

Iris Erkennung

Klaus Herbold

31. Mai 2007



UNIVERSITÄT PADERBORN
Die Universität der Informationsgesellschaft

1 Einleitung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Iriserkennung. Als Quellen wurden vorwiegend die Homepage von John Daugman, sowie die Bücher *Biometric Systems. Technology, Design and Performance* von James L. Wayman, Anil K. Jain, Davide Maltoni und Davide Maio und *Biometrische Identifikation Grundlagen. Verfahren, Perspektiven* von Michael Behrens und Richard Roth verwendet. Sie gliedert sich in sechs Kapitel.

Nach dieser Einleitung wird eine Motivation gegeben, die zeigt, warum die Iriserkennung ein sehr gutes biometrisches Verfahren ist. In Abschnitt 2.1 werden die Vorteile, in Abschnitt 2.2 aber auch die Nachteile aufgelistet, welche die Iriserkennung gegenüber anderen biometrischen Verfahren hat.

Kapitel 3 befasst sich mit der Anatomie der Iris und dem Auge allgemein und beschreibt, warum sich die Iris als biometrisches Merkmal so gut eignet. Es werden erst grundlegende Eigenschaften des Auges (Abschnitt 3.1), der Pupille (Abschnitt 3.2) und natürlich der Iris selber (Abschnitt 3.3) erläutert. In Abschnitt 3.4 wird beschrieben, wie sich die Augenfarbe eines Menschen zusammen setzt und was sie mit der Iriserkennung zu tun hat. Zum Schluss dieses Kapitels in Abschnitt 3.5 wird dann kurz auf das Muster der Iris eingegangen. Aus diesem Muster extrahiert der von Daugman entwickelte Algorithmus [1] dann den Iriscode. In Kapitel 4 werden einige Iriskameras mit ihren jeweiligen Besonderheiten gezeigt (Abschnitt 4.2), sowie allgemeine Eigenschaften der Kameras aufgelistet, die zur Iriserkennung notwendig sind und alle Iriskameras haben sollten (Abschnitt 4.1).

Einige Einsatzgebiete für die Iriserkennung, werden in Kapitel 5 vorgestellt. Da sich Iriserkennungssysteme sehr häufig an Flughäfen befinden, listet Abschnitt 5.1 konkrete Einsatzgebiete an einigen Flughäfen auf. Aber auch andere Einsatzmöglichkeiten werden angesprochen (Abschnitt 5.2).

Schließlich stellt Kapitel 6 einige Forschungsthemen bezüglich der Iriserkennung vor. Abschnitt 6.1 zeigt, wie man die Aufnahmen noch verbessern kann, um dem Algorithmus bessere Bilder zu liefern. In Abschnitt 6.2 geht es darum, zu erkennen, ob es sich um ein lebendes Auge oder um eine Kopie handelt.

Der Algorithmus, der aus einem Bild 2048 Bits erzeugt, die den Iriscode darstellen, wird in dieser Arbeit nicht behandelt, da er in einer anderen Arbeit vorgestellt wird.

Es wird auch nicht auf die Wahrscheinlichkeitsverteilungen eingegangen, die zeigen, dass die Iriserkennung wirklich so gut ist. Es lässt sich nämlich zeigen, dass zwei Iriscodes, die von verschiedenen Augen stammen auch wirklich von einander zu unterscheiden sind. Genau so lässt sich zeigen, dass zwei Iriscodes, die zwar vom gleichen Auge stammen, aber unter unterschiedlichen Verhältnissen aufgenommen wurden und deren Aufnahmen einige Zeit auseinander liegen, als ein und die selbe Iris erkannt werden. Die Ergebnisse wurden später noch in einigen Tests bestätigt [1]. Auch dies ist Teil zweier anderer Arbeiten.

2 Motivation

Es gibt eine Menge anderer biometrischer Verfahren, die schon sehr viel älter und auch erprobter als die Iriserkennung sind. Ein Beispiel ist die Erkennung von Fingerabdrücken. Es stellt sich daher die Frage, warum Iriserkennungssysteme überhaupt eingesetzt werden. Die Antwort darauf ist, dass die Iriserkennung einige Vorteile gegenüber anderen biometrischen Verfahren hat.

Dieses Kapitel zählt einige von diesen Vorteilen auf. Es werden aber auch einige Nachteile von Iriserkennungssystemen aufgelistet.

2.1 Vorteile

Einiger der wichtigsten Anhaltspunkte, um biometrische Verfahren beurteilen zu können ist die „False Accept Rate“ (FAR). Die FAR gibt an, wie hoch der Anteil der Vergleiche zweier biometrischer Merkmale verschiedener Menschen ist, diese Merkmale aber als Merkmale der selben Person erkennen. In der Iriserkennung besagt die FAR, wie oft beim Vergleichen einer Iris mit einer Datenbank, in der sich der Code dieser Iris nicht befindet, doch eine Übereinstimmung festgestellt wird. Die FAR ist bei der Iriserkennung im Vergleich zu anderen biometrischen Verfahren sehr niedrig. Dadurch ist die Iriserkennung eine sehr sichere Methode [1].

Ein weiterer Vorteil gegenüber anderen Personenerkennungssystemen ist, dass die Iris ein inneres Organ ist. Das bedeutet, dass die Iris vor vielen Einflüssen geschützt ist, welche die Iris selber oder die Struktur der Iris verletzen oder verändern könnten. Trotzdem ist die Iris von außen gut sichtbar, was es – beim derzeitigen Stand der Technik – ermöglicht sie aus einer Entfernung von bis zu einem Meter zu erfassen. [2]

Da die Erfassung der Iris aus einer gewissen Entfernung möglich ist, ist es nicht nötig, wie es zum Beispiel bei der Fingerabdruckerkennung oder anderen biometrischen Verfahren üblich ist, einen Sensor oder eine Kamera zu berühren.

