

SPECTRAL ANALYSIS OF EEG SIGNAL

Petr Miklenda

Bachelor Degree Programme (3), FIT BUT

E-mail: xmikle01@stud.fit.vutbr.cz

Supervised by: Karolína Lankašová

E-mail: ilankasova@fit.vutbr.cz

Abstract: This article is focused at analyzing of the EEG signal, using the FFT – fast Fourier transform. First part of the article offers description of signal itself, especially origin of the signal. In the second part there are some fundamental methods and description of spectral analysis, basically – what does the spectrum indicates about the system, that produces the signal.

Keywords: EEG signal, neurology, signal processing, Fourier transform

1 ÚVOD

Lidský mozek – část těla nezbytná k životu, které stále má svá tajemství a stále ještě nemůžeme říci, že o něm víme vše. Existuje názor, některými označován za mýtus, podle kterého je člověk schopen využít pouze 10 % kapacity svého mozku. Ať už tento názor je nebo není pravdivý, na první pohled je zde nápadná podobnost s poznatky z genetiky [1], které říkají že necelých 10 % DNA je tzv. *kódující*, tedy je součástí genu a nese genetickou informaci. Zbytek DNA je považován za odpadní. Náhoda? Takovéto závěry vyvolávají řadu otázek, např: Proč nevyužíváme celou kapacitu mozku? K čemu je těch více než 90 % odpadní DNA? Jak by vypadal náš život, kdybychom využívali celou kapacitu mozku – co všechno bychom uměli? Cílem této práce je poskytnout pohled na jednu z možností analýzy a výzkumu mozku. Pokud se totiž o některé problematice chceme dozvědět více je pro nás právě výzkum dané oblasti jednou z cest, jak toho dosáhnout.

2 EEG SIGNÁL

EEG signál [2] patří do kategorie *biologických* signálů, tedy signálů, které jsou vytvářeny živým organismem a zároveň jsou na živém organismu snímány. Biologické signály tvoří velkou skupinu, v rámci které jsou dále děleny na: Bioelektrické, biomagnetické, bioimpedanční, bioakustické, biomechanické a biochemické. EEG signál patří do skupiny *bioelektrických* signálů, proto zde dále bude pracováno pouze s touto částí biologických signálů.

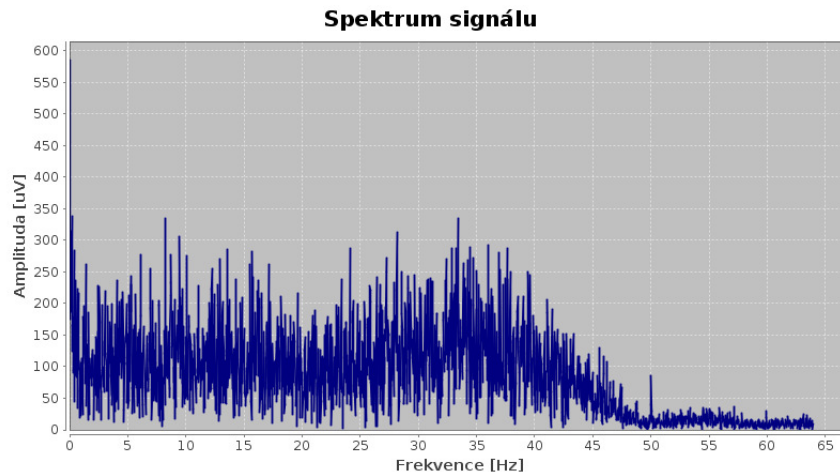
Bioelektrické signály jsou vyvolány časovou změnou elektrického potenciálu, neboli napětí v živém organismu. Konkrétně v případě EEG signálu je elektrické napětí vytvořeno šířením fyzikálně chemické změny přes nervová vlákna mozkových buněk – *neuronů*, tato změna spočívá mimo jiné v porušení elektrické rovnováhy, uvolňování CO_2 a biochemických *mediátorů*. Mediátor je látka zprostředkující přenos nervového vzruchu, např. acetylcholin nebo noradrenalin [2].

3 SPEKTRÁLNÍ ANALÝZA

Analýza signálů je prováděna za účelem získání informací o nějakém systému, který tento signál vyprodukoval. Před samotnou analýzou je třeba signál vhodně zpracovat do takové podoby, aby z něj bylo možné vyčíst požadovaná relevantní data, neboli informace, které přenáší. Konkrétně v případě

spektrální analýzy[3] EEG signálu je požadováno získat jeho spektrální funkci, zkráceně spektrum – neboli zastoupení jednotlivých frekvencí (Alfa, Beta, Gama, Delta, Theta), na kterých mozek pracuje v závislosti na konkrétní situaci[1]. Například v hlubokém spánku u dospělého člověka je převládající frekvence delta (0.5 - 4 Hz)[3]. Pokud jsou ale delta vlny v určité míře přítomny v bdělém stavu dospělého člověka, vždy to znamená patologický jev [2].

Celou spektrální analýzu EEG signálu je tedy ve výsledku možné chápat jako zkoumání, většinou graficky (obr. 1), zobrazeného spektra a na základě nutných znalostí z medicíny (neurověd) poté vyvozování příslušných závěrů, např. diagnózu a monitorování nemocí jako je: Kóma, epilepsie, poruchy spánku a jiné [3]. K analýze zmíněného spektra zbývá už jen toto spektrum nějak ze signálu získat. V případě EEG signálu to znamená provést diskretní Fourierovu transformaci.



