

Seminararbeit Projektgruppe PC² - CSI Fingerprint Sensortechnologien

Samira Brulic

29.Mai.2007

Vorwort:

Die Projektgruppe CSI (SS 2007) hat zum Ziel, Verfahren zu entwickeln, um Auswertungen biometrischer Merkmale zu beschleunigen. Die Seminarphase dient der Einarbeitung in die Grundlagen der Thematik. Zu diesem Zweck wurde der Themenbereiche unterteilt, um eine spezifische Analyse zu ermöglichen. Unsere Gruppe, hatte als Hauptziel die Beschreibung der Gebiete Sensortechnologien und Featureextraktion.

In den ersten Schritten wird die Relevanz eines qualitativ hochwertigen Fingerabdruckes für die Featureextraktion erläutern. Dabei gehe ich auf die Problematiken ein, die durch Benutzer und Technik entstehen können.

Im Kapitel 2 werden einzelne Sensortechnologien erläutert. Dabei werden nur die gängigsten Technologien analysiert. Das antiquierte Tintenbasierte Verfahren (offline Verfahren), bei dem die Oberfläche eines Fingerabdruckes mit einer speziellen Tinte versehen und der Finger anschließend über ein leeres Blatt gerollt wird, um den so entstandenen Abdruck einzuscannen und zu digitalisieren, [Maltoni, 2005] bleibt außen vor, da es nicht zum Spektrum unseres Aufgabengebietes zählt. Detailliert wird dabei auf den Aufbau der Technologien der Fingerprintscanner eingegangen, um Vor- und Nachteile sowohl der Sensoren, als auch deren Benutzerfreundlichkeit herauszustellen.

Aufbauend auf Kapitel 2, werden im 3. Abschnitten verschiedene, in der Praxis eingesetzte, Modelle von Fingerprintscannern vorgestellt. Das Ergebnis der Analyse soll zur Entscheidungsfindung (Kauf eines Sensors für den praktischen Teil des Projektes) dienen.

Abschnitt 4 wird einen Ausblick auf zukünftige Technologien und auf den heutigen stand der wissenschaftlichen Forschung geben.

Meine Recherchen zu dieser Arbeit basieren zum großen Teil auf dem Buch „Handbook of Fingerprint Recognition (Springer Verlag)“. Zudem habe ich Information aus unterschiedlichen Zeitschriftenartikeln genutzt. Eine ausführliche Quellenangabe finden Sie im Anhang dieser Arbeit (Literaturverzeichnis).

1. Relevanz der Bildqualität

In unserer Projektgruppe wird ein Automatic Fingerprint Identification System (AFIS) implementiert, das Fingerabdrücke als biometrisches Merkmal zur Identifikation von Personen heranzieht. Diese Entscheidung wird motiviert aus der Beobachtung, dass Fingerabdrücke allen Anforderungen an ein biometrisches Merkmal genügen. Einige Merkmale sind:

- Universalität (jede Person sollte die Merkmale haben)
- Einzigartigkeit (Merkmale müssen so einzigartig sein, dass sie möglichst nur eine einzigen Person eindeutig zugeordnet werden können)
- Persistenz (das Merkmal soll stabil sein, d.h. es sollte sich im Laufe der Zeit kaum verändern)
- Merkmalquantität (das Merkmal sollte quantitativ messbar sein)
- Akzeptanz (sollte von den Personen akzeptiert werden)
- Performanz (Zeitaufwand & Speichergröße)
- Sicherheit (sicher im Hinblick auf Hintertüren & nicht autorisierten Zugriffen)

Die Basis jedes AFIS ist das Enrollment, nur wenn das Enrollment sorgfältig durchgeführt wird, lassen sich genügend Daten eines körpereigenen Merkmals erfassen, damit für eine spätere Erkennung, auch bei einem schlechtem aktuellem Bild, noch viele Übereinstimmungen vorhanden sind.

