

Iriserkennung Teil 4

Projektgruppe CSI PC^2

Andre Ückermann



Universität Paderborn



Paderborn Center for Parallel Computing

Paderborn, den 31.05.2007

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	1
1 Matching auf großen Datenbanken	2
1.1 Hammingdistanz	2
1.2 Matching auf Datenbanken	4
2 Entscheidungsumgebung für die Iriserkennung	7
2.1 Abhängigkeit von verwendeter Hardware	7
2.2 Entscheidbarkeitsindex	8
3 Geschwindigkeit der Iriserkennung	10
3.1 Schritte des Algorithmus	10
3.2 Geschwindigkeit bei Datenbanksuchen	11
Literaturverzeichnis	12

Einleitung

In der ersten Ausarbeitung wurden die Grundlagen der Iriserkennung erläutert. Die biologischen Hintergründe wurden erklärt und Hardware der Iriserkennung vorgestellt.

Die zweite Ausarbeitung befasste sich mit dem Algorithmus der Iriserkennung. Es wurde erläutert, wie die Iris im Bild des Auges aufgefunden und in einen Bitstream umgewandelt werden kann.

Das statistische Modell für die Unabhängigkeit und der dazugehörige Feldversuch wurden in der dritten Ausarbeitung zur Iriserkennung vorgestellt. Darüber hinaus wurde erläutert, wie das Modell verfeinert werden kann und wie das Matching mit Hilfe der Hammingdistanz funktioniert.

An dieser Stelle schließt diese letzte Ausarbeitung der Iriserkennung an.

Zuerst wird darauf eingegangen, wie die Schwellwerte der Hammingdistanz angepasst werden müssen, wenn man ein Matching auf großen Datenbanken durchführen möchte.

Des Weiteren wird erklärt, welche Rolle die Güte der verwendeten Hardware für die Qualität der Erkennung spielt. Hierfür werden die Verteilungen der Hammingdistanz für die selben und für verschiedene Irise gegenübergestellt.

Abschließend wird auf die Geschwindigkeit des Algorithmus eingegangen.

Kapitel 1

Matching auf großen Datenbanken

In den vorangegangenen Ausarbeitungen wurde lediglich die statistische Unabhängigkeit zwischen verschiedenen Irisen gezeigt. Hierfür wurden jeweils zwei Irisen miteinander verglichen. Es wurde festgestellt, dass bei einem HD-Wert über 0,33 nahezu sicher ist, dass sich zwei Irisen unterscheiden. Im umgekehrten Fall kann man folgern, dass es sich bei einem HD-Wert unter 0,33 mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit um die selbe Iris handelt.

Nun soll untersucht werden, wie sich der Schwellwert der Hammingdistanz verhält, wenn gegen eine große Datenbank gematcht wird. Im ersten Schritt wird noch einmal kurz die Hammingdistanz beschrieben.

1.1 Hammingdistanz

Die Hammingdistanz beschreibt das Maß der Übereinstimmung zweier Bitcodes. Ergibt sich ein HD-Wert von 0, so fand ein perfektes Matching statt. Das heißt, jede Stelle der beiden Codes hat übereingestimmt. Auf der anderen Seite sagt ein HD-Wert von 1 aus, dass an keiner Stelle des Codes eine Übereinstimmung gefunden wurde. Die Formel für die Hammingdistanz sieht wie folgt aus:

$$HD = \frac{||(\text{code}A \otimes \text{code}B) \cap \text{mask}A \cap \text{mask}B||}{||\text{mask}A \cap \text{mask}B||}$$

Nun wird die Formel kurz erläutert.

