



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Ausarbeitung Ringvorlesung WiSe 2010

Philipp Teske

Human Fall Detection

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	3
1.1	Motivation.....	3
1.2	Struktur und Schwerpunkt dieser Arbeit.....	3
1.3	Rückblick Projekt 1.....	3
1.4	Rückblick Anwendungen 2.....	4
1.5	Rückblick Projekt 2.....	5
2	Ausblick auf die Masterarbeit	6
2.1	Aufbau des Systems.....	6
2.2	Risiken und Probleme.....	8
3	Zusammenfassung	9
4	Abbildungsverzeichnis	10
5	Literaturverzeichnis	11

1 Einführung

1.1 Motivation

Demographische Untersuchungen zeigen, dass die Geburtenrate in Deutschland seit Mitte der 90er Jahre kontinuierlich sinkt [1]. Da sich durch gute medizinische Versorgung die Lebenserwartung jedoch in gleichem Maße erhöht, führt dies zu einem steigenden Altersdurchschnitt in der Bevölkerung. Durch die zunehmende Lebenserwartung bei gleichzeitiger sinkender Kinderzahl gerät das gesamte soziale Versorgungssystem, d.h. Kranken-, Pflege-, und Rentenversicherungssystem unter enormen Druck.

Viele alte Menschen wollen ihren Lebensabend nicht in einem Seniorenheim verbringen, sondern sich in ihrem häuslichen Umfeld pflegen lassen. Die ambulante Pflege gewährt ihnen einerseits einen gewissen Grad an Selbständigkeit, bedeutet aber auch eine erhöhte Unfallgefahr bei Nichtanwesenheit des Pflegepersonals.

In Deutschland stürzen jährlich über 100.000 ältere Menschen. Oftmals kommt die Person mit einem Schrecken davon, nicht selten jedoch führt ein Sturz zu schweren Verletzungen. Dies bedeutet häufig lange Genesungszeiten und Krankenhausaufenthalte. Hinzukommend ist besonders bei älteren Personen festzustellen, dass sie sich aus Angst erneut zu Stürzen vorsichtiger und weniger bewegen als vorher. Dies hat zur Folge, dass die Muskelkraft nachlässt, sie somit unsicherer in ihren Bewegungen werden und es, dadurch bedingt, zu weiteren Stürzen kommt. Da Stürze in den meisten Fällen aus einer Verkettung mehrerer Faktoren bestehen, lassen sie sich nur schwer verhindern. Daher ist es umso wichtiger, für eine schnelle Hilfe nach einem Unfall und vollständige Genesung zu sorgen und ihnen die Angst vor einem erneuten Sturz zu nehmen. Dies gibt besonders alleinlebenden Personen die Sicherheit, im Notfall nicht alleine zu sein.

1.2 Struktur und Schwerpunkt dieser Arbeit

Neben einem Rückblick über die Projekte 1 und 2 liefert diese Ausarbeitung einen Ausblick auf die kommende Masterarbeit. Im Fokus steht der Gesamtaufbau des zu entwickelnden Systems. Der Schwerpunkt basiert dabei auf der Analyse eines Videostreams. Abschließend wird in Kapitel 2.2 auf mögliche Risiken und Probleme eingegangen, die während der Entwicklung auftreten können.

1.3 Rückblick Projekt 1

Im Projekt 1 wurden mehrere Software-Bibliotheken aus dem Bereich der Bildverarbeitung auf ihre Verwendbarkeit hin evaluiert. Es hat sich herausgestellt, dass die freie Bibliothek *OpenCV* für die Verwendung am besten geeignet ist. Sie enthält eine Vielzahl von Funktionen, welche die weitere Arbeit erleichtern. Zudem ist bereits eine Schnittstelle für