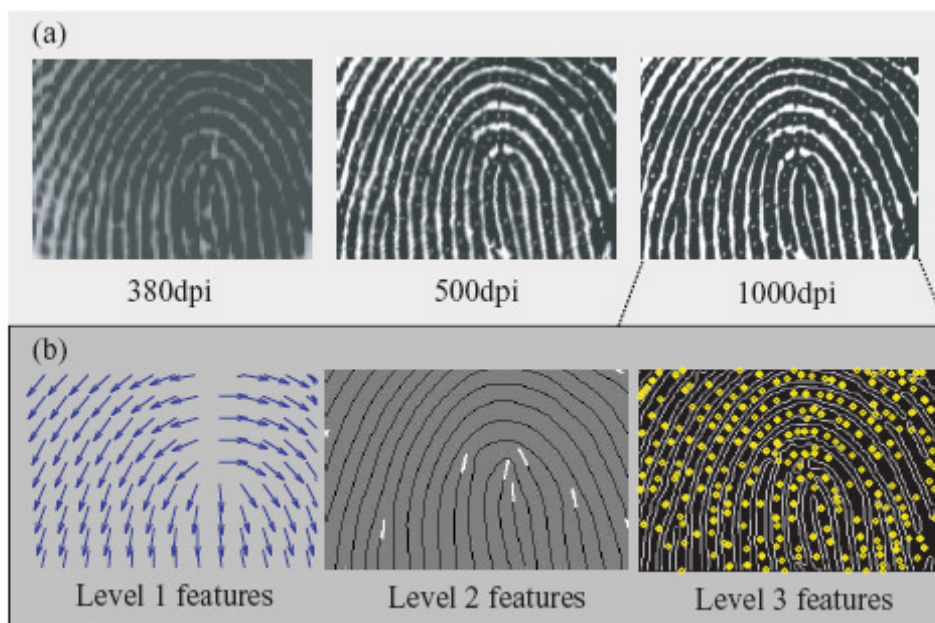


Abb.1 Fingerabdruckbilder mit unterschiedlicher Auflösung

Schon beim Aufzeichnen des Bildes kann es dabei zu Problematiken kommen, die eine schlechte Auswirkung auf das spätere Matching haben können. Je nach benötigten Anforderungen, (s.Abb.1) ob globale Merkmale (Level 1 Feature¹), lokale Merkmale (Level 2 Feature²) oder sogar noch feineren Merkmalen (Level 3 Feature³), spielt die Auflösung des Bildes eine wesentliche Rolle. Dabei gilt zum heutigen Stand 500dpi als FBI-Standard, und wird auch von den meisten Fingerprintsensoren geboten. [Maltoni, 2005]

Weitere nicht zu vernachlässigende Probleme, bei der Erzeugung hochwertiger Bilder, sind auf der Benutzerseite zu suchen. Da ein, zwar hoch auflösendes Bild, von einem aber verschmutzten Finger leider auch keine qualitativen Merkmale erkennen lässt. Auch das Know-how des Benutzers über die Art und Weise der Fingerführung auf dem Sensor spielt eine Rolle. Besonders das Sweeping (näheres dazu in Kapitel 2) ist im Gegensatz zum Touching mit einer gewissen Anlernphase verbunden.

Neben der Verschmutzung ist auch die Feuchtigkeit des Fingers ausschlaggebend für das Ergebnis des Bildes.

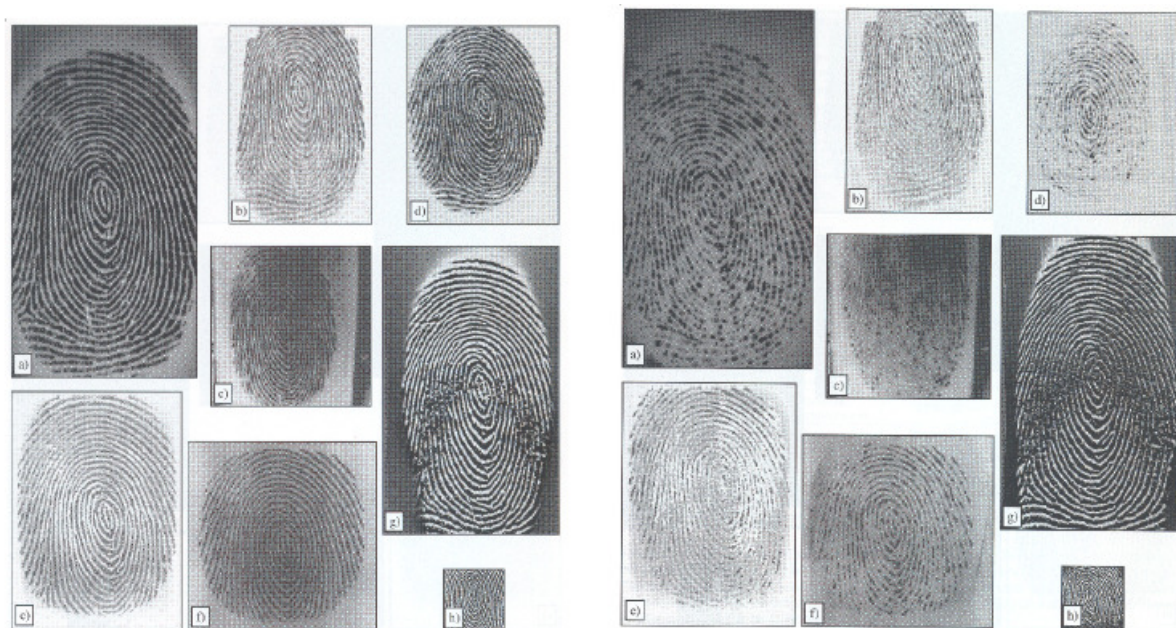


Abb.2⁴ Visuelle Beispiele normal vs. trocken

¹ Level 1 Feature: Orientierungsfeld

² Level 2 Feature: Minutien

³ Level 3 Feature: Poren

⁴ a/b) FTIR, c) Sheet prism, d) Elektro-optisch, e/f) Kapazitiv, g) Thermal Sweep, h) Elektrik Field

2. Sensor-Technologien

Heute finden sich bereits in einigen alltäglichen technischen Geräten, Fingerprints Scanner zur Authentifizierung, so dass eine Passworteingabe nicht mehr nötig ist. Solche Sensoren sind aus Kostengründen meist nicht wirklich sicher und führen auch häufig zu Fehlern. Der Benutzer beispielsweise, der auf seine Daten im Laptop nicht mehr zugreifen kann, weil der Sensor kein passendes Bild zum Matching und der damit verbundenen Authentifizierung liefert.

