

Biometria

Carmine D'Angelo

A.A. 2022/2023

Iride

L'iride è un muscolo che si trova all'interno dell'occhio e ha la funzione di regolare la dimensione della pupilla per controllare la quantità di luce che entra nell'occhio. La sua caratteristica distintiva sono le striature irregolari che creano un pattern unico per ciascun individuo. Questo rende l'iride un tratto biometrico altamente discriminante e stabile nel tempo.

Ci sono vantaggi nell'utilizzare l'iride come tratto biometrico, come la sua visibilità anche attraverso le palpebre e la possibilità di acquisizione senza contatto diretto. Tuttavia, ci sono anche svantaggi, come la piccola superficie disponibile per l'estrazione delle caratteristiche e la necessità di dispositivi ad alta risoluzione per acquisire l'immagine dell'iride.

L'iride può essere acquisita sia nel visibile che nell'infrarosso. Nell'infrarosso, la melanina presente nell'iride riflette la maggior parte della luce infrarossa, consentendo una migliore visualizzazione delle caratteristiche tessiturali e garantendo un elevato livello di sicurezza nel riconoscimento biometrico.

Tuttavia, l'acquisizione dell'iride può essere influenzata da disturbi come scarsa illuminazione, sfocatura dell'immagine, occlusioni o angolazioni sfavorevoli. Questi elementi possono rendere difficile il processo di detection e l'estrazione delle caratteristiche dell'iride.

Fase di preprocessing

Normalmente un algoritmo per estrarre le caratteristiche dell'iride è caratterizzato da una serie di passi:

1. **Segmentazione (o detection)**: quindi individuare che all'interno di un'immagine è presente un'iride;
2. **Normalizzazione**: l'iride estratta può essere variabile per via di contaminazioni. Anche la dimensione delle pupille può portare problemi. La normalizzazione serve a uniformare l'iride così da poterci lavorare;
3. **Coding**: che permette di estrarre le caratteristiche sulla base di un modello diversificato da caso a caso;
4. **Matching**: dove si confronta il codice prodotto nella fasi precedenti.

Formula di Dougman Dougman immaginò quindi un Edge Detector che producesse delle circonferenze a raggio variabile che andavano ad effettuare una convoluzione con un filtro gaussiano, quindi l'immagine veniva liscia e veniva prodotta poi una circonferenza (edge detector circolare) che individuasse le transizioni più significative. Tale algoritmo si fermava quando si raggiungeva il cerchio a raggio massimo. Partendo dalla zona centrale (x_0, y_0) il primo cerchio che veniva prodotto a raggio massimo era quello che determina la transizione tra la pupilla e l'iride, e il secondo cerchio a raggio massimo che veniva prodotto era quello che determina la transizione tra l'iride e la sclera. Quindi effettuando la convoluzione tra il filtro gaussiano che effettua uno Smoothing dell'immagine ed evita la produzione di **False Alarms** e la generazione di cerchi a dimensione sempre maggiore, si determina questo operatore **integrale curvilineo** che infine determina i candidati ideali a identificare l'iride.

Filtro gaussiano:

$$G_{\sigma}(r) = (1/\sqrt{2\pi\sigma})exp[-(r - r_0)^2/2\sigma^2] \quad (1.1)$$

Formula di Dougman

$$max_{(r,x_0,y_0)} |G_{\sigma}(r) * \frac{\delta I}{\delta r} \oint_{r,x_0,y_0} \frac{I(x,y)}{2\pi r} ds| \quad (1.2)$$

- $G_{\sigma}(r)$: riduce il rumore, lavora su un raggio r , con un parametro σ (deviazione standard) che determina l'entità del livellamento, l'obiettivo è di trovare la combinazione (centro, raggio), che massimizzi la funzione;
- $\frac{\delta I}{\delta r}$: derivata parziale dell'intensità dell'immagine rispetto al raggio r . Misura come cambiano i valori dell'intensità all'aumentare del raggio. La derivata parziale cattura le informazioni sul gradiente lungo i percorsi circolari;
- **Integrale curvilineo**: l'integrale curvilineo misura la somma dell'intensità dei pixel lungo un arco circolare $ds = (r, x_0, y_0)$. Quindi integra l'immagine sfocata lungo il percorso circolare e viene eseguito sull'intero percorso circolare;
- $I(x,y)$: intensità dei pixel alle coordinate (x,y) ;
- ds : contorno del cerchio dato dal parametro (r, x_0, y_0) .

