

Diss. ETH No. 14603

# Biometric Authentication System Using Human Gait

Dissertation submitted to the  
Swiss Federal Institute of Technology  
ETH Zürich

for the degree of  
Doctor of Technical Sciences

Philippe C. Cattin  
Dipl. Inf.-Ing. ETH  
Born Mai 6th, 1967  
Citizen of Switzerland

Accepted on recommendation of  
Prof. Dr. G. Schweitzer, examiner  
Prof. Dr. B. Schiele, co-examiner

Zürich, 2002

# Abstract

Biometric methods for verifying, i.e. authenticating, someone's identity are increasingly being used. Today's commercially available biometric systems show good reliability. However, they generally lack user acceptance. Users show an antipathy touching a fingerprint scanner and they dislike looking into an iris scanner that might eventually malfunction and impair their vision. In general, they favour systems with the least amount of interaction. Using gait as a biometric feature would lessen such problems since it requires no subject interaction other than walking by. Consequently, this would increase user acceptance. And since highly motivated users achieve higher recognition scores, it increases the overall recognition rate as well.

This monograph describes a biometric system that uses individual characteristics of human gait for authentication. Two sensors measuring different physical properties of the walking person were used. First, a force sensor measures the *Ground Reaction Force* (GRF) perpendicular to the floor and second, a video sensor captures a side view of the passing person. Computationally efficient algorithms were developed to extract five different feature types, i.e. modalities, from the acquired gait data. A novel variant of the *Generalised Principal Component Analysis* (GPCA) was devised to reduce data dimensionality without losing, or even better, with improving person separability. Last but not least, a *Bayes Risk Criterion* approach is used to fuse the five modalities.

In the final investigation the performance and discriminatory power of all modalities was analysed. In addition, the influence of changing clothes, shoes, backpacks, and bags on the recognition quality was investigated. It could be shown that fusing all five modalities drastically improves the overall system robustness compared to the best individual modality. Finally, an extensive discussion of the limitations and possible future improvements of the current system is included.

# Kurzfassung

In naher Zukunft werden immer häufiger biometrische Methoden zur Überprüfung der Identität von Personen (Authentifikation) eingesetzt werden. Die heute verfügbaren biometrischen Systeme weisen eine hohe Verlässlichkeit auf, finden aber in der Regel nur eine geringe Akzeptanz unter den Benutzern. Dies liegt unter anderem daran, dass die Benutzer aus hygienischen Gründen nicht gerne Fingerabdruckscanner anfassen oder gar in einen Irisscanner hineinschauen, der unter Umständen ihre Augen verletzen könnte. Ob diese Befürchtungen berechtigt sind oder nicht spielt dabei eine untergeordnete Rolle. Generell werden die Systeme mit dem geringsten Mass an Benutzerinteraktion bevorzugt. Die Gangart als biometrisches Merkmal ist daher geradezu ideal, da überhaupt keine Interaktion ausser dem Vorbeigehen erforderlich ist. In der Folge wären die Benutzer besser motiviert und würden dadurch auch eine bessere Erkennungsrate erreichen.

In der vorliegenden Arbeit wird ein biometrisches System beschrieben, welches individuelle Merkmale des Ganges zur Authentifikation der Person verwendet. Als Sensoren für die Erfassung des Ganges wurden Drucksensoren im Boden sowie eine Video-Kamera verwendet. Die Drucksensoren erfassen den zeitlichen Verlauf der *Ground Reaction Force* (GRF) senkrecht zum Boden. Die Video-Kamera ist auf der linken Seite angebracht und zeichnet die passierende Person von der Seite auf. Aus den gemessenen Daten werden anschliessend mit recheneffizienten Algorithmen fünf Merkmalsklassen mit personenspezifischen Charakteristiken extrahiert. Mittels einer neu entwickelten Variante der *generalisierten Hauptkomponentenanalyse* wird dann die hohe Anzahl der Dimensionen der einzelnen Merkmalsklassen auf wenige Dimensionen reduziert und dadurch gleichzeitig die Unterscheidungsmerkmale der einzelnen Personen verstärkt. Mit dem

*Bayes Risiko Kriterium* wurden schliesslich die fünf Merkmalsklassen verschmolzen.

In einer Untersuchung wurde die Leistungsfähigkeit sowie die Unterscheidungsfähigkeit der einzelnen Merkmalsklassen analysiert. Es konnte gezeigt werden, dass die Verschmelzung der einzelnen Merkmalsklassen zu einer wesentlichen Verbesserung der Robustheit führt. In der abschliessenden Diskussion wurden dann Problemfelder und Verbesserungsmöglichkeiten des entwickelten Systems ausführlich besprochen.