

Beate Meffert
Sascha Deschler
Sebastian Hinz
Gerhard Lüth

Biometrik

Ein aktueller Forschungsgegenstand

Exponat auf der CeBIT 2003

Wir haben uns daran gewöhnt: Mit Geheimzahlen oder Passwörtern können wir zu Bargeld kommen, elektronische Briefe lesen, das Handy benutzen oder ein Online-Ticket bei der Bahn kaufen. Mit jeder neuen Anwendung nimmt aber auch die Anzahl der uns abverlangten Wort-Sonderzeichen-Kombinationen zu, die Freude an der Nutzung derartiger Systeme dadurch eher nicht. Alternativen werden benötigt. Biometrische Identifikationsverfahren sind eine solche Alternative. Hier treten an die Stelle personenbezogener Passwörter oder Geheimzahlen personengebundene biometrische Merkmale wie z. B. der Fingerabdruck oder einfach die Geometrie des Gesichts. Damit ist der Personenbezug sicherer hergestellt als bei einem Passwort, das auch von anderen Personen benutzt werden kann. Die Identifikation ist bequemer, da man sich kein Passwort merken muss, und schließlich kann sie auch preiswerter sein. Der Einsatz einer biometrischen Identifikation wirft jedoch eine Reihe neuer Probleme auf, die von der technischen Leistungsfähigkeit über sozialwissenschaftliche Fragen bis zum Verbraucher- und Datenschutz reichen. – Ein breites Anwendungsfeld für die biometrische Identifikation ist die Zugangskontrolle. Bei dem auf der CeBIT 2003 ausgestellten System handelt es sich um ein elektronisches Zugangskontrollsystem, dessen Leistungsumfang um die Erfassung und Auswertung eines biometrischen Merkmals erweitert worden ist.

Biometrie, Biometrik, biometrische Identifikation

Anfang des 20. Jahrhunderts wurde unter Biometrie (engl.: biometrics) die Entwicklung statistischer Methoden für die Biologie verstanden. Der Einfluss des Wetters auf die Ernteerträge, die Wirksamkeit medizinischer Therapien oder die Auswirkungen von Wasserverschmutzungen auf den Fischbestand sind nur einige Beispiele für traditionelle biometrische Fragestellungen. In jüngerer Zeit wird der Begriff nun auch für Methoden gebraucht, die sich mit der Identifikation von Personen mit Hilfe biologischer Merkmale beschäftigen. Bei Verwendung der Bezeichnung Biometrik soll meist der Aspekt der Automatisierung hervorgehoben werden (s. Infobox).

Infobox

| | |
|------------------------------------|--|
| <i>Biometrie</i> | ist ursprünglich die Wissenschaft und Technologie von der Messung und der statistischen Analyse biologischer Signale |
| <i>Biometrik</i> | ist das automatisierte Messen von spezifischen Merkmalen eines Lebewesens |
| <i>Biometrische Identifikation</i> | ist die Unterscheidung der mittels Biometrik erfassten Personenmerkmale |
| <i>Authentifizierung</i> | ist das Sicherstellen der Identität einer Person (die Person ist tatsächlich diejenige, für die sie sich ausgibt) |



Biometrische Merkmale werden in physiologische Merkmale und Verhaltensmerkmale eingeteilt. Zu den physiologischen Merkmalen gehören z. B. das Fingerbild, die Handgeometrie, das Gesichtsbild, die Regenbogen- und die Netzhaut des Auges. Zu den Verhaltensmerkmalen zählen u. a. die Art des Sprechens, das Schreibverhalten, der Rhythmus und die Geschwindigkeit des Tastenanschlags und die Mimik.

Das Erkennen von Gesichtern

Im Folgenden sollen zwei Ansätze zum Erkennen von Gesichtern beschrieben werden. Sie sind ein erstes Ergebnis der Zusammenarbeit zwischen der Lüth & Dümchen Automatisierungsprojekt GmbH und dem Lehrstuhl Signalverarbeitung und Mustererkennung des Instituts für Informatik der Humboldt-Universität zu Berlin. Die Fa. Lüth & Dümchen entwickelt seit Jahren erfolgreich Systeme für die Betriebsdatenerfassung mit den Komponenten Zeiterfassung, Produktions- und Maschinendatenerfassung und Zugangskontrolle. Ziel des gemeinsamen Forschungsprojekts ist die Einbeziehung biometrischer Merkmale in die Zugangskontrolle, wobei vorerst nur die Gesichtsgeometrien erfasst und ausgewertet werden sollen.

