

Erkennung mittels Irisscan

Bostjan Bedenik

bb1@informatik.uni-ulm.de

12. Dezember 2002

1. Einleitung

Eines der sichersten biometrischen Verfahren zur Personenerkennung ist der Irisscan.

Die einzigartigen Muster einer Iris, machen sie zu einem der vielfältigsten biometrischen Merkmale eines Menschen. Die Entwicklung der Iris beginnt bereits im 3. Monat der Schwangerschaft, und ist bis zum 8. Monat komplett abgeschlossen. Einzig die Pigmentation, die genetisch bestimmt ist, kann sich noch innerhalb der ersten Lebensjahre verändern. Jedoch ist die Entwicklung der Muster rein zufällig.

Deshalb verfügen sogar genetisch gleiche Augen, sowie das rechte und linke Auge eines Menschen, oder Augen eineiiger Zwillinge, über völlig unterschiedliche Merkmale. Falls keine mechanische Schäden auftreten, bleiben die Muster ein Leben lang *unveränderlich* erhalten. Nicht zuletzt deshalb zählt das Auge, da es durch Augenlid, Horn- und Lederhaut, menschliche Schutzreflexe, sowie gelegentlich durch Brillen oder Kontaktlinsen geschützt ist, zu einem der am besten geschützten Organe des Menschen.

2. Der Daugman Algorithmus

Um zu einem brauchbaren Irisbild zu gelangen gibt es zwei Möglichkeiten:

Entweder man sucht das Gesicht nach den Augen ab und extrahiert dann die Iris, oder man läßt die Person direkt in die Kamera schauen. Damit die Detailvielfalt einer Iris extrahiert werden kann bedarf es hochauflösender Kameras.

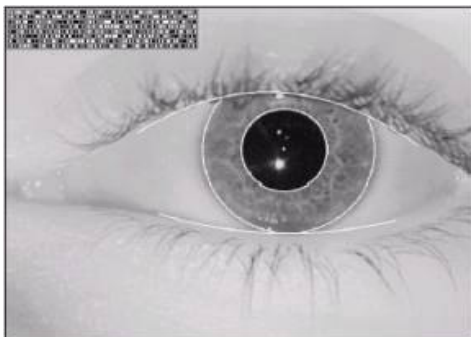


Abb 1: Auge mit segmentierter Iris und Phasencode

Dabei sollte der Radius der Iris eine Auflösung von mind. 70 Pixel aufweisen (üblich sind 100 – 140).

Normalerweise kommen hierbei mehrere Kameras zum Einsatz. Mit einer Weitwinkelkamera wird das Gesicht aufgenommen, und mittels klassischer Verfahren die Augen lokalisiert. Dann werden die Augen mit NIR-Licht (700nm-900nm) beleuchtet und mit empfindlichen monochromatischen CCD-Kameras aufgenommen, wodurch selbst sehr dunkle Irismerkmale sichtbar gemacht werden können.

Die Segmentierung der Iris erfolgt mittels eines sogenannten Integrodifferentialoperators. In [1] wird folgender Operator von John G. Daugman vorgeschlagen:

$$\max_{(r,x_0,y_0)} \left| G_{\sigma}(r) * \frac{\partial}{\partial r} \int_{r,x_0,y_0} \frac{I(x,y)}{2\pi r} ds \right|$$

Der Operator sucht im Abbildungsbereich (x,y) nach dem Maximum, bezüglich eines zunehmenden Radius r der unscharfen partiellen Ableitungen. Integriert wird dabei entlang eines Kreisbogenelements ds mit fortgesetzt wachsendem Radius r (mit immer feineren Skalen), und den Mittelpunktkoordinaten (x0, y0) [Daugman 2001]. Das abgeleitete Signal wird dabei mit Hilfe eines Gaußfilters G geglättet, um die Konturen von textureigenen Strukturen der Iris unterscheiden zu können. Somit werden Lage und Umriss der Pupille sowie der nicht durch das Augenlid verdeckte Teil der Iris ermittelt.