Netzwerkstreams integriert, was eine einfache Anbindung an die vorhandene Kamera erlaubt. Im weiteren Verlauf des Projektes wurde versucht, verschiedene Verfahren der Bewegungserkennung zu implementieren. Hierbei hat sich gezeigt, dass ein Großteil der Rechenleistung für die Generierung des Hintergrundmodells benötigt wird. Je nach Komplexität des Modells verzögerte sich bei Bildern mit einer Auflösung von 800x600 Pixeln die Verarbeitung um mehrere Sekunden. Des Weiteren hat sich gezeigt, dass das Hintergrund-Modell sehr empfindlich auf Bildveränderungen, welche durch die Kamera ausgelöst werden, reagiert. So führen vermutlich bestimmte Änderungen in der Umgebungshelligkeit dazu, dass die Kamera ihre automatische Blendeneinstellung neu justiert und somit das Bild kurz überbelichtet wird. Dies bewirkt im Hintergrundmodell eine starke, sprunghafte Abweichung vom eigentlichen Bild. Zusammen mit den aktuellen Bilddaten der Kamera, welche nach der Neujustierung nun eine andere Helligkeit aufweisen, führt dies dazu, dass nahezu im kompletten Bild Bewegungen erkannt und es somit unbrauchbar wird. Dies und die Verarbeitungs-Geschwindigkeit des Hintergrundmodells gilt es im nächsten Projekt weiter zu optimieren. Zudem soll eine zuverlässige Klassifizierung der erfassten Objekte implementiert werden, um Personen von anderen Dingen unterscheiden zu können.

1.4 Rückblick Anwendungen 2

In dem Vortrag zur Veranstaltung „Anwendungen 2“ wurden verschiedene Forschungsprojekte und kommerzielle Projekte vorgestellt, welche sich mit der Erkennung von Stürzen und der Sicherheit in Haushalten befassen. Hierbei wurde deutlich, dass die Mehrzahl der kommerziell erhältlichen Systeme auf einer Technik beruhen, bei der die Person immer einen Sensor oder Notfallknopf bei sich tragen muss (Abbildung 1). Mit Ausnahme eines Projektes, welches die in kommerziellen Produkten verwendete Technologie verdeutlicht und zur Erkennung von Stürzen Beschleunigungs- und Drucksensoren einsetzt, behandeln die vorgestellten Forschungsprojekte hingegen ausschließlich die videogestützte Analyse von Stürzen.



Abbildung 1: Lifeline Button with AutoAlert
[Quelle: www.lifelinesys.com]

So befasst sich eines der Projekte mit der Auswertung von Bewegungsgradienten und der Analyse von Profileigenschaften von Personen zur Erkennung von Stürzen. Das verwendete Verfahren basiert auf der Erkenntnis, dass die Geschwindigkeit und Richtung eines Objektes sich während eines Sturzes signifikant von der normalen Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit unterscheidet. Zusätzlich wird eine Analyse des Objekt-Umrisses durchgeführt, um Personen von anderen bewegten Objekten zu unterscheiden und die Fehlerrate zu minimieren. Ein weiteres Projekt stellt ein Verfahren vor, welches alltägliche Bewegungsabläufe von ungewohnten

unterscheiden kann. Erreicht wird dies durch die Kombination von Projektions-Histogrammen, der temporalen Analyse der Kopfposition sowie der Untersuchung von Orientierung und Proportion der Person im Raum. Zur Klassifizierung der einzelnen Bewegungen wird ein Multilayer-Perceptron (MLP)-Netz eingesetzt.

1.5 Rückblick Projekt 2

Im 2. Projekt wurde das in Projekt 1 entwickelte Verfahren zur Erkennung von Bewegungen für Multicore-Prozessoren optimiert. Durch eine Aufteilung in mehrere Threads wurde eine signifikante Steigerung der Performance erreicht. Des Weiteren wurden verschiedene Algorithmen zur Erkennung von Clustern in Binärbildern erprobt und eine Klasse für das Erkennen dieser Cluster implementiert (Blob detection).