Es geht also darum, die charakteristischen Merkmale eines Gesichts schnell in einen einzigartigen Satz von Zahlen umzusetzen, mit dessen Hilfe dann eine sehr genaue Authentifizierung erfolgen kann. Die dabei auftretenden Probleme liegen auf der Hand und erinnern an diejenigen des menschlichen optischen Erkennungssystems. So erschwert schon das Tragen einer Brille oder einer anderen Haarfrisur das Wiedererkennen. Unterschiedliche Beleuchtung, Schattenbildungen oder Spiegelungen in der Kamera wirken sich ebenfalls negativ auf die Wiedererkennung aus. Ein gutes System muss die Fehlerquellen und Täuschungsmöglichkeiten kennen und berücksichtigen.

Erster Ansatz: Template Matching

Das Verfahren »Template Matching« nutzt die Tatsache aus, dass bei jedem Gesicht, das halbwegs frontal in eine Kamera blickt, die beiden Augen und der Mund in einem bestimmten Muster angeordnet sind. Zum Beispiel liegt die horizontale Position des Mundes relativ genau in der Mitte zwischen den horizontalen Positionen der Augen, beide Augen sind ungefähr gleich hoch und gleich breit, die Breite der Augen steht in einem bestimmten Verhältnis zur Gesamtbreite des Gesichts. Des Weiteren wird angenommen, dass Augen und Mund in einem Gesicht gut durch horizontale Kanten repräsentiert werden können. Die Suche nach einem Gesicht in einem Bild beschränkt sich dann darauf, drei zusammenhängende horizontale Kanten zu finden, die in ihrer Größe und Anordnung dem vorgegebenen Muster Auge-Auge-Mund entsprechen (Template Matching).

Kantendetektion und Binarisierung

Zuerst wird im Grauwertbild mit Hilfe eines lokalen Faltungsoperators eine einfache horizontale Kantendetektion durchgeführt. Da die Grauwerte nicht von Interesse sind, wird als nächstes mit einer Schwellwertoperation ein Binärbild erzeugt, das nur noch schwarze und weiße Regionen aufweist (Abb. 1).

Segmentierung zusammenhängender Regionen

Im Binärbild mit den horizontalen Kanten muss nun die genaue Position zusammenhängender Regionen ermittelt werden. Bildpunkte werden dann als zusammenhängend bezeichnet, wenn ihr Abstand einen bestimmten Wert nicht überschreitet. Gespeichert wird nun die Größe und Position der jeweils kleinsten Rechtecke (Segmente), die die zusammenhängenden Regionen enthalten (Abb. 2). Zur Verkürzung der Rechenzeit werden anschließend diejenigen Segmente eliminiert, die eine bestimmte Größe unterschreiten und die höher als breit sind. Sie enthalten offensichtlich nicht die Gesichtsmerkmale für Augen und Mund.

Gruppierung der Segmente

Für das eigentliche Template Matching wird nun für jede mögliche Dreierkombination der Segmente eine Reihe von Kennzahlen berechnet. Sie geben für einzelne geometrische Verhältnisse an, wie stark die Anordnung der aktuellen drei Segmente vom idealen Gesichtsmuster abweicht. Dies sind beispielsweise das Verhältnis des Augen-Abstands zum Auge-Mund-Abstand oder das Verhältnis der Augenbreiten. Jede Dreierkombination von Segmenten wird nun daraufhin überprüft, ob die einzelnen Kennzahlen bestimmte Grenzwerte einhalten. Ist dies der Fall, so gilt diese Kombination als Gesichtskandidat und kann im nächsten Schritt genauer untersucht werden.



