

Kompenzace časového multiplexu kanálů EEG přístroje

Jakub Šťastný, Pavel Sovka

stastnjl@seznam.cz, sovka@feld.cvut.cz

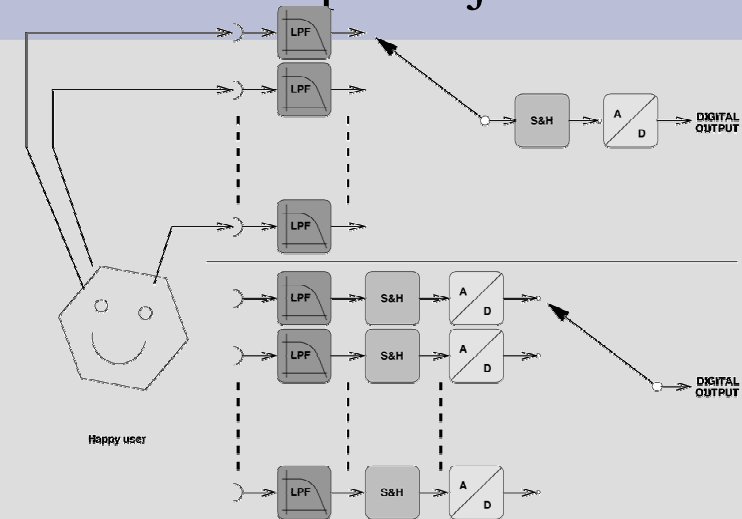
Laboratoř zpracování biologických signálů

Katedra teorie obvodů,

ČVUT Praha

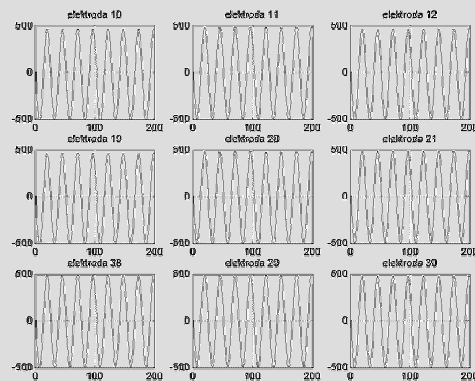
Technická 2, Praha 6, 166 27

Realizace EEG přístrojů

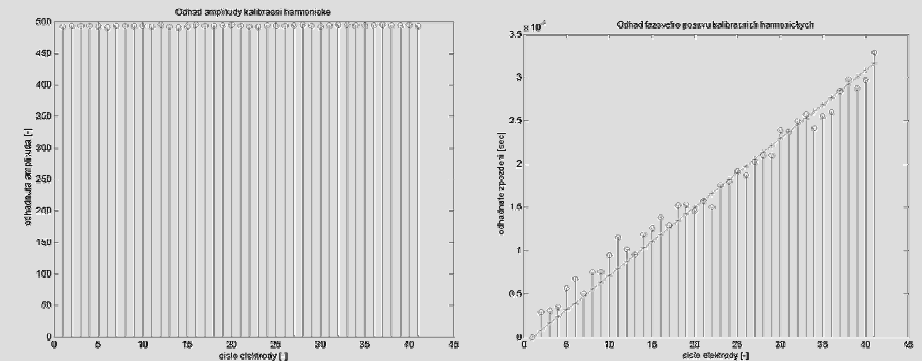


Jak zjistit, jak funguje moje EEG?

- zeptat se výrobce
 - konstrukce
 - parametr T_{AD}
- sám si T_{AD} změřit
 - kalibrační sekvence
 - odhad fáze a amplitudy – metoda nejmenších čtverců



Odhad periody multiplexu



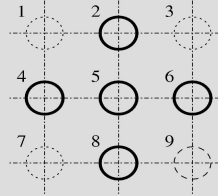
$$T_{AD} = 7,91 \mu\text{sec}$$

Tolik povyku pro nic ?!