Andere Einsatzgebiete sind typischerweise Zeiterfassungssysteme und Zutrittskontrolle. Natürlich auch weiterhin in der Forensik, Identifikation und Verifikation.

Im weiteren Abschnitt werde ich den Aufbau der heutzutage grundlegenden Sensortechnologien zur Bilderzeugung erläutern. Die vierte Technologie, das Ultraschallverfahren, ist für den kommerziellen Gebrauch aufgrund der noch nicht ausreichend erforschten, und somit kostenintensiven Technologie noch nicht im alltäglichen Gebrauch zu finden. Da das Ultraschall-Verfahren aber zum jetzigen Stand eine hohe Bildqualität erzielt, werde ich auch einen Einblick auf deren genaueren Aufbau geben.

Das Prinzip der einzelnen Sensortechnologien ist immer dasselbe, es wird aus dem Finger ein Abbild in 8-Bit-Graustufen erzeugt. Die Funktionsweisen hingegen sind sehr unterschiedlich, jede hat ihre Vor- und Nachteile die für das Einsatzgebiet entsprechend gegeneinander Abgewogen werden sollten.

Optische – Sensoren

Reflexiv

Die älteste und am meisten verbreitete Technik die in Fingerabdruckscannern zur Bildakquise genutzt wird ist die FTIR (Frustrated Total Internal Reflection)

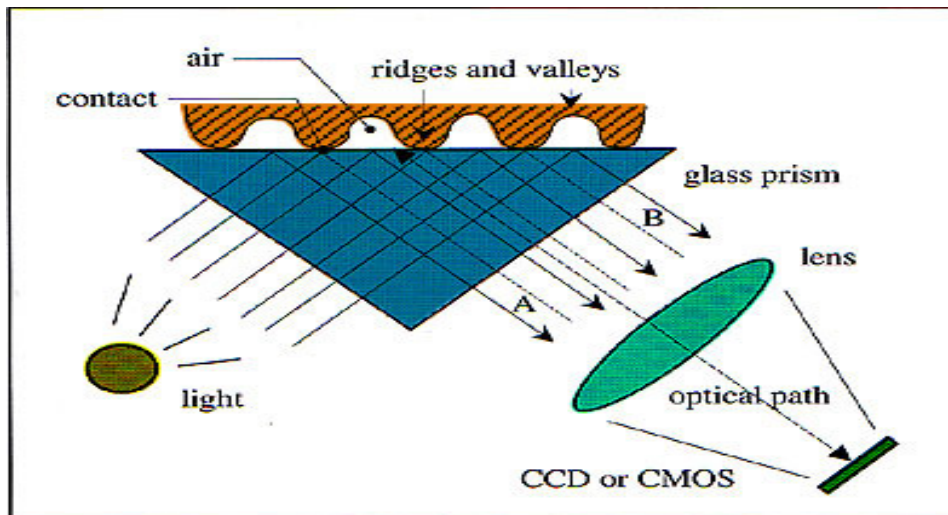


Abb:3 FTIR (Frustrated Total Internal Reflection)

Dabei berührt der Finger die Prismaoberfläche. Die Ridges stehen dabei in direktem Kontakt zu der Prismaoberfläche wohingegen die Täler naturgemäß in einer gewissen Distanz verweilen. Nun wird von einer bestimmten Seite Licht auf das Prisma emittiert. Das Licht, welches das Prisma durchläuft und auf den Finger trifft, wird an den Ridges gebrochen und somit absorbiert. Das Licht hingegen, welches auf die Valleys emittiert wird, wird komplett reflektiert. Dies hat folgende Gründe:

- Wenn Licht auf ein Material mit einem kleineren Brechungsindex stößt, wie beim Übergang von Glas zu Luft, hängt die Brechung des Lichts von dessen Winkel ab.
- Über einem kritischen Winkelwert wird das Licht nicht gebrochen, sondern komplett innerhalb des Materials reflektiert.
- Berührt ein anderes Material das Material in welchem das Licht reflektiert wird, wird das Licht nicht reflektiert sondern in verschiedenste Richtungen gebrochen.

Viel klarer wird diese Beschreibung aus der Abbildung 3. Dort trifft Licht auf einen CCD oder CMOS Sensor, welches ein digitales Bild aus dem einfallenden Licht erzeugt.

