Projektarbeit 1

Thema: Sensordatenfusion von Photoplethysmogramm und Beschleunigung mittels künstlicher Neuronaler Netze zur Bestimmung der Herzrate

Bearbeiterin: Herr Anton Altmeyer

Matrikelnummer: 7208277

Studiengang: BMT (Jahrgang 2020)

Starttermin: 06.04.2023

Endtermin: 01.09.2023

Betreuer: Dipl.-Ing. Vincent Fleischhauer

Hochschullehrer:Prof. Dr.-Ing. habil. Sebastian Zaunseder

# Hintergrund

Das Photoplethysmogramm (PPG) ist eine weit verbreitete Möglichkeit zur Bestimmung verschiedener Vitalparameter. Bewegungen stellen ein grundlegendes Problem bei der Signalbewertung da.

Im Rahmen dieser Arbeit soll eine Methode umgesetzt werden, die das Photoplethysmogramm und Bewegungsdaten mittels künstlicher Neuronaler Netze fusioniert, um die Bestimmung der Herzrate zu verbessern.

# Aufgaben

Im Rahmen der Arbeit sollen folgende Aufgaben bearbeitet werden:

* Recherche nach und Aufbereitung von geeigneten Datenbanken
* Umsetzung/Inbetriebnahme eines geeigneten Algorithmus
* Quantitative Bewertung der Leistungsfähigkeit

**Anton Altmeyer Prof. Dr.-Ing. habil. Sebastian Zaunseder**

Bearbeiter Verantwortlicher Hochschullehrer

1. ***Anforderungen an medizinische Datenbank:***

Gute medizinische Datenbanken für medizinische Signale, auch Signal-Datenbanken genannt, haben folgende Charakteristiken/Eigenschaften. Zum einen eine **umfangreiche Abdeckung** der relevanten Medikamente, Erkrankungen und unerwünschten Ereignisse, welches ein breites Spektrum an Signalen bietet. Zum anderen die **Validität**, welche sicherstellt, dass die Signale auf qualitativ hochwertigen Quellen bzw. Studien basieren, sodass sichergestellt werden kann, dass die Informationen korrekt sind. Darüber hinaus sollte eine gewisse **Aktualität** vorliegen, d.h. die Datenbank sollte regelmäßig aktualisiert werden, um alle Informationen und Signale auf dem neusten Stand bereitzustellen bzw. ggf. zu aktualisieren. Ein weiterer großer Vorteil besteht in der **fachlichen Zusammenarbeit** zwischen der Plattform und Experten, bspw. Medizinischen Fachkräften oder Forschern, um den Austausch von „Know-how“ und Wissen zu fördern.

1. ***Anforderungen an einen PPG-Datensatz:***

Bei der Auswahl von Datensätzen zur Bestimmung der Herzrate durch künstliche Neuronale Netze muss man diverse Aspekte als Anforderungen für aussagekräftige Ergebnisse in Betracht ziehen. Grundsätzlich ist, wie bei den meisten Anforderungen, wichtig, dass die **Daten qualitativ hochwertig** sind. Der PPG-Datensatz sollte eine hohe Signalqualität durch die Nutzung neuester Aufnahmetechnologien bieten. Die Daten sollten frei von ungewollten Artefakten, wie Rauschen oder anderen Interferenzen seien. Darüber hinaus sollten die Datensätze eine gewissen **Zugänglichkeit** aufweisen, sodass Begleitinformationen über demographische Daten, Krankheiten, etc. der Probanden zugänglich sind. Diese Informationen sind ggf. nötig, um KI-Modelle auf Merkmale abzustimmen und individuell zu trainieren. Eine **umfangreiche Anzahl von Probanden** kann ebenfalls von großem Vorteil sein, da die Vielfalt der Bevölkerung abgedeckt werden kann. Daher können die KI-Modelle auf verschiedene ethische Gruppen und Altersgruppen trainiert werden. Die wichtigste Anforderung an einen PPG-Datensatz ist eine **ausreichende Datengrundlage**. Der PPG-Datensatz sollte eine ausreichende Datengrundlage haben, um eine robuste KI-Modellentwicklung zu ermöglichen. Die Daten sollten vielfältig sein, um ein breites Spektrum an Bewegungen oder Herz-Kreislauf-Erkrankungen abzudecken.

1. ***Hardware-Konfiguration:***

Tragbare PPG-Geräte sind weit verbreitet, jedoch gibt es diverse Hardware-Konfigurationen. Die Hauptkonfigurationen sind zum einen die Platzierung des Geräts, zum anderen das Design des Sensors. Dazu ist die parallele Aufnahme von Signalen zu berücksichtigen.

* 1. **Platzierung:** Die Wahl der Platzierung beeinflusst zum einen die Nutzung des aufgenommenen PPG-Signals und zum anderen das Komfortgefühl des Nutzers, wobei dies ggf. noch unwichtig ist. Die Platzierung beeinflusst die Berechnung der Herzrate durch Variationen der PAT (engl.: „Pulse Arrival Time“) und die Signalform, auf die, das KI-Modell abgestimmt und trainiert wird. Typische anatomische Platzierungen sind am Finger oder Gesicht bzw. dem Handgelenk, Arm oder Ohr sowie um den Brustkorb herum.
  2. **Design des Sensors:**
     + ***Transmission and Reflexion:*** Die beiden Modi erlauben eine Variation der Messung des transmittierten Lichts. Bei der Transmission scheint das Licht in das Gewebe (z.B. am Finger, Zeh oder Ohr) und wird auf der gegenüberliegenden Seite mittels einer Fotodiode detektiert. Beim Reflexionsmodus scheint das Licht in das Gewebe, wobei dessen Reflexion mittels einer Fotodiode auf der gleichen Seite gemessen wird. Das Reflexions-PPG eignet sich besser für Wearables wegen eines höheren SNR-Verhältnisses.
     + ***Wellenlänge:*** Typische Wellenlängenbereiche bei PPGs sind infrarot (längste Wellenlänge), rot oder grün (kürzeste Wellenlänge). Je länger die Wellenlänge, desto besser ist die Tiefenauflösung des Signals. Gleichzeitig bringt eine kürzere Wellenlänge ein höheres SNR-Verhältnis und eine robustere Temperaturempfindlichkeit. Vorteilhaft, wie bei der Apple Watch, ist die Verwendung von diversen Wellenlänge (infrarot, rot und grün) in einem Device, zwischen denen man umschalten, je nach Einsatzbereich.
     + ***Multiple PPG-Signals (Multiple channels):*** 
       1. ***PPG AFE with Single ADC Channel:***