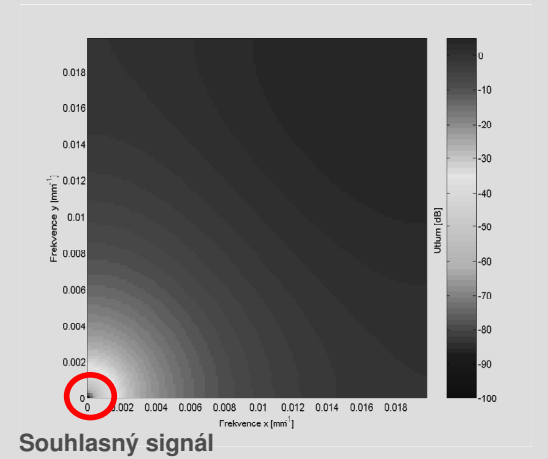
- vizuální inspekce EEG
 - multiplex nevadí
- následné zpracování EEG
 - multiplex může vadit
- př:
 - laplaceovská filtrace
 - povrchové spektrum
 - analýza nezávislých a hlavních komponent

Princip laplaceovského filtru

- 2D filtration



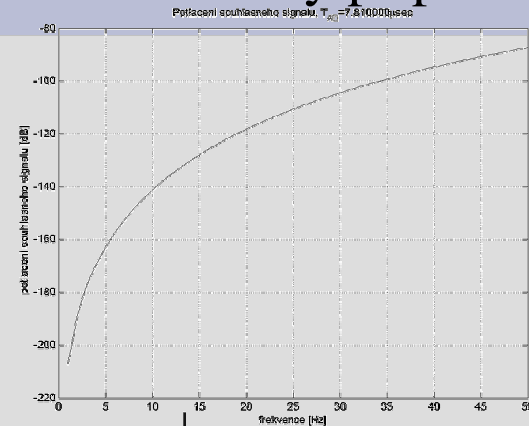
$$h_2 = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{1}{4} & 0 \\ -\frac{1}{4} & 1 & -\frac{1}{4} \\ 0 & -\frac{1}{4} & 0 \end{bmatrix}$$



Laplaceovský filtr – ideální případ

- Zlepšení odstupu signál-šum
 - zaostření vzorů na skalpu
 - potlačení prostorově korelovaného šumu
 - předpoklad: všechny kanály jsou vzorkovány v jediný okamžik!

Laplacián – skutečný případ



$$|H(\omega)|_{dB} = 20 \log \left| 1 + 2 \sum_{\substack{i=1 \\ S[i] < c}}^M k[i] \cos((S[i] - c)T_{AD}\omega) \right|$$

Řešení? Interpolace!

- Možnosti:
 - lineární interpolace
 - kvadratická interpolace
 - interpolace vyššího řádu
 - využití DTFT
- Předpoklady:
 - T = počet vzorků [-]
 - vzorkovací frekvence $f_s = 1/T_s$ [Hz, sec]
 - perioda AD konverze T_{AD} [sec]
 - pomocný koeficient $\delta = T_{AD}/T_s$

Lineární vs. kvadratická interpolace

- | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> Lineární interpolace: <ul style="list-style-type: none"> navrženo v [1] výpočetní nároky $O(T)$ paměťové nároky $O(1)$ | <ul style="list-style-type: none"> Kvadratická interpolace: <ul style="list-style-type: none"> naše vylepšení výpočetní nároky $O(T)$ paměťové nároky $O(1)$ |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

$$x'[t] = x[t] + x[t + 1] - x[t](-s)\delta$$

$$x'[t] = (-s)^2 \delta^2 \left(\frac{x[t-1] - 2x[t] + x[t+1]}{2} \right) + (-s)\delta \frac{x[t+1] - x[t-1]}{2} + x[t]$$