Obrázek 1: Spektrum signálu zaznamenaného EEG přístrojem Emotiv EPOC™

Na obrázku 1 je vykresleno spektrum signálu, pořízeného přístrojem Emotiv EPOC[7]. Tento signál však plní pouze demonstrační funkci (představující výstup praktické části této práce), protože není výsledkem žádného reálného měření. Vhodnější je tedy označit jej jako šum. Přesto však lze ve výsledném spektru nalézt výrazný hrot na frekvenci 50 Hz, který je způsoben typickým artefaktem v EEG signálu – rušením z elektrické sítě[3]. Zobrazené spektrum není filtrováno.

3.1 DISKRÉTNÍ FOURIEROVA TRANSFORMACE

Diskretní Fourierova transformace, zkráceně DFT je numerická metoda pro popis diskretních neperiodických signálů ve frekvenční oblasti[4]. Vzorec pro výpočet DFT je uveden ve vztahu 1.

$$X[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] e^{-j \frac{2\pi}{N} kn} \quad (1)$$

Kde N je délka (počet vzorků) DFT, n je (diskretní) čas, k je „počítadlo“ frekvence, neboli umístění na frekvenční ose.

Samotná DFT ale není pro praktické použití úplně vhodná a to zejména kvůli kvadratické asymptotické složitosti[5] $O(N^2)$. V praxi se proto používá spíše efektivnější přístup – rychlá Fourierova transformace.

3.2 RYCHLÁ FOURIEROVA TRANSFORMACE

Rychlá Fourierova transformace neboli FFT (z anglického Fast Fourier Transform) je efektivní algoritmus pro výpočet diskrétní Fourierovy transformace. Asymptotická složitost algoritmu FFT je $O(N \cdot \log N)$. Zde je důležité připomenout, že oba algoritmy (DFT i FFT) produkují stejný výstup, ale FFT dosahuje řádově lepší asymptotické složitosti. Tento rozdíl je možné pozorovat především při větší délce vstupní posloupnosti.

3.2.1 ALGORITMUS COOLEY-TUKEY

Pravděpodobně nejznámějším algoritmem pro výpočet FFT je právě Cooley-Tukey (dále uváděn pod označením CT). Algoritmus byl pojmenován podle amerických matematiků, pana Jamese Cooleyho a pana Johna Tukeye. Algoritmus CT funguje na principu *Divide et Impera* (rozděl a panuj), tedy postupného rozdělování vstupní posloupnosti. V tomto ohledu je podobný např. algoritmu Quick-Sort. Každá vstupní posloupnost délky N je v první etapě výpočtu rozdělena na dvě posloupnosti délky $(N/2)$, ve druhé etapě dojde k rozdělení na čtyři posloupnosti délky $(N/4)$. V poslední etapě je N -posloupností délky jedna. Celkový počet etap je dán vzorcem $\log_2 N$. Vstupní podmínkou pro signál zpracovávaný algoritmem CT je požadavek na jeho délku (počet vzorků), která musí být rovna mocnině čísla 2. Pokud vstupní signál tuto podmínku nesplňuje je nutné provést tzv. *zero padding*, neboli zarovnání nulami na nejbližší mocninu dvou. Tedy např. k signálu o délce 1000 vzorků bude doplněno 24 nul, pro dosažení délky 1024, neboli 2^{10} .

Celý výpočet je rozložen do tzv. motýlků (ang. butterfly). Motýlkové schéma je založeno na zpracování vždy dvojice vstupů. Tímto je jako výstup generována dvojice koeficientů požadované FFT.

4 ZÁVĚR

Oblast výzkumu mozku (obecně neurovědy) je rychle se rozvíjejícím oborem. V dnešní době už zdaleka nefiguruje pouze v lékařství, kde je možné konkrétně např. analýzou EEG signálu diagnostikovat řadu nemocí, ale proniká do velkého množství dalších oborů. Už dnes je tedy možné např. ovládat nejen jednoduché hry[6] pouhou myšlenkou. Pokud tedy můžeme tvořit náš svět myšlenkami, je jen na nás jak ho vytvoříme.

REFERENCE

- [1] CAMPBELL Neil A. a REECE Jane B.: Biologie, Brno, Computer Press 2006, ISBN 80-251-1178-4
- [2] SVATOŠ Josef: Biologické signály I: Geneze, zpracování a analýza, Praha, ČVUT, Elektrotechnická fakulta 1998, ISBN 80-010-1822-9
- [3] MOHYLOVÁ Jitka a KRAJČA Vladimír: Zpracování biologických signálů, Ostrava, Vysoká škola báňská 2007, ISBN 978-80-248-1491-9
- [4] ČERNOCKÝ Jan: Signály a systémy, Brno, VUT, Fakulta informačních technologií 2012, Dostupné na: <https://video1.fit.vutbr.cz/index.php?categ_id=921>
- [5] MIČKA Pavel: Asymptotická složitost, Algoritmy.net[online], 2011 [cit. 2014-03-24], Dostupné na: <<http://www.algoritmy.net/article/102/Asymptoticka-slozitost>>
- [6] Brain2win[online], 2010 [cit. 2014-03-24], Dostupné na: <<http://www.brain2win.cz>>
- [7] EPOC Headset, Emotiv[online], 2013 [cit. 2014-03-24], Dostupné na: <<http://www.emotiv.com/epoc/>>