UNIVERSITÄT AUGSBURG
Universitätsbibliothek

OPEN ACCESS
OPUS AUGSBURG

3-Kanal EKG-Gerät für die Langzeitüberwachung mit integrierter EKG-Vorauswertung und Bewegungsmustererkennung

W. J. Fischer, H. J. Holland, A. Heinig, Sebastian Zaunseder

Angaben zur Veröffentlichung / Publication details:

Fischer, W. J., H. J. Holland, A. Heinig, and Sebastian Zaunseder. 2010. "3-Kanal EKG-Gerät für die Langzeitüberwachung mit integrierter EKG-Vorauswertung und Bewegungsmustererkennung." *Biomedical Engineering / Biomedizinische Technik* 55 (S1): 25–28. https://doi.org/10.1515/bmt.2010.705.

Nutzungsbedingungen / Terms of use:

licgercopyright

Dieses Dokument wird unter folgenden Bedingungen zur Verfügung gestellt: / This document is made available under these conditions:
Deutsches Urheberrecht
Weitere Informationen finden Sie unter: / For more information see:
https://www.uni-augsburg.de/de/organisation/bibliothek/publizieren-zitieren-archivieren/publiz/

Biomed Tech 2010; 55 (Suppl. 1) © 2010 by Walter de Gruyter • Berlin • New York. DOI 10.1515/BMT.2010.161

3-Kanal EKG-Gerät für die Langzeitüberwachung mit integrierter EKG-Vorauswertung und Bewegungsmustererkennung

Fischer W.-J., Holland H.-J., Heinig A., Zaunseder S.
Fraunhofer Institut für Photonische Mikrosysteme, Dresden, Deutschland

Wolf-joachim.fischer@ipms.fraunhofer.de

Kurzfassung

Für die kontinuierliche Überwachung wichtiger Vitalparameter im Heimbereich wurde im Fraunhofer-Institut IPMS das Telemedizinische System „Gate-Vital“ entwickelt, das aus den Komponenten EKG-Rekorder, Waage, Blutzuckermessgerät, Blutdruckmessgerät sowie einem Gateway besteht. Alle Komponenten sind über Bluetooth drahtlos miteinander verbunden. Das Gateway verfügt über einen mobilen Internetzugang über UMTS / GPRS und überträgt die Daten zu einem medizinischen Auswertezentrum oder zur Arztpraxis.
Der EKG-Rekorder wird vom Arzt je nach Fragestellung als Holter-, Loop- oder Event-Rekorder programmiert. Eine integrierte Bewegungsmustererkennung erfasst parallel zum EKG den Belastungsstatus des Patienten. Der EKG-Rekorder verfügt weiterhin über eine integrierte automatische EKG-Bewertung. Damit kann die zu übertragende Datenmenge drastisch reduziert werden, da nur EKG-Abschnitte mit Auffälligkeiten übertragen werden

Abstract

The Fraunhofer Institute IPMS has developed the Telemedicine system “Gate-Vital” for the continuous monitoring of important vital parameters in the domestic range. The system consists of the components ECG recorder, scales, blood glucose meter, blood monitor device and a gateway. All components are connected wirelessly via Bluetooth. The gateway provides a mobile Internet access via UMTS / GPRS and transmits the data to a medical analysis center or doctor's office. The ECG recorder is programmed by the physician depending on the problem as Holter, loop or event recorder. An integrated movement pattern recognition senses in parallel to the ECG the stress status of the patient. The ECG recorder has a built-in automatic ECG evaluation software also. This means that the quantity of data which are transmitted can be reduced drastically, as only sections of ECG abnormalities are transmitted.