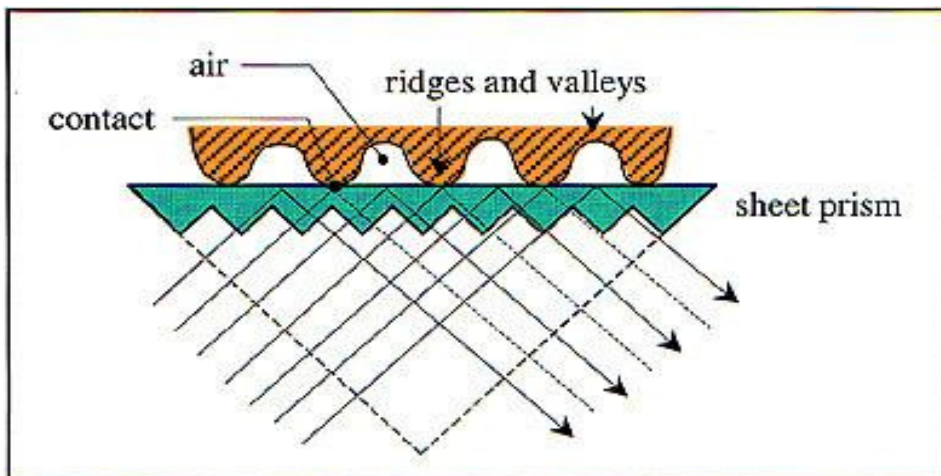


Abb.4: FTIR mit Sheet Prism

Abbildung 4 zeigt ein FTIR mit zusammengesetztem Prisma dem Sheet Prism, das den Vorteil hat, die Größe des Sensors zu verkleinern, allerdings auf Kosten der Bildqualität.

Transmissiv

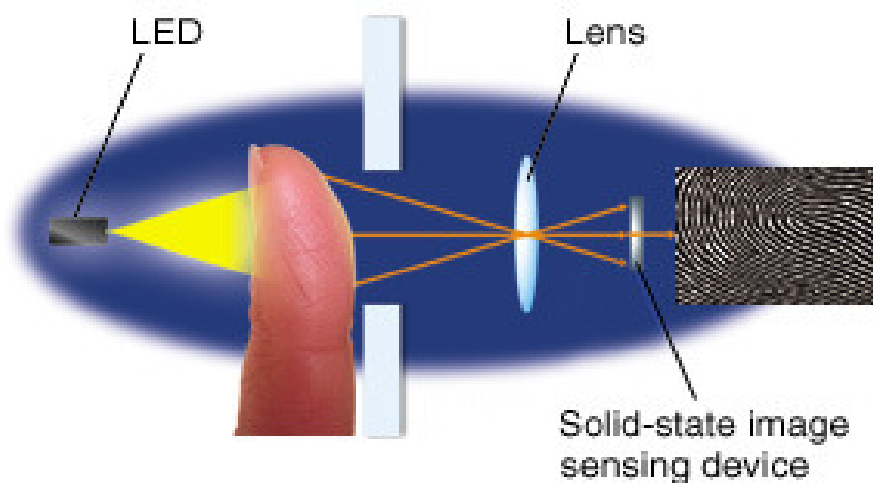


Abb. 5: Transmissiver Sensoraufbau

In Abbildung 5 zeigt sich die Aufbauart der Transmissiven Technologie, sie basiert stark anlehnd an die FTIR, nur das die Lichtquelle, über der Oberseite des Fingers erzeugt wird, die Bilderzeugung erfolgt analog zu dem der FTIR.

Ein Vorteil dieser Technologie, wie in der Abbildung zu erkennen, ist das sie Kontaktlos erfolgen kann, wie Ich bereits einleitend erwähnt habe ist die Verschmutzung der optischen Sensoren durch latente Abdrücke, ein nicht zu vernachlässigender Nachteil, im Bezug auf die Konstante Bildqualität bei hoher beanspruchung.

Elektro-optisch

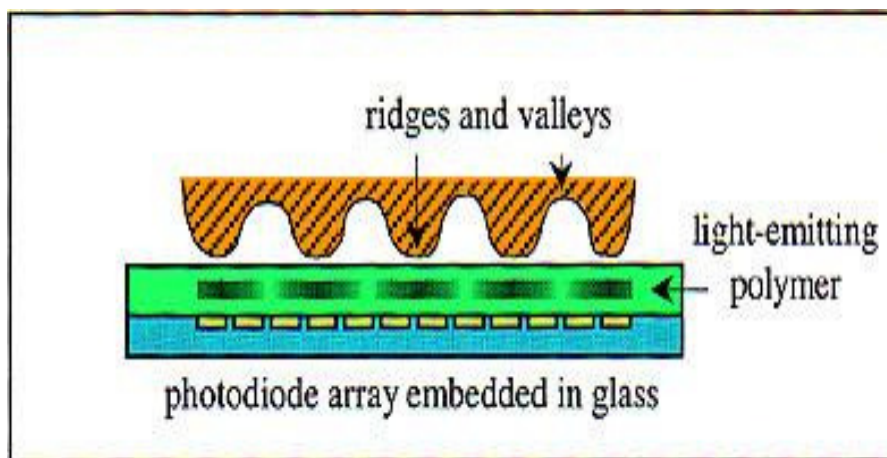


Abb.6: Aufbau eines Elektro-optischen Sensors

Elektro-optische Sensoren bestehen aus zwei Schichten: ein Polymer das bei entsprechend angelegter Spannung Licht emittiert, dessen Stärke vom auf einer Seite angelegten Potential abhängt. Da Ridges das Polymer berühren und Valleys nicht, ist das Potential unterschiedlich und damit das emittierte Licht. Die zweite Schicht ist ein Array aus Photodioden die das emittierte Licht in ein digitales Bild umwandeln. Werden sehr klein, Qualitativ aber schlechter als bei FTIR.