Damit sich ein solches System in der Praxis überhaupt durchsetzen kann, darf von der Erfassung bis zum Ergebnis nicht viel Zeit vergehen, da es ansonsten keine Akzeptanz beim Benutzer findet. Einige Benutzer könnten ungeduldig werden, falls es ihnen zu lange dauert. Aber auch bei diesem Kriterium schneidet die Iriserkennung gut ab und bewältigt den gesamten Vorgang selbst auf relativ langsamen Rechnern in angemessener Zeit. Im Jahr 2001 wurde die Ausführungsgeschwindigkeit der einzelnen Operationen auf einer 300 MHz-Arbeitsstation mit optimiertem Ganzzahl-Maschinencode gemessen. Dieser Rechner benötigte für die Extrahierung des Iriscodes aus einem Bild gerade einmal 446 Millisekunden. Dieser Iriscode konnte dann in einer Sekunde etwa 100 000 Vergleiche mit anderen Iriscodes durchführen. Heutzutage lassen sich mit modernen (Parallel)-Rechnern weitaus bessere Ergebnisse erzielen. [1]

Aber einer der wichtigsten Vorteile der Iriserkennung ist schließlich die Anatomie des Auges und der Iris selber. Es wird angenommen, dass eine Iris und daraus resultierende Iriscode wirklich Eindeutig sind und es keine zwei Menschen mit dem selben Iriscode gibt. [1]

Alle oben genannten Punkte ergeben, dass die Iriserkennung eine zuverlässige, optische Personenerkennung bietet.

2.2 Nachteile

Leider gibt es nicht nur Vorteile bei der Iriserkennung. Wie bei jedem biometrischen Verfahren gibt es auch hier einige Nachteile.

Der Erste wäre, dass es einigen Aufwand erfordert die Iris mit einer Kamera zu erfassen. Das hat mehrere Gründe. Da die Iris in der Regel nur etwas mehr als einen Zentimeter groß ist, ist es bei einer Entfernung von einem Meter schon nicht einfach sie mit der Kamera zu finden. Entweder die Person muss sich so zur Kamera ausrichten, damit eine Aufnahme möglich ist, oder die Kamera muss die Iris der betreffenden Person selber finden. Im ersten Fall könnte es dazu führen, dass solche Systeme nicht von den Benutzern angenommen werden, falls eine zu hohe Kooperation von Seiten des Nutzers nötig ist. Auch die zweite Möglichkeit ist nicht ganz einfach. Die Algorithmen, welche die Iris suchen und die Kamera dementsprechend ausrichten, sind zur Zeit noch nicht ausgereift und müssen noch verbessert und effizienter gemacht werden (Abschnitt 6.1).

Eine weiteres Problem, dass das Erfassen der Iris erschwert, ist, dass die betreffende Person einige Sekunden still stehen muss, was jedoch nicht immer der Fall ist. Die Position der Iris ändert sich während dieser Zeit immer ein bisschen. Das liegt daran, dass der komplette Körper, der Kopf und das Auge selber ständig in Bewegung sind. Schließlich ändert sich sogar noch die Größe der Pupille. [2]

Wurde die Iris dann erfasst, ist jedoch noch nicht sichergestellt, dass man eine brauchbare Aufnahme erhalten hat. Das liegt zum einen daran, dass die Iris hinter einer gebogenen, nassen Oberfläche liegt, auf der sich Spiegelungen und Reflexionen befinden können, welche die Iris nicht erkennen lassen. Zum anderen werden Teile der Iris auch immer von Wimpern, Augenlidern oder Ränder einer Kontaktlinse verdeckt. [2]

Ein weiteres Problem ergibt sich aus der Beleuchtung. Diese muss stark genug sein und gewährleisten, dass die feinen Muster gut genug erkannt werden, gleichzeitig darf sie die Personen aber nicht stören oder gar blenden. Dieses Problem löst man jedoch, in dem zur Beleuchtung nicht das sichtbare Licht benutzt wird, sondern Licht in einem anderen Wellenbereich – Licht im nahen Infrarot Bereich. Dieses Licht wird durch das Menschliche Auge nicht wahrgenommen. [2]

Auch ist es, wie bei den anderen Verfahren auch, möglich dieses System zu missbrauchen. Hier spielt der Datenschutz eine große Rolle. Jedoch ist dies gerade bei der Iriserkennung ein Problem. Zur Zeit bekommt jemand, dem die Iris gescannt wird dies in der Regel auch mit, da sich die Kamera direkt vor seinem Auge befindet. In Zukunft werden die Kameras sicherlich bessere und hochauflösendere Fotos machen können, so dass sich die Kamera mehrere Meter weiter entfernt befinden kann. Das heisst, dass eine Person diesen Vorgang nicht unbedingt bemerken muss. [2]

Dann gibt es noch einige Nachteile, die bei anderen biometrischen Verfahren auch ähnlich vorkommen. Ist es einem Fremden gelungen, an den Iriscode einer anderen Person zu kommen und so das System zu überlisten, kann die Iris nicht einfach ausgetauscht werden, wie es zum Beispiel bei Passwörtern möglich ist. Dies ist jedoch auch bei anderen biometrischen Verfahren ein Problem.

