

Smart Rehabilitation bei Kreuzbandrissen

Fachgebiet: Embedded Systems, Communication Technologies

Betreuer: Prof. Dr. Rolf Vetter, Ivo Oesch

Experte: Dominique Renevey (Siemens Schweiz AG)

Der Zeitpunkt des Wiedereinstiegs in das Training ist für einen Sportler mit Kreuzbandriss schwer zu bestimmen. Um den Genesungszustand des Athleten besser abzuschätzen, wird mit einem Beschleunigungssensor die Auslenkung des Knies gemessen. Diese Auslenkung lässt auf die Stabilität und somit den Zustand des Kreuzbandes schliessen. Sie dient den Therapeuten als zusätzliche Information, um die Trainingsmöglichkeiten des Sportlers zusammenzustellen.

Ausgangslage

Eine Kreuzbandverletzung sollte, um Folgeschäden zu vermeiden, immer bestmöglich geheilt sein. Aus diesem Grund wird an der Eidgenössischen Hochschule für Sport in Magglingen unter der Leitung eines Physiotherapeuten ein Test am verletzten Sportler durchgeführt. Der Sportler absolviert dabei diverse Übungen mit unterschiedlichen Belastungen des Knies. Die seitliche Auslenkung des Knies lässt auf den Genesungszustand schliessen. Dieser Test ist durch seine Subjektivität nicht die optimale Lösung. Eine falsche Auswertung hat bei zu frühem Trainingseinstieg Folgen auf die Gesundheit des Athleten. Eine zusätzliche Angabe der absoluten Auslenkung wäre für die Therapeuten hilfreich. Ziel der Arbeit ist es, ein Konzept zu entwickeln, welches dem Therapeuten eine möglichst präzise Diagnose ermöglicht. Dazu soll ein 3-D-Beschleunigungssensor verwendet werden.

Realisierung

Im vergangenen Jahrzehnt wurde viel Forschung zur Analyse von Bewegungsabläufen mit 3-D-Beschleunigungssensoren betrieben. Die Prinzipien können hauptsächlich auf direkte Integrationsmethoden und auf indirekte Kalman Filter basierende Methoden aufgeteilt werden. Da das Ziel dieser Arbeit die Bestimmung der seitlichen Knieauslenkung in statischen Tests ist, wurde in einem ersten Ansatz ein zweiteiliges Konzept entwickelt. In einem ersten Schritt wird, während einer Kalibrationsphase, die Orientierung des Sensors geschätzt und durch eine Rotation so

kompensiert, dass die Projektion der Gravitation auf die horizontale Knieebene minimiert wird. In einem zweiten Schritt wird die seitliche Auslenkung des Knies durch direkte Integration ermittelt. Die Rotationswinkel des ersten Schrittes wurden mit den tiefpassgefilterten 3-D-Beschleunigungsdaten geschätzt. Zur Integration auf der horizontalen Knieebene mittels Trapezmethode wurde ein äquivalentes digitales IIR-Filter entworfen. Dieses Konzept wurde in MATLAB umgesetzt und auf den spezifisch erfassten experimentellen Daten validiert. Das Konzept wurde anschliessend auf einem FPGA umgesetzt.

Resultat

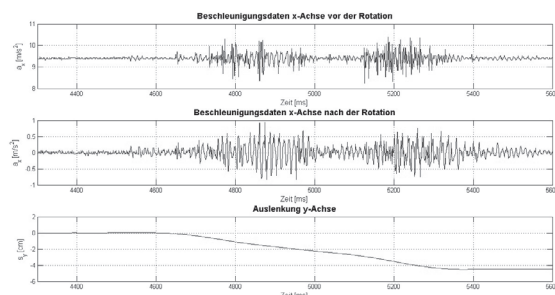
Das entwickelte Konzept zeichnet die Auslenkung des Knies in einer Ebene senkrecht zur Gravitationskomponente auf. Die Kompensation der Orientierung des Sensors durch Rotation wurde erfolgreich validiert. Die Auslenkung des Knies in der Integrationsebene wurde ebenfalls in einem experimentellen Umfeld ausgewertet. Dabei wurde eine relative Positionierungsgenauigkeit von $4.8\text{cm} \pm 7\%$ (Mittelwert $\pm$ Standardabweichung des relativen Fehlers) bei einer Translation um 5.0cm erreicht. Für kleine Knieauslenkungen in der Integrationsebene ergibt sich daher eine Schätzungsgenauigkeit, die für die vorliegende Anwendung ausreicht. Bei Auslenkungen, die zusätzlich eine Rotation beinhalten, erhöht sich der Fehler durch die Projektion der Gravitationskomponente auf die Integrationsebene. Durch die theoretische Analyse dieser Auslenkungsfehler konnte das Konzept mittels statischer und dynamischer Modelle weiter verfeinert werden. Diese Modelle sollen als Grundlage zur Erarbeitung zukünftiger Auslenkungsschätzungsmethoden dienen.



Simon André Grossenbacher
grosi.mail@gmail.com



Reto Zurschmiede



Gemessene Beschleunigung und berechnete Auslenkung