codeA und codeB stehen für den Bitcode der beiden zu vergleichenden Irise. Die Iriscodes werden mit einem \otimes verbunden. Somit ergibt sich eine 1, wenn die beiden Codes nicht übereinstimmen, ansonsten eine 0. maskA und maskB sind die zum jeweiligen Iriscode gehörenden Maskencodes. Sowohl die Iriscodes als auch die Maskencodes haben jeweils eine Länge von 2048 Bit. Die Maskencodes markieren Stellen im Iriscode, die unbrauchbar sind. Das heißt, Stellen in der Iris, die mit Wimpern oder Artefakten überdeckt sind bekommen eine 0. Sind die Bereiche brauchbar, bekommen sie eine 1. maskA und maskB müssen nun beide eine 1 haben, um für die Codeerstellung brauchbar zu sein. Stimmen nun die beiden Iriscodes nicht überein, so ergibt sich aus dem Zähler der Formel eine 1. Stimmen die Iriscodes überein oder ist mindestens einer der Maskenbits 0, also unbrauchbar, so ergibt sich eine 0. Durch den Betrag wird die Anzahl an 1en gezählt. Im Nenner des Bruches werden die beiden Maskencodes mit \cap verbunden. Das bedeutet, sie müssen beide 1 sein um, wie bereits im Zähler, in die Berechnung einzugehen. Der Betrag zählt nun wieder die Anzahl der 1en. Durch diese Rechnung ergibt sich also eine 0, wenn eine perfekte Übereinstimmung gefunden wurde und eine 1, wenn es keine Übereinstimmung gibt.

Beispiel:

codeA=11001011, code B=10101010, maskA=11110011, maskB=11100111

$$(1)\text{codeA} \otimes \text{code B} = 01100001$$

$$(2)\text{maskA} \cap \text{maskB} = 11100011$$

$$(1) \cap (2) = 01100001$$

$$\|(1) \cap (2)\| = 3$$

$$\|\text{maskA} \cap \text{maskB}\| = 5$$

Daraus ergibt sich ein HD-Wert von $3/5$, also 0,6. Es konnten also fünf Stellen im Code für die Berechnung verwendet werden, wovon drei nicht übereingestimmt haben.

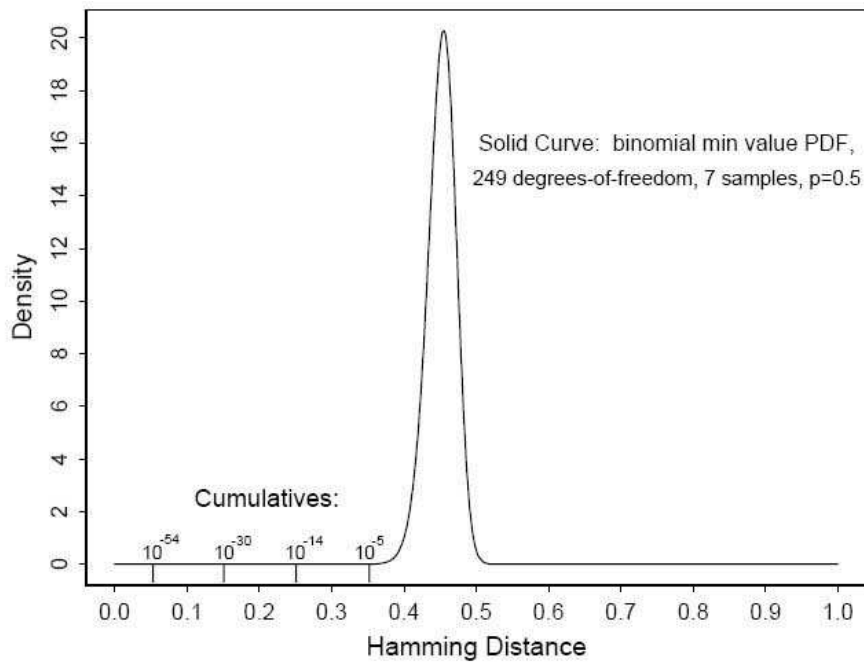


Abb. 1: Wahrscheinlichkeit falscher Übereinstimmung [1]

In der vorangegangenen Ausarbeitung wurde gezeigt, wie die HD-Verteilung bei Vergleichen verschiedenener Irise aussieht. Es wurde ermittelt, dass ein HD-Wert von 0,33 sehr gut als Schwellwert geeignet ist. Liegt der HD-Wert bei einem Vergleich bei über 0,33, so kann man von unterschiedlichen Irisen ausgehen. Im Gegenzug ist es nahezu sicher, dass ein HD-Wert von unter 0,33 für die selbe Iris spricht.

Im folgenden wird erläutert, wie der HD-Wert bei Suchen in großen Datenmengen angepasst werden muss.