Es gibt noch einige andere Nachteile der Iriserkennung. Diese werden jedoch nicht weiter erwähnt, da sie nicht spezielle Nachteile der Iriserkennung sind, sondern, wie das zuvor genannte, eher allgemeine Probleme aller biometrischen Verfahren.

Einige der gerade genannten Probleme wurden schon weitestgehend gelöst und sind daher auch nicht mehr wirklich ein Nachteil. Einige andere bereiten aber immer noch Probleme, die noch nicht in den Griff bekommen zu sind und wo es noch Forschungsarbeit zu leisten gilt. Trotzdem gilt die Iriserkennung schon als eine gute und sichere Personenerkennung.

3 Anatomie

Dieses Kapitel beschreibt den prinzipiellen Aufbau der Iris und des Auges. Der erste Abschnitt beschreibt, wo sich die Iris im Auge genau befindet und welche Organe von ihr umgeben sind.

Der zweite Abschnitt listet einige Eigenschaften der Pupille auf, die eine Öffnung in der Mitte der Iris ist.

Die Iris selber wird schließlich im dritten Abschnitt beschrieben.

Wie die Augenfarbe eines Menschen gebildet wird und welche Rolle sie in der Iriserkennung spielt, behandelt der vierte Abschnitt.

Der fünfte Abschnitt befasst sich dann mit dem Muster der Iris, welches bei jedem Menschen verschieden ist und dieses Verfahren erst ermöglicht.

3.1 Position der Iris

Die Iris ist Teil der zweiten Gewebeschicht des Auges, die auch als Uvea bezeichnet wird. Die Uvea besteht aus der Aderhaut, dem Ziliarkörper, auch Strahlenkörper genannt und natürlich der Iris.

Die Iris befindet sich hinter der vorderen Augenkammer, die mit Kammerwasser gefüllt ist. Vor dieser vorderen Augenkammer befindet sich noch die Hornhaut. Die Hornhaut ist dazu da, um das Auge zu schützen. Der Rand der Iris liegt auf der Linse auf, die sich daher direkt hinter der Iris befindet. Die Linse stellt die Schärfe des Auges ein. Sie dehnt sich aus und zieht sich wieder zusammen, je nachdem wie weit das Objekt weg ist, das gerade angeschaut wird.

Von vorne gesehen befindet sich die Iris in der Mitte des Auges, umrandet vom Ziliarkörper, welcher wiederum von der weißen Lederhaut umrandet wird. In der Mitte der Iris befindet sich die Pupille [3]. Abbildung 1 macht diese Zusammenhänge deutlich.

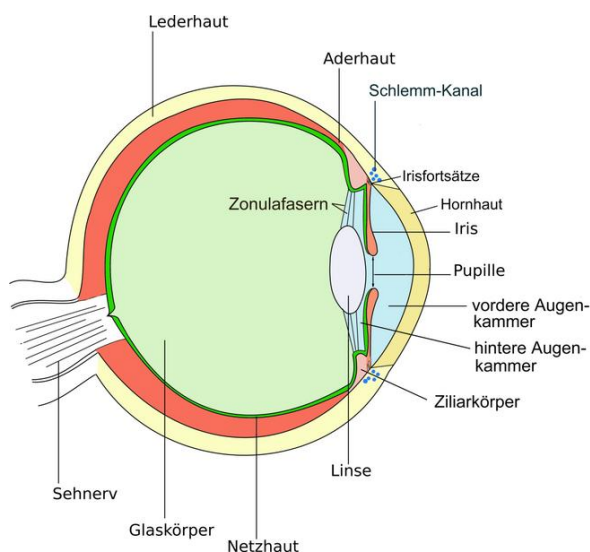


Abbildung 1: Querschnitt des Auges

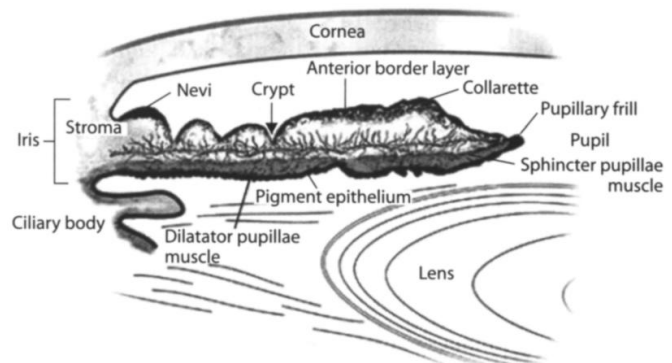


Abbildung 2: Schichten der Iris

3.2 Pupille

Die Pupille ist eine Öffnung in der Iris, durch die Licht in das Augeninnere fällt. Die Pupille befindet sich nicht genau in der Mitte der Iris, sondern leicht zur Nase hin und nach unten geneigt. Das hat zur Folge, dass die Mittelpunkte der Iris und der Pupille nicht übereinstimmen [3]. Dies ist jedoch für den Algorithmus kein Problem, da er die beiden Mittelpunkte getrennt berechnet [1]. Für die Iriserkennung ist es leicht zwischen toten und lebendigen Augen zu unterscheiden. Das liegt daran, dass sich die Pupille eines Toten auf über 80% ausdehnt [4].

