

Altre caratteristiche biometriche

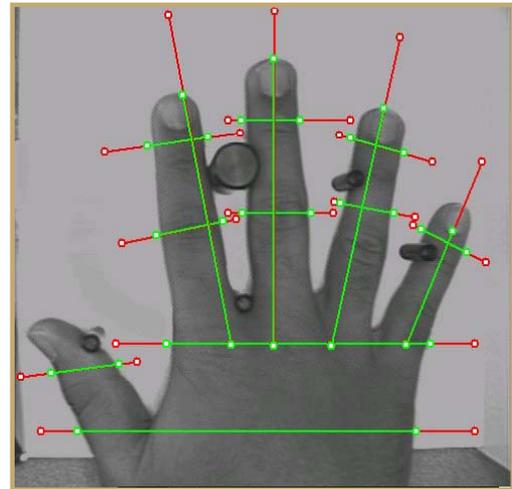
Dario Maio
dario.maio@unibo.it

Annalisa Franco
annalisa.franco@unibo.it

Geometria della mano

Verifica basata sulla geometria della mano

- La mano di ogni essere umano possiede caratteristiche quali *lunghezza, larghezza, spessore e curvatura* delle dita che permettono di distinguere individui diversi.
- I dispositivi d'acquisizione rilevano solo il *profilo della mano*, ignorando dettagli della superficie (impronte, linee, tagli, colore).



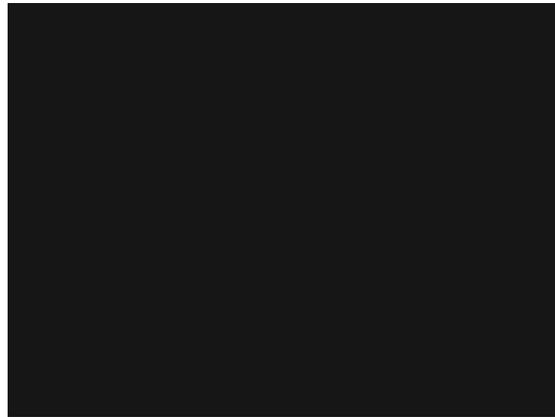
Perché usare la geometria della mano

- La procedura di acquisizione è *semplice e non intrusiva*, garantendo così una buona accettazione da parte dell'utente.
- I dispositivi di acquisizione sono *economici*.
- L'analisi della geometria della mano si basa su *semplici caratteristiche geometriche e di forma*.
- La geometria *non è soggetta a variazioni ambientali*.
- Alcuni studi hanno mostrato buone prestazioni per la *verifica d'identità*.



<http://www.airportnet.org>

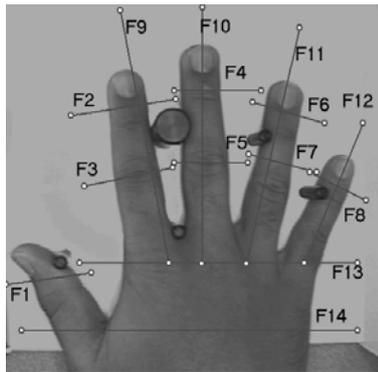
Un sistema commerciale



Enrollment

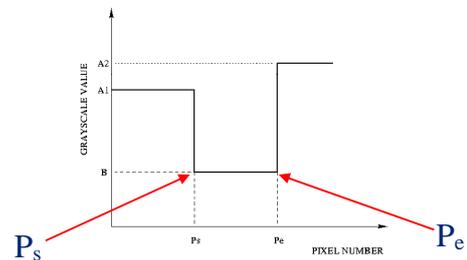
- L'utente posiziona la mano sul dispositivo tre volte consecutive.
- Alcuni piedini posti sul piano d'acquisizione garantiscono il corretto posizionamento della mano.
- Il sistema "media" le tre immagini acquisite producendo un unico template.
- Il template ha una dimensione di 9 byte, una dimensione sufficientemente piccola per essere memorizzata su una carta magnetica.
- Per la verifica, l'utente introduce il proprio PIN e posiziona la mano sul dispositivo di acquisizione.

Estrazione di feature (1)

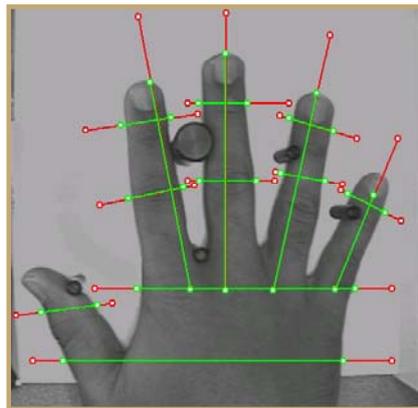


Assi per la misurazione

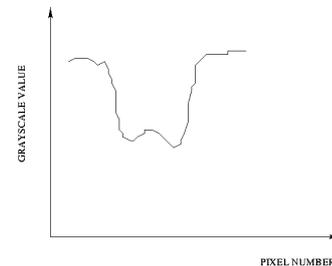
Profilo ideale dei livelli di grigio lungo un asse



Valore delle feature



Profilo dei livelli di grigio osservato sull'asse F3



Estrazione di feature (2)

Indichiamo con $G(x)$ il profilo dei livelli di grigio lungo l'asse x , $0 \leq x < \text{Len}$.
L'obiettivo è calcolare P_s e P_e a partire da $G(x)$.

- Far scorrere una finestra lungo il profilo partendo dal pixel più a sinistra.
- La finestra deve traslare a destra di un pixel a ogni passo.
- Per ogni finestra W_i si calcolano i seguenti parametri:

$$\begin{aligned} \text{Maxval}(i) &= \max_{j \in W_i} G(j) \\ \text{Maxindex}(i) &= \arg \max_{j \in W_i} G(j) \\ \text{Minval}(i) &= \min_{j \in W_i} G(j) \\ \text{Minindex}(i) &= \arg \min_{j \in W_i} G(j) \end{aligned}$$

- A partire dai parametri calcolati, P_s e P_e possono essere calcolati come:
- Il vettore di feature finale è costituito dalla distanza P_s e P_e , calcolata per i diversi assi di misurazione.