1.2 Matching auf Datenbanken

Über die bereits in der vorigen Ausarbeitung besprochenen Kumulationen der Formel

$$f_n(x) = n \int v(x)[1 - F_0(x)]^{n-1}$$

errechnet sich die folgende Tabelle für Wahrscheinlichkeiten von Falschübereinstimmungen:

HD-Kriterium	Wk einer falschen Übereinstimmung
0,26	$1/10^{13}$
0,27	$1/10^{12}$
0,28	$1/84Mrd.$
0,29	$1/8,6Mrd.$
0,30	$1/1Mrd.$
0,31	$1/127Mio.$
0,32	$1/18Mio.$
0,33	$1/2,9Mio.$
0,34	$1/527000$
0,35	$1/105000$

Diese Tabelle beschreibt die Wahrscheinlichkeit einer Falschübereinstimmung in Abhängigkeit von den verschiedenen HD-Werten. Da ein kleinerer HD-Wert für eine bessere Übereinstimmung steht, ist es logisch, dass die Wahrscheinlichkeit einer Falschübereinstimmung sehr viel kleiner ist, als bei einem großen HD-Wert.

Nun wird gezeigt, dass der angesetzte HD-Wert von 0,33 nicht ausreichend ist, wenn auf großen Datenbanken gematcht wird. Dies geschieht über folgende Formel:

$$P_N = 1 - (1 - P_1)^N$$

$1 - P_1$ ist hierbei die Wahrscheinlichkeit, dass bei einem Vergleich keine Falschübereinstimmung vorkommt. Soll nun gegen eine Datenbank der Größe N gematcht werden, so muss dies N mal unabhängig voneinander betrachtet werden.

Beispiel:

Sei die Wahrscheinlichkeit für eine Falschübereinstimmung $0,1\% = 0,001$.

Sei weiterhin $N=200$.

Daraus ergibt sich $P_N = 1 - (1 - 0,001)^{200} = 0,181$. Das heißt, dass bei einem Matching auf einer Datenbank mit 200 Vergleichen eine Wahrscheinlichkeit von 18% für mindestens eine Falschübereinstimmung besteht.

Sei nun $N=2000$.

Daraus folgt $P_N = 1 - (1 - 0,001)^{2000} = 0,865$. Daraus ergibt sich eine Wahrscheinlichkeit von 86,5% für mindestens eine Falschübereinstimmung.

Aus diesen Beobachtungen ist zu erkennen, dass für eine Identifikation aus einer großen Datenbank sehr viel strengere Kriterien angesetzt werden müssen als für eine einfache Verifikation. Das Entscheidungskriterium bei einer Datenbank der Größe N muss um Faktor N mal zuverlässiger sein als das Erkennungskriterium.

$$P_N \approx NP_1 \text{ für kleine } P_1 \ll 1/N \ll 1$$

Betrachtet man die Tabelle, so sieht man, dass durch die extrem steile Amplitudenabnahme im Auslauf der HD-Verteilung durch kleine Anpassungen des HD-Wertes ein fehlerfreies Durchsuchen großer Datenbanken möglich ist.

Beispiel:

Sei $N = 1$ Million. Das Ziel ist es, $P_N < 10^{-6}$ zu erhalten. Hierfür muss der HD-Wert für einen Datenbankabgleich von einer Million Einträgen lediglich von 0,33 auf 0,27 angepasst werden. Der HD-Wert von 0,33 hat eine Falschübereinstimmungswahrscheinlichkeit kleiner als 10^{-6} . Durch die Größe der Datenbank von einer Million muss der neue HD-Wert eine Million (10^{-6}) mal genauer werden. Daraus folgt, dass bei einem Wert von kleiner 10^{-12} das Kriterium eingehalten wird. Dieses ist bei einem HD-Wert von 0,27 der Fall.

Kapitel 2

Entscheidungsumgebung für die Iriserkennung

In diesem Kapitel wird besprochen, welchen Einfluss die Qualität der Hardware und die Umgebung für die erfolgreiche Iriserkennung haben. Dafür wird hier zum ersten mal auch der Vergleich mit verschiedenen Bildern der selben Iris herangezogen.

2.1 Abhängigkeit von verwendeter Hardware

Die beiden folgenden Diagramme zeigen die HD-Verteilungen für nichtideale und für ideale Bedingungen. Bei den nichtidealen Bedingungen wurde das Bild der Iris aus verschiedenen Entfernungen, unter verschiedenen Lichtverhältnissen und oft auch mit verschiedenen Kameras aufgenommen. Die idealen Bedingungen repräsentieren eine Laborumgebung mit dem selben System und konstanter Entfernung, Licht und Zoomfaktor.

