

Steuer, Dunja; Grießbach, Gert:

Möglichkeiten der Anwendung einer adaptiv rekursiven Korrelationsschätzung in der Biosignalanalyse

Zuerst erschienen in: Biomedizinische Technik = Biomedical Engineering. - Berlin [u.a.] : de Gruyter. - 45 (2000), S1, S. 196-197.
Erstveröffentlichung: 2000
Datum Digitalisierung: 2009-07-17
ISSN (online): 1862-278X
ISSN (print): 0013-5585
DOI: [10.1515/bmte.2000.45.s1.196](https://doi.org/10.1515/bmte.2000.45.s1.196)
[Zuletzt gesehen: 2019-08-20]

„Im Rahmen der hochschulweiten Open-Access-Strategie für die Zweitveröffentlichung identifiziert durch die Universitätsbibliothek Ilmenau.“

“Within the academic Open Access Strategy identified for deposition by Ilmenau University Library.”

„Dieser Beitrag ist mit Zustimmung des Rechteinhabers aufgrund einer (DFG-geförderten) Allianz- bzw. Nationallizenz frei zugänglich.“

„This publication is with permission of the rights owner freely accessible due to an Alliance licence and a national licence (funded by the DFG, German Research Foundation) respectively.“



Möglichkeiten der Anwendung einer adaptiv rekursiven Korrelationssschätzung in der Biosignalanalyse

D.Steuer, G.Grieffbach

Institut für Biomedizinische Technik und Informatik, TU Ilmenau, Deutschland

Dunja.Steuer@informatik.tu-ilmenau.de

EINLEITUNG

Die in Biosignalen häufig anzutreffenden Instationaritäten in Signalverläufen erschweren oftmals eine Anwendung der gut bekannten Fouriertransformation zur Ermittlung spektraler Kenngrößen. In einer Vielzahl von Anwendungen konnte bereits gezeigt werden, dass sich derartige Instationaritäten im zeitlichen Verlauf durch adaptiv rekursive Schätzverfahren beschreiben lassen. Aufbauend auf den Möglichkeiten zur Schaffung komplexer adaptiv rekursiver Schätzungen kann eine Schätzung der Korrelationsfunktion im Zeitbereich entwickelt werden. Zudem ist bekannt, dass sich über die Korrelation ebenso spektrale Kenngrößen ableiten lassen. Im folgenden Beitrag wird an ausgewählten Beispielen gezeigt, dass sich über die Korrelation sehr effektiv ein Monitoring von Spektralkenngrößen realisieren lässt.

MATERIALIEN UND METHODEN

In [1] wurde bereits gezeigt, dass sich auf der Basis adaptiver Mittelwertschätzungen eine Form der adaptiven Korrelationsberechnung definieren lässt. Diese kann wie folgt charakterisiert werden:

$$K^c(X, Y) = [M^c(X \otimes L_0(Y)), \dots, M^c(X \otimes L_n(Y))] \quad (1)$$

wobei \otimes einen Operator zur elementweisen Multiplikation der Signalfolgen darstellt, und mit $L_r(Y)$ ein Verschiebungsoperator mit $L_r(\{y_i\}_{i=0,1,2,\dots}) = \{y_{i+r}\}_{i=0,1,2,\dots}$ bezeichnet wird.

Zu jedem Zeitpunkt eines neuen Meßwertes ergibt sich so ein neuer Schätzwert der Korrelationsfunktion, wodurch Zustandsänderungen im Signal sofort erfasst werden können.

Ausgehend von Gl.1 können auf der Basis der Wiener-Chintschin-Beziehung aus der Korrelation spektrale Kenngrößen gewonnen werden. Für ein adaptives Kreuzleistungsspektrum ist folgende Berechnungsmöglichkeit sinnvoll:

$$P_{xy}(k) = F_{k^c(x,y)}(k) = \frac{1}{N} \sum_{\tau=0}^{N-1} K^c(X, Y)(\tau) \cdot e^{-\frac{j2\pi k\tau}{N}} \quad k = 0, \dots, N-1 \quad (2)$$

Für $X=Y$ erhält man das Leistungsspektrum eines Einzelsignals. Auf dieser Basis lassen sich Zeit-Frequenz-Darstellungen ermitteln, die sehr gut zur Detektion von Leistungsverschiebungen eingesetzt werden können. Interessiert bei der Analyse nur die Überwachung eines schmalbandiges Frequenzbereiches, z.B. die Entwicklung der Leistung im alpha-Band bei der EEG-Analyse, so werden nach Gl.2 viele Frequenzanteile zusätzlich berechnet, wodurch der zeitliche Aufwand ansteigt. Eine Alternative für solche Fälle ist die Applikation von Algorithmen, die den Rechenaufwand minimieren können. Aus der Filtertheorie ist dabei der Goertzel-Algorithmus [2] bekannt, der genau diese Problematik berücksichtigt. Dabei wird ein Ein-Pol-Resonator gesucht, der bei der gewünschten Frequenz exakt den gleichen Wert hat wie die FFT. Über die rekursive Berechnung einer Filtergleichung wird nach N Iterationen (N – Anzahl der Stützstellen) nach Gl.3 ein Hilfswert ermittelt, der über Gl.4 zum entsprechenden Spektralwert führt.

$$v_k(n) = 2 * \cos\left(\frac{2\pi}{N}k\right) * v_k(n-1) - v_k(n-2) + x(n) \quad (3)$$

mit $v_k(-1) = 0$ und $v_k(-2) = 0$.

$$|X(k)|^2 = v_k^2(N) + v_k^2(N-1) - v_k(N) * v_k(N-1) * 2 \cos\left(\frac{2\pi k}{N}\right) \quad (4)$$

Diese Prozedur wird für jede benötigte Spektrallinie durchgeführt.

