

Vysoké učení technické v Brně
Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
Ústav telekomunikací

Paralelizace Goertzelova algoritmu

Diplomová práce

Autor práce: Bc. ZDENĚK SKULÍNEK

Vedoucí práce: Ing. PETR SYSEL, Ph.D.

Oponent: prof. Ing. ZDENĚK SMÉKAL, CSc.

Brno: 7. 6. 2017

Cíle práce

Seznámit se s možnostmi paralelního zpracování na počítačích typu PC a grafických procesorech.

Prostudovat principy a techniky paralelizace používané např. v prostředí Matlab nebo v rámci některé z knihoven pro paralelní zpracování.

Seznámit s Goertzelovým algoritmem a navrhnout, jakým způsobem by bylo možné jej urychlit pomocí paralelního zpracování.

Porovnat výpočetní náročnost sekvenčního a paralelního zpracování.

Knihovna openCL

Spravuje Kronos group

Využití pro vícejádrová CPU, GPU, DSP a speciální zař.

Obsahuje jazyk podobný C99, API, knihovny a runtime

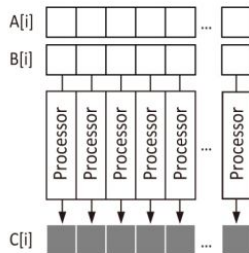
SIMD & SPMD

Model platformy

Univerzálnost knihovny & spolupráce s OpenGL

SIMD

- Sum $C[i] = A[i] + B[i]$



Each operation is independent

→ Easily Scalable

Goertzelův algoritmus

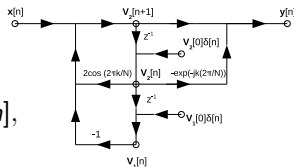
Chceme k . složku spektra amplitud

Číslicový filtr typu IIR

$$v_1[n+1] = v_2[n],$$

$$v_2[n+1] = x[n] + 2 \cos k \frac{2\pi}{N} v_2[n] - v_1[n],$$

$$y[n] = v_2[n+1] - (\cos k \frac{2\pi}{N} - j \sin k \frac{2\pi}{N}) v_2[n],$$



(a) Sada rovnic pro výpočet Goertzelovým algoritmem.

(b) Graf signálových toků Goertzelova algoritmu ve 2. kanonické struktuře.

Paralelní Goertzelův algoritmus

Variace stavové proměnné

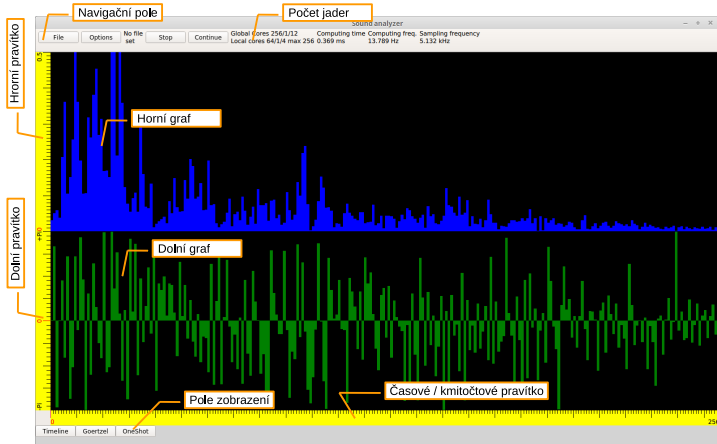
Počítání s k hodnotami $x[n]$ současně

$$v[n+k] = \begin{pmatrix} v_1[n+k] \\ v_2[n+k] \end{pmatrix} = A^k v[n] +$$

$$\begin{pmatrix} A^{k-1} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} & A^{k-2} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} & A^{k-3} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} & \dots & \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x[n] \\ x[n+1] \\ x[n+2] \\ \vdots \\ x[n+k] \end{pmatrix} =$$
$$A^k v[n] + D x[n, n+k]^T$$