***A picture containing diagram

Description automatically generated***

Figure 1 - using two LED for better skin illumination.

In Theorie kann das Erhöhen der Anzahl an LEDs intuitiv ein guter Ansatzpunkt sein, um hochauflösendere Signale zu erhalten. Jedoch ist dieser Ansatz verknüpft mit einem um mind. 50 Prozent erhöhtem Stromverbrauch. Insgesamt ist dieser Ansatz ineffizient und nachteilig für die Lebensdauer der Batterie

* + - 1. ***PPG AFE with Dual ADC Channels:***

***A picture containing icon

Description automatically generated***

Figure 2 - using one LED but two PD for better detection of light.

Der Vorteil dieser Hardware-Konfiguration ist, dass der Standard 20-mA-LED-Strom auf einen 10 mA reduziert werden kann, wenn gleichzeitig zwei Fotodioden mit demselben Gesamtstrom wie bei einer Fotodiode verwendet werden. Bei schwierigen Bedingungen (geringe Hautdurchblutung und/oder wenn sich der Träger bewegt), bei denen der Systemalgorithmus feststellt, dass ein höherer LED-Strom erforderlich ist, kann eine proportionale Erhöhung der Systemempfindlichkeit erreicht werden.

* + - 1. ***PPG AFE with Quad ADC Channels:***

***A picture containing text, clock

Description automatically generated***

Figure 3 - using one LED and four PD.

Bei der Nutzung von vier Fotodioden (mit einem Quad-Channel-ADC) kann das reflektierte Licht detektiert werden, wobei gleichzeitig Energie der LED gespeichert werden kann. Diese Anordnung liefert höhere Auflösungen, da die Nutzung von vier Fotodioden die Effekte von Bewegungen und der Anbringung des Geräts verringert. Darüber hinaus erhöht sich die Wahrscheinlichkeit mit vier Fotodioden, dass Licht detektiert wird, welches von Blutgefäßen reflektiert.

* ***Abtastfrequenz:*** Typischerweise tasten Wearables PPG-Signale mit 50 bis 100 Hz ab. Studien zeigen jedoch, dass PPG-Signale, die mit 9 Hz abgetastet werden, am effektivsten für die Herzratenbestimmung sind. Allgemeine Eigenschaften eines PPG-Signals können mit einer Abtastrate von 60 Hz gemessen werden.
* ***PPG-Bandbreite:*** Die Brandbreite eines PPG-Signals beeinflusst das Potential der Nutzung für die Bestimmung von kardiologischen Parametern. Für die Herzratenbestimmung ist es von Vorteil das Signal stark zu filtern. Dabei wird eine kleine Bandbreite von 0.4-2.25 Hz erzielt, um plausible Herzraten zu bestimmen.
  1. **Beschleunigungssensor:** Der Beschleunigungssensor eingebaut in ein Wearable misst statische und dynamische Beschleunigungswerte. Dazu sind sie sehr stromeffizient und günstig. Sie werden als Schrittzähler, zur Bewegungserkennung oder Verbesserung der Parameterbestimmung eingesetzt. Letzteres hilft im Weiteren zusammen mit dem PPG-Sensor Artefakte zu erkennen. Darüber hinaus können sie zeitlichen Perioden identifizieren, die nicht zur Parameterbestimmung in Betracht gezogen werden können, da die Bewegungen zu starken Einfluss auf das Signal haben.

1. ***Ausgewählt Datensätze:***

Hier sind erstmal nur mögliche Datensätze mit kurzer Beschreibung:

* 1. PPG-DaLiA Data Set (<https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/PPG-DaLiA>)
     + Enthält PPG-, EKG- und Beschleunigungsdaten
     + Geeignet für Herzratenbestimmung
  2. WESAD (Wearable Stress and Affect Detection) Data Set (<https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/WESAD+%28Wearable+Stress+and+Affect+Detection%29>)
     + Enthält PPG-, EKG- und Beschleunigungsdaten
     + Geeignet für Herzratenbestimmung
  3. PPG-ACC Dataset (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352340919314003?via%3Dihub>)
     + Enthält PPG- und Beschleunigungsdaten
     + Geeignet für machine learning für “human activity recognition”
  4. GroundTruth Dataset: Synthetic Dataset (<http://peterhcharlton.github.io/RRest/synthetic_dataset.html>)
     + Sammlung von EKG- und PPG-Signalen
     + Signale für Forscher, um Algorithmen zu testen, die Herzraten approximieren
  5. <https://physionet.org/content/wrist/1.0.0/>
  6. <https://github.com/hooseok/gyro_acc_ppg>
  7. <https://www.media.mit.edu/groups/affective-computing/data/>