DTFT interpolace

- jednoduchá implementace časového posuvu
- výpočetní nároky $O(T \log T)$
- paměťové nároky $O(T)$
- nejnáročnější přístup
- dává nejlepší výsledky

$$\mathbf{X} = DTFT(\mathbf{x})$$

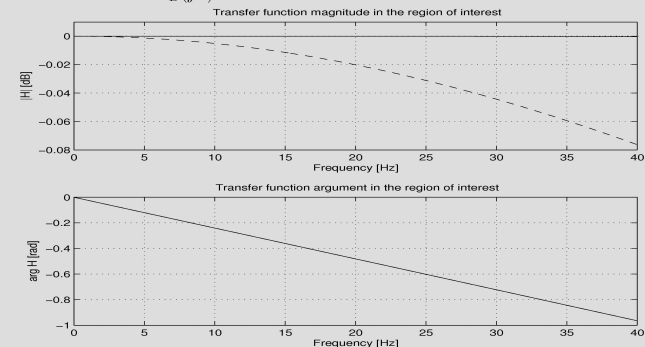
$$\mathbf{X}[k] = \mathbf{X}[k]e^{-j2\pi(-s)\delta k}$$

$$\mathbf{x}' = IDTFT(\mathbf{X})$$

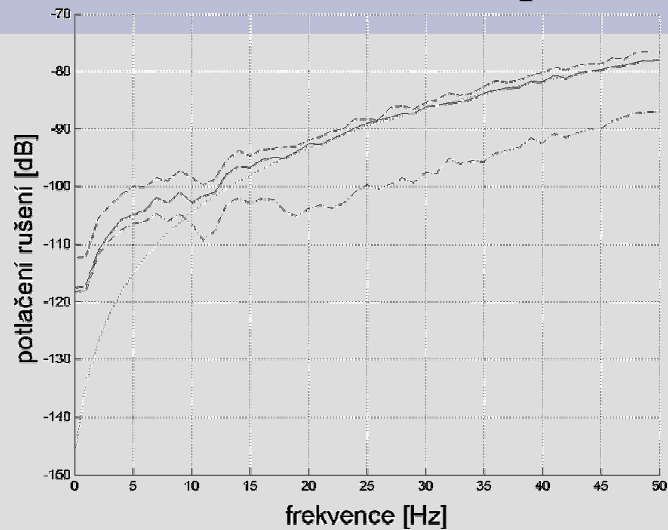
Volba metody

- Zvolena: kvadratická interpolace

linear	$\mathcal{H}_l(j\omega) = -s\delta + e^{-j\omega}(1 + s\delta)$
quadratic	$\mathcal{H}_q(j\omega) = \frac{1}{2}(s^2\delta^2 - s\delta) + e^{-j\omega}(1 - s\delta^2) + \frac{1}{2}e^{-j\omega^2}(s^2\delta^2 + s\delta)$
DTFT	$\mathcal{H}_D(j\omega) = e^{j\frac{2\pi\omega\delta}{T}}$



Laplaceovská filtrace+ interpolace



Závěr

- dosáhli jsme zlepšení potlačení souhlasného rušení
- další aplikace pro předzpracování
 - analýza hlavních komponent
 - analýza nezávislých komponent
 - povrchová DTFT

Literatura

- [1] Dennis J. McFarland, Lynn M. McCane, Stephen V. David, and Jonathan R. Wolpaw. Spatial filter selection for EEG-based communication. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, (103):386 394, 1997
- [2] H. Ramoser, Johannes Müller Gerking, and Gert Pfurtscheller. Optimal spatial filtering of single trial EEG during imagined hand movement. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, 8(12):441 446, 2000.
- [3] Sai-Weng Sin, Seng-Pan U, and R.P.Martins. Quantitative Noise Analysis of Jitter-Induced Nonuniformly Sampled-and-Held Signals. *International Conference On Acoustic, Speech and Signal Processing ICASSP*, 2003
- [4] Ramesh Srinivasan. Methods to improve the spatial resolution of EEG. *International Journal of Bioelectromagnetism*, 1(1):102 111, 1999.
- [5] Gert Pfurtscheller. *Digital Biosignal Processing*, chapter 17, pages 459 480. Elsevier, 2nd edition, 1991.
- [6] Pei-Chen Lo. Three-Dimensional Filtering Approach to Brain Potential Mapping. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 46(5):574 583, 1999.