Im weiteren Verlauf des Projekts wurde die Verwendbarkeit von kapazitiven Sensoren zur Unterstützung der Sturzerkennung untersucht. Hierzu wurde aus Malervlies ein provisorischer Teppich mit 2m Kantenlänge erstellt und von unten rasterförmig mit verschiedenen leitfähigen Materialien versehen (Abbildung 2). An diese wurden unterschiedliche



Abbildung 2: Teppich mit Sensorflächen

Sensorarten angeschlossen. Eines der Verfahren

ermittelte die Kapazität der Materialien durch Zeitmessung. Hierbei wurde das Material mit einem definierten Strom aufgeladen und die Zeit, die bis zum Erreichen einer festgelegten Spannung verstrich, gemessen. Um bei diesem Verfahren eine ausreichende Genauigkeit zu erreichen, musste der Ladestrom auf wenige Mikroampere reduziert werden. Dies hatte zur Folge, dass bereits leichte Schwankungen in der Spannungsversorgung sowie externe Einflüsse zu starken Schwankungen der Messergebnisse führten. Ein Erkennen von Berührungen oder Annäherungen war mit dieser Technik nur bei kleinen Elektroden möglich.

Eine auf Atmels QTouch® Technologie [2] basierende Schaltung lieferte bei der Verwendung von kleinen Sensorflächen ausgezeichnete Ergebnisse, büßte aber mit zunehmender Flächengröße und Länge deutlich an Genauigkeit ein. Nach dem Austausch eines Kondensators ließen sich jedoch auch bei großen Elektroden gute Ergebnisse erzielen.

Des Weiteren wurde das von Raphael Wimmer an der Universität München entwickelte Toolkit *CapToolKit* eingesetzt [3]. Dieses verwendet eine ähnliche Methode wie weiter oben beschrieben, nutzt jedoch zum Laden und Entladen der Elektroden jeweils einen extra Chip, welcher diese Aufgabe übernimmt. Durch die integrierte Filterung der Signale, ließen sich selbst mit großen Elektroden sehr deutlich Unterschiede zwischen einer berührten und

unberührten Fläche erkennen.

Als Sensorflächen wurde neben verschiedenen dicken Kabel auch ein ca. 3cm breites Aluminiumklebeband verwendet. Es hat sich jedoch gezeigt, dass das Klebeband zu einem starken Übersprechen an den Schnittpunkten neigt, wodurch eine Unterscheidung einzelner Flächen nicht möglich ist und eine weitere Verwendung somit ausschließt.

2 Ausblick auf die Masterarbeit

2.1 Aufbau des Systems

Das System unterteilt sich im Pfad der Bildverarbeitung in die Bereiche Preprocessing, BlobDetection & Tracking sowie FeatureExtraction (Abbildung 3). Das von der Kamera gelieferte Bild wird dem Preprocessing Modul übergeben. In diesem wird das übergebene Bild mit den gespeicherten Informationen über den Hintergrund verglichen. Als Ausgabe liefert dieses Modul ein Binärbild. In diesem sind nur die Bereiche, in denen Bewegungen stattgefunden haben, hervorgehoben. Anschließend werden die einzelnen Bereiche (Cluster) in diesem Bereich identifiziert und mit bereits gespeicherten Clustern verglichen. Somit wird sichergestellt, dass ein Cluster, der sich bewegt, auch über einen längeren Zeitraum eindeutig zugeordnet werden kann. Im Anschluss werden die identifizierten Cluster dem FeatureExtraction-Modul übergeben. Dieses extrahiert alle für die spätere Klassifizierung notwendigen Informationen aus jedem Cluster. Hierzu zählen u.a. die Position des Clusters, das Verhältnis von Höhe zu Breite sowie die Bewegungsgeschwindigkeit und -richtung. Die erzeugten Features werden abschließend zusammen mit den vorverarbeiteten Daten externer Sensoren an das eigentliche Modul zur Auswertung und Erkennung von Stürzen übergeben. Dieses liefert in Abhängigkeit der Eingabedaten ein Alarmsignal.

