

Poročilo izpitne seminarske naloge: Izdelava grafičnega uporabniškega vmesnika v okolju MATLAB za poljubno filtriranje EEG signalov s KEO spektralnimi filtri

Lan Zukanović

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko, Večna pot 113, 1000 Ljubljana, Slovenija
E-pošta: lz3523@student.uni-lj.si

Povzetek. To poročilo obravnava razvoj in implementacijo grafičnega uporabniškega vmesnika v MATLAB-u za filtriranje elektroencefalografskih (EEG) signalov, pridobljenih iz baze podatkov EEGMMI. Osredotoča se na uporabo spektralnih filtrov s končnim enotnim odzivom (KEO ali FIR v angleščini) za izolacijo in odstranitev neželenih frekvenčnih komponent iz EEG signalov. V uvodu je predstavljen kontekst in pomen filtriranja EEG signalov, metodološki del pa podrobno opisuje postopek načrtovanja filtrov, vizualizacijo signalov in njihovo shranjevanje. Rezultati prikazujejo uspešnost implementiranih filtrov pri izboljšanju kakovosti EEG signalov, medtem ko diskusija analizira pomen in učinkovitost KEO filtrov v kontekstu EEG analize, hkrati pa izpostavlja možnosti za nadaljnje izboljšave. Poročilo zaključuje z natančnim opisom, kako je bilo znanje s predavanj uporabljeno v praksi, zlasti načrtovanje KEO filtrov z uporabo metode *firls*.

1 UVOD

Z analizo elektroencefalografskih (EEG) signalov lahko razumemo in interpretiramo možgansko aktivnost. Ključni izziv pri tem je filtriranje neželenih frekvenc ali hrupa iz EEG signalov, ki lahko izkrivljajo interpretacijo podatkov. V tem poročilu opisujemo razvoj grafičnega uporabniškega vmesnika v MATLAB-u za filtriranje EEG signalov z uporabo KEO spektralnih filtrov, tj. filtri s končnim enotnim odzivom. EEG podatki so bili pridobljeni iz baze podatkov EEGMMI. Cilj projekta je bil zagotoviti orodje, ki omogoča učinkovito filtriranje različnih vrst signalov ter njihovo vizualizacijo in shranjevanje.

2 METODE

2.1 Izvajalno okolje

Za implementacijo metode smo uporabili MATLAB, zaradi njegove učinkovitosti in razširjenosti pri obdelavi signalov. V MATLAB-u smo implementirali KEO filtre z uporabo funkcije *firls*, ki omogočajo prilagodljivo oblikovanje filtrov glede na zahtevane frekvenčne karakteristike.

2.2 Podatkovna baza

Podatkovna baza EEGMMI DS vsebuje več kot 1500 EEG posnetkov, pridobljenih od 109 oseb. Vsak posnetek je trajal eno do dve minuti in je bil zajet z 64-kanalnim EEG sistemom [1]. Ti posnetki so bili zajeti s frekvenco vzorčenja 160 Hz. V okviru zajema signalov so subjekti izvajali različne motorične in miselne naloge.

2.3 Vhodni podatki

Vhodni podatki za naš postopek vključujejo celotne EEG zapise, izbrane iz podatkovne baze EEGMMI DS.

Vsak zapis obsega 64 EEG signalov, zajetih skozi celotno trajanje posameznega posnetka. Ti surovi podatki predstavljajo osnovno gradivo za nadaljnjo obdelavo.

V sklopu uporabe vmesnika mora uporabnik izbrati specifičen subjekt iz omenjene podatkovne baze, EEG posnetek, ki ga zanima, nato pa še določi enega izmed zajetih 64 signalov v okviru posnetka (Slika 1). Ta izbrani signal je nato osnova za vizualizacijo in nadaljnjo obdelavo s spektralnimi filtri.

2.4 Opis metode

Naša metoda zajema oblikovanje KEO filtrov za različne zahtevane frekvenčne pasove - nizkoprepustne, visokoprepustne, pasovne in pasovno-zaporne filtre. Uporabnik lahko preko grafičnega vmesnika izbere tip filtra in nastavi njegove parametre, kot so red filtra, spodnja in zgornja meja frekvenc. Po izbiri parametrov filter ustrezno obdelava signal, rezultat pa je prikazan v grafičnem vmesniku.

2.5 Funkcija *firls*

Funkcija *firls* (angl. *Finite Impulse Response Least Squares*) omogoča oblikovanje filtrov z minimiziranjem kvadratne napake med želenim in dejanskim frekvenčnim odzivom. To pomeni, da *firls* ustvari filter, katerih frekvenčne karakteristike so čim bližje določenim specifikacijam v smislu amplitudnega odziva na določenih frekvencah.

