ETH zürich

ETH Library

Activity monitoring: Continuous recognition and performance evaluation

Doctoral Thesis

Author(s):
Ward, Jamie A.

Publication date:
2006

Permanent link:
https://doi.org/https://doi.org/10.3929/ethz-a-005228941

Rights / license:
In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

This page was generated automatically upon download from the ETH Zurich Research Collection.
For more information, please consult the Terms of use.

Diss. ETH No. 16520

Activity Monitoring: Continuous Recognition and Performance Evaluation

A dissertation submitted to the

SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY
ZURICH

for the degree of
Doctor of Sciences

presented by

Jamie A. Ward
BEng CS&E (hons.) Edinburgh
born 24th March 1979
citizen of United Kingdom

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Gerhard Tröster, examiner
Prof. Dr. Hans W. Gellersen and Prof. Dr. Paul Lukowicz, co-examiner

2006

Abstract

Wearable computers promise the ability to directly access information and computing resources using miniature devices embedded in our clothing. The problem lies in how to access the most relevant information without disrupting whatever task it is we are doing. Most existing interfaces, such as keyboards and touch pads, require direct interaction. This is both a physical and cognitive distraction. The problem is particularly acute for the mobile maintenance worker who must access information, such as on-line manuals or schematics, quickly and with minimal distraction.

One solution is a wearable computer that monitors the user's 'context' - information such as activity, location and environment. Being 'context aware', the wearable would be better placed to offer relevant information to the user as and when it is needed.

In this work we focus on recognising one of the most important parts of context: user activity. The contributions of the thesis are twofold. First, we present a method for recognising hand activities from a sequence using body worn sensors. Second, in evaluating this method, we present a generalised strategy for characterising the performance of activity recognition systems.

We define a set of typical hand and tool activities in a woodwork assembly scenario. We evaluate two methods for detecting and recognising these activities using a combination of body-worn microphones and accelerometers. The first method uses two separately placed microphones on the user's arm to locate the source of an activity. Whenever a sound is made close to the wrist, an interesting activity is assumed and classification is carried out using both acceleration and sound. The second method requires only wrist-worn sensors. It recognises activities by classifying sound and acceleration over a sliding window. The classifications from each of the sensor types are then compared, and a final result is given depending on how well they agree.

In the second part of the thesis we introduce a strategy for evaluating the performance of continuous activity recognition systems. Like any area of scientific research, activity recognition requires standard methods and measures of performance. These are the tools with which researchers can compare and evaluate different systems, thus allowing the field to advance. Continuous activity recognition, however, has a number of performance issues which existing evaluation strategies - borrowed from related fields such as speech recognition - fail to capture. We explore these issues in depth and propose a new strategy of performance evaluation based on the complete characterisation of error types common to the activity recognition problem.

Finally, we bring the two main topics of the thesis together. Using the results from our continuous recognition work we show the improvements of the proposed performance evaluation strategy over existing approaches.

Zusammenfassung

'Wearable Systems' - am Körper tragbare Systeme - zeigen einen Weg auf, die Nützlichkeit von Computern weit über die vertraute Rolle als Hilfsmittel in Büros hinaus zu erhöhen. Gegenwärtige Technologien wie PDAs (Personal Digital Assistants) ermöglichen beispielsweise mobilen Technikern den Zugang zu einem grossen Spektrum an Informationen über ihre zu verrichtende Tätigkeit. Ein entscheidender Nachteil dieser Technologie ist allerdings, dass keine adäquate Schnittstelle für die Interaktion zwischen Techniker und PDA existiert, die nicht von der eigentlichen Tätigkeit ablenkt. Das Gebiet 'Context Awareness' versucht dieses Problem zu lösen, indem Computer in die Lage versetzt werden, Informationen über den Nutzer und dessen Status in eine automatische, proaktive Interaktion zu überführen. Ein wichtiges Teilgebiet dieser Bestrebung ist das 'Activity Monitoring' - die Aktivitätserkennung. Im Vergleich zu benachbarten Gebieten, wie der Spracherkennung, in der es neben Wörtern Unterteilungen wie Silben und Phoneme gibt, existiert auf dem Gebiet der menschlichen Aktivitätserkennung keine solche ausgeprägte Taxonomie. Dies gilt im Besonderen für Aktivitäten der Hand. Sie sind in der Regel sehr facettenreich bezüglich ihrer Ausführung, haben eine variable Ausführungsdauer und sind oft durchsetzt mit anderen irrelevanten Aktivitäten.

