko zaznali. Med njimi so: vibracijsko komuniciranje med žuželkami, s spektralnega stališča zanimivo oglašanje nekaterih ptičev, značilni zvoki nekaterih škržatov, ki se oglašajo deloma tudi v ultrazvočnem področju, ter prva zborovska poskušanja primatov.

Priročnik, ki je izšel januarja 2001 pri založbi Zavoda RS za šolstvo, je namenjen predvsem učiteljem fizike na srednjih šolah. Zaradi interdisciplinarnosti vsebin, ki pokrivajo poleg fizike tudi druga predmetna področja, kot so jeziki, glasba, biologija, psihologija, pa bo lahko koristil tudi drugim. Podobno lahko ugotovimo tudi za različne ravni izobraževanja. Večina vsebine je primerna za srednješolski nivo. Nekateri deli pa so uporabni tudi na osnovnošolski in tudi na začetni univerzitetni stopnji.

Viri:

[1] VEROVNIK, Ivo, *Uporaba računalnika pri obravnavi zvočnih pojavov*, Zavod Republike Slovenije za šolstvo, Ljubljana, 2001.

[2] VEROVNIK, Ivo, MATHELITSCH, Leopold, Določitev hitrosti in lege avtomobila s spektralno analizo njegovega hrupa, *Fizika v šoli*, 1, 1999, (str. 21–24), VEROVNIK, Ivo, MATHELITSCH, Leopold, Determination of the speed and position of a moving car from its noise, *Proc. Hands on – Experiments in Physics Education*, GIREP, Duisburg 1998, (str. 378–380).

[3] VEROVNIK, Ivo, MATHELITSCH, Leopold, Kaj slišiš, ko točiš vino v kozarec, *Fizika v šoli*, 1, 1998, (str. 18–21); VEROVNIK, Ivo, MATHELITSCH, Leopold, Filling a glass of water, *Proc. Creativity in Physics Education*, Eötvös Phys. Society, Budapest, 1997, (str. 271–273).

[4] VEROVNIK, Ivo, MATHELITSCH, Leopold, Uporaba računalniške zvočne kartice za raziskavo človeškega glasu, *Fizika v šoli*, 1, 1997, (str. 30-35); VEROVNIK, Ivo, MATHELITSCH, Leopold, Exploring the human voice with a personal computer, *Proc. New ways of teaching physics*, GIREP, Ljubljana, 1996, (str. 293-296); VEROVNIK, Ivo, MATHELITSCH, Leopold, Computereperimente mit der menschlichen Stimme, *Proc. Deutsche Physikalische Gesellschaft*, Berlin, 1997, (str. 532-535).

Avtor

Dr. Ivo Verovnik, rojen 1950, profesor fizike, doktoriral leta 1999 na Fakulteti za matematiko in fiziko v Ljubljani z disertacijo Kontinuirano opazovanje in merjenje interferenčne slike neodvisnih laserjev. Vse njegove zaposlitve so bile na področju izobraževanja. Začel je kot učitelj fizike na Osnovni šoli Litija, sledijo pa Srednja šola Slovenj Gradec in Oddelek za izobraževanje v podjetju Računalniški inženiring KOPA Slovenj Gradec. Zadnjih deset let je na Zavodu Republike Slovenije kot svetovalec za fiziko. Honorarno že nekaj let predava akustiko študentom glasbene pedagogike na Pedagoški fakulteti v Mariboru.

ivo.verovnik@zrss.si

The author

Dr. Ivo Verovnik, born in 1950, professor of physics, defended the doctor thesis at the Faculty of mathematics and physics in Ljubljana with the dissertation "Continued observing and measuring the interference pattern of the independent lasers". All his jobs were in the domain of education. He started at the elementary school in Litija as the teacher of physics followed by High school in Slovenj Gradec and the Education department of the computer company Računalniški inženiring KOPA Slovenj Gradec. The last ten years he is working as the adviser for physics at the National Education Institute of Slovenia. Some recent years his part time job is at the Pedagogical faculty in Maribor as professor of acoustics for the future teachers of music.