

Intra-body communication for biomedical sensor networks

Doctoral Thesis

Author(s):

Wegmüller, Marc S.

Publication date:

2007

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-005479240>

Rights / license:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#)

Diss. ETH No. 17323

Intra-Body Communication for Biomedical Sensor Networks

A dissertation submitted to the
ETH ZURICH

for the degree of
Doctor of Sciences

presented by

MARC SIMON WEGMÜLLER

Dipl. El. Ing. ETH
born 20. September 1977
citizen of Switzerland

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. Wolfgang Fichtner, examiner
Prof. Dr. Peter Niederer, co-examiner
Prof. Dr. Niels Kuster, co-examiner

2007

Abstract

Intra-body communication is a novel data transmission method that uses the human body as an electrical channel. The idea is driven by the vision of a cable-free biomedical monitoring system. On-body and implanted sensors monitor the vital functions and transfer data through the human body to a central monitoring unit. Especially for risk patients and long-term applications, such a technology offers more freedom, comfort, and opportunities in clinical monitoring.

In this thesis, the human body is characterized as a transmission medium for electrical currents by means of the dielectric properties and the developed electrical models of human tissue. Numerical finite-element simulations are compared to *in vivo* measurements. For that purpose, a sophisticated measurement hardware has been developed that applies alternating 1 mA peak current in the promising frequency range of 10 kHz to 1 MHz.

The individual-specific variations of the transmission characteristics have been investigated in a clinical trial. The subjects' extra-cellular and intra-cellular water distribution and skin condition have been identified as the most significant indicators. Overall, the thorax features reasonable transmission characteristics with an averaged attenuation of 55 dB and a typical SNR of 20 dB, while the extremities and joints cause poorer transmissions.

Finally, this work proposes transmitter and receiver architectures for intra-body communication. Data transfers of up to 64 kbit/s with BPSK modulation have been achieved through the human body. The first VLSI implementation of a modified SPIHT algorithm offers compression ratios of up to 20:1 for ECG signals still containing all significant details for medical diagnosis. The implementations fulfill all biomedical requirements on galvanic coupling into and within the human body.

Zusammenfassung

Intra-body Kommunikation ist eine neuartige Datenübertragungsmethode, die den menschlichen Körper als elektrischen Kanal benutzt. Die Idee basiert auf der Vision eines kabellosen Monitoringsystems. Auf dem Körper getragene und implantierte Sensoren zeichnen die Vitalfunktionen auf und übertragen die Daten durch den Körper zu einer Zentraleinheit. Speziell für Risiko- und Langzeitpatienten offeriert die Technologie mehr Bewegungsfreiheit, Komfort und Möglichkeiten in der klinischen Überwachung.

In dieser Arbeit wird der menschliche Körper als Übertragungsmedium für elektrische Ströme anhand von den dielektrischen Eigenschaften und elektrischen Modellen des Gewebes charakterisiert. Numerische Finite-Elemente Simulationen werden mit *in vivo* Messungen verglichen. Dazu ist eine Messhardware entwickelt worden, welche alternierende Ströme von 1 mA im vielversprechenden Frequenzbereich von 10 kHz bis 1 MHz appliziert.

Die Individuum spezifischen Schwankungen sind in einer klinischen Studie untersucht worden. Die extra-celluläre und intra-celluläre Wasserverteilung und die Hautbedingungen der Versuchspersonen sind als die signifikantesten Indikatoren erkannt worden. Insgesamt weist der Thorax eine gemittelte Dämpfung von 55 dB und ein typisches SNR von 20 dB auf, während die Extremitäten und Gelenke schlechtere Übertragungen verursachen.

Schlussendlich werden in dieser Arbeit Sender- und Empfängerarchitekturen für die Intra-Body Kommunikation vorgeschlagen. Datenübertragungen bis 64 kbit/s werden mit BPSK Modulation erreicht. Die erste VLSI Implementierung des modifizierten SPIHT Algorithmus bietet 20-fache EKG Signalkomprimierung ohne Verlust von relevanten Details für die medizinische Diagnose. Die Implementierungen erfüllen die biomedizinischen Anforderungen an galvanische Kopplung innerhalb des menschlichen Körpers.