Durch eine effektive programmtechnische Realisierung, wie sie mit Verfahren der objektorientierten Technologien möglich sind, werden die beschriebenen Verfahren komponentenbasiert umgesetzt, und lassen sich so ohne grossen zusätzlichen Programmieraufwand in entsprechende Analysesysteme integrieren [3].

ERGEBNISSE

In [1] wurden bereits Anwendungsfälle für eine adaptive Korrelationsberechnung dargestellt. Exemplarisch sei hier die Detektion von QRS-Komplexen des EKG genannt. An einem Beispiel aus der EEG-Analyse wird im folgenden demonstriert, wie die Überwachung von spektralen Anteilen möglich ist. Bei einem gesunden Probanden wird ein EEG mit der Abtastfrequenz von 128 Hz mit 16 Kanälen nach 10-20-System abgeleitet. Während der Ableitung wird durch Schliessen der Augen die Ausprägung von alpha-EEG provoziert. Abb.1 zeigt oben den Signalverlauf an O2. Die 4 weiteren Darstellungen zeigen die Verläufe der Gesamtbandleistungen von alpha-, beta-, delta- und theta-Band nach Gl.2. Im Verlauf der Leistung im alpha-Band ist eindeutig der Übergang zu den alpha-Spindeln nach ca. 6s zu erkennen. Eindeutig nachweisbar ist zudem erhöhte Leistung im delta-Band zu Beginn des Abschnitts. Interessiert nur der Verlauf der Gesamtleistung im alpha-Band kann über die Anwendung des Goertzel-Algorithmus eine Zeitersparnis von ca. 60-70% erreicht werden. Bei einer Korrelationstiefe von 128 bedeutet das, das statt insgesamt 128 Werten für die FFT über den Goertzel-Algorithmus nur 4 Spektrallinien für das alpha-Band zu berechnen sind. Die Verteilung der spektralen Anteile lässt sich entsprechend in einer Zeit-Frequenz-Darstellung beobachten, um so effektiv die Änderung bzw. Verschiebung von Leistungsanteilen beurteilen zu können, wie das in der klinischen EEG-Routine durchaus von Bedeutung ist. Eine weitere Anwendungsmöglichkeit der dargestellten Verfahren ist in der Berechnung der spektralen Kohärenz zu sehen. Diese hat sich insbesondere in der Kognitionsforschung als wesentlicher Beschreibungsparameter herausgestellt. Auf der Grundlage einer

adaptiven Leistungsspektralberechnung sehen wir hier ein grosses Potential.

DISKUSSION:

Es konnte gezeigt werden, dass sich Korrelationsberechnungen auf der Grundlage adaptiv rekursiver Schätzungen sehr gut für Problemstellungen der Biosignalanalyse eignen. Die Möglichkeit der Echtzeitfähigkeit derartiger Verfahren eröffnet zusätzlich neue Anwendungsfelder im Monitoring von Parametern, hier speziell der Spektralanalyse. So lassen sich unter Anwendung von optimierten Algorithmen, wie zum Beispiel des Goertzel-Algorithmus, sehr frequenzselektive Strategien entwickeln, die durchaus auch ausserhalb der Biosignalanalyse vielversprechende Anwendung finden können.

Gefördert durch die DFG GR1555/1-2.

LITERATURHINWEISE

- [1] Griefsbach, G., Griefsbach, U., Adaptive Korrelationsverfahren in der Biosignalanalyse. In: Muche, R., Büchele, G., Harder, D., Gaus, W. (Hrsg.), Medizinische Informatik, Biometrie und Epidemiologie (82), MMV Medizin Verlag München, S. 80-84, 1997.
- [2] DTMF Tone Generation and Detection. Application Report, Texas Instruments, 1997.
- [3] Steuer, D., Grieszbach: Object-oriented_realization of complex adaptive recursive estimation methods in biosignal analysis. Proceedings of 3rd International Workshop on Biosignal Interpretation (BSI99), Chicago 1999, 245-248.

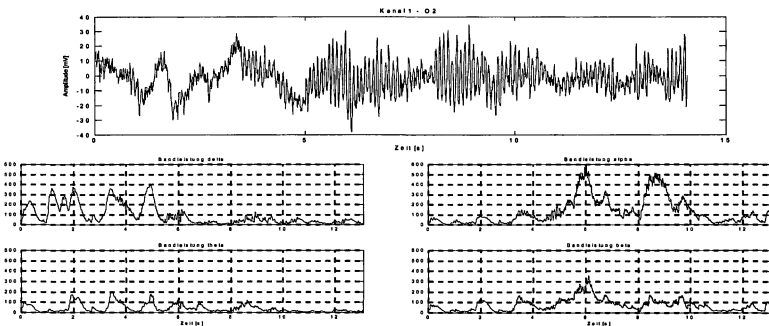


Abb.1 : Verlauf spektraler Gesamtbandleistungen eines alpha-EEG's auf der Basis adaptiver Leistungsberechnung