Der Beitrag der vorliegenden Arbeit ist zweigeteilt. Zunächst präsentieren wir eine Methode zur Erkennung von kontinuierlichen Sequenzen von Handaktivitäten unter Verwendung von am Körper getragenen Sensoren. Weiterhin beschreiben wir eine generalisierbare Strategie, um die Leistung von Aktivitätserkennungssystemen zu charakterisieren.

Für den ersten Teil der Arbeit definieren wir eine Untermenge von typischen Handaktivitäten, die sich während der Arbeit in einer Werkstatt bei der Holz- bzw. Metallverarbeitung ergeben. Diese Aktivitäten umfassen, wie auch andere Interaktionen mit der Hand, sowohl Bewegungs- als auch Audiocharakteristika. Daher stützt sich unsere Erkennungsmethode auf Daten, die mit Mikrofonen und Beschleunigungssensoren aufgenommen werden. Wir präsentieren zwei Methoden, um für uns relevante Aktivitäten in einem kontinuierlichen Datenstrom zu erkennen. Die erste Methode basiert auf zwei Mikrofonen, die am Oberarm und am Handgelenk des Benutzers bestigt sind, um die akustische Quelle der jeweiligen Aktivität zu lokalisieren. Wenn aktivitätsbezogene Geräusche in der Nähe des Handgelenks erkannt werden, so wird die Aktivitätserkennung auf Beschleunigungs- und Audiodaten gestartet. Eine zweite Methode der Aktivitätserkennung benutzt eine einfache Fensterfunktion auf den Daten. Die Klassifizierungen beider Sensordomänen wird innerhalb eines Fensters verglichen und bei entsprechend wahrscheinlicher Übereinstimmung wird das entsprechende Ergebnis berechnet. Im Falle einer

zu niedrigen Übereinstimmung ergibt sich die Klassifizierung NULL bzw. keine Aktivität wird als erkannt zurückgegeben. Die letztere Methode hat gegenüber der ersten den Vorteil, dass sie nur Sensoren am Handgelenk benötigt und damit mehr Komfort während des Tragens für den Nutzer bietet.

Im zweiten Teil der vorliegenden Arbeit führen wir eine Strategie zur Bewertung der Leistung von Aktivitätserkennungssystemen ein. Wie ein jedes Gebiet der wissenschaftlichen Forschung, so braucht auch die Aktivitätserkennung standardisierte Methoden und Masse für deren Leistungsfähigkeit. Dadurch erst werden Forscher in die Lage versetzt, Systeme zu vergleichen und diese zu optimieren, um die Arbeit auf dem jeweiligen Gebiet insgesamt voranzutreiben. Kontinuierliche Aktivitätserkennung allerdings weist einige Defizite diesbezüglich auf. Existierende Bewertungsansätze - zumeist an solche in benachbarten Gebieten wie der Spracherkennung angelehnt - sind nicht mächtig genug. Wir untersuchen die zugrundeliegenden Schwierigkeiten tiefgründig und stellen eine neue Strategie der Leistungsbewertung vor. Diese umfasst eine solide Charakterisierung der Fehlertypen, die bei Aktivitätserkennungssystemen geläufig sind.

Zum Abschluss bringen wir die beiden Hauptteile der Arbeit zusammen. Wir bewerten unseren Ansatz zur kontinuierlichen Aktivitätserkennung und zeigen wie die vorgestellte Bewertungsstrategie ein tieferes Verständnis der Leistungsfähigkeit des Erkennungssystems als alle existierenden Methoden bietet.