

Technische Universität Ilmenau
Fakultät IA
Fachgebiet Biosignalverarbeitung

Praktikum EKG-Signalanalyse
WS 2021/22

Versuchsprotokoll

EKG-Signalanalyse

5. Januar 2022

1 Vorbereitungsaufgaben

1.1 EKG-Vorverarbeitung

Entwickeln Sie eine Strategie zur EKG-Vorverarbeitung (Filterung)! Bedenken Sie dabei, dass die EKG-Vorverarbeitung maßgeblichen Einfluss auf die Qualität der QRS-Detektion hat.

1.2 QRS-Detektion

1.2.1

Entwickeln Sie einen Algorithmus zur adaptiven QRS-Detektion, von dem Sie ein möglichst gutes Detektionsergebnis erwarten! Achten Sie dabei besonders auf dessen prinzipielle Online-Fähigkeit. 250 ms Zeitvorlauf sollen dabei nicht überschritten werden, d.h. zur Entscheidungsfindung, ob ein Abtastwert zum Zeitpunkt t eine R-Zacke darstellt oder nicht, können maximal die Abtastwerte der nächsten 250 ms einbezogen werden. Notieren und erklären Sie die verwendeten Operatoren/Formeln und beschreiben Sie den Block der Entscheidungsfindung in einem Programmablaufplan bzw. Entscheidungsbaum!

Wir definieren drei Signale: f_1 stellt das hochfrequente Rauschen dar, bei f_2 handelt es sich um das QRS und Frequenz f_3 ist der langsam schwankender Inhalt des EKGs. Die Beziehung zwischen diesen drei Frequenzen ist $f_1 > f_2 > f_3$. Ziel ist es, alle R-Peaks zu erhalten und alle anderen Frequenzen zu eliminieren, also f_1 und f_3 eliminieren aber f_2 beibehalten. Dies wird als Bandpassfilterung bezeichnet. Sie wird mithilfe der Wavelet-Transformation erreicht. Die Wavelet-Transformation gruppiert Signale mit denselben Frequenzbändern. Daher kann eine Bandpassfilterung durchgeführt werden, indem einige Frequenzbänder eliminiert werden.

Diese Bandpassfilterung kann durch die Eliminierung von Wavelet-Koeffizienten einiger niedriger Skalen (hohe Frequenzen) und höherer Skalen (niedrige Frequenzen) von EKG-Signalen erreicht werden. Zu diesem Zweck wird eine nicht dezimierte Wavelet-Transformation verwendet, um Wavelet-Koeffizienten zu erhalten.

Ein Echtzeit-QRS-Erkennungsalgorithmus wird in Simulink unter der Annahme entwickelt, dass die Abtastfrequenz des EKG-Eingangssignals immer 200 Hz (oder

200 Samples/s) beträgt. Die aufgezeichneten realen EKG-Daten können jedoch unterschiedliche Abtastfrequenzen haben, die von 200 Hz bis 1000 Hz reichen. Um die unterschiedlichen Abtastfrequenzen zu überbrücken, wird ein Abtastratenwandlerblock verwendet, der die Abtastrate in 200 Hz umwandelt. Ein Pufferblock wird eingefügt, um sicherzustellen, dass die Länge des EKG-Eingangssignals ein Vielfaches des berechneten Dezimierungsfaktors des Abtastratenwandlerblocks ist.

Das EKG-Signal wird gefiltert, um eine gefensterte Schätzung der Energie im QRS-Frequenzband zu erhalten. Die Erkennungsschwelle wird automatisch auf der Grundlage der mittleren Schätzung der durchschnittlichen QRS-Spitze und der durchschnittlichen Rauschspitze angepasst. Die Filterung erfolgt in folgenden Schritten:

- FIR-Bandpassfilter mit einem Durchlassbereich von 5 bis 26 Hz
- Ableitung des bandgefilterten Signals
- Bestimmung des Absolutwerts des Signals
- Mittelwertbildung des Absolutwerts über ein 80 ms-Fenster

Die folgenden QRS-Erkennungsregeln beziehen sich auf einen PIC-basierten QRS-Detektor:

- Alle Peaks, die größeren Peaks um weniger als 196 ms vorausgehen oder folgen, werden ignoriert.
- Wenn eine Spitze auftritt, prüfe, ob das Rohsignal sowohl positive als auch negative Steigungen enthält. Wenn dies der Fall ist, melde, dass ein Peak gefunden wurde. Andernfalls handelt es sich um eine Grundlinienverschiebung.
- Ist der Peak größer als die Erkennungsschwelle, wird er als QRS-Komplex klassifiziert. Andernfalls wird er als Rauschen eingestuft.
- Wenn innerhalb von 1,5 R-zu-R-Intervallen kein QRS erkannt wurde, aber eine Spitze vorhanden ist, die größer als die halbe Erkennungsschwelle ist, und diese Spitze mindestens 360 ms auf die vorhergehende Erkennung folgt, wird diese Spitze als QRS-Komplex eingestuft.

