

Textile pressure sensor design, error modeling and evaluation

Doctoral Thesis

Author(s):

Meyer, Jan

Publication date:

2008

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-005726760>

Rights / license:

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

Textile Pressure Sensor: Design, Error Modeling and Evaluation

A dissertation submitted to

ETH ZURICH

for the degree of
Doctor of Sciences

presented by

JAN MEYER

Dipl. El.-Ing. ETH

born 28 March 1978

citizen of Muri b. Bern BE, Switzerland

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Gerhard Tröster, examiner

Prof. Dr. Paul Lukowicz, co-examiner

Abstract

This thesis presents a new textile pressure sensor that can be integrated into clothing. The sensing principle of a variable capacitor is used. Electrodes of conductive textiles are arranged on both sides of a compressible spacer. Two basic architectures are evaluated: Perpendicular stripes on both sides of a compressible spacer forming the capacitors at their crossover points and single electrodes on one side and a common electrode on the other side of the spacer. Sensors of various sizes are built with 1, 16, 30 and 240 sensing elements.

The focus of this work is to model the sensor behavior to reduce error sources. By using such algorithms, the field is opened for using standard material and a simple design for the sensor. The models used can be easily adapted to other pressure sensors and even strain sensors.

Errors induced by hysteresis can be reduced from 60% to below 10% by using the Preisach model. Additionally, drift effects are modeled by measuring the step response of the used textile spacer. A new model is developed, reducing drift errors below 5% for a duration of one hour.

Finally, the impact of error sources such as hysteresis, drift, noise and sensor failure is researched for a concrete application: Classification of sitting postures from pressure patterns measured on a seat. The influence of the errors is simulated on the one hand and measured with the classification accuracy and the distance between the classes as measure on the other hand. It is shown that drift effects can be neglected, while modeling the hysteresis enhances the classification rate by 35%. Replacing failing sensors by the mean value of adjacent elements improves the result by 24%. The system with the textile sensor performs similarly to a commercially available pressure mat for this application when the relevant error sources are compensated.

Furthermore, the sensor has shown its usefulness by measuring muscle activity and by supervising the pressure distribution in compression stockings.

Zusammenfassung

Diese Arbeit präsentiert einen neuartigen textilen Drucksensor zur Integration in Kleidung. Er basiert auf dem Prinzip eines variablen Kondensators. Auf beiden Seiten eines reversiblen komprimierbaren Abstandhalters sind die Elektroden aus leitfähigem Textil angebracht, die den Kondensator bilden. Zwei grundsätzliche Architekturen wurden untersucht: Einerseits Sensoren bei denen die Kapazitäten durch parallele Streifen auf beiden Seiten des Abstandhalters angebracht sind. Andererseits wurden Sensoren getestet, bestehend aus einzelnen Elektroden auf der einen Seite und einer gemeinsamen Elektrode auf der anderen Seite des Abstandhalters. Sensoren unterschiedlicher Grösse und mit 1, 16, 30 und 240 Sensorelementen wurden gebaut.

Der Fokus dieser Arbeit richtet sich auf die Modellierung des Sensorverhaltens, um Fehlereinflüsse zu minimieren. Dadurch können Materialien verwendet werden, die nicht speziell für den Einsatz in einem Sensor entwickelt sind. Das Design des Sensors kann vereinfacht werden. Die entwickelten Modelle können einfach für andere Drucksensoren adaptiert werden und sogar für Dehnungssensoren Anwendung finden.

Durch Hysterese bewirkte Messfehler können von 60% auf unter 10% durch die Hysteresemodellierung mittels des Preisach Modells reduziert werden. Zusätzlich werden Drift-Effekte durch die Messung der Schrittantwort des benutzten textilen Abstandsgewirkes modelliert. Durch das neu entworfene Driftmodell kann der Messfehler des Sensors bis unter 5% reduziert werden während einer Messdauer von einer Stunde.

Schliesslich werden die Einflüsse von Drift, Hysterese, Rauschen und Sensorausfällen anhand einer konkreten Anwendung untersucht: Der Klassifizierung von Sitzposturen anhand von Druckabbildern auf einem Sitz. Der Einfluss dieser Grössen wird einerseits simuliert und andererseits anhand der Klassifizierungsergebnisse gemessen. Es wird gezeigt, dass Drift-Effekte einen vernachlässigbaren Einfluss aufweisen während die Modellierung der Hysterese die Erkennungsrate um 35% verbessert. Das Ersetzen von fehlerhaften Sensorwerten durch jeweils den Mittelwert der 4 umgebenden Sensorelemente erhöht die Erkennungsrate um 24%. Durch die Kompensation dieser Einflüsse liegt die Erkennungsrate in vergleichbarem Bereich wie sie mit einer kommerziell erhältlichen Druckmatte erreicht werden kann.

Der Sensor hat zusätzlich seine Brauchbarkeit erwiesen für die Messung von Muskelaktivität zur Bewegungserkennung. Er wurde ebenfalls eingesetzt zur Überwachung des Drucks, der durch medizinische Stützstrümpfe auf das Bein ausgeübt wird.