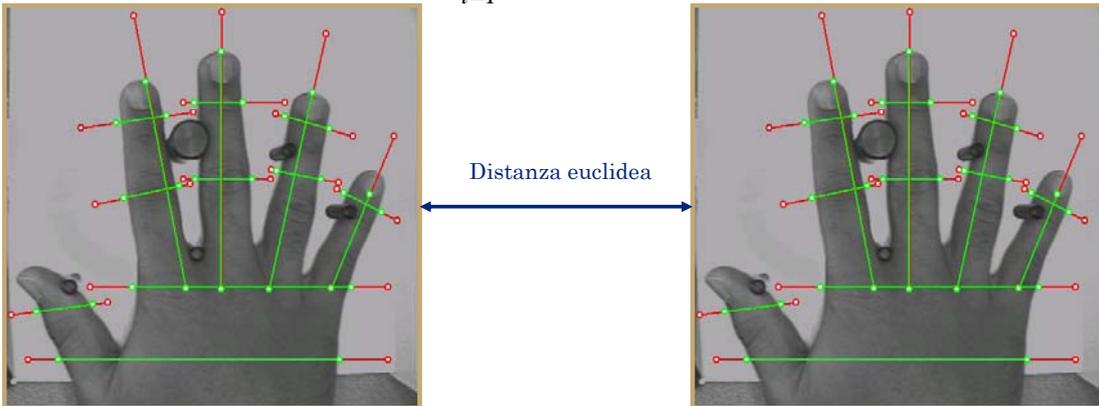
$$\begin{aligned} P_s &= \text{Maxindex}(k) \\ &\text{s.t. } \text{Minindex}(k) > \text{Maxindex}(k), \\ &(\text{Maxval}(k) - \text{Minval}(k)) > (\text{Maxval}(i) - \text{Minval}(i)), \\ &\forall i \neq k, 0 \leq i, k \leq N \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_e &= \text{Maxindex}(k) \\ &\text{s.t. } \text{Maxindex}(k) > \text{Minindex}(k), \\ &(\text{Maxval}(k) - \text{Minval}(k)) > (\text{Maxval}(i) - \text{Minval}(i)), \\ &\forall i \neq k, 0 \leq i, k \leq N \end{aligned}$$

Matching

- Vettore di feature del template: $(x_1, x_2, \dots, x_{14})$
- Vettore di feature in input: $(y_1, y_2, \dots, y_{14})$
- Il matching avviene sulla base della distanza euclidea:

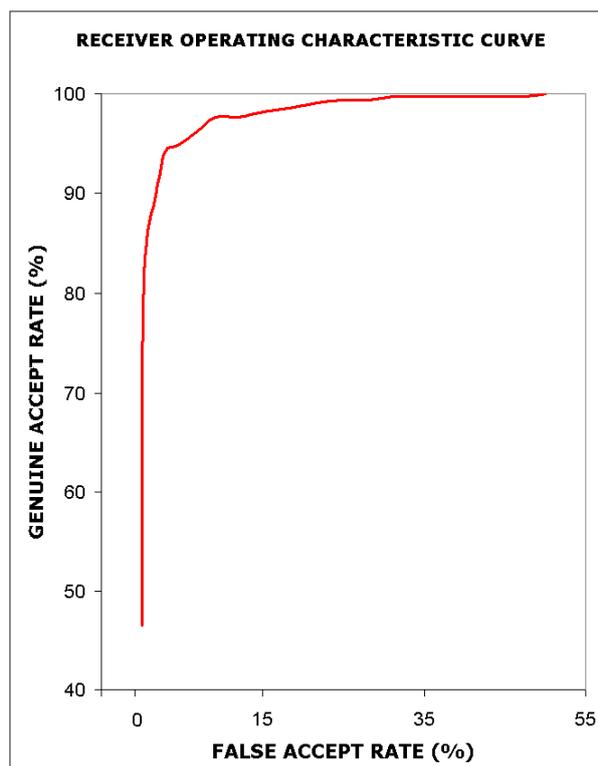
$$\sum_{i=1}^{14} (x_i - y_i)^2$$



Risultati sperimentali

- Il database di test include 400 mani di 55 utenti diversi.

Threshold (T)	Genuine Accept Rate (%)	False Accept Rate (%)
20	46,61	0,00
25	66,67	0,01
30	72,27	0,04
35	81,42	0,28
40	86,14	0,72
45	89,68	1,76
50	94,10	2,81
60	96,17	6,69
65	97,64	9,11
75	98,23	15,09
85	99,12	21,81
135	100,00	50,09



Limitazioni della geometria della mano

- Il potere discriminante della geometria della mano non è molto elevato, rendendo questa caratteristica non utilizzabile per applicazioni su larga scala.
- La geometria della mano varia nel corso della vita, in particolare durante la crescita.
- La presenza di anelli o limitazioni al movimento delle dita (es. artrosi) possono compromettere l'acquisizione e rendere difficoltosa l'estrazione delle caratteristiche.
- I dispositivi d'acquisizione sono voluminosi e non possono essere utilizzati in particolari applicazioni (es. accesso al portatile).