1.2.2

Entwickeln Sie zu diesem Algorithmus die zugehörige(n) MATLAB-Funktion(en) und bringen Sie den Quelltext schriftlich zum Praktikum mit! Benutzen Sie die ge-

gebene Funktionsschnittstelle:

```
function [R_Positionen, Entscheidungssignal, Schwellwertverlauf, Lernphase] = QRS_Detektion (EKG_Signal, fa);

    fs = fa; % 200; % sampling rate or frequency
    % size = length(EKG_Signal); % find the length of the data per second
    %necg = EKG_Signal/max(EKG_Signal); % normalize the maximum value to unity (amplitude)
    t = [1 : size]/fs; % sampling rate time

    % compute the undecimated wavelet transform of the 4-level using sym4
    % this ensures that the length of the signal remains the same
    wt = modwt(EKG_Signal, 4, 'sym4'); %4-level undecimated DWT using sym4
    wtrec = zeros(size(wt));
    % do not need the approximated and high-frequency coefficients d1 and d2; extract d3 and d4
    wtrec(3:4, :) = wt(3:4,:);
    % inverse discrete wavelet transform (IDWT), will have a signal that has only the r-peaks
    y=imodwt(wtrec, 'sym4'); %4DWT with only d3 and d4.
    y=abs(y).^2; %magnitude square
    % find the average of the signal; will be used as the threshold when finding the signal peak
    avg = mean(y); % getting average of y^2 as threshold
    [Rpeaks, locs] = findpeaks(y,t, 'MinPeakHeight', 8*avg, 'MinPeakDistance', 50); % finding peaks
    % find the location of the R-peaks in consideration of the length of the signal. It represents the number of beats
    nohb = length(locs); %No. of beats
    timelimit = length(EKG_Signal)/Fs; %getting the time function of the signal
    hbpermin = (nohb*60)/timelimit; %Getting Beat per minute.
    disp(strcat('HeartRate=_', num2str(hbpermin))) %displaying the heartrate

    %displaying ecg signal and detected R-peaks
    subplot(211)
    plot(tx, EKG_Signal);
    xlim([0, timelimit])
    grid on
    xlabel('seconds')
    ylabel('ECG_signal')

    % plot filtered signal with detected peaks
    subplot(212)
    plot(t,y)
    grid on
    xlim([0, length(EKG_Signal)]);
    hold on
    plot(locs, Rpeaks, 'ro')
    xlabel('samples')
    title (strcat('R_peaks_found_and_heartrate:_', num2str(hbpermin)))

    R_Positionen = locs;
    Entscheidungssignal = y;
    Schwellwertverlauf = avg;
    Lernphase = 0; % Bedeutung unklar?

end
```

2 Praktikumsaufgaben

2.1 EKG-Ableitung mit Hilfe des Biosignalverstärkers „g.BSamp“ und „g.ECGbox“

Leiten Sie jeweils ein 5 minütiges EKG eines Studenten innerhalb der folgenden vier Phasen ab. Achten Sie dabei auf die Auswahl der Kanäle!

- Lagetyp-Phase: Proband liegt und atmet normal (alle Kanäle)
- Ruhe-Phase: Proband liegt und atmet normal (Kanal mit größter R-Zacke)
- RESP-Phase: Proband liegt und atmet langsam tief ein und tief aus (Kanal mit größter R- Zacke)
- STEH-Phase: Proband steht und atmet normal (Kanal mit größter R-Zacke)

2.2 Bestimmung der elektrischen Herzachse

Mit Hilfe des Matlab-GUI „Datenanzeigen“ können die abgeleiteten Signale dargestellt und ausgewertet werden. Für die Bestimmung des Lagetyps gehen Sie wie folgt vor:

- Laden Sie die abgeleiteten Daten und filtern Sie diese, falls nötig
- Wählen Sie einen Artefakt-freien Signalabschnitt
- Suchen Sie die höchste der R-Zacke
- Bestimmen Sie die Amplitude der Zacken zu einem Zeitpunkt in den Ableitungen I, II und III, benutzen Sie dazu den „Data-Cursor“ von Matlab.
- Tragen Sie die Funktionswerte in das vorgefertigte Protokoll ein und bilden Sie von mindestens zwei Vektoren graphisch den Summenvektor
- Mit Hilfe des Cabrera-Kreises können Sie nun den Lagetyp bestimmen.

2.3 EKG-Vorverarbeitung

Unter dem Menü-Punkt EKG-Vorverarbeitung stehen Ihnen Methoden zur Signal-Vorverarbeitung (Filterung) bereits fertig zur Verfügung. Überprüfen Sie die Wirksamkeit der von Ihnen vorgeschlagenen Vorverarbeitungsmethoden und deren Parametereinstellungen anhand der EKG-Signale der MIT-Datenbank: 100, 106, 107, 208 und 222 visuell! Überlagern Sie die Signale mit einem Drift und einer 50 Hz-Sinusschwingung!

2.4 QRS-Detektion mit Hilfe von MATLAB

2.4.1

Implementieren Sie Ihren entwickelten Algorithmus zur QRS-Detektion in die Funktion `QRS_Detektion.m`

2.4.2

Evaluieren Sie Ihren QRS-Detektor anhand der folgenden EKG-Signale der MIT-Datenbank: 100, 106, 107, 208 und 222! Notieren Sie die Detektionsquote! Wo liegen die Stärken bzw. die Schwächen Ihres Detektors?

2.4.3

Versuchen Sie anhand der Ergebnisse dieses ersten Detektionstests den Detektionsalgorithmus bzw. (falls angebracht) auch Ihre EKG-Vorverarbeitung zu optimieren! Wiederholen Sie den Detektionstest! Inwieweit konnten die Detektionseigenschaften verbessert werden?

2.5 Analyse der Herzfrequenzvariabilität

2.5.1

Analysieren Sie die aufgezeichneten EKG-Signale während der drei Phasen (RUHE, RESP und STEH)!

Interpretieren Sie die Unterschiede in den Ergebnissen der einzelnen Phasen der HRV-Analyse!

2.5.2

Vergleichen Sie die HRV-Ergebnisse des Praktikumsprobanden mit den Ergebnissen eines Polyneuropathie-Patienten (Datei: `zwickau.dat`).

3 Hilfreiche Links und Infos

eleceng.dit.ie

biomedicalsinalandimage.blogspot.com

[GitHub.com/Aburas98](https://github.com/Aburas98)

section.io

Mathworks.com