3.3 Iris

Die Iris ist die Blende des Auges und reguliert den Lichteinfall. Sie kann sich zusammenziehen und ausdehnen. Fällt zu wenig Licht in das Auge, zieht sie sich zusammen, was zur Folge hat, dass die Pupille größer wird und so mehr Licht in das Auge fällt. Fällt aber zu viel Licht in das Auge dehnt sie sich aus, die Pupille wird kleiner und lässt nun nicht mehr so viel Licht ins Augeninnere. [4]

Einige Eigenschaften, wie die anatomische Form, die Physiologie, die Augenfarbe oder die generelle Erscheinung, werden genetisch vererbt. Dies ist jedoch für die Iriserkennung nicht interessant. Was aber für die Iriserkennung wichtig ist, ist, dass die Irismuster von genetisch identischen Augen unterschiedlich sind. Das ist auch tatsächlich so, da die Muster der Iris nicht vererbt werden. Bei einem Vergleich zweier Irismuster kann nicht gesagt werden, ob es sich um die Augen von Zwillingen oder sogar um die beiden Augen einer Person handelt, oder ob diese Muster von zwei völlig verschiedenen Personen stammen. [1]

Die Iris besteht aus mehreren, übereinander liegenden Schichten (Abbildung 2). Die hintere, der Linse am nächsten liegende Schicht, ist das lichtundurchdringliche Pigmentepithel. Direkt darüber befinden sich der „Dilatator Pupillae Muscle“ und der „Spinther Puppilae Muscle“, dies sind zwei Muskeln, welche die Iris zusammenziehen oder ausdehnen. Vor diesen Muskeln befindet sich das Stroma, das hauptsächlich Blutgefäße enthält. Davor ist schließlich die vordere Schicht, die das Melanin, das die Augenfarbe bestimmt, erzeugt. Alle diese Schichten ergeben ein Muster, aus dem der Algorithmus einen Bitvektor – den Iriscode – erzeugt. [3]

3.4 Augenfarbe

Oben wurde schon gesagt, dass die Augenfarbe vom Melanin, also Pigmenten abhängt. Je mehr Pigmente die Iris enthält, desto dunkler wird die Augenfarbe. Viele Pigmente lassen die Augen braun erscheinen, wenig Pigmente blau. Albinos, die keine Augenfarbe besitzen, haben keine Pigmente. [5]

Das Melanin ist gut sichtbar, wenn es stark absorbiert wird. Wird es nicht oder nur wenig absorbiert, ist es nicht sichtbar. Der Grad der Absorption hängt von der Wellenlänge des Lichts ab. Abbildung 3 zeigt diesen Zusammenhang. Die größte Absorption tritt bei 335 nm auf. Ab 700 nm ist die Absorption sehr gering. Die Wellenlänge des sichtbaren Lichts befindet sich zwischen 400 und 700 nm, deshalb sind die Pigmente, also die Augenfarbe, für das menschliche Auge sichtbar.

Für die Iriserkennung wird nicht das sichtbare Licht benutzt, sondern Licht im nahen Infrarotbereich (NIR-Bereich). Der NIR-Bereich befindet sich zwischen 700 und 900 nm. In diesem Wellenbereich wird kaum noch Melanin absorbiert. Dies bedeutet, dass die Augenfarbe im

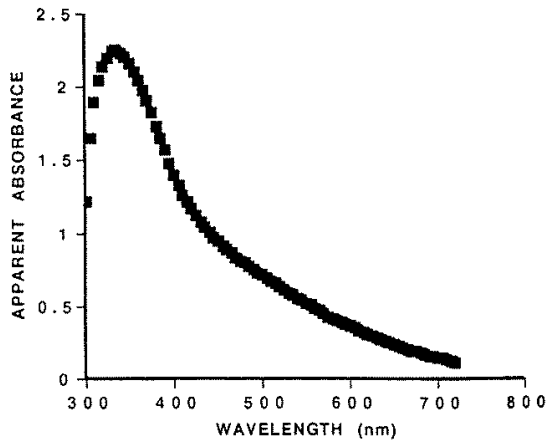


Abbildung 3: Absorption von Melanin

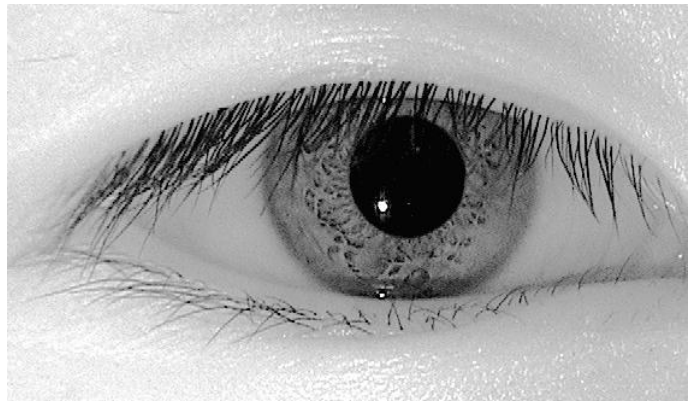


Abbildung 4: Dunkelbraune Iris

NIR-Bereich nicht sichtbar ist. Für den Iriscode ist die Augenfarbe also nicht relevant, da diese im NIR-Bereich nicht gesehen werden kann. [6]

Im sichtbaren Licht sind die Muster einer dunklen Iris kaum zu erkennen. Abbildung 4 zeigt ein Bild einer dunkelbraunen Iris. Dieses Bild wurde im NIR-Bereich aufgenommen. Daher ist jedes Detail sichtbar. Im sichtbaren Licht wäre das jedoch nicht der Fall, da die Pigmente – also die dunkle Augenfarbe – die Muster verdeckt.