Abb. 1 (links)
Binarisierung des Grauwertbildes

Abb. 2 (rechts)
Segmentierung zusammenhängender Regionen

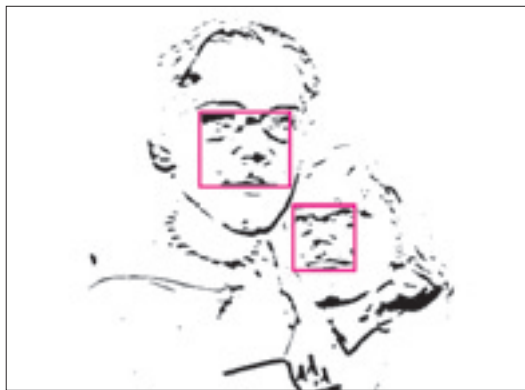


Abb. 3
Ergebnis des Template Matchings

Finden der Gesichter

Zum Finden der Gesichter wird die Tatsache ausgenutzt, dass im Bereich der Augen und des Mundes die meisten schwarzen Bildpunkte liegen. Jede Region, die einem Gesichtskandidaten entspricht, wird deshalb in drei rechteckförmige Teilgebiete aufgeteilt, für die die Anzahl der schwarzen Bildpunkte bestimmt wird. Entspricht nun die Verteilung der schwarzen Punkte auf die einzelnen Rechtecke einem bestimmten Verhältnis, so gilt der Kandidat als detektiertes Gesicht (Abb. 3).

Das Verfahren hat u.a. den Vorteil, dass in einem Bild Gesichter unterschiedlicher Größen gefunden werden können. Außerdem werden mit der Gesichtsdetektion gleichzeitig auch die Positionen der Augen und des Mundes ermittelt.

Der Nachteil des Verfahrens besteht darin, dass Gesichter nur dann zuverlässig gefunden werden, wenn frontal und gerade in die Kamera geblickt wird. Bei einer Zugangskontrolle wird dies allerdings unproblematisch sein.

Zweiter Ansatz: Hautfarbenerkennung

Bei der ersten groben Durchmusterung einer Szene hat es sich als sehr effektiv erwiesen, nach Regionen zu suchen, die der Gesichtsfarbe einer Person entsprechen könnten. Durch diesen Vorverarbeitungsschritt kann der Suchraum für die sehr aufwändigen Verfahren der Erkennung von Gesichtsmerkmalen drastisch eingeschränkt werden. Ein weiterer Vorteil



Abb. 4
 Gruppieretes Gebiet hautfarbener Pixel als Basis zur Berechnung einer passenden Ellipse

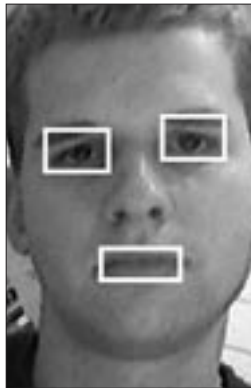


Abb. 5
 Hervorhebung der dunklen Regionen durch einen Erosions- und Schärfungsoperator



Abb. 6
 Gefundene Gesichtsmerkmale Augen und Mund

gegenüber anderen Verfahren der Gesichtsdetektion ist, dass die Farbenerkennung orientierungsinvariant, d.h. unabhängig von Lage und Winkel des menschlichen Gesichts ist. Außerdem genügt für die Erkennung ein wesentlich kleineres und gröberes Bild. Das Verfahren basiert auf dem HSV-Farbmodell, das sich an der menschlichen Farbwahrnehmung orientiert. Die drei Komponenten *Hue* (Farbton), *Saturation* (Sättigung) und *Value* (Helligkeit) des Farbmodells bestimmen die vom Menschen wahrgenommene »Farbe« eines Bildpunktes. Für die Erkennung der Gesichtsfarbe genügt die Betrachtung des Farbtons *H* und der Sättigung *S*. Das Ignorieren der Helligkeitskomponente *V* bewirkt eine hohe Robustheit gegenüber Beleuchtungsänderungen und Schattenbildungen. Über empirisch ermittelte *H*- und *S*-Wertebereiche für Hautfarbe kann nun eine Lokalisierung von Haut im Kamerabild erfolgen. Allerdings werden auch hautfarbene Bildpunkte in anderen Regionen gefunden. Im nächsten Schritt der Bildbearbeitung werden die detektierten Bildpunkte gruppiert. Jede dieser Gruppen muss eine