<http://www.tinyplace.org/tinyblog/fotografia/prettyring.php>

Access Control Terminal



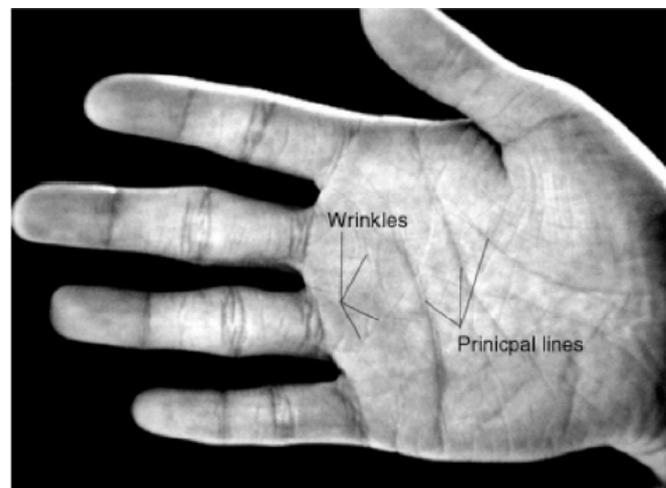
Palmprint

Motivazioni

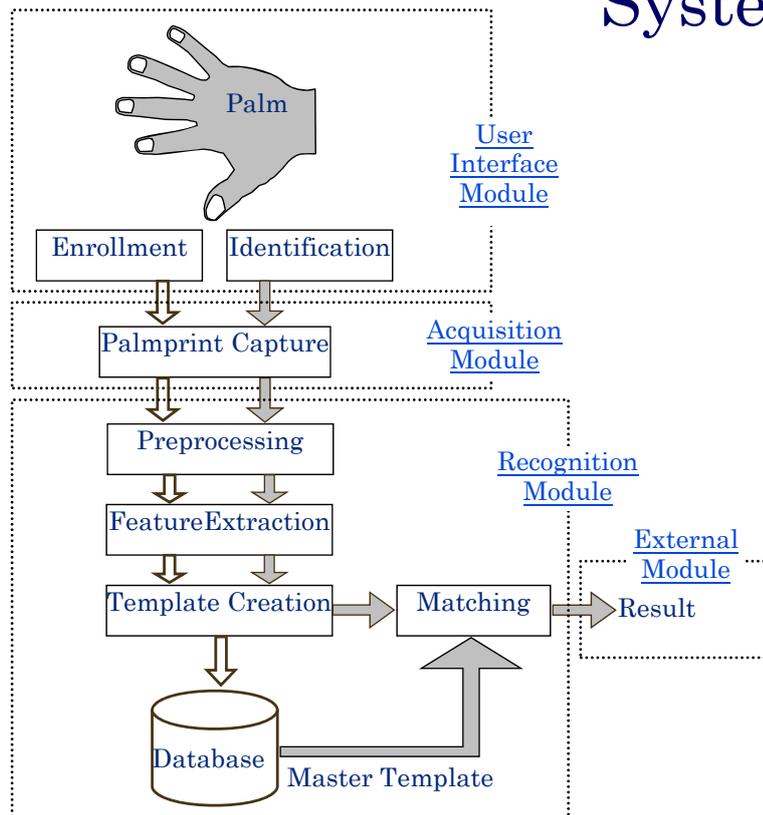
- Circa il 30% delle impronte latenti rinvenute sulla scena del crimine sono impronte del palmo di una mano. **I sistemi di riconoscimento del palmprint sono necessari, soprattutto in ambito forense.**
 - **Vantaggi:**
 - Il palmo ha un'area superiore rispetto a quella delle impronte, permettendo così l'estrazione di un numero maggiore di caratteristiche.
 - Accuratezza elevata e tempi di elaborazione ridotti.
 - Elevata unicità (certamente superiore a quella della geometria della mano).
 - Acquisizione non intrusiva.
 - **Svantaggi:**
 - Caratteristica biometrica relativamente nuova e non ancora studiata approfonditamente.
 - Dispositivi d'acquisizione di grandi dimensioni (simili a quelli usati per la geometria della mano).

Caratteristiche del palmprint

- L'estrazione di minuzie, ridge line e singolarità richiede immagini a risoluzione elevata (superiore a 400 dpi).
- Da immagini a 100 dpi si possono estrarre informazioni relative alle linee principali e alle pieghe che però non risultano sufficienti ai fini dell'identificazione.
- Per le immagini a bassa risoluzione si impiegano solitamente informazioni sulla tessitura.



System Framework

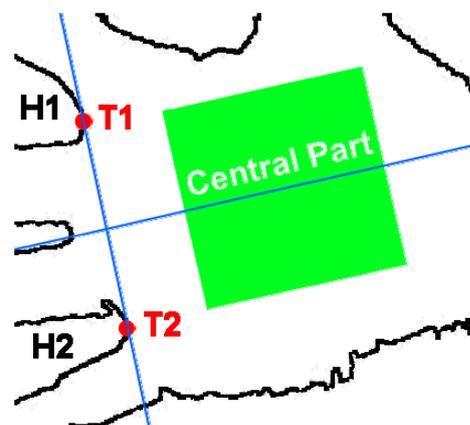


Il sistema di riconoscimento basato su palmprint installato al Biometric Research Center (Hong Kong Polytechnic University)

Preprocessing

Preprocessing

- Necessario per facilitare il corretto allineamento di palmprint diversi.
- Localizza la regione centrale del palmo per l'estrazione delle feature.



Palmprint Preprocessing

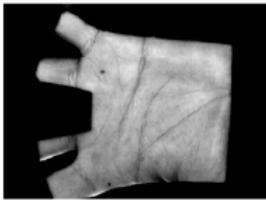
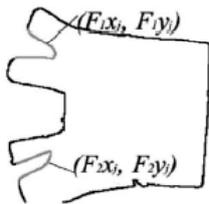


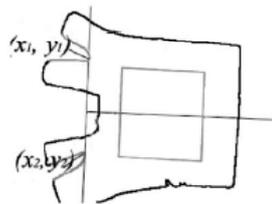
Immagine originale



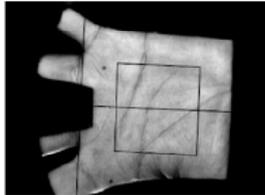
Immagine binaria



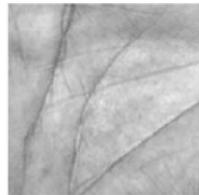
Estrazione contorni



Sistema di coordinate



Regione centrale



Risultato pre-processing

Step 1: Si procede alla binarizzazione dell'immagine a livelli di grigio e si applica successivamente un filtro di smoothing passa-basso.

Step 2: Si individuano due zone: H_1 (tra il dito indice e il medio) e H_2 (tra il mignolo e l'anulare).

Step 3: Si determinano i punti estremi T_1 e T_2 per le due regioni.

Step 4: Si definisce un nuovo sistema di coordinate disegnando due linee: una collega T_1 e T_2 (asse y) e l'altra è perpendicolare all'asse y e passante per il punto medio di T_1 e T_2 (asse x).

Step 5: Nel nuovo sistema di coordinate si estrae una sotto-immagine di dimensione prefissata, dalla quale saranno poi estratte le feature per il riconoscimento.

Estrazione di feature: il PalmCode

- L'estrazione delle feature avviene tramite convoluzione dell'immagine con quattro filtri di Gabor ($G_j, j=1,2,3,4$).
- Per un punto specifico (x,y) la risposta in ampiezza al filtro si definisce come segue:

$$M_j(x, y) = G_j(x, y) * I \times \overline{G_j(x, y) * I}$$

- In ciascun punto (x,y) si sceglie il filtro k che determina una maggiore risposta in ampiezza $M_j(x,y)$.
- La risposta è quindi "binarizzata" per ottenere un PalmCode:

$$h_r = 1 \quad \text{if} \quad \text{Re}[G_k * I] \geq 0 \quad h_i = 1 \quad \text{if} \quad \text{Im}[G_k * I] \geq 0$$

$$h_r = 0 \quad \text{if} \quad \text{Re}[G_k * I] < 0 \quad h_i = 0 \quad \text{if} \quad \text{Im}[G_k * I] < 0$$

Matching

- La similarità tra due PalmCode P e Q è calcolata sulla base di una distanza di hamming normalizzata:

$$D_o = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N P_M(i, j) \cap Q_M(i, j) \cap ((P_R(i, j) \otimes Q_R(i, j) + P_I(i, j) \otimes Q_I(i, j)))}{2 \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N P_M(i, j) \cap Q_M(i, j)}$$

dove P_R (Q_R), P_I (Q_I) and P_M (Q_M) sono rispettivamente la parte reale, la parte immaginaria e la maschera del codice $P(Q)$;

