

**8. Workshop
Automatisierungstechnische
Verfahren für die Medizin vom
20.-21. März 2009 in Berlin**



**„Kompensation von Bewegungsartefakten in Langzeit-
PPG-Signalen mittels adaptiver Filterung“**

Achim Volmer, Sebastian Feese, Reinhold Orglmeister
Fachgebiet Elektronik und medizinische Signalverarbeitung, TU Berlin, Berlin, Deutschland
E-Mail: Achim.Volmer@TU-Berlin.de, Feese@cs.TU-Berlin.de, Reinhold.Orglmeister@TU-Berlin.de

Copyright:	VDI Verlag GmbH
Band:	Fortschritt-Bericht VDI Reihe 17 Nr. 274 „Automatisierungstechnische Verfahren für die Medizin, 8. Workshop, Tagungsband“
Editors:	Thomas Schauer, Henning Schmidt, Marc Kraft
ISBN:	978-3-18-327417-8
Pages:	9-10

Kompensation von Bewegungsartefakten in Langzeit-PPG-Signalen mittels adaptiver Filterung

Achim Volmer, Sebastian Feese und Reinhold Orglmeister

Fachgebiet Elektronik und medizinische Signalverarbeitung,
Technische Universität Berlin, Berlin, Deutschland

Kontakt: Achim.Volmer@TU-Berlin.de, Feese@cs.TU-Berlin.de, Reinhold.Orglmeister@TU-Berlin.de

Einleitung

Durch den demographischen Wandel wird die Versorgung älterer Menschen mit Personal-Healthcare-Systemen zur Vorbeugung und Rehabilitation immer bedeutender. Die Akquisition von Biosignalen wie Elektrokardiogramm (EKG) und Photoplethysmogramm (PPG) sowie daraus extrahierter Vitalparameter mittels 24/7-Monitoring stellt dabei eine Schlüsseltechnologie dar. Beim Monitoring in jeder Lebenslage sind viele Artefakte durch Bewegung unausweichlich, wodurch die erhobenen Daten nicht lückenlos verwendbar sind [1]. Besonders anfällig für Bewegungsartefakte ist das PPG und die daraus ermittelte Sauerstoffsättigung (SpO_2).

Die Anwendung der Pulsoximetrie in den Bereichen des Patientenmonitorings und der Telemedizin ist vielversprechend. Daher wird in dieser Arbeit untersucht, in wie weit eine Verbesserung der Signalqualität des PPGs unter Zuhilfenahme von Beschleunigungsdaten als Referenz bei adaptiver Filterung für die Anwendung in Personal-Healthcare-Systemen möglich ist.

Methodik

Messsystem

Zur Erhebung von realen artefaktbehafteten Messdaten wurde ein Body-Sensor-Network entwickelt, das aus verschiedenen Sensormodulen und einem Master-Modul besteht. Die Kommunikation wird drahtlos mittels MAC und PHY nach IEEE 802.15.4 (ZigBee) abgewickelt, um möglichst praktikable Bedingungen wie für das 24/7-Monitoring herzustellen.

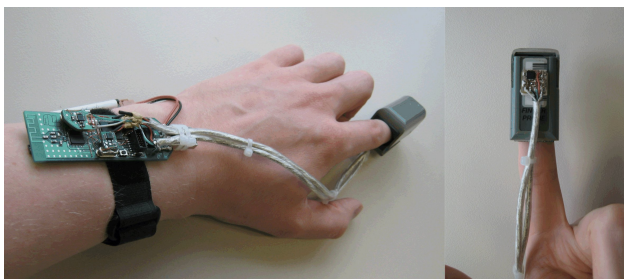


Abbildung 1: PPG-Sensorsystem

So können die verschiedenen Biosignale gleichzeitig aufgenommen, zusammengeführt und bewertet werden [2].

