GUITAR TUNER

Dávid Halász
4.A mat-fyz)
Gymnázium Hansa Selyeho Komárno s vyučovacím jazykom maďarským
E-mail: halasz.david@gmail.com

ABSTRACT

In this article you may read about a guitar tuner program,which was created in the last couple of days.The program is based on the usage of Fast Furier Transformation (FFT) for the statement of the sound frequencies.By using the transformation the tuning of a guitar becomes very simple and accurate.The program is written in programming language JA-VA..

1. ÚVOD

V hraní na gitare som začiatočník, nedávno som si kúpil moju prvú gitaru. Známy mi ju naladil, ale kvôli zmenám počasia sa žial rýchlo rozladila. Keďže ladič na gitaru som ešte nemal, ale základné vedomosti z fyziky áno, rozhodol som sa vytvoriť si softvér na ladenie gitary na vlastný telefón. Pri práci som zistil, že môj telefón nevie dostatočne využiť takýto program, teda som prepísal program na počítač.

2. ZVUKOVÁ VLNA

Zvuková vlna sa skladá z viacerých mechanických vĺn. Ak ozvučíme jednu strunu na gitare, počujeme všetky možné frekvencie, na ktorých je struna schopná chvieť sa. Najväčšiu výchylku má zvuk s najmenšou frekvenciou (základný tón), ostatné frekvencie (vyššie harmonické) sú dané farbou zvuku, čo je pri každom hudobnom nástroji iná. Napríklad hlas A na gitare a na klavíri znie inak, ale predsa vieme, že sú to tie isté tóny. (základné tóny sú rovnaké, iba vyššie harmonické sú odlišné).

3. ANALÝZA ZVUKU

Vlna sa dá rozložiť na jej elementárne komponenty pomocou Fourierových transformácií. Ak to použijeme na zvukovú vlnu, môžeme zistiť, aké frekvencie majú jej elementárne vlny. Pri počítačovej analýze zvuku musíme použiť diskrétnu Fourierovú transformáciu, keďže zvuk neberieme ako spojitú vlnu, ale ako diskrétne hodnoty. K-ty člen transformácie dostaneme pomocou vzorca (1).

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-\frac{2\pi i}{N} nk} \tag{1}$$

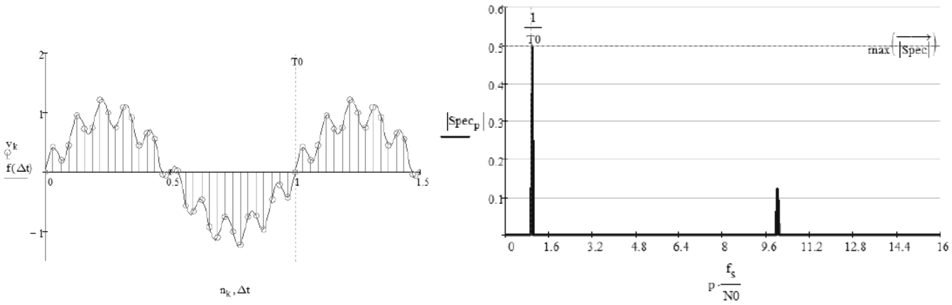
Kde N je počet vzoriek, a i je imaginárna jednotka. Špeciálna mutácia tejto transformácie je algoritmus Cooley-Tukey, ktorý sa volá RADIX-2 FFT. Používa sa iba na 2^n prvkov, rozloží sumu na párne a nepárne komponenty (2).

$$X_k = \sum_{m=0}^{N/2-1} x_{2m} e^{-\frac{2\pi i}{N/2}mk} + e^{-\frac{2\pi i}{N}k} \sum_{m=0}^{N/2-1} x_{2m+1} e^{-\frac{2\pi i}{N/2}mk} = E_k + e^{-\frac{2\pi i}{N}k} O_k \qquad (2)$$