1 Telemedizinisches System „Gate-Vital“

Das telemedizinische Monitoring-System „Gate-Vital“ besteht aus den Komponenten EKG-Rekorder, Waage, Blutzuckermessgerät, Blutdruckmessgerät sowie einem Gateway (Bild 1). In Abhängigkeit der medizinischen Fragestellung legt der Arzt fest, welche Parameter im Heimbereich überwacht werden sollen. Der Patient bekommt nach entsprechender Einweisung die dafür notwendigen Komponenten mit nach hause. Alle Komponenten sind über Bluetooth mit dem Gateway verbunden. Das Gateway überträgt die Daten über einen mobilen Internetzugang mittels UMTS / GPRS an ein telemedizinisches Auswertezentrum oder direkt zur Arztpraxis. Die Blutdruck-, Blutzucker- und Gewichtsmessungen müssen im Empfangsbereich des Gateways, das heißt im Abstand weniger Meter, durchgeführt werden. Der EKG-Rekorder wird am Körper getragen und zeichnet sowohl die EKG-Daten als auch die Bewegungsmusterdaten auf. Befindet sich der Patient in der Nähe des Gateways werden diese Daten drahtlos übertragen. Eine Datenübertragung findet auch statt, wenn sich das Gerät zum Laden der Akkumulatoren in der Ladeschale des Gateways befindet.

Bild 1 Telemedizinisches System „Gate-Vital“

2 EKG-Rekorder „ECG-Vital“

ECG-Vital (Bild 2)ist ein medizinisches Gerät zur Aufzeichnung eines 3-Kanal-EKG. Gleichzeitig wird die körperliche Bewegungsaktivität über einen Bewegungs- und Höhensensor erfasst. An Hand von Art und Intensität der Bewegung wird standardmäßig ein Aktivitätsprofil erstellt, das für die diagnostische Auswertung zur Verfü-

gung steht. Weiterhin werden die gewonnenen Bewegungsdaten auch zur Bewertung der EKG-Signalqualität genutzt, wodurch die Anzahl der Fehler bei der EKG-Auswertung deutlich verringert wird. Durch eine kontinuierliche online Signalverarbeitung können bereits im Gerät erste wichtige EKG-Parameter bestimmt werden. Die Datenübertragung erfolgt drahtlos mittels Bluetooth oder über eine USB-Schnittstelle vom Rekorder zu einem Gateway.

Das EKG-Gerät zeichnet sich durch vielseitige Einsatzmöglichkeiten und eine patientenfreundliche Bedienbarkeit aus. So kann das Gerät vom Arzt in Abhängigkeit der medizinischen Anwendung für die drei Betriebsmodi Holter-, Loop- und Event-Rekorder programmiert werden. Für jeden Modus gibt es eine Trage- und Elektrodenkonfiguration. Für die Langzeitanwendung wird der EKG-Rekorder entweder mit einem Brustgurt mit integrierten Elektroden oder mit externen Klebeelektroden verwendet. Der Event-Rekorder nutzt nur die im Basisgerät integrierten Elektroden. Funktionell komplettiert werden die verschiedenen Modi durch die Möglichkeit einer in Echtzeit durchführbaren EKG-Auswertung. Im Ergebnis dieser Auswertung können Kurzprotokolle erstellt und der event-getriggerte Datenversand aktiviert werden. Zusätzlich zur online Auswertung erfolgt eine komplette Speicherung aller Daten auf einem internen Speicher. Damit ist eine spätere Offline-Analyse in jedem Fall möglich. Die extrem einfache Bedienbarkeit und die guten Trageeigenschaften (niedriges Gewicht, verschiedene Trageearten) zeichnen das Produkt in Sachen Anwenderfreundlichkeit besonders aus. Das 3-Kanal EKG wird mit einer Samplerate von bis zu 1000 Samples pro Sekunde (konfigurierbar) und einer Auflösung von 12 Bit aufgezeichnet. Neben den Signalen der drei EKG-Kanäle werden bis zu 10-mal pro Sekunde ein Wert, der ein Maß für die Bewegungsintensität zum Messzeitpunkt ist sowie die klassifizierte Bewegung selbst gespeichert.

Das Gerät erkennt den angesteckten Adapter und kann eine Anlagekontrolle für die Elektroden über eine Impedanzmessung durchführen. Der Akkumulator ist fest in den EKG-Rekorder integriert.

Bild 2 3-Kanal EKG mit automatischer EKG-Vorauswertung und Bewegungsmusteranalyse

3 Bewegungsmusteranalyse

Die automatisierte Aktivitätsanalyse bietet qualitativ neue Möglichkeiten für Langzeituntersuchungen verschiedener Vitalfunktionen. Aktivitätsprofile können einerseits eigenständig als Grundlage diagnostischer Aussagen dienen, andererseits in Kombination mit anderen Messgrößen deren Aussagekraft maßgeblich erweitern.