Das PPG-Sensorsystem ermittelt die Absorption bei der Transmission von rotem und infrarotem Licht durch den Zeigefinger. Mittels eines Beschleunigungssensors, der direkt auf dem Sensorsystem befestigt ist, wird zusätzlich die Bewegung gemessen.

Experiment

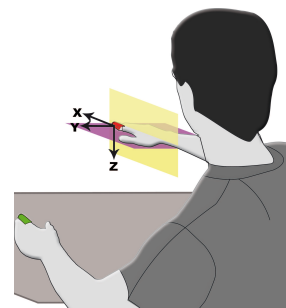


Abbildung 2: Durchführung der Bewegungsversuche

Es werden insgesamt fünf periodische und sechs sprunghafte Bewegungen in zehn Versuchen von einer Versuchsperson durchgeführt. Bei den Versuchen wird die rechte Hand mit dem PPG-Sensor bewegt, während die linke Hand mit einem Referenzpulsoximeter der Firma Masimo® auf dem Tisch ruht.

ANC - Adaptive Noise Canceler

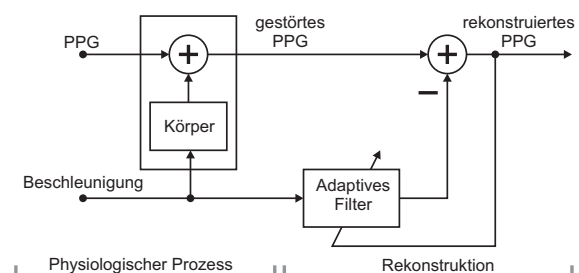


Abbildung 4: ANC mit Beschleunigungsdaten

Es lässt sich annehmen, dass sich das PPG-Signal mit dem Bewegungseinfluss additiv überlagert. Für den Erfolg der Störreduktion mittels ANC ist es entscheidend, dass die Beschleunigung unkorreliert mit dem Pulssignal aber korreliert mit dem Bewegungsanteil im gestörten PPG ist [3].

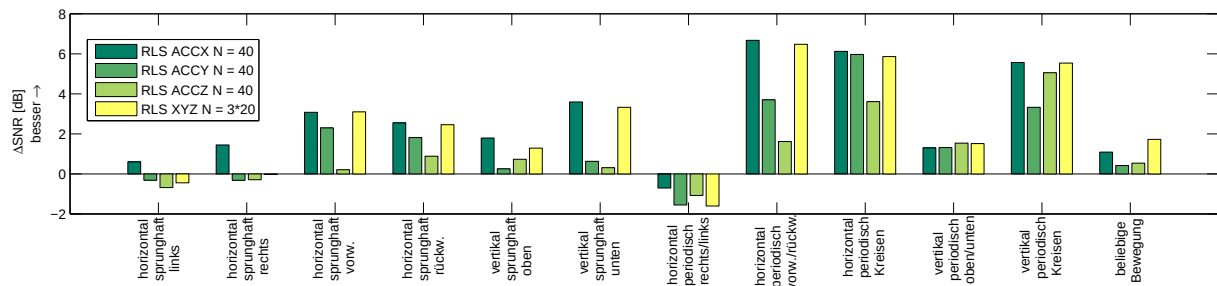


Abbildung 3: SNR-Verbesserung durch adaptive RLS-Filterung des PPGs mit Beschleunigungssignalen für zwölf verschiedene Bewegungen, eindimensional: $N = 40$, dreidimensional: $N = 3 \cdot 20$ (Filterlänge N)

Da der Bewegungseinfluss der verschiedenen Achsen nicht im Voraus ermittelt werden konnte, wurden jeweils die Signale unabhängig und in Kombination als Referenzsignal für den ANC verwendet.