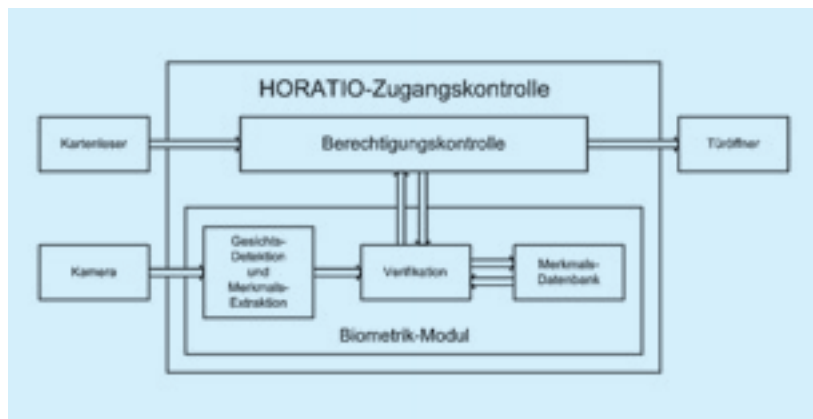
vorher festgelegte Mindestanzahl von Bildpunkten enthalten. In den meisten Fällen bleiben nur wenige gruppierte Gebiete übrig, auf die sich der Algorithmus in den Folgeschritten beschränken kann.

Das Gesicht als Ellipse

Der Algorithmus prüft nun in einem nächsten Schritt, ob es sich bei den gruppierten Gebieten um eine Gesichtsform handelt. Da die ovale Form des Gesichts näherungsweise durch eine Ellipse beschrieben werden kann, entspricht die Suche nach Gesichtern der Suche nach elliptischen Formen. Für jedes gruppierte Gebiet wird die am besten passende Ellipse berechnet. Sie ist definiert durch ihren Mittelpunkt, die Orientierung und die Länge der Haupt- und Nebenachsen (Abb. 4). Sind die Ellipsen nicht senkrecht ausgerichtet, so wird eine Drehung vorgenommen.

Mit Hilfe einer Bewertungsfunktion wird anschließend geschätzt, wie gut die gruppierten Gebiete durch die Ellipse genähert worden sind. Übrig bleibt eine weiter reduzierte Anzahl von ellipsenförmigen Gruppen als Gesichtskandidaten.

Abb. 7
 Einbindung der Algorithmen in die Zugangssoftware HORATIO®



Suche nach Gesichtsmerkmalen

Nur aus weißen und schwarzen Regionen bestehende Bilder sind für die Erkennung von Gesichtsmerkmalen ungeeignet. Es ist deshalb erforderlich, die potentiellen Gesichtsregionen auf das grauwertige Originalbild zu übertragen, um dort nach Mund und Augen zu suchen. Dies kann in einer vergleichsweise aufwändigen Prozedur durch die Schritte Erosion, Schärfung, Mittelwertberechnung und Glättung erfolgen. Der Bildverarbeitungsschritt Erosion bewirkt, dass zunächst die dunklen Regionen um die Augen und den Mund deutlicher hervorgehoben werden. Die Werte

der mittleren Helligkeiten in einer bestimmten Umgebung der dunklen Regionen geben schließlich Aufschluss darüber, ob eine dunkle Region einem Gesichtsmerkmal entspricht (Abb.5).

Ist dies der Fall, werden seine Koordinaten gespeichert. Zuletzt wird mit Hilfe einer Bewertungsfunktion die relative Lage der gefundenen Gesichtsmkmale Auge, Auge, Mund geprüft. Entspricht sie vorgegebenen Grenzen, ist ein Gesicht gefunden. Abb. 6 zeigt als Ergebnis die berechnete elliptische Gesichtsform und die Gesichtsmkmale Augen und Mund.