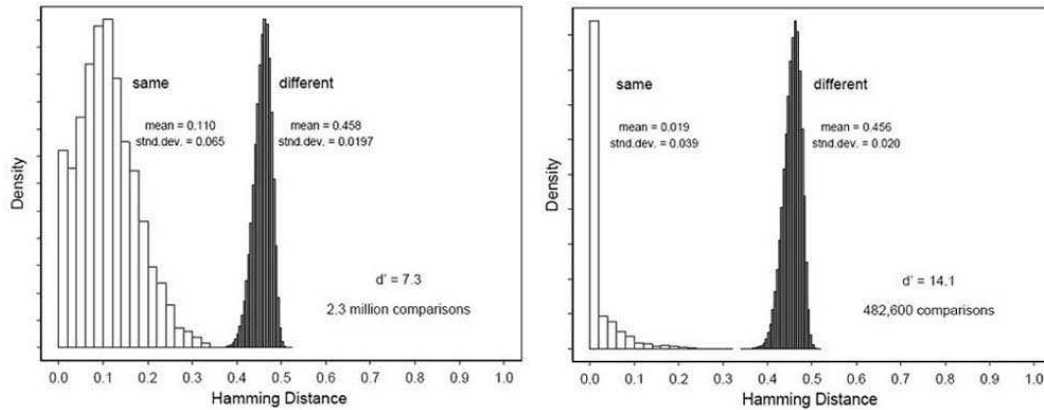


Abb. 2 & 3: Entscheidungsumgebung für Iriserkennung [1]

Die beiden Diagramme zeigen jeweils zwei Verteilungen. Diese Art der Darstellung wird Entscheidungsumgebung genannt. Bei der linken Verteilung werden 7070 Abbildungspaare der selben Iris betrachtet. Die rechte Verteilung zeigt die bereits bekannten 2,3 Millionen Vergleiche zwischen verschiedenen Irisen.

Es ist zu erkennen, dass die rechte Verteilung nahezu unabhängig von den Abbildungsfaktoren ist. Sie ändert sich kaum unter verschiedenen Umgebungsfaktoren. Dies ist durch die stochastische Unabhängigkeit zweier unterschiedlicher Irisen zu erklären.

Es ist zu erkennen, dass die linke Verteilung, welche die Vergleiche mit der selben Iris repräsentiert, stark schwankt und ein breites Spektrum abdeckt, wenn die Bedingungen nicht ideal sind. Unter idealen Bedingungen haben über 50% der Vergleiche einen HD-Wert von 0,00. Der HD-Mittelwert liegt bei 0,019.

Der Überlappungsbereich der beiden Verteilungen bestimmt die Fehlerquote, welche im folgenden genauer beschrieben wird.

2.2 Entscheidbarkeitsindex

Es wurde bereits erwähnt, dass der Überlappungsbereich der beiden Verteilungen die Fehlerquote bestimmt, da hier nicht entschieden werden kann, ob der aktuell ermittelte Wert zur linken oder zur rechten Verteilung gehört. Der Entscheidbarkeitsindex ist nun ein Maß dafür, wie gut die beiden Verteilungen getrennt sind. Der Entscheidbarkeitsindex d' wird folgendermaßen definiert:

$$d' = \frac{|\mu_1 - \mu_2|}{\sqrt{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2)/2}}$$

μ_1 und μ_2 sind die beiden Mittelwerte und σ_1 und σ_2 die beiden Standardabweichungen.

Die beiden Mittelwerte sollten möglichst weit auseinander liegen. Im Idealfall liegt der Mittelwert der linken Verteilung bei 0. Dies würde bedeuten, dass die selbe Iris immer zu 100% erkannt wird. Der Mittelwert der rechten Verteilung für unterschiedliche Irise bleibt relativ konstant. Weiterhin sollten die beiden Standardabweichungen möglichst klein sein.

Beispiel:

Sei $\mu_1=0,456$ und $\mu_2=0,00$. Weiterhin sei $\sigma_1=\sigma_2=0,02$. Daraus ergibt sich:

$$d' = \frac{|0,456-0,00|}{\sqrt{(0,02^2+0,02^2)/2}} = 22,8$$

Dies spricht für eine sehr gute Trennung, da hier ein nahezu idealer Fall betrachtet wird.