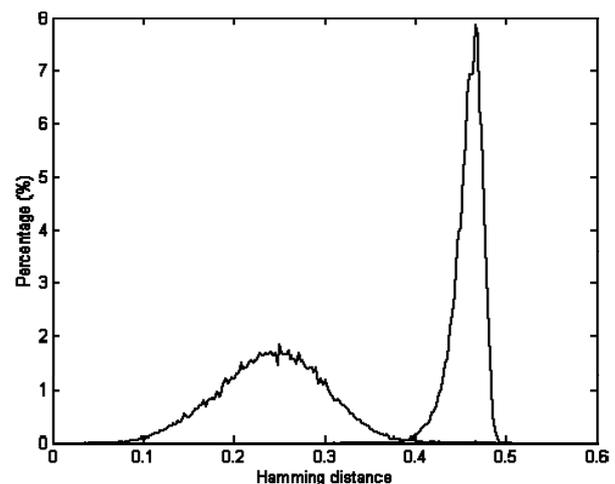
\otimes e \cap sono operatori booleani (XOR e AND).

- La distanza assume valori tra 0 e 1.

Risultati (in modalità verifica)

- Test eseguiti su un database di 8025 immagini appartenenti a 200 persone.
- Il template è stato creato a partire da una sola immagine.
- Tutte le immagini non usate per la creazione del template sono state confrontate con i template memorizzati nel db.

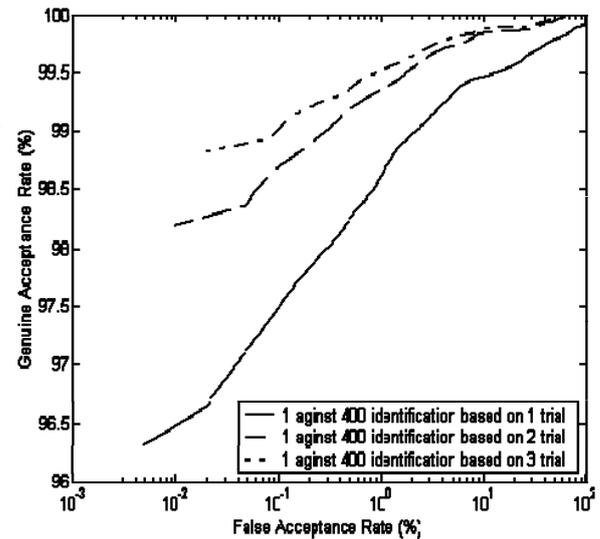
Threshold	1 template image		3 template images	
	FAR (%)	FRR (%)	FAR (%)	FRR (%)
0.32	0.000027	8.15	0.000012	5.12
0.34	0.00094	4.02	0.0016	2.18
0.36	0.011	1.94	0.017	0.86
0.38	0.096	1.05	0.15	0.43
0.40	0.68	0.59	1.03	0.19



Risultati (in modalità identificazione)

- Training set costituito da 1200 immagini (3 per ogni palmo). Test set costituito da 6825 immagini.
- Ogni immagine nel test set è confrontata con tutti i template.

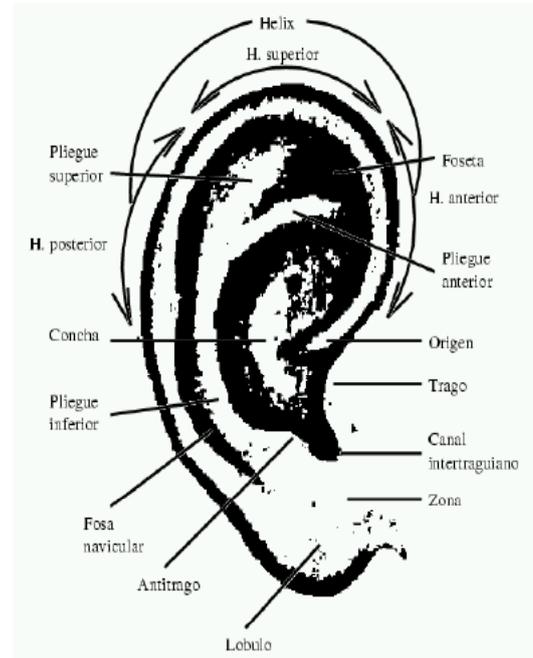
Threshold	Trial=1		Trial=2		Trial=3	
	FAR (%)	FRR (%)	FAR (%)	FRR (%)	FAR (%)	FRR (%)
0.320	0.0049	3.69	0.0098	1.80	0.020	1.17
0.325	0.0439	2.93	0.088	1.34	0.131	1.06
0.330	0.15	2.29	0.28	1.02	0.42	0.68
0.335	0.37	1.90	0.68	0.72	0.96	0.48
0.340	0.84	1.51	1.43	0.57	1.93	0.37
0.345	1.45	1.16	2.32	0.42	3.02	0.26



Orecchio

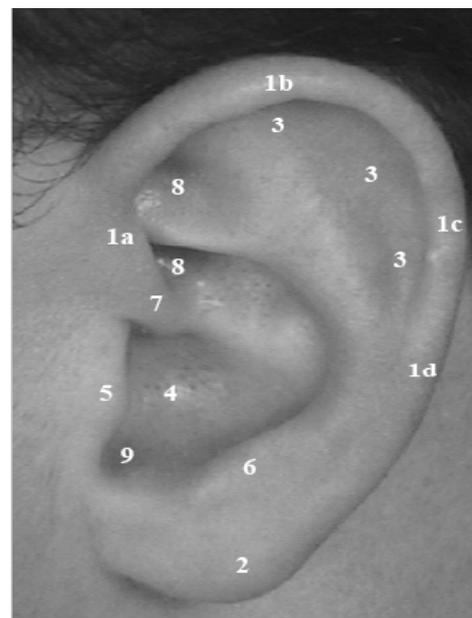
Riconoscimento basato sull'orecchio

- I sistemi di riconoscimento basati sull'analisi dell'orecchio analizzano le variazioni che caratterizzano la complessa struttura dell'orecchio.
- La crescita dell'orecchio dopo i primi quattro mesi di vita è proporzionale all'età; la gravità determina generalmente un allungamento del lobo.
- L'uomo non è in grado di riconoscere una persona dall'orecchio, ma alcuni studi hanno dimostrato che esso possiede invece un buon potere discriminante.