Alternativno se lahko uporabi tudi metoda *firpm* (angl. *Finite Impulse Response Parks-McClellan*), ki temelji na Parks-McClellanovem algoritmu za optimizacijo maksimalne napake. Ta pristop je posebej učinkovit za oblikovanje filtrov z enakomernim (angl. *equiripple*) frekvenčnim odzivom. Medtem ko *firls* minimizira celotno napako, se *firpm* osredotoča na največjo napako v

frekvenčnem odzivu, kar je koristno v aplikacijah, kjer so te napake kritične.

Obe metodi omogočata natančno oblikovanje KEO filtrov, njihova izbira pa je odvisna od specifičnih zahtev aplikacije in želenih lastnosti filtrov.

2.6 Vizualizacija in shranjevanje rezultatov

Razviti vmesnik omogoča vizualizacijo tako originalnih kot filtriranih signalov. Uporabnik ima možnost primerjati oba signala, bodisi v ločenih grafih (Slika 1) ali skupaj na enem grafu (Slika 2). Prav tako smo implementirali funkcionalnost za shranjevanje rezultatov v .mat formatu, kar omogoča nadaljnjo uporabo ali analizo filtriranih podatkov. Funkcionalnost za shranjevanje je uporabniku na voljo znotraj zgornjega vrstičnega menija pod rubriko "File".

3 REZULTATI

Testiranje metode na različnih EEG zapisih je pokazalo, da so KEO filtri učinkovito odstranili neželene frekvenčne komponente iz signalov. V primeru uporabe nizkoprepustnih filtrov smo opazili zmanjšanje visokofrekvenčnega hrupa, medtem ko so visokoprepustni filtri odstranili nizkofrekvenčne komponente. Pasovni in pasovno-zaporni filtri so bili prav tako uspešni pri izolaciji specifičnih frekvenčnih pasov.

Poleg uporabe grafičnega vmesnika za primerjavo originalnih s filtriranimi signali, kjer smo opazili manjši amplitudni odziv signala (Slika 2), smo te ugotovitve še dodatno potrdili, da smo filtrirane signale vizualizirali v frekvenčnem prostoru. Tam smo opazili, da so bile amplitude izrazite le v frekvenčnem območju določenem za izbrani spektralni filter. Vizualizacija signalov v frekvenčnem območju ni obseg te seminarske naloge, zato tudi ta funkcionalnost ni bila vključena v izdelan grafični vmesnik.

Za primer vseh prikazanih signalov in komponent v tem poročilu smo uporabili posnetek R03 subjekta S001, ki je bil posnet, tako da je subjekt izmenično stiskal svojo levo in desno pest. Specifično smo za vizualizacijo uporabljali prvi signal od vseh štiriinšesdesetih, ki so znotraj izbranega posnetka. Sicer pa bi lahko bila izbira subjekta, posnetka in signala popolnoma poljubna, saj v tem primeru opazujemo vpliv filtrov na celotno obliko signala.

4 DISKUSIJA

Tekom izdelave vmesnika in raziskovanje o tej tematici smo ugotovili, da je filtriranje EEG signalov z uporabo KEO filtrov učinkovita metoda za izboljšanje kvalitete signalov za nadaljnjo analizo. Grafični vmesnik omogoča intuitivno uporabo in vizualizacijo rezultatov, kar je ključnega pomena za analitike in raziskovalce. Ena izmed možnih izboljšav pri filtriranju signalov, ki bi lahko še dodatno prispevala k boljšemu razumevanju

in potrditvi učinkovitosti filtrov, bi bila integracija vizualizacije signalov v frekvenčnem prostoru v grafični uporabniški vmesnik.

5 POVEZAVA S PREDAVANJI

V okviru predavanj smo podrobno obravnavali spektralne filtre, zlasti filtre s končnim enotnim odzivom (KEO, v angleščini FIR - Finite Impulse Response). Ti filtri so ključni za izolacijo relevantnih možganskih ritmov v EEG signalih. Razloženi so bili osnovni koncepti, kot so amplitudni in fazni spekter ter njihova povezava s spektralnimi filtri.

5.1 Načrtovanje Spektralnih Filtrov

Pri predavanjih smo se osredotočili na razumevanje in načrtovanje KEO filtrov z uporabo metod, kot sta metoda najmanjših srednjih kvadratnih napak (*firls*) in Parks-McClellan-ov algoritem (*firpm*). Te metode omogočajo izdelavo filtrov, ki ustrezajo določenim specifikacijam v frekvenčnem odzivu.