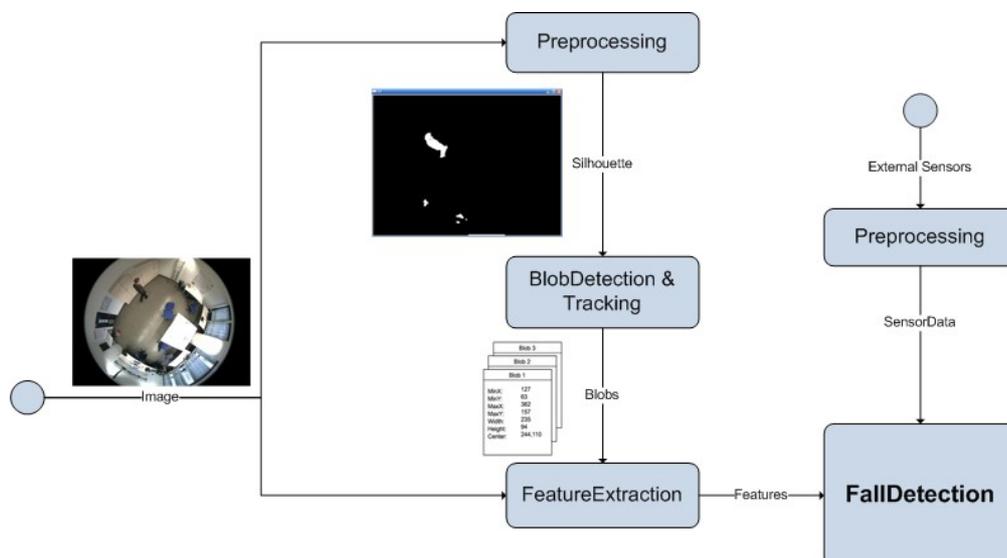


Abbildung 3: Gesamtsystem Übersicht

Preprocessing

Der Bereich des Preprocessing umfasst alle Operationen, die zur Erzeugung der Bewegungsinformationen in Form eines Binärbildes nötig sind. Es ist eines der wichtigsten Module des Systems, da alle weiteren auf den Daten dieser Einheit aufbauen. In diesem Modul wird zunächst die Auflösung des Kamerabildes verringert. Dies erlaubt eine höhere Bearbeitungsgeschwindigkeit. Das verkleinerte Bild wird anschließend zum Hintergrundmodell hinzugefügt. Zusätzlich wird aus dem aktuellen Bild und dem gespeicherten Hintergrundmodell ein Differenzbild erzeugt. Jedes Pixel dieses Bildes wird, abhängig von der Differenz, durch mehrere Schwellwerte in die Bereiche *Vordergrund*, *Hintergrund* und *möglicher Hintergrund* eingeteilt.

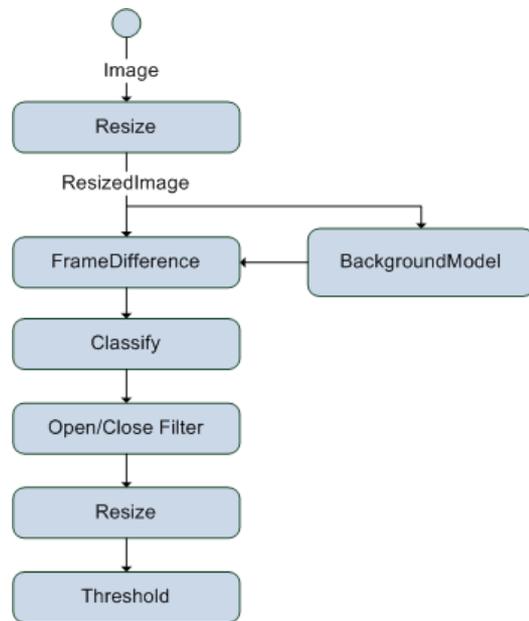


Abbildung 4: Aufbau Preprocessing

Anschließend werden über die morphologischen Filter *Open* und *Close* kleine, freistehende Bereiche entfernt und wenige Pixel große Lücken geschlossen. Abschließend wird das Bild wieder auf seine ursprüngliche Größe vergrößert und die als „möglicher Hintergrund“ klassifizierten Pixel entfernt, so dass ein Binärbild entsteht, in dem nur die Pixel markiert sind, welche eindeutig als Vordergrund erkannt wurden.