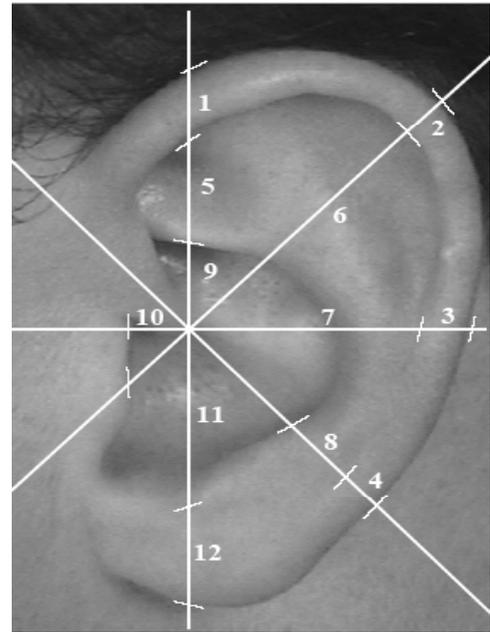
L'orecchio

- L'orecchio non ha una struttura casuale, ma è caratterizzato da un insieme di feature.
 - 1-Helix Rim
 - 2-Lobule
 - 3-Antihelix
 - 4-Concha
 - 5-Tragus
 - 6-Antitragus
 - 7-Crus of Helix
 - 8-Triangular Fossa
 - 9-Incisure Intertragica



Il sistema di Iannarelli

- Il sistema di Iannarelli si basa su un insieme di misurazioni fatte sull'orecchio.
- Richiede un allineamento molto accurato e la normalizzazione delle due immagini da confrontare.
- Si individua il crus of helix e lo si fissa come centro del sistema.
- A partire da questo punto si effettuano 12 diverse misurazioni (valori interi).
- Il vettore di feature è costituito dalle informazioni circa il sesso e l'etnia della persona e le 12 misurazioni.



A. Iannarelli, "Ear Identification", *Paramount Publishing*, 1989

Riconoscimento: diagrammi di Voronoi

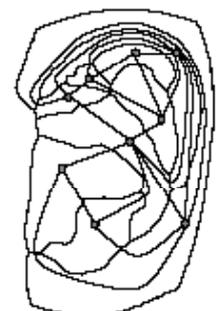
- Il principale problema del metodo di Iannarelli è la precisione con cui è necessario fissare il centro del sistema.
- Se il centro è sfasato, tutte le misurazioni risultano sbagliate.
- Burge e Burger hanno sottolineato questo problema, proponendo una nuova soluzione, **basata sui diagrammi di Voronoi e sulla distanza tra grafi**.
- Sebbene il metodo non sia stato sperimentato, la segmentazione dell'orecchio è troppo sensibile a variazioni di illuminazione e posa, rendendo inefficace la rappresentazione di Voronoi.



(a) Ear print.



(b) Voronoi.



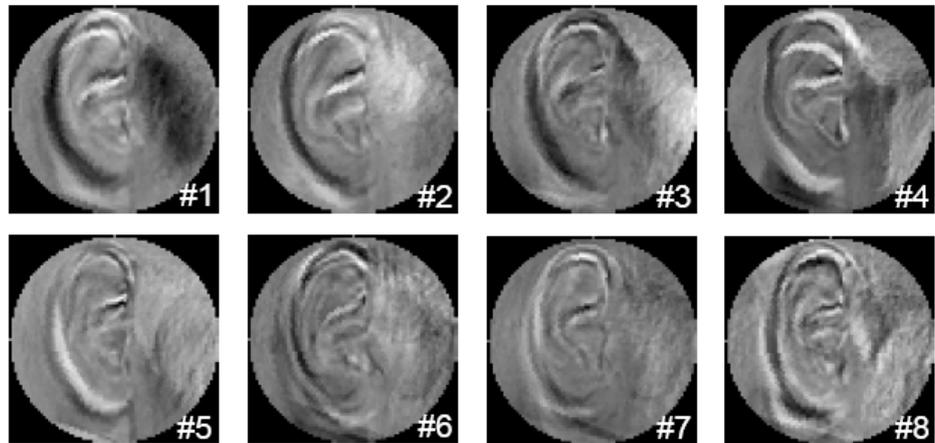
(c) N-graph.

Riconoscimento: EigenEar

- Approccio simile a EigenFace per il volto.



Immagine
dell'orecchio



Primi 8 autovettori

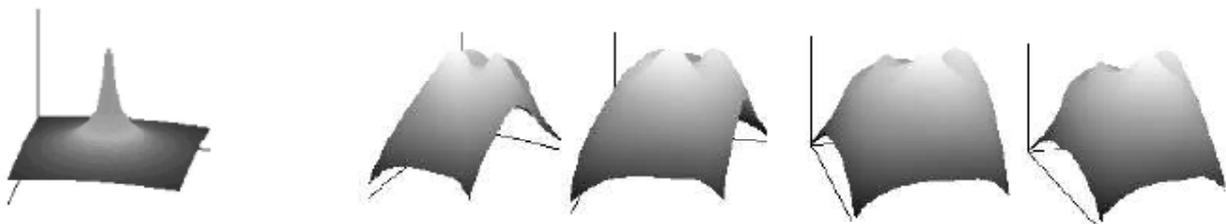
Riconoscimento: campo di forza (1)

- Ciascun pixel dell'orecchio è visto come una particella carica (0 neutro, 255 carica massima) che esercita un **campo di forza** (che si assume a simmetria sferica); la forza totale che agisce su un pixel è pari al contributo di tutte le forze dovute agli altri pixel nell'immagine:

$$\mathbf{F}(\mathbf{r}_j) = \sum_{i \neq j} P(\mathbf{r}_i) \frac{\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j}{|\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_j|^3}$$

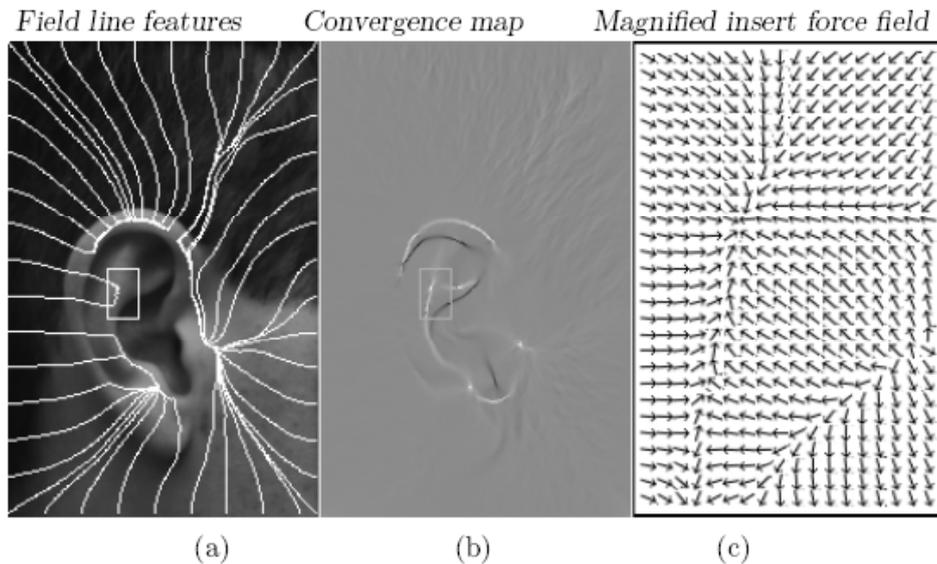
dove \mathbf{r}_i rappresenta il vettore posizione del generico pixel e $P(\mathbf{r}_i)$ è il suo valore d'intensità.