Kontaktlos

Kontaktlos Bedeutet, das der fingert nicht auf einem Prisma direkt aufliegt, sondern er regelrecht in der Luft hängt und nur auf einer kleinen stütze liegt, das Bedeutet das sich Latente Abdrücke völlig vermeiden lassen, und eine mögliche Fehlerkennung von falschen Minutien oder eine nicht Erkennung von echten Minutien damit nahezu ausgeschlossen werden kann.

Abschließend lässt sich zur Optischen Technologie noch sagen das sie neben der Möglichkeit der kontaktlosen Realisierung, die sicher schon eine Verbesserung darstellt, noch den Vorteil der Kostenersparnis bietet, da es sich wie bereits erwähnt um die älteste und gängigste Technologie handelt. Zudem ist der Sensor weitestgehend Temperaturempfindlich. Und es lässt sich Lebendfingererkennung umsetzen.

Die Lebendfingererkennung ist ein recht neues Verfahren, mit den Sensoren ausgestattet werden, um bei Tauschungsversuchen mit einem toten Finger zu erkennen.

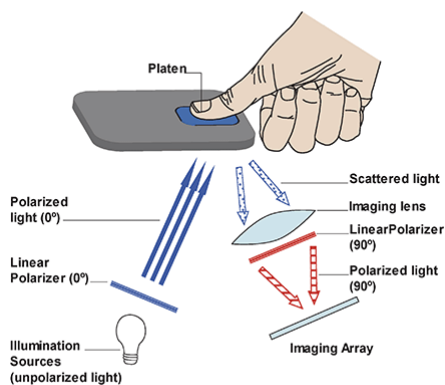
Es haben sich bereits einige mehr oder minder gute Methoden gezeigt, z.B:

Temperraturmessung: In diesem Verfahren, wird neben dem eigentlichen Fingerprint die Temperatur des Fingers gemessen.

Pulsmessung: Bei dem Pulsmessverfahren werden von dem Finger beim auflegen auf den Sensor durch eine integrierte Kamera, ca. 50 Bilder/s erzeugt um zu erkennen ob der Finger einen Pulsschlag hat.

Hämoglobinverhältnisse: Es hat sich gezeigt, das der Sauerstoffgehalt eines lebenden Fingers, unterschiede zu einen toten Finger aufweist. Das lässt sich ähnlich wie der der Transmissiven Technologie, durch durchleuchten des Fingers mit einer Lichtquelle umsetzen.

Multispectral Imager



<http://www.lumidigm.com/lightPrint.html>

Diese Methode der Lebenderkennung arbeitet anhand einer Multispectral analyse. Die unter der Hautoberfläche Lebendmerkmale Analysiert.