2.1 Merkmalscodierung

Aus den segmentierten Irisregionen wird nun der sogenannte Iriscode berechnet. Dazu müssen die ca. 300 einzelnen und einzigartigen Merkmale der Iris erfasst, und in einen Code umgerechnet werden. Zu den Merkmalen zählen unter vielen anderen die feinen Erhöhungen und Furchen, durch die die einzigartige "Zeichnung" der Iris zustande kommt. John G. Daugman

entwickelte im Jahre 1993 den ersten Algorithmus zur Erkennung, Codierung und Verarbeitung. Später folgten noch ein System des Mathematikers Richard P. Wildes, welches eine ähnliche Struktur aufweist wie das von Daugman, und auch mit nahezu den selben Ergebnissen in Labortests aufwartet. Das dritte von W.W. Boles & B.Boashash entwickelte System wurde 1998 veröffentlicht, und ist derzeit das aktuellste System [3]. Dieses System baut zwar auf den Grundsätzen des Daugman-Prinzips auf, wurde aber um einen wesentlichen Punkt, auf den weiter unten näher eingegangen wird, erweitert. Dieses neue System ist gegenüber dem vorigen besser anwendbar. Es wirkt selbstkorrigierend gegenüber Beleuchtung, Verzerrungen durch "falsche" Kopfhaltung bei der Aufnahme, Größenunterschiede zwischen den Bildern und sogenannter "Noise" (das sind Bildstörungen, meist hervorgerufen durch Verschmutzungen der Linse).

Als analytisches Mittel wird hierzu die sogenannte Wavelet Transformation eines Bildsignals verwendet. Dies geschieht mit Hilfe der folgenden Formel:

$$h_{[Re,Im]} = \text{sgn} \int \int_{[Re,Im]} I(\rho, \phi) e^{-i\omega(\theta_0 - \phi)} * e^{-(\tau_0 - \rho)^2 / \alpha^2} e^{-(\theta_0 - \phi)^2 / \beta^2} \rho d\rho d\phi$$

$I(\rho, \Phi)$ ist die Abbildung der Iris in einem Polarkoordinatensystem (normalisiertes Irisabbild). Die e-Funktionen beschreiben das zweidimensionale Gabor Wavelet mit seinen mehrfach skalierbaren Größenparametern α und β und der Waveletfrequenz ω . r_0, θ_0 sind die Polarkoordinaten der Regionen der Iris, für die die Phasenkoordinaten $h_{[Re,Im]}$ berechnet werden. Die Transformation wird an fest vorgegebenen Punkten der Iris mehrmals mit unterschiedlichen Orientierungen und Skalierungen der Wavelets berechnet. Das Ergebnis ist jeweils komplexwertig. Der Phasencode setzt sich nicht aus den Ergebnissen der Transformation zusam-

men, sondern codiert nur die jeweilige Phase in vier Quadranten.

Es werden je zwei Bits (Real- und Imaginärteil) mittels „lokaler Phasenquantisierung“ (*sgn*-Funktion) festgelegt (Abb.2). Insgesamt werden auf diese Weise 2048 Bits extrahiert. Dies entspricht einem Code mit 256 byte Länge. Nach dem Prinzip von W.W.Boles und B.Boashash[3] werden nochmal genauso viele Maskenbits berechnet, die anzeigen sollen, ob eine bestimmte Region der Iris durch irgendwelche Fremdkörper verdeckt ist. Dadurch verdoppelt sich die Codelänge auf 512 byte.

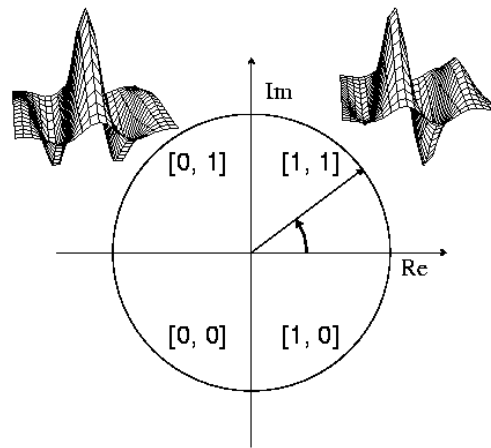


Abb 2: Phase-Quadrant Iris Demodulation Code

3. Pattern Matching

Um nun festzustellen, wie ähnlich sich zwei Codes sind, benötigt man ein entsprechendes Maß. Man verwendet dafür den normierten Hammingabstand:

$$HD = \frac{\|(codeA \otimes codeB) \cap maskA \cap maskB\|}{\|maskA \cap maskB\|}$$

codeA und codeB stehen für die Phasenbits der beiden zu vergleichenden Iriden. Hierbei liefert die XOR-Operation (\otimes) eine 1 bei nicht übereinstimmenden Bitpaaren. Mit Hilfe der Masken maksA und maskB werden die zum Vergleich nicht geeigneten Bits (störendes Augenlid bzw. Wimpern) ausgeblendet. Die Normierung liefert die Anzahl. Die Teilung durch die Anzahl der relevanten Bits liefert ein Ergebnis

zwischen 1 und 0, wobei 0 eine perfekte Übereinstimmung bedeutet, und 1 absolut keine Übereinstimmung.