Zo vzorca je jasné, že sme dostali špeciálnu rekurzívnu funkciu, ktorá sa vypočíta zvlášť na prvky s párnym a nepárnym indexom. Takto by sme vypočítali iba polovicu výsledku, ale kvôli symetrickosti FFT platí (3).

$$X_k = \begin{cases} E_k + e^{-\frac{2\pi i}{N}k} O_k & k < N/2 \\ E_{k-N/2} - e^{-\frac{2\pi i}{N}(k-N/2)} O_{k-N/2} & k \geq N/2 \end{cases} \qquad (3)$$

Ak transformácia je použitá na každý prvok, dostaneme komplexnú množinu. Znázornením veľkosti komplexných čísel dostaneme spektogram vzorky, z ktorého sa dajú vyčítať výchylky k jednotným frekvenciám. Poradové čísla sa vynásobia vzorkovacou frekvenciou, potom sa vydelia polovicou počtu vzoriek a výsledok dostaneme v Hertzoch. Pri hudobných tónoch je najväčšia hodnota samozrejme pri základnom tóne.



Obrázok 1: Vlna a príslušný graf vytvorený Fourierovou transformáciou

4. TÓNY V HUDBE

Frekvencie hudobnej stupnice môžeme určiť nasledovne:

- Frekvencia tónu A je 440Hz
- Ak ozvučíme strunu dĺžky **l**, počujeme zvuk s frekvenciou **f**
- Ak ozvučíme rovnakú strunu dĺžky **l/2**, počujeme zvuk s frekvenciou **2f**
- Medzi **f** a **2f** je 12 tónov, ztoho vyplíva, že hudobné tóny tvoria geometrickú postupnosť

$$a_{n+1} = a_n \sqrt[12]{2} \qquad (4)$$

	Veľká oktáva	Malá oktáva	Jedončiarkovaná oktáva	Dvojčiarkovaná oktáva
C	65.4064	130.8128	261.6256	523.2511
C#	69.2957	138.5913	277.1826	554.3653
D	73.4162	**146.8324**	293.6648	587.3295
D#	77.7817	155.5635	311.1270	622.2540
E	**82.4069**	164.8138	**329.6276**	659.2551
F	87.3071	174.6141	349.2282	698.4565
F#	92.4986	184.9972	369.9944	739.9888
G	97.9989	**195.9977**	391.9954	783.9909
G#	103.8262	207.6523	415.3047	830.6094
A	**110.0000**	220.0000	*440.0000*	880.0000
A#	116.5409	233.0819	466.1638	932.3275
H	123.4708	**246.9417**	493.8833	987.7666

Tabuľka 1: vypočet pre jednotlivé tóny, zvýraznené sú základné tóny strún

5. PROGRAM

Program je písaný v Jave, najprv som ho chcel písať na telefón, potom som zistil, že mikrofón a výpočtové schopnosti môjho telefónu nie sú dostatočné na túto úlohu. Keďže Java je nezávislá od platformu, program som musel zmeniť iba minimálne. FFT pracuje s komplexnými číslami, preto som vytvoril triedu Complex, ktorá definuje vlastný typ premennej a výpočty súvisiace s ňou: sčítanie, odčítanie, násobenie a veľkosť komplexného čísla. Pri písaní algoritmu FFT som našiel množstvo príkladov na webe, podľa ktorých bol napísaný môj vlastný.

6. ZÁVER

So správnym výberom vzorkovacej frekvencie a počtu vzoriek je možné zvýšiť presnosť programu. Počet vzoriek je možné zadať iba ako 2^n, je ale cieľovedomé zadať frekvekciu podobne, aby sme pri násobení nestratili z presnosti. Jednotlivé struny gitary sa chvenia medzi frekvenciami 80 a 330Hz, preto je dôležité použiť mikrofón s väčšou citlivosťou. Ozajstná presnosť programu sa môže skontrolovať s „ozajstným" ladičom.

LITERATURA

[1] Wikipedia : the Free Encyclopedia
URL: < http://en.wikipedia.org/> [cit 2010-02-20