- Per ciascun pixel si calcola la forza che tutti gli altri pixel esercitano su di esso.



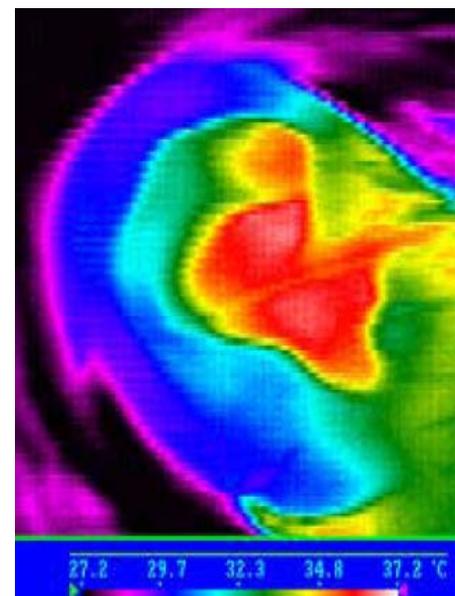
Riconoscimento: campo di forza (2)

- Si fissano una serie di punti su un'ellisse intorno all'orecchio.
- A partire da ciascun punto si segue l'attrazione del campo di forza.
- Le linee di campo convergono in punti detti pozzi.
- L'orecchio è rappresentato tramite la mappa di convergenza.



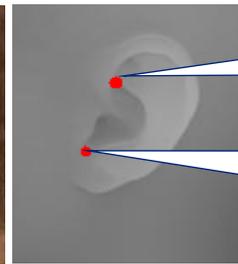
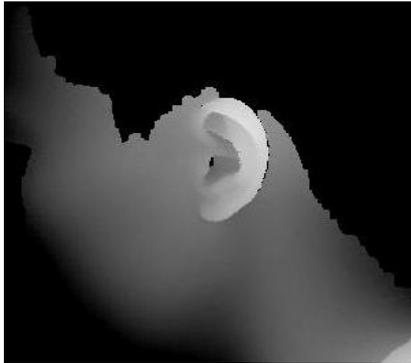
Riconoscimento: termogramma

- L'immagine dell'orecchio viene acquisita mediante camera termica
- Vantaggi:
 - L'orecchio è facilmente localizzabile;
 - L'acquisizione è robusta in presenza di occlusione da parte dei capelli;
 - La presenza di colori differenti facilita la segmentazione dell'orecchio
- Svantaggi:
 - Sensibilità al movimento;
 - Limitata risoluzione;
 - Elevati costi;



Riconoscimento: modelli 3D

- Le tecniche 3D si basano su una valutazione della profondità e della curvatura delle regioni dell'orecchio.
- In alcuni casi il confronto viene effettuato fra regioni corrispondenti (dette patch) di due modelli 3D di orecchio appartenenti alla stessa persona.



Triangular
Fossa

Incisure
Intertragica

Caratteristiche comportamentali

Stile di battitura

Lo stile di battitura

- L'analisi dello stile di battitura consiste nell'osservare il modo in cui un utente digita le parole su una tastiera. L'identificazione si basa sul ritmo abituale di scrittura.
- Lo stile di battitura è una caratteristica comportamentale, influenzata da fattori neuro-fisiologici al pari della firma.
- L'identificazione basata su analisi dello stile di battitura è la scelta più naturale per l'accesso al computer e la sicurezza in rete. In questi casi è spesso abbinata all'uso di password per aumentare il grado di sicurezza.



Caratteristiche dello stile di battitura

- Nell'analisi dello stile di battitura non è importante che **cosa** si scrive, ma **come** lo si scrive.
- Le feature usate comunemente per descrivere lo stile di battitura sono:
 - Tempo di latenza tra la pressione di due tasti
 - Durata della pressione
 - Posizionamento del dito
 - Pressione applicata sui tasti
 - Velocità di battitura
- Nella scrittura di stringhe digitate regolarmente (es. username e password) queste caratteristiche sono abbastanza coerenti, sebbene lo stile di battitura possa essere notevolmente influenzato da fattori ambientali.

Verifica statica vs. continua

- Nella verifica statica, l'analisi viene effettuata solo in momenti precisi (es. al momento dell'accesso al computer).
 - Gli approcci statici permettono di raggiungere un grado di sicurezza superiore rispetto all'uso di una semplice password.
 - La verifica statica non permette un controllo continuo sull'utente, ovvero non permette di verificare che questo non sia sostituito da un intruso dopo l'accesso.
- La verifica continua osserva lo stile di battitura dell'utente durante tutta la sessione di lavoro.

Riconoscimento: trigraph features (1)

- Un “trigraph” è una terna di tasti premuti in sequenza.
- Durata del trigraph: tempo trascorso tra la pressione del primo e del terzo tasto.
- Sviluppato per utenti americani.
- Si analizza una sequenza di trigraph memorizzando per ciascuno la durata:
 - S1: ame 277; mer 255; eri 297; ric 326; ica 235
- Il vettore di feature si ottiene ordinando i trigraph in ordine crescente di durata.
 - S1: ica 235 ; mer 255; ame 277; eri 297; ric 326

Riconoscimento: trigraph matching

- **Grado di disordine:** somma del valore assoluto del cambiamento di posizione dei trigraph tra due vettori di feature ordinati.
 - S1: ica 235 ; mer 255; ame 277; eri 297; ric 326
 - S2: mer 215; ica 258; ame 298; ric 306; eri 315

S1			S2	
ica	235	← d = 1	• mer	215
mer	255	← d = 1	• ica	258
ame	277	← d = 0	• ame	298
eri	297	← d = 1	• ric	306
ric	326	← d = 1	• eri	315

- Il valore viene normalizzato nell'intervallo [0,1]

Stile di battitura: vantaggi e svantaggi

- **Vantaggi:**
 - Tecnica non intrusiva, ampiamente accettata dall'utente
 - Metodo di autenticazione naturale per l'accesso al computer
 - Permette la verifica continua d'identità
 - Non richiede hardware specifico.
- **Svantaggi:**
 - False Non Match Rate elevato
 - Sensibilità a cambiamenti di tastiera, condizioni fisiche dell'utente (es. stanchezza) e condizioni operative.
 - Poche applicazioni reali
 - È necessario tenere conto di problemi legati a errori di battitura.