BlobDetection & Tracking

Für eine Vorsortierung sowie die Extraktion der benötigten Merkmale ist es nötig, die hellen Bereiche des Binärbildes getrennt voneinander zu betrachten.

Dies geschieht, indem alle zusammenhängenden Pixel einer Farbe zu einem eigenen Bereich zusammengefasst werden. Dieses Verfahren ist als *Connected Component Labeling* oder *Blob extraction* bekannt [4].

Das Modul *BlobDetection & Tracking* übernimmt die Aufgabe, diese Bereiche zu detektieren und zu verwalten. Nach einigen Versuchen mit dem *Two-Pass* Algorithmus und seinen Derivaten, fiel die Entscheidung jedoch auf eine bereits in OpenCV integrierte Implementation. Bei diesem werden die einzelnen Bereiche anhand ihrer Konturen erkannt. Zudem ist bereits eine Möglichkeit integriert, die es erlaubt einzelne Bereiche über die Zeit eindeutig zu identifizieren.

FeatureExtraction

Das Modul FeatureExtraction extrahiert aus dem Originalbild sowie den detektierten Blobs Merkmale, die sich zur Erkennung von Stürzen eignen. Hierzu zählen die Geschwindigkeit und Richtung eines Bereichs, dessen Größe und Relationen sowie der Winkel zur X-Achse. Da für einige Merkmale Informationen aus vorangegangenen Bildern nötig sind, müssen in diesem Modul alle eingehenden Blobs zwischengespeichert werden.

FallDetection

Diese Einheit vereint die aus dem Videostream extrahierten Merkmalen mit den Daten weiterer externer Sensoren. Darüber hinaus ist dieses Modul für die Entscheidung, ob die eingehenden Datensätze auf einen Sturz hindeuten, zuständig. Während bei den Daten der externen Sensoren eine einfache Schwellwertfunktion zur Klassifizierung höchstwahrscheinlich noch ausreichend wäre, stellt sich dies bei den Merkmalen des Videostreams wesentlich komplizierter da. Durch die hohe Anzahl an Merkmalen und der daraus resultierenden großen Menge an Permutationen wäre es nicht performant genug, dies auf rein mathematischer Ebene zu lösen. Stattdessen soll ein maschinelles Lernverfahren zur Klassifizierung eingesetzt werden. Da nur zwei Ausgangszustände, nämlich „Sturz“ und „Kein Sturz“, benötigt werden bietet sich hier eine Support-Vektor-Machine (SVM) oder ein einfaches Neuronales Netz an. Denkbar wäre auch ein Hidden Markov Model (HMM) mit dem die Wahrscheinlichkeit, dass es sich bei den aktuellen Datensatz um einen Sturz handelt, ermittelt werden kann. Als Ausgabe wäre ein Eintrag in eine Log-Datei, ein automatisches versenden von E-Mails oder die Ausgabe über einen externen Message-Server denkbar.

2.2 Risiken und Probleme

Das größte Risiko besteht in einem fehlerhaften Melden eines Sturzes. Dies kann durch verschiedene Bedingungen ausgelöst werden. In der Kameraüberwachung kann dies durch ungewöhnliche Bewegungen hervorgerufen werden. Hierzu zählen u.a. Bewegungen in Fernsehern oder Spiegeln. Ebenso können Bewegungen vor Fenstern, wie sie z.B. von Bäumen und sich im Wind bewegende Ästen oder vorbeigehenden Passanten erzeugt werden, irrtümlich als Stürze klassifiziert werden. Ein weiteres Risiko stellen kleine Kinder und Hunde dar. Besonders kleine Kinder können aufgrund ihrer häufig krabbelnden Körperhaltung nicht eindeutig als Person identifiziert werden. Gleiches gilt für Hunde. Während kleinere Tiere aufgrund ihrer Größe noch durch einen Filter entfernt werden, ist dies bei größeren nicht mehr möglich. Da die Silhouette eines Menschen, der sich auf Hände und Knie stützt der eines großen Hund sehr ähnelt, ist es nicht möglich diese nur Anhand des Umrisses und der Bewegung zu unterscheiden. Hier wäre eine weitreichendere Analyse des entsprechenden Bildabschnittes nötig.