3.5 Irismuster

Die Muster der Iris sind sehr vielfältig. Sie bestehen aus einer Kombination von bogenförmigen Bändern, Furchen, Stege, Gruften, Ringen, Kronen, Tüpfel und Zackenkragen [7]. Ein Irismuster wird durch stochastische Prozesse gebildet und ist dadurch sehr zufällig. Die Interklassenvariabilität besteht aus 249 Freiheitsgraden, die Entropie, also die Informationsdichte, ist $3,2 \text{ Bits/mm}^2$. Die Anzahl der verschiedenen Irismuster ist 10^{78} . Dadurch kann angenommen werden, dass eine Iris eindeutig ist. Selbst die Irismuster genetisch identischer Augen sind nicht von einander zu unterscheiden. [3]

Im dritten Schwangerschaftsmonat beginnen sich die Muster der Iris zu bilden, bis zum achten Monat ist dieser Prozess abgeschlossen. Danach bleiben die Strukturen das ganze Leben über stabil. Lediglich die Pigmentierung und somit die Augenfarbe kann sich noch ändern. Dies passiert in den ersten Lebensjahren. Auch bei einer Krankheit oder bei starkem Drogenkonsum kann sich die Pigmentierung noch etwas ändern. [3]

Ein selbständiges Verändern der Muster der Iris, beispielsweise durch einen chirurgischen Eingriff, ist sehr gefährlich. Das Gewebe, das geändert werden soll, ist so fein und vor allem empfindlich, dass die Gefahr zu Erblinden sehr hoch ist.

Eine besondere Eigenschaft, der sich der Algorithmus bedient, ist schließlich noch, dass sich ein Irismuster auf Polarkoordinaten abbilden lässt.

4 Kameras

Dieses Kapitel gliedert sich in zwei Abschnitte. Der Erste beschreibt ganz allgemein, welche Eigenschaften Iriskameras benötigen, um ein Bild aufzunehmen, aus dem sich ein Iriscode extrahieren läßt. Der zweite Abschnitt zeigt einige Iriskameras, die es schon auf dem Markt gibt und die schon in ihren jeweiligen Gebieten eingesetzt werden.

4.1 Eigenschaften Iriskameras

Um aus einem Bild mit einem Auge einen Iriscode extrahieren zu können, müssen wenigstens 50 Pixel im Irisradius liegen, die als untere Grenze gerade noch ausreichen. Besser ist es jedoch ein Irisradius von mindestens 100 bis 140 Pixeln, um sicher zu gehen, dass der Algorithmus einen korrekten Iriscode berechnet.

Wie im Kapitel 3 bereits erklärt wurde, wird das Bild der Iris im NIR-Bereich (naher Infrarot Bereich, 700 -900 nm) aufgenommen, um auch bei dunkler Augenfarbe alle Details erkennen zu können. Ein weiterer Vorteil, im NIR-Bereich zu arbeiten, ist es, dass der Benutzer nicht geblendet wird.

Die meisten zur Zeit eingesetzten Kameras sind monochrome CCD-Kameras mit einer Auflösung von 480 - 640 Pixeln [1].

4.2 Spezielle Modelle

Dieser Abschnitt zählt einige Iriskameras auf und nennt jeweils die Besonderheiten dieser Kameras. [8]



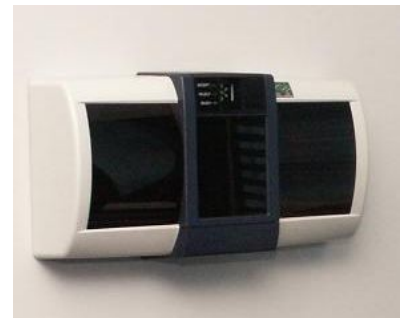
(a) LG-3000



(b) LG-2200



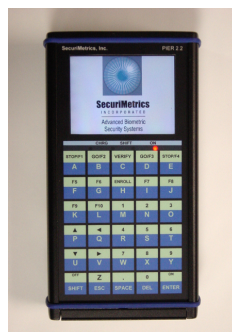
(c) ET-300



(d) IrisPassWG



(e) IrisGuard H100



(f) PIER



(g) Authenticam

4.2.1 LG IrisAccess 3000

Die LG IrisAccess (Abbildung 5(a)) ist die zur Zeit am häufigsten eingesetzte Iriskamera. Sie wurde an mehr als 1 000 verschiedenen Orten installiert und verrichtet dort ihren Dienst. Sie ist mit Auto-Focus und Auto-Zoom ausgestattet, was gewährleistet, dass das Auge des Benutzers korrekt erfasst wird. Falls sich der Benutzer nicht korrekt verhält, kann die Kamera ihn durch die integrierte Sprachschnittstelle darauf hinweisen. Die LG-3000 verfügt über 16 verschiedene Methoden, um Fake-Augen, zum Beispiel Fotos, zu erkennen und dann zurück zu weisen. Diese Methoden werden noch in Kapitel 6 genauer vorgestellt.

4.2.2 LG-2200

Die LG-2200 (Abbildung 5(b)) ist der Vorgänger der LG-3000. Diese Kamera wird noch an vielen Orten eingesetzt.

4.2.3 Panasonic ET-300

Die Besonderheit der Panasonic ET-300 (Abbildung 5(c)) ist, dass sie beide Augen gleichzeitig scannt. Sie besitzt wie die LG-3000 eine Sprachschnittstelle, um mit dem Benutzer kommunizieren zu können. Außerdem hat diese Kamera einen schiefen Beleuchtungswinkel. Dadurch ist es möglich die Iris zu erfassen, ohne dass der Benutzer seine Sonnenbrille abnehmen muss.