John G. Daugman führte einen Vergleichstest mit über 9.1 Millionen Vergleichen unterschiedlicher Augen durch und ermittelte einen mittleren Hammingabstand von 0.499 mit einer Standardabweichung von 0.0317.

Die Wahrscheinlichkeit eines Hammingabstandes kleiner als 0.330 beim Vergleich zweier unterschiedlicher Augen liegt rein rechnerisch bei eins zu einer Million. Ein Wert unter 0.300 tritt sogar nur mit einer Wahrscheinlichkeit von eins zu einer Billion auf.

4. Unabhängigkeit von Größe, Position und Orientierung

Das Aussehen der Iris ist mit vielen veränderlichen Faktoren verbunden. Dies stellt ein Problem dar, da ein funktionierender Algorithmus gleiche Irismuster, unabhängig von der Größe des Bildes, der Position der Iris und der Augenorientierung, als solche erkennen muss.

Folgende Parameter dürfen keinen Einfluss nehmen:

- optische Größe der Iris auf dem Bild (Kameraeinstellung, Entfernung der Kamera zu dem Auge)
- Größe der Pupille im Auge (Beleuchtung usw.)
- Position der Iris auf dem Bild
- Ausrichtung der Iris (Position des Kopfes)
- Augenwinkel
- Kamerawinkel, Position der Spiegel in der Kamera

Man verwendet dazu ein Polarkoordinatensystem. Dieses ist normiert, damit der Abstand vom inneren zum äußeren Rand immer 1 entspricht. Das Polarkoordinatengitter ist dabei nicht immer konzentrisch, da die Pupille nicht notwendigerweise in der Mitte der Iris liegt.

Anpassung des Codes an die mögliche Rotation geschieht nicht durch die Rotation des aufgenommen Bildes, sondern durch das Verschieben des Bitcodes um einige Zeichen nach oben/unten.

Die hinten-vorne Verschiebung des Auges wird vernachlässigt, da Feldversuche ergaben, dass es durch den großen Frei-

heitsgrad, den der Algorithmus zulässt, die Daten nicht sonderlich verfälscht und zuverlässige Ergebnisse liefert.

Somit entstehen beim Vergleich zweier Augen mehrere Hammingabstände von denen nur der kleinste ausgewählt wird. Dadurch verschiebt sich die von John G. Daugman untersuchte mittlere Hamming-Distanz auf 0.458 (bei gleicher Form der Verteilung Abb.3).

5. Entscheidungsfindung

Hat man nun den Iriscode einer Person bestimmt, muss man diesen mit denen in der Datenbank gespeicherten vergleichen. Um zu entscheiden ob eine Übereinstimmung vorliegt oder nicht, muss man für den Hammingabstand eine Grenze festlegen. Liegt der Iris-Code unterhalb dieser Schranke so gilt diese Person als identifiziert. Kommt es bei einem Vergleich (engl. auch "decision environment") zur Überschneidung der Bereiche, muss eine entsprechende Fehlerrate in Kauf genommen werden.

Desweiteren haben noch äußere Störgrößen wie Staub, Kratzer, unterschiedliche Kameras, unterschiedliche Beleuchtung, etc. Einfluss auf den Entscheidungsgehalt. Deshalb gilt es diese so gering wie möglich zu halten. John G. Daugman setzte eine Entscheidungsschranke von 0.33 fest.

Der Vorgang des Matchings dauert in der Praxis 1-2 Sekunden. Auf einer 300Mhz Sun Workstation werden nach diesem Algorithmus etwa 100.000 Codes pro Sekunde verglichen.

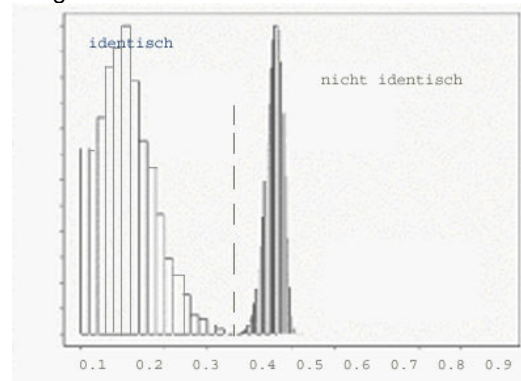


Abb.3: Dieses Bild zeigt die HD-Werte unter nicht idealen Bedingungen. Die Werte der richtig identifizierten Iriden "schwimmt" etwas über den Bereich von 0.3 hinaus, wobei sich die Mehrheit doch bei 0.1-0.2 befindet. Der Wert der unterschiedlichen Iriden hingegen veränderte sich kaum.