Caratteristiche comportamentali

Firma

Firma

Il riconoscimento della firma può avvenire in due modalità:

- **Off-line o statica.**

La firma è acquisita da documenti cartacei, sui quali è stata apposta con metodi di scrittura convenzionali. La verifica off-line può essere effettuata a partire da un'immagine acquisita con un normale scanner.

- **On-line o dinamica.**

La firma è acquisita usando appositi dispositivi che forniscono informazioni dinamiche relative alla posizione della penna nel tempo, anche quando la penna non è direttamente a contatto con il dispositivo.

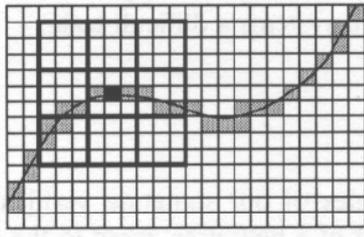


Static off-line technology – document authentication



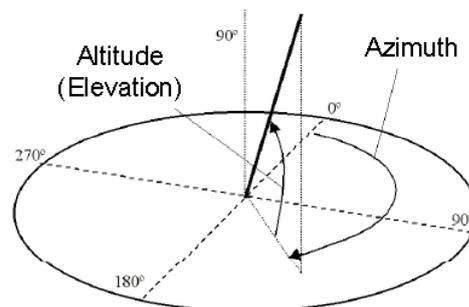
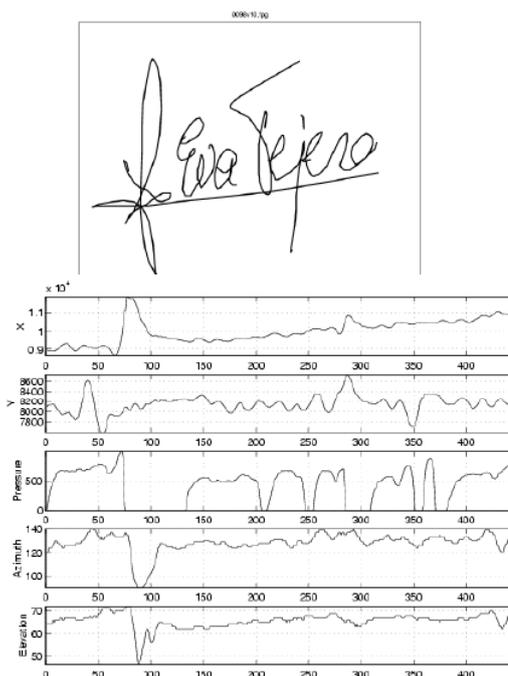
Dynamic on-line technology – signal processing and pattern recognition

Pre-processing



- **Smoothing:** il segnale ricevuto da un dispositivo di acquisizione della firma può essere rumoroso e deve quindi essere regolarizzato.
- **Segmentation:** identificazione dell'inizio e della fine della firma.
 - **Inizio della firma:** primo punto nel quale l'informazione relativa alla pressione della penna non è nulla.
 - **Fine della firma:** ultimo punto in cui la penna viene sollevata. In realtà la penna può essere sollevata anche durante la firma, per cui è necessario usare una soglia di tolleranza (es. 3 sec).
- **Allineamento del punto iniziale:** i punti iniziali di tutte le firme devono essere allineati per rendere la firma indipendente dalla posizione sul dispositivo di acquisizione.

Firma dinamica: feature



Features:

1. coordinate X
2. coordinate Y
3. pressure
4. pen azimuth ($0^\circ - 359^\circ$)
5. pen altitude ($0^\circ - 90^\circ$)

Feature locali e globali

• Feature locali

- Coordinate x, y
- Velocità(v)
- Accelerazione(A)
- Angolo della traiettoria (Θ)
- Azimuth
- Elevazione
- Derivata prima delle feature (Δ)
- Derivata seconda delle feature ($\Delta\Delta$)

• Feature globali

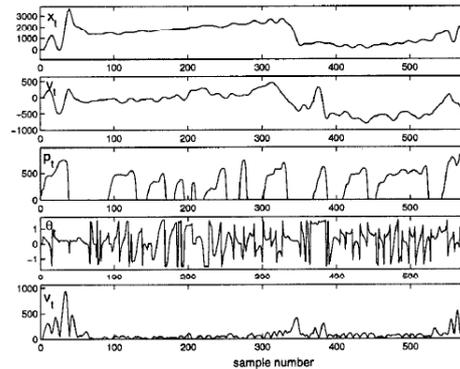
- Lunghezza e altezza della firma
- Tempo totale per la firma
- Tempo in cui la penna è stata appoggiata al dispositivo
- Tempo in cui la penna è stata sollevata
- Velocità minima, media e massima.

Trajectory angle

$$\Theta_t = \arctan\left(\frac{\dot{y}_t}{\dot{x}_t}\right)$$

Velocity

$$v = \sqrt{\dot{x}_t^2 + \dot{y}_t^2}$$



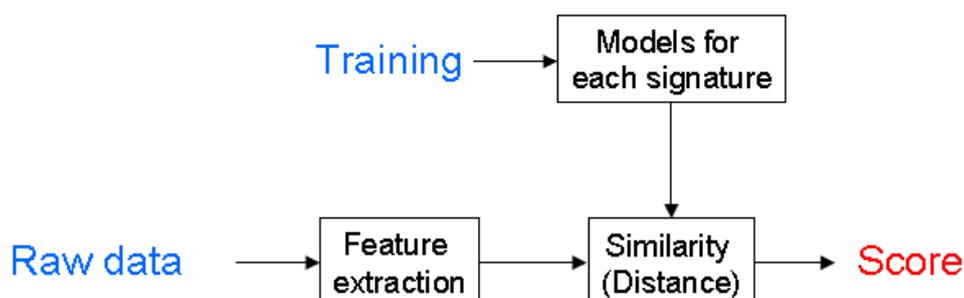
Matching

Approcci statistici

- Gaussian Mixture Model
- Hidden Markov Model

Approcci deterministici

- Dynamic Time Warping
- Vector Quantization



Firma: vantaggi e svantaggi

- **Vantaggi**

- La procedura di enrollment è intuitiva e veloce
- La verifica della firma avviene in tempi brevi
- Il template ha dimensioni molto ridotte
- La firma è indipendente dal linguaggio nativo dell'utente

- **Svantaggi**

- La firma può essere facilmente contraffatta
- Sebbene la firma sia molto usata per l'autenticazione di documenti, il suo uso in altre applicazioni è ancora limitato
- L'accuratezza della verifica richiede informazioni dettagliate che si possono ottenere solo usando costosi dispositivi di acquisizione.
- Alcune persone hanno difficoltà di movimento e di coordinamento che rendono inapplicabile questo metodo di riconoscimento.