4.2.4 Oki IrisPassWG

Die Oki IrisPassWG (Abbildung 5(d)) ist eine aktive Kamera. Sie findet die Augen der Benutzer automatisch und richtet die Position und Höhe automatisch danach aus. Die Benutzer dieser Kamera müssen sich keine Gedanken mehr machen, wie sie stehen oder welche Position sie einnehmen.

4.2.5 IrisGuard H100

Wie die LG-3000 (Abbildung 5(e)) besitzt die IrisGuard H100 Auto-Focus und Auto-Zoom Funktionen, um das Bild richtig einzustellen. Weiterhin können einige Meldungen auf dem LCD-Display ausgegeben werden. Die Daten können über eine USB 2.0-Schnittstelle an einen Rechner weitergeleitet werden. Das Besondere an dieser Kamera ist jedoch, dass sie sehr flexibel ist. Sie kann für fast jeden erdenklichen Zweck eingesetzt werden, da sie tragbar ist, an eine Wand montiert werden kann, auf ein Stativ befestigt werden kann und noch diverse andere Möglichkeiten bietet.

4.2.6 PIER

PIER (Abbildung 5(f)) ist eine Abkürzung und steht für „Portable Iris Enrollment and Recognition“. Wie der Name schon sagt handelt es sich um eine tragbare Kamera. Sie ist für Polizei- und Militäranwendungen spezialisiert und wird dort häufig eingesetzt.

4.2.7 Panasonic Authenticam

Die Panasonic Authenticam (Abbildung 5(g)) ist eine kleine und vor allem kostengünstige Iriskamera. Sie kontrolliert hauptsächlich den Zugang zu Rechnern oder Datenbanken. Die Authenticam kann auch als Webcam benutzt werden.

5 Einsatzgebiete

In diesem Kapitel werden mögliche Einsatzgebiete der Iriserkennung vorgestellt. Zur Zeit findet man Iriserkennungssysteme sehr häufig an Flughäfen an, wo sie unterschiedlichste Aufgaben übernehmen. Der erste Abschnitt dieses Kapitels listet einige solcher Flughäfen, sowie die jeweilige Verwendung der Systeme auf [9].

Der zweite Abschnitt zeigt andere Bereiche, in denen Iriserkennungssysteme auch bereits existieren und wo sie in Zukunft eingesetzt werden könnten, sobald die Technik dafür ausreichend ist [10].

5.1 Flughäfen

In Amsterdam Schiphol, Frankfurt, 10 Britischen Flughafenterminals und 8 Kanadischen Flughäfen wird die Iris von Personen als Personalausweisersatz benutzt. Die Iriserkennung dient dazu, um die Zollabfertigung von ankommenden Passagieren zu beschleunigen.

Die Zollabfertigung von abfliegenden Passagieren wird in Boston, Los Angeles, Minneapolis, Houston, Washington Reagan, Tokyo und Mailand durch Iriserkennungssysteme beschleunigt.

In Charlotte Douglas bekommt das Personal der Fluggesellschaften nur mit einem Abgleich der Iris Zugang zu den Anlagen der Fluggesellschaften. Pro Tag sind das 1 200 Piloten und sonstige Crewmitglieder, die überprüft werden.

In New York JFK, Albany NY, Frankfurt, Amsterdam Schiphol und einigen Kanadischen Flughäfen bekommen die Angestellten der Flughäfen nur mit einem erfolgreichen Irisscan Zugang zur Rollbahn und anderen geschützten Bereichen. Insgesamt gibt es 80 solcher Zugangsstellen für die 72 000 Angestellten.

Das Innenministerium der Vereinigten Arabischen Emirate betreibt jedoch das größte dieser Projekte. In den sieben Flughäfen des Landes wird jeder ankommende Passagier mit einer sogenannten „Schwarzen Liste“ abgeglichen. Befindet sich der Iriscode des Passagieres in dieser Datenbank, wird dieser Passagier an der Einreise gehindert. Die Datenbank enthält etwa 1 000 000 Einträge. Jeden Tag reisen etwa 12 000 Passagiere in dieses Land ein, was bedeutet, dass jeden Tag 12 Milliarden Vergleiche durchgeführt werden. Insgesamt mussten sich bisher 7 500 000 Passagiere ihre Iris scannen lassen, was zu 7,5 Billionen Vergleichen führte. Es gab 40 000 Übereinstimmungen, bei denen keiner dieser Fälle umstritten ist. [11]

5.2 Sonstige Einsatzgebiete

Es gibt noch weitere Anwendungsgebiete für Iriserkennungssysteme, die auch außerhalb von Flughäfen benutzt werden. Einige von diesen sind hier aufgelistet.

- Fast alle modernen Handys sind mit Digitalkameras ausgestattet. Bei einigen Modellen ist die Authentifizierung mittels Irisscan möglich. Statt der PIN, die der Benutzer beim Anschalten des Handys üblicherweise eingibt, wird die Iris gescannt. Stimmt dieser Iriscode mit dem eingespeicherten Iriscode überein, kann das Handy benutzt werden, ansonsten nicht.
- Abheben von Bargeld erfolgt heute noch mit einer Bankkarte und der dazugehörigen PIN. In Zukunft könnte aber auf die PIN und auch auf die Karte verzichtet werden. Der Kunde einer Bank lässt sich bei einer Kontoeröffnung die Iris scannen, die dann mit den

anderen Kontoinformationen in einer Datenbank abgelegt wird. Will dieser Kunde dann Bargeld abheben, muss er nur in die Kamera des Geldautomaten schauen und kann dann Geld von seinem Konto abheben.