Die heutige Lebenswelt in den hochentwickelten Industrieländern ist zunehmend durch einen akuten Bewegungsmangel eines großen Teils der Bevölkerung gekennzeichnet. Das wiederum führt zu einer Zunahme von typischen Zivilisationskrankheiten wie Adipositas bereits bei Kindern. Oft wollen oder können die betroffenen Patienten den vorhandenen Bewegungsmangel nicht wahrnehmen. Die automatisierte Aktivitätsanalyse ist im Rahmen von Langzeituntersuchungen eine vielversprechende Möglichkeit, die Patienten beim Erlernen eines optimalen Bewegungsprofils zu unterstützen. Die Analyse resultierender Aktivitätsprofile durch Patienten selbst oder durch Fachpersonal erlaubt dabei eine objektive Bewertung der durchgeführten Bewegungsaktivitäten. Die Erfüllung eines individuell mit dem Arzt abgestimmten Planes für die körperliche Belastung kann damit kontrolliert werden.

Andererseits ergeben sich zusätzlich zur eigenständigen Auswertung der Aktivitätsprofile vielfältige Möglichkeiten zur Korrelation der Aktivitätsdaten mit anderen Messgrößen. So sind bekanntermaßen verschiedene im Ruhe-EKG auftretende Veränderungen anders zu bewerten als im Belastungs-EKG. Gegenwärtig ist es noch nicht möglich aus der Bewegungsanalyse die vom Patienten aufgebrachte Leistung quantitativ genau zu bestimmen. Ein direkter Vergleich mit den aus der Fahrradergometrie gewonnenen Werten ist daher nicht möglich. Allerdings kann eine grob gestufte Klassifizierung der körperlichen Belastung (gering, mittel, groß) vorgenommen werden.

Die Aktivitätsanalyse bietet weiterhin die Möglichkeit, die automatisierte Auswertung des EKGs, wesentlich robuster und damit für die ärztliche Routine tauglicher zu gestalten. Die gerade bei Langzeituntersuchung oftmals durch Bewegungsartefakte beeinträchtigte Qualität der Auswertung, kann durch die Kennzeichnung von EKG-Abschnitten mit hoher körperlicher Aktivität wesentlich verbessert werden. Da die automatisierte Auswertung bei der Bewertung von Langzeituntersuchungen nahezu unverzichtbar ist, besitzt dieser Aspekt der Aktivitätsanalyse große Bedeutung.

Das am Fraunhofer IPMS entwickelte System zur Aktivitätsanalyse ist unter anderem im EKG-Gerät ECG-Vital implementiert. Die Analyse erlaubt eine Online-Klassifikation verschiedener Bewegungsformen. Typischerweise werden alltägliche Aktivitäten wie Gehen, Laufen, Treppensteigen und Liegen klassifiziert (Bild 3). Die Struktur der eingesetzten Klassifikationsverfahren ermöglicht allerdings problemlos die Erweiterung der Auswertesoftware bezüglich weiterer Bewegungsmuster. Im Demonstrator wurden dazu beispielhaft die Klassifikation von Kniebeugen und Seilspringen implementiert. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, personenspezifische Muster in die Auswertung einzubeziehen. Das kann dann von Interesse sein, wenn der Patient in seinem Beruf

spezielle Bewegungsmuster ausführt, die mit großer körperlicher Anstrengung verbunden sind. Basierend auf der Aktivitätsanalyse wird eine Abschätzung des Energieverbrauchs durchgeführt [1]. Dabei sind den verschiedenen körperlichen Aktivitäten Energieäquivalente zugeordnet. Weiterhin wird das Körpergewicht des Patienten bei den Berechnungen berücksichtigt.