Kapazitive Sensoren

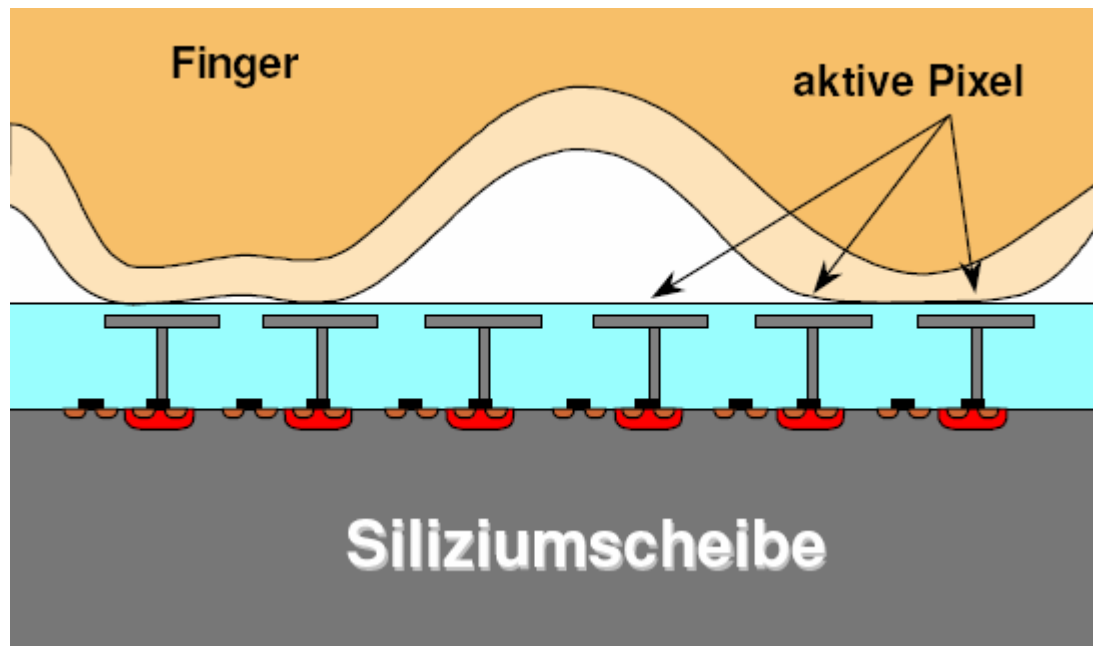


Abb:7 Aufbau eines Kapazitiven Sensors

Kapazitive Sensoren zur Bilderzeugung existieren seit mehr als einer Dekade. Sie messen Kapazitäten zwischen der Fläche eines Silikon-Sensors und der Haut. Dabei bildet der Finger eine Platte des Kondensators und der Sensor die andere. Die gemessenen Kapazitäten werden in einem 8-Bit -Graustufenbild dargestellt. Die Bilder sind qualitativ besser als bei optischen Verfahren, trotz geringerer Messoberfläche. Genauere Angaben über die Haltbarkeit der Geräte stehen noch aus, obwohl die Hersteller behaupten, sie seien hundertmal robuster als optische Geräte. Die kleinere Sensorfläche kann allerdings auch negative Auswirkungen haben, wenn dadurch beispielsweise das Zentrum (Core) bei einer Aufnahme nicht getroffen wird.

Kapazitive Sensoren unterteilen sich noch einmal in die Typen Statisch und Dynamisch dabei ist der wesentliche Unterschied, das die Kapazitätsmessung einmal zwischen den Nachbarelektroden und einmal zwischen Elektrode und Masse/erde.

Diese Technologie ist allerdings recht empfindlich gegenüber Elektrischer Aufladung. Eine Lebenderkennung ist bei dieser Form des Sensors auch noch nicht vorgestellt worden.

Thermische Sensoren

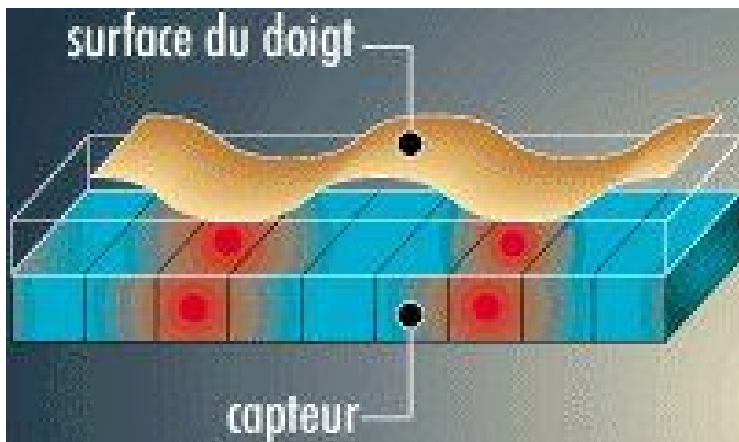


Abb.8 Aufbau eines Thermischen Sensors

Die Sensoren bestehen aus pyro-elektrischem Material das Strom in Abhängigkeit von Temperatur Unterschieden erzeugt. Die Sensoren werden typischerweise warm gehalten um einen großen Unterschied zur Ridge Temperatur zu gewährleisten und werden im Bereich der Ridges abgekühlt. Das erzeugte Bild verschwindet allerdings durch den Temperatenausgleich rasch, sodass eine dynamische Aufnahmemethode ("sweeping") von Vorteil ist. Positiv ist die Robustheit geg. Entladungen.

Ultraschall Sensoren

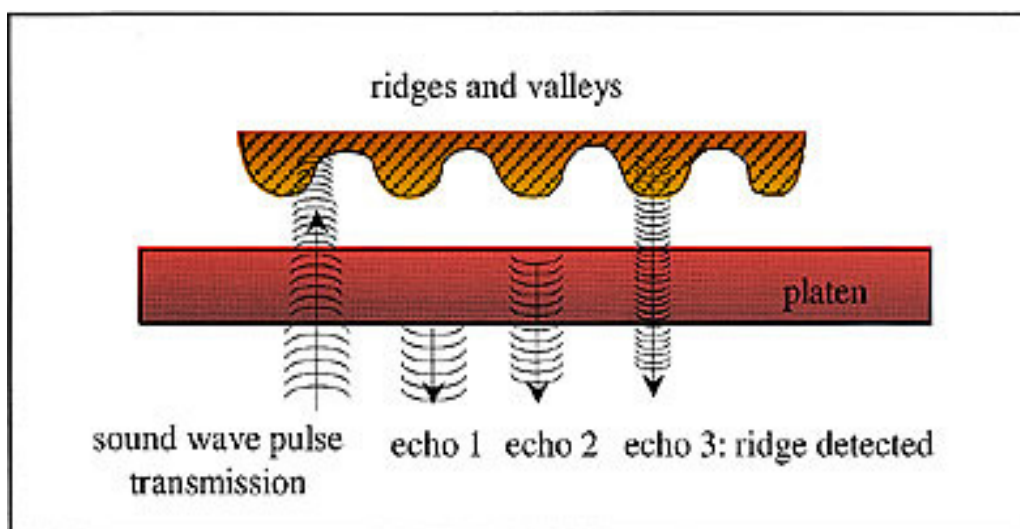


Abb.:9 Aufbau eines Ultraschall Sensors

Die Ultraschall-Technologie ist relativ neu und noch nicht sehr verbreitet, obwohl sie als ein sehr exaktes Verfahren gilt.