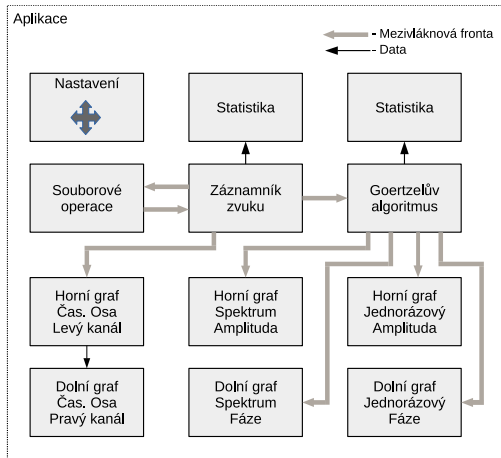
kde $C_k = 2 \cos k \frac{2\pi}{N}$, $A_k = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ -1 & C_k \end{pmatrix}^k$

Program Sound Analyzer



Obr. 2 : Program Sound Analyzer

Struktura Programu Sound Analyzer



Obr. 3 : Struktura programu Sound Analyzer

Doba provádění paralelního Goertzelova algoritmu

Kmit. počet [—]	Segm. délka [—]	Over- lap [—]	Globální NDRange [— / — / —]	Lokální NDRange [— / — / —]	CPU doba [μs]	CPU využití [%]	GPU doba [μs]	GPU využití [%]
0	0	0	0/0/0	0/0/0	-	4,83	-	-
1	4	0	1/1/1	1/1/1	105	6,54	160	7,13
1	512	15872	1/1/64	1/1/64	230	5,3	410	5,0
16384	4	0	16384/1/1	1024/1/1	300	24,4	-	-
16384	512	15872	16384/1/64	16/1/64	61090	82,64	-	-
64	512	15872	64/1/64	16/1/64	690	5,25	-	-
64	512	15872	64/1/64	4/1/64	-	-	430	5,20

Tab. 1 : Naměřené hodnoty pro testovací počítač

Měření využití jader na GPU

Lokální počet jader	Globální počet jader								
	1	2	4	8	16	32	64	128	256
1	-	-	-	-	-	-	-	-	154
2	-	-	-	-	-	-	-	154	154
4	-	-	-	-	-	-	154	154	154
8	-	-	-	-	-	154	154	154	155
16	-	-	-	-	154	154	154	155	155
32	-	-	-	154	154	154	155	155	156
64	-	-	154	154	154	155	155	156	157
128	-	154	154	154	155	155	156	157	157
256	154	154	154	155	155	156	157	157	158

Tab. 2 : Naměřené hodnoty pro měření využití jader v μs

Výpočetní náročnost paralelního Goertzelova algoritmu

Funguje to, ALE

Velká režie OpenCL

Vhodné pro delší segmenty (1024 a více vzorků)

Více úloh v těsném sledu – nechávat data v paměti GPU

Aplikace by měla mít více vláken

Neumíme rozdělit přímo fyzická jádra

Závěr

Úprava vzorců pro paralelní systém

Realizace Goertzelova algoritmu a praktické aplikace

Porovnání efektivity na skutečném zařízení

Děkuji za pozornost!

Otázky oponenta

Jaký je rozdíl mezi kmitočtovou charakteristikou LTI diskrétního systému a spektrem diskrétního signálu?

$$S_p(j\omega) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} s[n]e^{-j\omega n} \Leftrightarrow H(j\omega) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} h[m]e^{-j\omega m}$$

$$Y(e^{j\omega}) = H(e^{j\omega})X(e^{j\omega})$$

$S_p(j\omega)$ je spektrum signálu

$H(j\omega)$ je spektrum impulsní charakteristiky

Otázky oponenta

Jak hodnotíte z hlediska času výpočtu a zátěže procesoru srovnání výpočtu několika složek spektra diskrétního signálu současně pomocí paralelizovaného Goertzelova algoritmu s výpočtem spektra pomocí FFT algoritmu?

$$O(FFT) = O(N \log_2 N) \Leftrightarrow O(\text{Goertzel}) = O(Nk)$$

Otázky oponenta

Jaké je porovnání z časového hlediska a zátěže procesoru Vaší implementace v jazyku C++ s implementací v programu Matlab?

1 kmítčet, segment délky 16384 vzorků			
CPU AMD 8350, GPU AMD HD7850			
CPU	GPU	octave	octave fft
[μs]	[μs]	[μs]	[μs]
230	410	1356900	360

Tab. 3 : Doby provádění na různých systémech