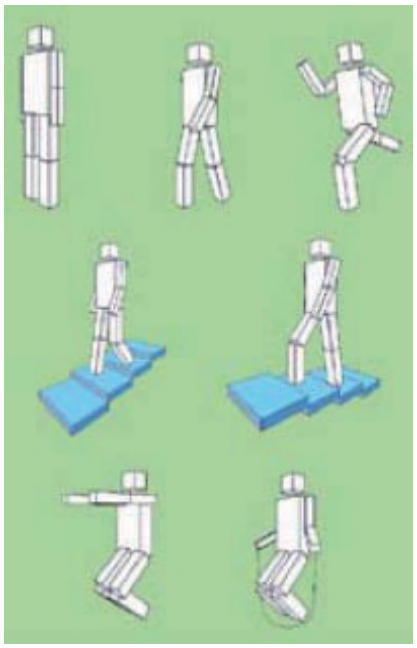

Bild 3 Anzeige verschiedener von der Software erkannter Bewegungsmuster

4 Automatische EKG-Auswertung

Ziel der am IPMS entwickelten Software (Bild 4) ist die umfassende Bewertung des aufgenommenen EKGs gemäß einer Vielzahl relevanter Erscheinungen. Die zum Einsatz kommenden Routinen zeichnen sich dabei neben einer hohen Auswertungsgüte insbesondere durch Robustheit gegenüber verschiedensten Störeinflüssen und Echtzeitfähigkeit aus [2]. Die online durchgeführte Signalverarbeitung stellt die Grundlage eines kontinuierlich durchgeführten, mobilen Patientenmonitorings dar. Im Ergebnis werden vom System Warnungen abgegeben und Statusberichte erstellt.

Gegenwärtig erfolgt die Auswertung von Langzeit-EKGs durch den behandelten Arzt typischerweise nach beendeter Aufnahme offline. Dazu werden registrierte EKG-Daten in einen PC eingelesen, im Rahmen einer automatisierten Analyse vorselektiert und durch den Arzt unter besonderer Beachtung der durch die Auswertesoftware als kritisch markierten Segmente bewertet. Die im Fraunhofer IPMS entwickelte Software erlaubt einen wesentlich flexibleren Umgang mit den anfallenden Daten. So sind speziell die Überwachung sowohl des aktuellen Patientenstatus als auch medizinischer Interventionen möglich. Dazu wird bereits parallel zur Aufnahme des EKGs im Gerät eine Online-Signalverarbeitung durchgeführt. Dafür kommen am Fraunhofer IPMS verschiedenste, die Herzfunktion analysierende Methoden zum Einsatz. Die Nutzung moderner Algorithmen der digitalen Signalverarbeitung wie der Wavelet-Transformation [3] oder neuronaler Netze garantieren die hohe Leistungsfähigkeit der angewandten Methoden. Die Online-Anwendbarkeit aller Methoden erlaubt die Versendung von Warnungen und die stets aktuelle Erfassung des Patientenstatus. Der bei der Verarbeitung resultierende zeitliche Versatz wird dazu minimal gehalten. Im Falle der QRS-Detektion und daraus abgeleiteter Ereignisse erfolgt die Bewertung beispielsweise mit einem Versatz von kleiner einer Sekunde.

Die Robustheit der Verfahren gegenüber der Vielzahl der für ambulante Aufnahmen charakteristischen Störeinflüsse sorgt dafür, dass auch unter eingeschränkter Signalqualität noch verwertbare Ergebnisse ermittelt werden können.

Test und Erprobung der entwickelten Methoden erfolgen unter Beachtung der Vorgaben der ANSI / AAMI EC57:1998 und unter Verwendung von eigenem und öffentlich zugänglichem Referenzdatenmaterial [4].

Durch eine ebenfalls online durchführbare Aktivitätsklassifikation können die aus dem EKG ermittelten Informationen für den Arzt und die automatisierte Auswertung noch mit zusätzlichen Informationen untersetzt werden.

Die im Rahmen der Online-Auswertung untersuchten Erscheinungen sind vielfältig. Insbesondere kommen Methoden zur Untersuchung von Erregungsbildung und Leitungsstörungen (Detektion von Kammerflimmern, QRS-Detektion, QRS-Klassifikation, Analyse der Vorhofaktivität) zum Einsatz. Die angewandten Methoden gewährleisten, dass weitreichende Aussagen bezüglich möglicher Arrhythmien getroffen werden können. Weiterhin kommen Routinen zur Bewertung der ventrikulären Repolarisation (ST-T-Analyse, QT-Vermessung) zur Anwendung. Weiterführende Methoden schließen die Bewertung der Herzratenvariabilität (HRV) basierend auf verschiedenen Methoden im Zeit- und Frequenzbereich ein [5].