Ein weiteres Risiko betrifft die Auswertung der gewonnenen Merkmale. Da die Analyse und Klassifizierung durch ein maschinelles Lernverfahren mit überwachtem Lernen erfolgen soll, sind eine gewisse Anzahl an Trainingsdaten nötig. Ohne diese kann das System später nicht zwischen einem Sturz und einer normalen Bewegung unterscheiden. Die Anzahl der benötigten Trainingsdatensätze variiert je nach Anwendung eines Netzes zwischen einigen Hundert bis hin zu mehreren Tausend Datensätzen. Für das Aufzeichnen der benötigten Datensätze für dieses System wäre es nötig mehrere hundert Stürze zu simulieren, was u.U. mit der Zeit zu körperlichen Problemen der Probanden führen kann. Zudem stimmt der Ablauf eines simulierten Sturzes nie mit dem eines echten überein, da bei einem bewusst hervorgerufenen Sturz automatisch versucht wird sich abzufangen. Bei einem unerwarteten Sturz hingegen gibt es die sogenannte Schrecksekunde, in der die Person nicht in der Lage ist, zu reagieren. Diese Probleme ließen sich jedoch umgehen, wenn anstatt von Stürzen normale Alltagssituationen aufgezeichnet werden und alles, was nicht diesem Muster entspricht, als Sturz gewertet wird. Des Weiteren lassen sich externen Sensoren durch Umwelteinflüsse stören. So könnte der Ladungsunterschied zwischen Erde und Wolken bei aufziehenden Gewittern Sensoren beeinträchtigen, die auf kapazitiver Basis arbeiten.

3 Zusammenfassung

In dieser Ausarbeitung wurde rückblickend auf die Erfolge der vorangegangenen Projekten und Vorträge (Abschnitt 1.3 - 1.5) eingegangen. Dies umfasst die Analyse verschiedener Bibliotheken zur Bildverarbeitung sowie der Implementation eines Algorithmus zur Bewegungserkennung in Projekt 1, der Vorstellung verschiedener kommerzieller Produkte und wissenschaftlicher Projekte rund um das Thema Sturzerkennung und Bewegungsanalyse im Vortrag zu Anwendungen 1. Der Rückblick endet mit der Optimierung des implementierten Algorithmus sowie der Untersuchung verschiedener kapazitiver Sensoren und Techniken in Projekt 2. In Kapitel 2 wurde anschließend Näher auf den Aufbau des Systems und dessen einzelne Komponenten eingegangen. Abschließend wurden Risiken, die im weiteren Verlauf der Arbeit auftreten können erläutert.

4 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lifeline Button with AutoAlert.....	4
Abbildung 2: Teppich mit Sensorflächen.....	5
Abbildung 3: Gesamtsystem Übersicht.....	6
Abbildung 4: Aufbau Preprocessing.....	7

5 Literaturverzeichnis

- 1 Steffen Kröhnert, Franziska Medicus, Rainer Klingholz: *Die demographische Lage der Nation - Kurzfassung*, 2006
- 2 Atmel: *QTouch Library User Guide*, Mai 2010
- 3 *CapToolKit* - URL www.capsense.org
- 4 *Wikipedia - Connected Component Labeling* - URL en.wikipedia.org/wiki/Blob_extraction

Zugriffsdatum der Webseiten: 24.02.2011