5.2 Lastnosti in Uporaba KEO Filtrov

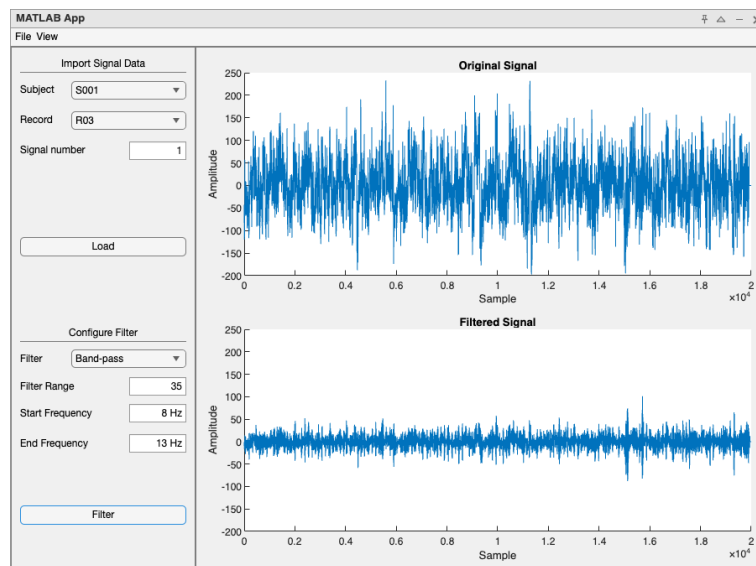
KEO filtri, kot so bili predstavljeni, imajo več ključnih lastnosti, kot so linearnost, časovna nespremenljivost in stabilnost. Pri predavanjih smo poudarili, da impulzni odziv KEO filtrov ima končno dolžino in je definiran z nizom koeficientov b_m . To pomeni, da odziv sistema na katerikoli vhodni signal lahko izračunamo s konvolucijo impulznega odziva filtra in vhodnega signala. Ta konceptualna razlaga je bila ključna pri našem projektu, saj smo morali razumeti, kako filtri vplivajo na signale in kako jih prilagoditi za specifične zahteve EEG analize.

5.3 Konvolucija in KEO Filtri

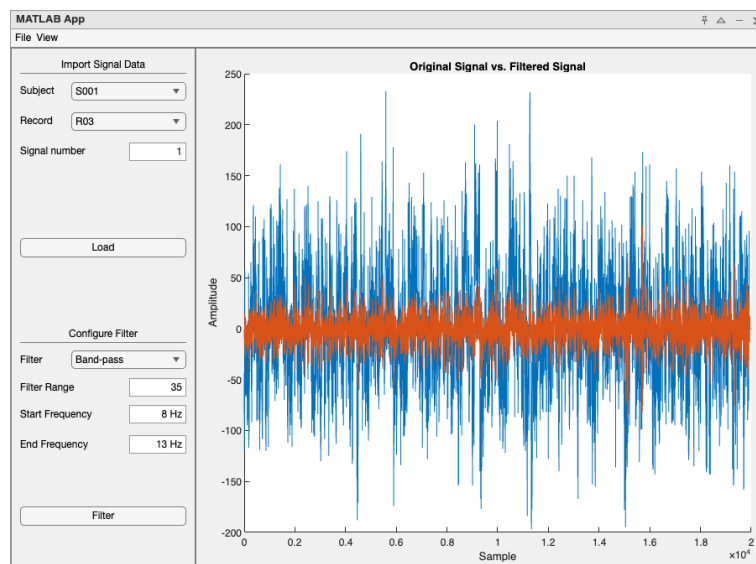
Konvolucija je osrednja operacija pri uporabi KEO filtrov. Kot je bilo razloženo, je impulzni odziv $h(n)$ KEO filtra enak njegovim koeficientom b_m , zaradi česar je postopek implementacije filtra preprost, a učinkovit. V projektu smo to uporabili za načrtovanje filtrov, ki so potrebni za filtriranje EEG signalov, da bi izolirali ali odstranili neželene frekvenčne komponente.

LITERATURA

- [1] PhysioNet. *EEG Motor Movement/Imagery Dataset*. 2009. URL: <https://doi.org/10.13026/C28G6P> (pridobljeno 20. 1. 2024).



Slika 1: Grafični vmesnik za uporabo različnih spektralnih filtrov nad izbranim signalom iz podatkovne baze EEGMMI DS. Vmesnik je logično razdeljen horizontalno (zgoraj vse za originalni signal, spodaj vse za filtrirani signal) in vertikalno (levo je konfiguracija signalov, desno pa vizualizacija).



Slika 2: Grafični vmesnik za uporabo različnih spektralnih filtrov nad izbranim signalom iz podatkovne baze EEGMMI DS. Tu je mogoče videti drugi pogled vmesnika, kjer nam omogoča primerjavo originalnega signala s filtriranim na istem grafu.