Die am Fraunhofer IPMS entwickelten Verfahren zur EKG-Auswertung sind im EKG-Gerät ECG-Vital integriert. Im Ergebnis der automatisierten Auswertung werden in Abhängigkeit der Auswerteergebnisse Statusberichte und / oder EKG-Ausschnitte über ein Gateway zum Arzt gesendet, der dann über weitere Schritte entscheidet. Zurzeit ist im Recorder ECG-Vital eine Online-Auswertung bezüglich Kammerflimmern, tachykarder und bradykarder Rhythmusstörungen, Vorhofflimmern und Herzschlägen mit ventrikulärem Ursprung (VES) (einzelne VES, Couplet, Triplet, Salve) integriert. Flexibel einstellbare Grenzwerte erlauben die Anpassung der Routinen für einen effizienten, personenspezifisch anpassbaren Betrieb.

Die Liste der von der Software erkennbaren Abweichungen von Normalwerten wird noch erweitert. Die dafür entwickelten Routinen werden gegenwärtig in einer umfangreichen Testphase erprobt, bevor sie in die Software integriert werden.

Die implementierten Methoden sind unter verschiedenen Hardwareplattformen anwendbar. Insbesondere können auch leistungsschwache Mikrocontroller verwendet werden, da die vollständige Modularisierung der Routinen die Auswertung einzelner Erscheinungen erlaubt und die Komplexität der Auswertung damit maßgeblich reduziert werden kann.

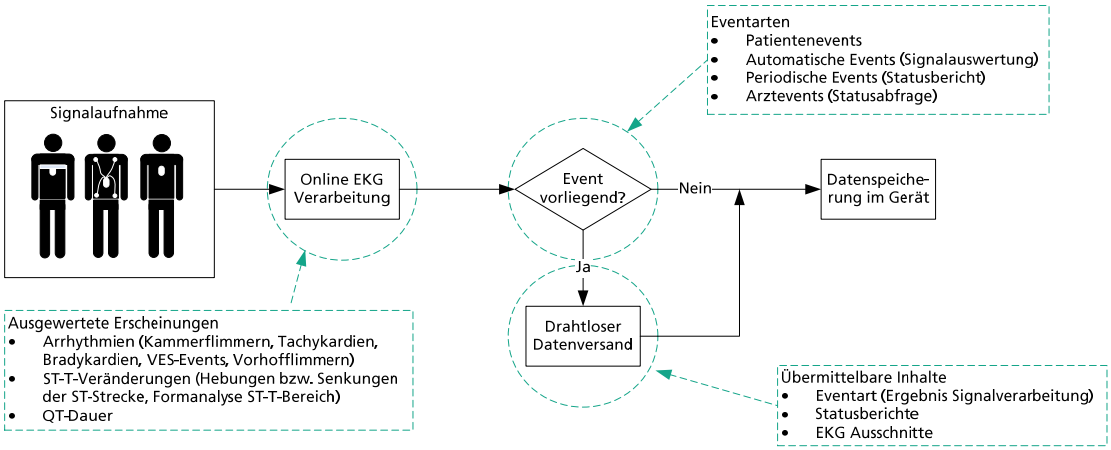

Bild 4 Grundlagen der automatischen EKG-Analyse im EKG-Rekorder „ECG-Vital“

4 Literatur

[1] Ainsworth, B.E.,Haskell, W.L., Leon, A.S., Jacobs, D.R., Montoye, H.J., Sallis, J.F., Paffenbarger, R.S.: Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. Med Sci Sports Exerc, 1993, 25, 71-80

[2] Zaunseder, S., Fischer, W.-J., Poll, R., Netz,S., Rabenau, M.: Prolonged Wearable ECG Monitoring - A Wavelet based Approach. Sensors 2007, Atlanta, USA, 2007, 1197-120

[3] Mallat, S., Zhong, S: Characterization of Signals from Multiscale Edges, 1992, 14, 710-732

[4] Goldberger, A.L., Amaral, L.A., Glass, L., Hausdorff, J.M., Ivanov, P.C., Mark, R.G., Mietus, J.E., Moody, G.B., Peng, C.K., Stanley, H.E.: PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: components of a new research resource for complex physiologic signals. Circulation, 2000, 101, E215-E220

[5] Task Force of the European Society of Cardiology the North American Society of Pacing and Electrophysiology: Heart Rate Variability. Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use. European Heart Journal, 1996, 17, 354-381