Bewertungsmaßstab

Es wurden bereits viele Versuche unternommen, das PPG-Signal mittels adaptiver Filterung zu rekonstruieren. Jedoch wurde meistens auf einen objektiven Vergleich verzichtet [4]. Um die Qualität der verwendeten Algorithmen objektiv zu überprüfen, wird in dieser Arbeit die Änderung des Signal-Rausch-Verhältnisses (SNR) durch die Anwendung der Filterung betrachtet. Dabei dient das Referenzpulsoximeter als Signalquelle und das Störsignal errechnet sich aus der Differenz von gemessenem PPG-Signal und Referenzsignal. Zur Optimierung der Filterkoeffizienten wird ein RLS-Algorithmus verwendet.

Ergebnisse

In Abbildung 3 sind die gemittelten SNR-Verbesserungen über alle zehn Versuche für die verschiedenen Bewegungen dargestellt. Es wird deutlich, dass die Verbesserung besonders gut durch Verwendung der x-Komponente der Beschleunigung möglich ist. Eine Kombination aus allen Bewegungsrichtungen hingegen liefert nur geringfügig bessere Ergebnisse.

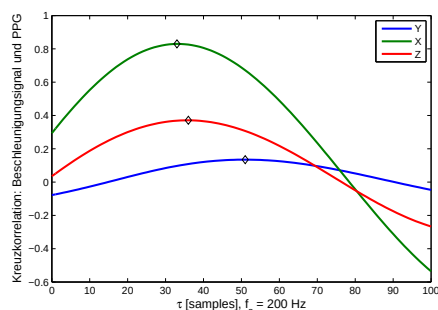


Abbildung 5: Kreuzkorrelation: Beschleunigung und PPG

Dieser Zusammenhang konnte auch durch Auswertung der Kreuzkorrelation der drei Beschleunigungsrichtungen

mit dem gestörten PPG nachgewiesen werden, da die größte Korrelation für die x-Richtung, also entlang des Fingers, ermittelt wurde (Abbildung 5).

In der Anwendung im Body-Sensor-Network kann daher ein ANC verwendet werden, der nur die x-Komponente als Referenz verwendet. Die Rekonstruktion des PPG-Signals ist ebenfalls in adäquater Weise möglich (Abbildung 6).

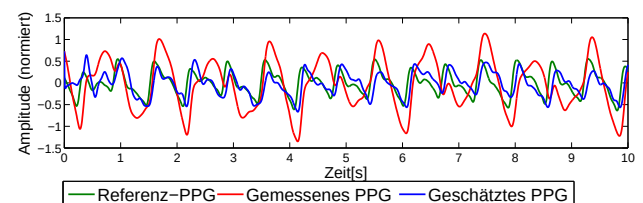


Abbildung 6: Rekonstruktion des PPGs mittels ANC bei horizontalem Kreisen

Diskussion

Die Rekonstruktion artefaktbehafteter PPG-Signale ist durch die Anwendung adaptiver Filterung möglich. Die SNR-Verbesserung zeigt, dass hier eine Komponente der Beschleunigung ausreicht, wodurch die Implementierung auf Systemen mit geringer Rechenleistung möglich wird.

Literatur

- [1] SUCH, O. ; MUEHLSTEFF, J.: The Challenge of Motion Artifact Suppression in Wearable Monitoring Solutions. In: *Proc. 3rd IEEE/EMBS International Summer School on Medical Devices and Biosensors*, 2006, S. 49–52
- [2] VOLMER, Achim ; ORGLMEISTER, Reinhold: Wireless Body Sensor Network for low-power motion-tolerant synchronized vital sign measurement. In: *Proc. 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society EMBS 2008*, 2008, S. 3422–3425
- [3] WIDROW, B. ; GLOVER, J.R.: Adaptive noise cancelling: Principles and applications. In: *Proceedings of the IEEE* Bd. 63, 1975, S. 1692–1716
- [4] RELENTE, A. R. ; SISON, L. G.: Characterization and Adaptive Filtering of Motion Artifacts in Pulse Oximetry using Accelerometers. In: *Proceedings of the Second Joint EMBS/BMES Conference*. Houston, TX, USA, October 2002, S. 1769–1770