- In einigen Jahren könnte das Ticketkaufen vor einer Bus- oder Bahnfahrt, das heute üblich ist wegfallen. Statt dessen wird auch hier die Iris des Reisenden gescannt. Das passiert beim Eintritt und beim Austritt des Busses oder der Bahn. Danach wird der fällige Betrag sofort vom Konto des Reisenden abgebucht.
- Um ein Auto aufzuschliessen und den Motor zu starten wird bis jetzt immer ein Schlüssel benötigt. Bald werden die Autos Kameras besitzen, die das Auto dann öffnen beziehungsweise starten, falls sie eine Iris scannen, die zu einer Person eines zuvor definierten Benutzerkreises gehört.
- Das Bezahlen mit einer Kreditkarte kann in Zukunft sicherer gestaltet werden. Dies kann mit Hilfe eines Irisscanns geschehen.
- Allgemein kann ein Iriserkennungssystem überall dort Anwendung finden, wo Schlüssel, Karten PINs, Passwörter oder der gleichen benötigt werden.

Einige dieser Anwendungen, wie die Authentifizierung von Handys, existieren schon. Einige andere Anwendungen sind jetzt noch nicht realisierbar. Ein Ticketsystem, das die Passagiere mit ihrer Iris identifiziert ist erst möglich, wenn die Iriserkennung in der Gesellschaft eine hohe Akzeptanz findet.

6 Forschungsthemen

Die Iriserkennung ist eine relativ neue Technologie. Daher gibt es noch viele Möglichkeiten für die Forschung diese zu verbessern. In diesem Kapitel werden zwei Forschungsthemen vorgestellt. Im ersten Abschnitt wird beschrieben, wie der Prozess der Aufnahme einer Iris schneller und effizienter gestaltet werden kann.

Der zweite Abschnitt befasst sich mit der Erkennung von Täuschungsversuchen oder auch Spoofing genannt. Dazu wird eine Lebenderkennung verwendet. Dies sind verschiedene Methoden, die eine Kopie einer Iris von einer echten unterscheiden können.

6.1 Verbesserung der Aufnahmen

Um zu Bildern zu gelangen, mit denen der Algorithmus effizient arbeiten kann gibt es mehrere Stellen an denen man ansetzen kann. Einige Methoden werden nun hier aufgezählt [12].

- Das Abtastintervall der Kameras kann erhöht werden, um die Zeit zu verringern, in der die betreffenden Personen still stehen müssen. Dadurch wird es möglich, Personen zu erfassen, die sich bewegen.
- Statt einer Kamera mit 480 -640 Pixeln könnte eine Megapixelkamera verwendet werden. So können auch Bilder ausgewertet werden, die aus großer Entfernung aufgenommen wurden oder die nicht nur das Auge, sondern den ganzen Oberkörper enthalten.
- Sind die Umstände zu schlecht, dass kein geeignetes Bild aufgenommen werden kann, so könnte ein Algorithmus helfen, der aus mehreren schlechten Bildern ein Bild generiert, das gut genug ist, um den Iriscode daraus zu extrahieren.
- Unter Umständen arbeitet der Algorithmus, der den Iriscode erzeugt nicht effizient, falls er ein Bild als Eingabe bekommt, dass gar kein Auge zeigt. Man könnte vor diesen Algorithmus einen anderen Algorithmus laufen lassen, der prüft, ob das Bild wirklich ein Auge enthält und erst dann dem eigentlichen Algorithmus übergeben.
- Oft kommen keine guten Bilder zu stande, weil der Benutzer nicht korrekt steht oder nicht richtig in die Kamera schaut. Dieses Problem kann behoben werden, indem der Benutzer ein Feedback bekommt, das ihn veranlaßt sich richtig aus zu richten.
- Manche Augen weisen Spiegelungen von der Hornhaut oder einer Brille auf. Die Bereiche der Iris, auf denen diese Spiegelungen auftreten, können vom Algorithmus nicht verwendet werden. Es könnte nach Algorithmen gesucht werden, die diese Spiegelungen vertuschen, so dass auch diese Bereich vom Algorithmus verwendet werden können.

Dies waren nur einige Möglichkeiten die Qualität der Bilder zu verbessern. Es gibt noch viele andere Methoden um dies zu erreichen, auf die an dieser Stelle nicht eingegangen wird.

6.2 Anti-Spoofing

Jedes biometrische Verfahren hat seine Schwächen und kann ausgetrickst werden. Auch die Iriserkennung bleibt davon nicht verschont. Durch Fotos oder Kontaktlinsen, auf denen eine Iris gedruckt wurde, lassen sich auch einige Kameras täuschen. Um dies zu verhindern, stattet man die Erkennungssysteme mit einer so genannten Lebenderkennung aus. Diese prüft, ob es sich um ein echtes Auge oder um eine Kopie handelt. [13]

Die Lebenderkennung einer Iris besteht aus mehreren verschiedenen Methoden, die sich in vier Kategorien unterteilen lassen: Photonische und spektrographische Gegenmaßnahmen, Verhaltens-Gegenmaßnahmen, Gegenmaßnahmen analoger, physischer Angriffe und Gegenmaßnahmen wiederholender, digitaler Angriffe.

6.2.1 Photonische und spektrographische Gegenmaßnahmen

Gewebe, Fett und auch Blut haben bestimmte spektrographische Eigenschaften. Licht, das darauf trifft, wird bei verschiedenen Wellenlängen im Bereich von 600 bis 1000 nm unterschiedlich stark absorbiert. Bei einer Kopie tritt dieser Effekt nicht auf und kann deshalb als Kopie erkannt werden.