Integration des Algorithmus in die Zugangssoftware HORATIO®

Durch Integration der Gesichtserkennungsalgorithmen in die Zugangssoftware HORATIO® der Lüth & Dümchen Automatisierungsprojekt GmbH kann nun die Zugangskontrolle erfolgen. Dies geschieht in der Regel durch Vergleich der Merkmale einer Person mit den in einer Datenbank abgelegten Merkmalen. Stimmen die beiden Merkmalssätze in einem vorgegebenen Maß überein, wird der Zugangssoftware von Horatio die Authentifizierung mitgeteilt. Abb. 7 zeigt das Zusammenwirken der einzelnen Komponenten.

Die Gesichtserkennung arbeitet sehr schnell und ist vor Ort flexibel handhabbar. Sie ist gesundheitlich absolut unbedenklich. Außerdem können aus den abgespeicherten Merkmalen verfahrensbedingt keine Fotos von Personen gewonnen werden.

Weitere Forschungsarbeiten sind notwendig, um störende Einflüsse auf die Algorithmik zu erkennen und zu minimieren, damit eine nahezu fehlerfreie Gesichtsfindung in Echtzeit garantiert werden kann. Die Anwendungen solcher intelligenten und erkenntungssicheren Systeme geht über die Zugangskontrolle weit hinaus. Als Beispiel seien Überwachungssysteme für Autofahrer genannt, die über die Verfolgung von Gesichts- und Augenbewegungen Unfälle durch Sekundenschlaf verhindern helfen.

Prof. Dr. Beate Meffert

Jg. 1947. Studium der Theoretischen Elektrotechnik an der TH Ilmenau, Promotion (A) 1976, Promotion (B) 1983. 1989 Berufung zur Ordentlichen Professorin an der Sektion Elektronik der Humboldt-Universität. Seit 1993 Professorin für das Fachgebiet Signalverarbeitung/Mustererkennung am Institut für Informatik der Humboldt-Universität.

Lehr- und Forschungsgebiete: Signalverarbeitung, Mustererkennung und Bildverarbeitung.

Kontakt

Humboldt-Universität zu Berlin
 Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät II
 Institut für Informatik
 Sitz:
 Rudower Chaussee 25
 D-12489 Berlin
 Tel.: (030) 2093-3043
 Fax: (030) 2093-3045
 E-Mail: meffert@informatik.hu-berlin.de

Sascha Deschler

Jg. 1979. Abitur 1998 am Katholischen Sankt-Marien-Gymnasium in Berlin, seit 1999 Studium der Informatik an der Humboldt-Universität.

Sebastian Hinz

Jg. 1976. Abitur 1995 am Georg-Herwegh-Gymnasium in Berlin, von 1997-99 Studium der Technischen Informatik an der Technischen Universität Berlin, seit 1999 Studium der Informatik an der Humboldt-Universität.

Dr.-Ing. Gerhard Lüth

Jg. 1949, Studium der Technischen Kybernetik an der TH Magdeburg, Diplom 1973 (Biokybernetik); mehrjährige Tätigkeit (Projektion und Entwicklung) in der Industrie (Elektroprojekt und Anlagenbau, jetzt Elpro AG), ab 1981 Forschung und Lehre an der FHS für Landmaschinenentechnik, Promotion 1989 (Optische Sensoren); seit 1990 Geschäftsführer der LÜTH & DÜMCHEN Automatisierungsprojekt GmbH.

Kontakt

Lüth&Dümchen
 Automatisierungsprojekt GmbH
 Thulestr. 7
 D-13189 Berlin
 Tel.: (030) 4 73 39 99
 Fax: (030) 4 73 39 98
 E-Mail: horatio@horatio.de

Internet: www.horatio.de



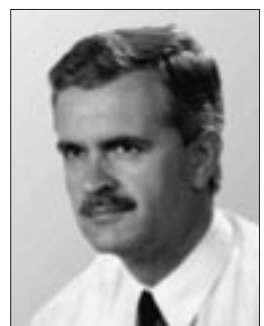
Beate Meffert



Sascha Deschler



Sebastian Hinz



Gerhard Lüth