6. Realisierung

Aufgrund der hohen Kosten gibt es sowohl Systeme für den privaten als auch öffentlichen Gebrauch.

6.1 System für den öffentlichen Bereich

Im öffentlichen Gebrauch ist eine schnelle und bequeme Erkennung notwendig. Mithilfe zweier Weitwinkelkameras wird die Position des Kopfes und der Augen bestimmt. Für die Nahaufnahme der Iris wird eine hochauflösende Infrarotkamera verwendet, die mithilfe eines computergesteuerten Spiegels ausgerichtet wird. Es wird hierbei das Gesicht mit ultraviolettem Licht (700 - 900 nm, unsichtbar für den Benutzer) bestrahlt, um die Strukturen der Iris besser hervorzuheben. Zusätzlich kommt noch ein sog. „gaze director“ zum Einsatz, der den Benutzer an die richtige Position weist (vgl. [4]).

6.2 System für den privaten Bereich

Beim privaten Gebrauch ist ein höherer Aufwand bei der Identifikation nötig. Außerdem wird die Kooperation des Benutzers vorausgesetzt, da der Benutzer eine meist normale Digitalkamera, selbst positionieren muss [4].

6.3 Performance

Der Aufwand bei der Erzeugung der Iriscodes ist, im Vergleich zu anderen biometrischen Erkennungsverfahren, sehr hoch. Der Vergleich der Codes untereinander läßt sich jedoch durch schnelle Operationen realisieren (vgl. Hammingabstand-Formel (S.2)). Daher eignet sich dieses Verfahren gut für große Datenbanken.

7. Zusammenfassung

Das derzeitige Verfahren weist sehr viele Vorteile gegenüber dem ursprünglichen Verfahren von John G. Daugman auf, da es nicht nur noch unter Laborbedingungen durchgeführt werden kann, sondern auch praktische Anwendung findet. Aufgrund der Erweiterung des Codes um den Maskcode verlieren kleine Störungen und Fehler im

Bild stark an Bedeutung. Darüber hinaus ist dieses Verfahren sehr schnell durchführbar, da die extrahierten Informationen der Bilder nur 512 byte lang sind. Alle bisherigen

Tests zeigen, dass die Iriserkennung wohl ein System für die Zukunft sein wird. Die Ergebnisse sind durchgehend positiv, und in den nächsten Jahren wird sich wohl auch noch einiges bezüglich der Praktikabilität ändern. Denn die derzeitigen Systeme haben noch den Nachteil, daß sie relativ teuer sind und zudem einige Systeme schwierig zu handhaben sind. Bekommt man diese Dinge in den Griff, wird die Iriserkennung noch eher früher als später auf vielen Gebieten zum Einsatz kommen.

8. Literatur

- [1] John Daugman (2001)
How Iris Recognition Works
www.CL.cam.ac.uk/users/jgd1000/irisrecog.pdf
- [2] John Daugman, Cathryn Downing.
Gabor Wavelets for Statistical Recognition.
The Handbook of Brain Theory and Neural Networks, MIT PRESS 1995, S. 414-420
- [3] W.W. Boles and B. Boashash,
"A Human Identification Technique Using Images of the Iris and Wavelet Transform",
IEEE Transactions on Signal Processing, Vol. 46, No.4, April 1998
- [4] M. Negin, Thomas A. Chmielewski Jr., Marcos Salganicoff, Theodore A. Camus, Ulf M. Cahn von Seelen, P eter L. Venetianer, Guanghua G. Zhang.
An Iris Biometric System for Public and Personal Use. Computer 33/2(2000), S. 70-75.
- [5] Yeunggyu Park, Hoonju Yun, Myongseop Song, Jaihie Kim.
A Fast Circular Edge Detector for the Iris Region Segmentation. Lecture Notes in Computer Science 1811(2000), S. 417-423.
- [6] Homepage of John G. Daugman
<http://www.cl.cam.ac.uk/users/jgd1000>