Bei dieser Methode sendet das Gerät Ultraschallwellen aus, die von der Umgebung (Finger, Luft, Sensorfläche) unterschiedlich reflektiert werden. Diese Kontaktstreuung wird gemessen und zu einem Bild weiterverarbeitet, das nicht von Schmutz und Kratzern auf der Oberfläche negativ beeinflusst wird.

Selbst Finger mit abgewetzten Oberflächen produzieren noch ein recht gutes Bild, da ihre interne Struktur noch oberflächennah vorhanden ist. Die Größe der Sensorfläche ist beliebig.

Das Verfahren befindet sich noch in der Weiterentwicklung, könnte sich aber in Zukunft durchsetzen

Touching

Das einfache Legen des Fingers auf die Sensorfläche (obwohl hier kein Benutzertraining erforderlich ist) hat einige Nachteile:

Der Sensor kann schnell verschmutzen was die Benutzerakzeptanz und die Aufnahmegenauigkeit verringert.

Ein latenter FP bleibt auf dem Sensor zurück der u.U. "gestohlen" werden kann.

Der Finger wird ev. rotiert auf den Sensor gelegt, was je nach Matching Verfahren problematisch sein kann.

Die Kosten des Sensors sind relativ hoch und durch die Größe steigt auch die Anzahl der fehlerhaften Chips.

Sweeping

Als alternativer Sensoren, über die der Finger gezogen wird, durch die vertikale Bewegung muss der Sensor nur so breit sein wie ein Finger.

Die Höhe muss mehrere Pixel betragen, da sonst eine robuste Kombination der aufgenommenen Streifen nicht möglich ist. Ursprünglich für thermale Sensoren entwickelt, da hier das "Liegenlassen" zu Qualitätsproblemen führt.

Neben den verringerten Kosten, besserer Sauberkeit durch die stetige Reinigung beim

Drüberziehen und Vermeidung der Rotationsproblematik gibt es aber auch Nachteile:

Benutzer benötigen eine Einlernphase um Gleichmäßiges sweeping mit der richtigen Geschwindigkeit durchführen zu können

Der Sensor muss schnell genug arbeiten um der Geschwindigkeit des Darüberziehens folgen zu können.

Das FP-Bild muss aus den Slices rekonstruiert werden was Zeit Kostet und Fehler einführen kann.

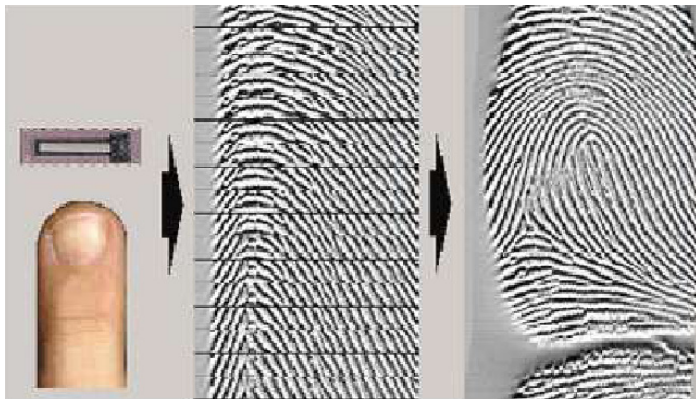


Abb.:10 Sweeping

3. Sensormodelle

SecuGen Hamster IV

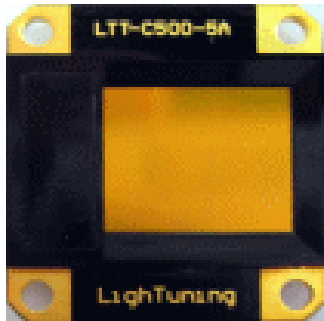


<http://secugen.com/products/ph4.htm>

Technical Specifications

Fingerprint Sensor:	SecuGen FDU04™(FIPS 201 / PIV)
Dimensions (w/o stand):	1.1" x 1.6" x 2.9" (27 x 40 x 73 mm)
Weight (w/o stand):	3.5 oz. (100 g)
Resolution:	500 dpi + 10 (effective) > 1000 dpi (native)
Image Capture Size:	0.5" x 0.7" (12.9 mm x 16.8 mm)
Image Output Capability:	8 bits per pixel, 256 gray-levels
Verification Time	Less than 1 second
False Acceptance Rate (FAR):	Read our FAQs
False Rejection Rate (FRR):	Read our FAQs
Operating Humidity:	< 90% relative, non-condensing
Supply voltage:	5 V + 5%
Interface:	USB 1.1, 2.0 compatible
Supported Operating Systems:	Windows 2003 / XP / 2000 / Me / 98 SE
Certifications:	U.S. GSA FIPS 201 APL FBI Certification List for PIV