Auch die spektrographischen Eigenschaften des Melanins können zur Lebenderkennung eingesetzt werden. Die Pigmente in der vordersten Irisschicht und die Pigmente in der Haut absorbieren Licht unterschiedlich stark. Bei steigender Wellenlänge wird der Unterschied der Reflektionen von Iris und Lederhaut immer größer.

Das menschliche Auge hat vier optische Oberflächen, die Licht reflektieren. Das sind die Vorder- und Hinterseite der Hornhaut und die Vorder- und Hinterseite der Linse. Die Hinterseite der Linse ist konkav, die anderen drei sind konvex. Die Reflektionen, die von diesen Oberflächen ausgehen können berechnet werden und so kann erkannt werden, ob die tatsächlichen Reflektionen korrekt sind oder nicht.

Schließlich gehört noch der „Rote Augen Effekt“ zu dieser Kategorie. Eine Lichtquelle strahlt auf ein Auge. Erfasst eine Kamera das Auge, scheint die Pupille rot, wenn die Kamera die gleiche Achse zum Auge wie die Lichtquelle hat. Dies liegt daran, dass der Lichtstrahl die Retina beleuchtet und die Kamera den erleuchteten Punkt im Augeninneren sieht, der dann rot erscheint. Mit diesem Verfahren können Fotos als Fälschung erkannt werden, bedruckte Kontaktlinsen jedoch nicht.

6.2.2 Verhaltens-Gegenmaßnahmen

Die Verhaltens Gegenmaßnahmen unterteilen sich in willkürliche und spontane.

Die Willkürlichen werden vom Nervensystem kontrolliert. Hier wird die Größe der Pupille untersucht. Ändert sich die Helligkeit der Umgebung, ändert sich auch die Größe der Pupille. Des Weiteren ist die Pupille auch bei konstanten Licht in ständiger Unruhe. Sie schwingt mit einer Frequenz von etwa 0.5 Hz.

Die spontanen Gegenmaßnahmen sind eine Reaktion auf ein Ereignis. Es wird eine Augenbewegung oder ein Blinzeln provoziert, das bestätigt, dass die Eindrücke, die das Auge aufnimmt an das Gehirn weitergeleitet werden, was bei Fotos nicht der Fall sein kann.

6.2.3 Gegenmaßnahmen analoger, physischer Angriffe

Diese Art der Gegenmaßnahmen erkennt, ob die Iris gedruckt wurde oder nicht. Eine, auf einer Kontaktlinse aufgedruckte Iris, weist ein Punkteraster auf, das vom Druckprozess stammt und mit einem 2D-Fourier-Spektrum erkannt wird.

6.2.4 Gegenmaßnahmen wiederholender, digitaler Angriffe

Gelingt es jemandem an einen Iriscode zu kommen und mit diesem das System zu umgehen, kann man sich keine neue Iris zulegen. Man kann aber verhindern, dass der Angreifer diesen Iriscode weiterhin benutzen kann.

Dem Matching-Algorithmus ist die Reihenfolge der Bytes egal. Dies kann dazu benutzt werden, um den Iriscode des aufgenommenen Auges zu permutieren. Werden die Iriscodes in der Datenbank genau so gemischt, arbeitet der Matching-Algorithmus weiterhin korrekt. Der Angreifer kann seinen erbeuteten Iriscode jedoch nicht mehr benutzen.

Literatur

- [1] John Daugman: How Iris Recognition Works, IEEE Conf. on ICIP, 2002.
- [2] John Daugman: Advantages and disadvantages of the iris for identification
<http://www.cl.cam.ac.uk/jgd1000/addisadvans.html>, Zugriff am 30.05.2007
- [3] James L. Wayman, Anil K. Jain, Davide Maltoni und Davide Maio: Biometric Systems Technology, Design and Performance Evaluation. Springer-Verlag New York, Inc., 2004
- [4] Roman Keller und Elena Filatova: Iriserkennung, Seminar: Biometrische Identifikationsverfahren. Institut für Informatik, Humbolt Universität Berlin, 2004
- [5] John Daugman: Anatomy and Physiology of the Iris
<http://www.cl.cam.ac.uk/jgd1000/anatomy.html>, Zugriff am 30.05.2007
- [6] John Daugman: Absorption spectrum of melanin
<http://www.cl.cam.ac.uk/jgd1000/melanin.html>, Zugriff am 30.05.2007
- [7] Michael Behrens und Richard Roth: Biometrische Identifikation Grundlagen, Verfahren, Perspektiven. Vieweg, 2001
- [8] John Daugman: Iris Cameras using the Daugman Algorithms, and some of their Features
<http://www.cl.cam.ac.uk/jgd1000/cameras.html>, Zugriff am 30.05.2007
- [9] John Daugman: How Iris Recognition is Used at Airports
<http://www.cl.cam.ac.uk/users/jgd1000/airportuses.pdf>, Zugriff am 30.05.2007
- [10] John Daugman: Some Current and Future Applications of Iris Recognition
<http://www.cl.cam.ac.uk/jgd1000/applics.html>, Zugriff am 30.05.2007
- [11] John Daugman: United Arab Emirates Deployment of Iris Recognition
<http://www.cl.cam.ac.uk/jgd1000/deployments.html>, Zugriff am 30.05.2007
- [12] John Daugman: Improved User Interfaces
<http://www.cl.cam.ac.uk/jgd1000/interfaces.html>, Zugriff am 30.05.2007
- [13] John Daugman: Countermeasures against spoofing
<http://www.cl.cam.ac.uk/users/jgd1000/countermeasures.pdf>, Zugriff am 30.05.2007