NOTA: visto che l'algoritmo di Daugman lavora sulla creazione di circonferenza la presenza di rumore o luce riflessa può portare alla creazione di circonferenze in zone errate e quindi ad una errata detection.

Iris segmentation

La segmentazione dell'iride prevede l'etichettatura dei punti neri come parte dell'iride e dei punti bianchi come parte non dell'iride, creando una maschera per determinare le aree sensibili. Alcune zone di riflesso all'interno dell'iride vengono escluse per ridurre l'area di estrazione delle caratteristiche. L'output della segmentazione è una maschera in bianco e nero che rappresenta le aree dell'iride e quelle non dell'iride.

Daugman : iris unwrapping

Daugman ha introdotto una fase di normalizzazione nell'algoritmo di riconoscimento dell'iride perché la dimensione dell'area significativa dell'iride è molto variabile, il che potrebbe causare problemi di confronto tra iridi con dimensioni diverse. Poiché l'intera superficie dell'iride viene considerata per l'estrazione delle caratteristiche, tutti i pixel dell'iride vengono considerati. Per garantire che tutte le iridi estratte abbiano la stessa dimensione, Daugman ha combinato vari algoritmi di normalizzazione che utilizzano coordinate polari e altri elementi. In questo modo, viene creato un vettore a dimensione fissa indipendentemente dall'area utile dell'iride estratta, per evitare problemi nella fase di matching.

Le coordinate polari sono utilizzate nell'algoritmo di Daugman per creare una rappresentazione invariante dell'iride, compensando la dilatazione della pupilla e le variazioni di dimensione. Tuttavia, il modello non è in grado di compensare le rotazioni dell'iride. Per ovviare a questo problema, durante la fase di matching, il modello dell'iride viene tradotto in modo da allinearle in coordinate polari.

$$\begin{aligned} I(x(r, \theta), y(r, \theta)) &= I(r, \theta) \\ x(r, \theta) &= (1 - r) \cdot x_p(\theta) + r \cdot x_l(\theta) \\ y(r, \theta) &= (1 - r) \cdot y_p(\theta) + r \cdot y_l(\theta) \end{aligned}$$

$x(r, \theta), y(r, \theta)$ sono la combinazione lineare dei punti $x_p(\theta), y_p(\theta)$ e $x_l(\theta), y_l(\theta)$ che sono rispettivamente le coordinate del contorno della pupilla e quelle del contorno esterno dell'iride (limbo), che delimita la sclera.

feature extraction

Tra gli algoritmi di feature extraction più utilizzati, c'è una variante della trasformata di Fourier basata sui filtri di Gabor, si utilizzano dei filtri per catturare alcune informazioni significative dell'iride, quindi l'immagine viene proiettata nel dominio delle frequenze e non dei pixel.

$$G(r, \theta) = e^{-i\omega(\theta-\theta_0)} e^{-(r-r_0)^2/\alpha^2} e^{-i(\theta-\theta_0)/\beta^2} \quad (1.3)$$

dove (r, θ) è la posizione, ω è la frequenza, α, β la dimensione del filtro.

iris code

Infine, si avrà un vettore delle caratteristiche che banalmente viene identificato con i coefficienti di Gabor e su di essi viene effettuato un match attraverso la distanza di Hamming.

Matching distanza di hamming

$$HD = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N A_j \otimes B_j \quad (1.4)$$

Matching distanza di hamming con maschere

$$HD = \frac{|(codeA \otimes codeB) \cap maskA \cap maskB|}{|maskA \cap maskB|} \quad (1.5)$$