Für die beiden oben betrachteten Fälle der idealen und nichtidealen Bedingungen ergeben sich folgende Werte:

$$\text{idealer Fall: } d' = \frac{|0,019-0,456|}{\sqrt{(0,039^2+0,02^2)/2}} = 14,1$$

$$\text{nichtidealer Fall: } d' = \frac{|0,110-0,458|}{\sqrt{(0,065^2+0,0197^2)/2}} = 7,2$$

Je größer der Wert ist, umso besser ist die Trennung zwischen den beiden Verteilungen. Über diesen Index kann also die Leistungsfähigkeit der Hardware ermittelt werden. Die Abbildungsqualität bestimmt, wie weit die linke Verteilung nach links verschoben wird. Die rechte Verteilung bleibt relativ konstant.

Beim nichtidealen Fall liegt der Maximalwert der linken Verteilung bei 0,327 und der Minimalwert der rechten Verteilung bei 0,333. Der ermittelte Schwellwert von 0,33 für einen einzelnen Vergleich entspricht also einer Treffsicherheit von 100%, da es keine Überschneidung der beiden Verteilungen gibt.

Kapitel 3

Geschwindigkeit der Iriserkennung

In diesem Kapitel wird auf die Geschwindigkeit des Algorithmus eingegangen. Es werden die Schritte des Algorithmus mit dazugehörigen Zeiten angegeben. Weiterhin wird auf die Parallelisierung für eine Datenbanksuche eingegangen.

3.1 Schritte des Algorithmus

Die Zeiten wurden mit einer Sun-Workstation mit 300 MHz und optimiertem Ganzzahl-Maschinencode ermittelt. Mit diesem System sind 100.000 Vergleiche pro Sekunde möglich. Der Algorithmus besteht aus folgenden Schritten:

Operation	Zeit
1) Beurteilung der Bildschärfe	15 ms
2) Beseitigung der Glanzlichtreflektionen	56 ms
3) Lokalisation der Augen und der Iris	90 ms
4) Anpassung auf die Pupillenbegrenzung	12 ms
5) Aufsuchen und Anpassen beider Augenlider	93 ms
6) Beseitigung der Wimpern- und Kontaktlinsenartefakte	78 ms
7) Demodulation und Bildung des Iriscodes	102 ms
8) XOR-Vergleich zweier beliebiger Iriscodes	10 μ s

Die ersten sieben Punkte des Algorithmus müssen beim Scannen einer Iris einmal durchgeführt werden. Ab diesem Punkt steht der Bitcode der Iris zur Verfügung. Der letzte Punkt vergleicht lediglich mit Hilfe der Hammingdistanz zwei Iriscodes.

Durch die Geschwindigkeit des letzten Punktes ist der schnelle Vergleich mit einer Datenbank möglich. Verschiedene Algorithmen arbeiten mit verschiedenen Bitcodes. Möchte man also auch andere Algorithmen verwenden, so muss man ebenfalls die Bilder speichern. Allerdings muss für einen schnellen Vergleich der Bitcode in der Datenbank enthalten sein, da ansonsten die anderen Punkte des Algorithmus für jeden Vergleich durchgeführt werden müssten.

Auf die Datenbanksuche wird im Folgenden näher eingegangen.

3.2 Geschwindigkeit bei Datenbanksuchen

Wie bereits erwähnt, können auf einem 300 MHz System 100.000 Vergleiche mit einfachen booleschen XOR- und AND-Operationen durchgeführt werden. Bei sehr großen Datenbanken kann Parallelität eingesetzt werden. Hierfür werden Blöcke mit jeweils 100.000 Einträgen gebildet und auf die Prozessoren verteilt. Durch kostengünstige parallele Prozessoren kann so innerhalb einer Sekunde eine komplette Datenbanksuche realisiert werden. Hierbei muss beachtet werden, dass die Entscheidungsschwelle gemäß Kapitel 1.2 angepasst wird.

Literaturverzeichnis

- [1] Behrens,M.; Roth,R. (2001). *Biometrische Identifikation*. Vieweg und Sohn.
- [2] Wayman,J.; Jain,A. u.a. (2005). *Biometric Systems*. Springer.
- [3] Daugman,J. (2004). *How iris recognition works*. www.cl.cam.ac.uk/~jgd1000.