LTT-c500



<http://www.lighttuning.com/c500.htm>

Technical Specifications

Packaging:	24-pin connector
Dimension:	22 x 20 x 4 (in mm)
Sensor Area :	11.8 mm x 9.6 mm 236 x 192 pixels
Slide speed:	N/A
Image Resolution:	508 dpi
Image Level:	256 gray levels (8 bit ADC)
Operation Voltage:	4.5V ~ 5.5V
Operation Current:	30mA ~ 32 mA
Stand-by Current:	N/A
Operation Temp.:	-40oC ~ +80oC
ESD:	> ±15 KV (air mode)
Humidity:	0% ~ 85% RH @ 60oC
Output Interface:	8-bit parallel interface
Frame Rate:	8 ~ 10 frames/sec

Crossmatch id1000



<http://www.crossmatch.com/de>

Technical Specifications

Resolution:	1000 or 500 DPI +/- 1% in the X and Y axis
Dynamic Range:	8 Bits, 256 greyscales
Linearity and rectilinearity:	Less than one pixel
Image / Platen area:	1.5"x 1.6"(38 mm x 41 mm) in Roll Mode 2.0"x 3.2"(51 mm x 81 mm) in Slap Mode
Image / Platen area:	1.5"x 1.6"(38 mm x 41 mm) in Roll Mode 2.0"x 3.2"(51 mm x 81 mm) in Slap Mode
Image / Platen area:	1.5"x 1.6"(38 mm x 41 mm) in Roll Mode 2.0"x 3.2"(51 mm x 81 mm) in Slap Mode
Operating Temperature range:	35°F to 100°F (2°C to 38°C)
Humidity range:	10-90% non-condensing, splash-resistant
Weight:	23 lbs (10.4 kg)
Dimensions:	4.0" x 8.0" x 18" (102 mm x 203 mm x 458 mm)

Bird 3



<http://www.tst-biometrics.com>

Technische Daten

TYP	BIRD Iii	BiRD 3
Com-Schnittstelle	Ethernet (10 Base-T)	USB 2.0
Betriebssysteme	Windows 2000 / XP / 2003	
API Konformität	TST-API	
Algorithmen	Neurotechnologija BioScript Ikendi (weitere können schnell integriert werden)	
SDK	gut dokumentiert verfügbar	
LFD (optional)	Spektralanalyse aus Unterhautbeleuchtung	Spektralanalyse aus Unterhautbeleuchtung temperaturkompensiert
Optik	Glas-Linsen-System	
Image	500 dpi, max. 640 x 480 mm	
Beleuchtung	520 nm (grün)	470 nm (blau)
Arbeitsabstand	45 mm	50 mm
Temperaturbereich	+5°C bis +50°C	
Mit Heizung (optional)	- 20°C bis +50°C / Thermostat auf +28°C	
Autostart	optischer Annäherungssensor	
CMOS Sensor- oberfläche (effektiv)	16 x 19 mm	
Spannungsversorgung	5 V DC ± 5% stab. über Netzgerät oder POE	über USB Netzgerät bei opt. Heizung
Max. Stromaufnahme	800 mA	400 mA
Bild-Aufnahmezeit	< 1 Sekunde	
Sensor - Interface		
Stecker	50 pol. 0,5 mm, für Flachband FFC	
Kamera Daten	8 bit parallel, min. 12 MHz Clock In	
Camera Control	I ² C	I ² C
Illumination Control	digital	I ² C

4.Fazit

Jede Technologie hat Ihre Vor- und Nachteile, abhängig von der Anwendung und der Population, die biometrische Erkennungssysteme benutzt. Es gibt keine "beste" Lösung für alle Anwendungen. Neben der Zuverlässigkeit und Sicherheit der biometrischen Systeme müssen auch andere Faktoren wie Bequemlichkeit, einfache Bedienung, Akzeptanz durch die Benutzer, Durchsatz, Wartungsfreundlichkeit und natürlich die Kosten berücksichtigt werden.

Literatur

[Maltoni,2005] Davide Maltoni, Dario Maio, Anil K. Jain, Salil Prabhakar
Handbook of Fingerprint Recognition
Springer Verlag 2005

c` t Magazin für computer technik (12/2007)

Bildverarbeitung : „Biometrische Verfahren“
A. Uhl Fachbereich Computerwissenschaften
Universität Salzburg

Pores and Ridges : High-Resolution Fingerprint Matching using Level 3 Features

Anil K. Jain, Fellow, IEEE, Yi Chen, Student Member, IEEE, and
Meltem Demirkus, Student Member, IEEE

Biometrische Systeme - Der Körper als Passwort
Universität Ulm, Abteilung Neuroinformatik
Thorsten Kasper(tk5@informatik.uni-ulm.de)
Stefanie Gromer(sg4@informatik.uni-ulm.de)

<http://www.bromba.com/homed.htm>

<http://perso.orange.fr/fingerchip/index.htm>

<http://perso.orange.fr/fingerchip/index.htm>