Caratteristiche comportamentali

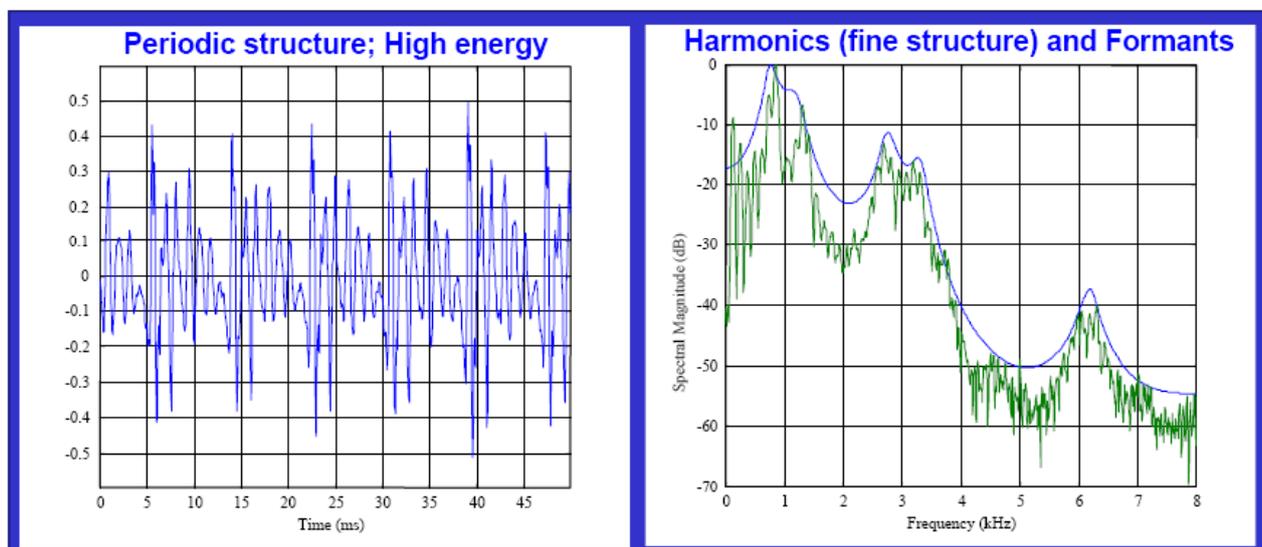
Voce

Il riconoscimento della voce

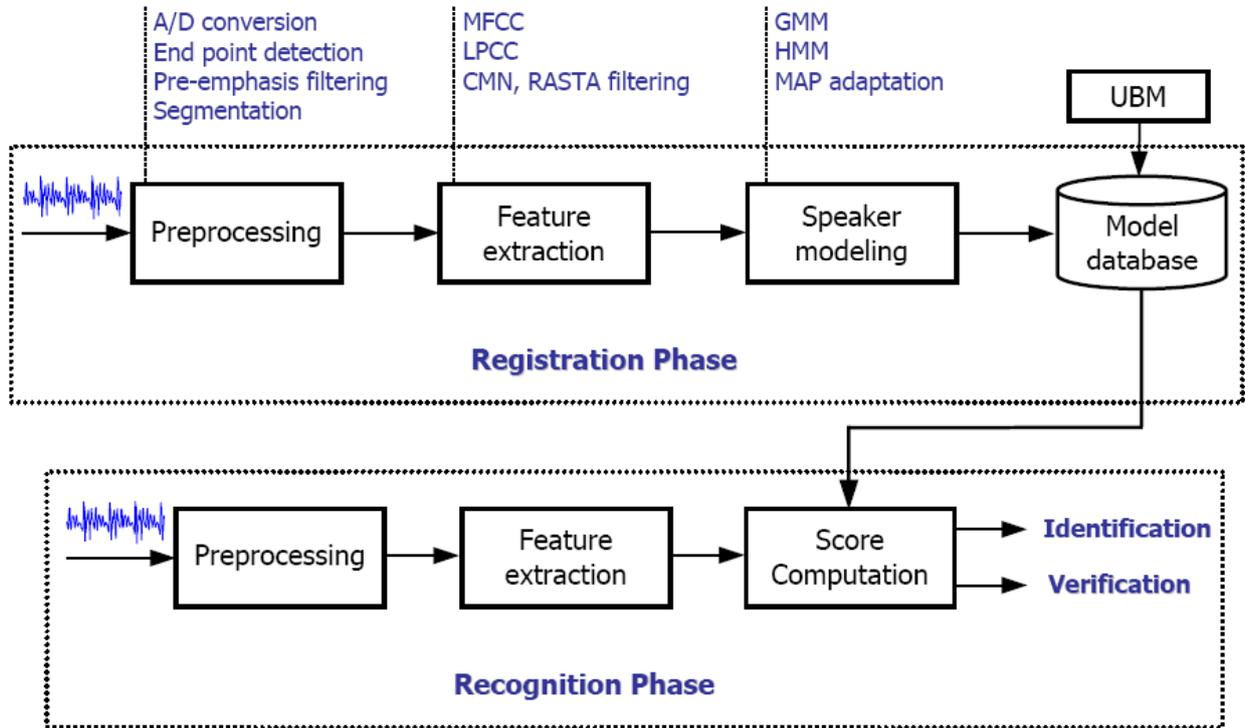
- Il linguaggio contiene molte informazioni diverse:
 - il messaggio
 - la lingua parlata
 - eventuali problemi di dizione
 - stato emotivo
 - ... identità della persona che parla
- L'identità della persona emerge nella voce a causa di diversi fattori:
 - fattori fisiologici (caratteristiche fisiche del soggetto)
 - abitudini linguistiche (es. accento particolare)
 - può essere influenzata da fattori esterni (es. rumore, acustica della stanza).

La voce

- Il suono della voce è determinato dalla vibrazione delle corde vocali.
- Si tratta di un segnale complesso dato dalla combinazione di un segnale di fondo e delle armoniche.



Un sistema di riconoscimento



Voce: vantaggi e svantaggi

- **Vantaggi**

- Procedura di enrollment veloce e non intrusiva
- Non sono richieste particolari apparecchiature

- **Svantaggi**

- La voce è una caratteristica biometrica comportamentale, facile da contraffare.
- È difficile comprimere i dati in modo significativo per limitare l'occupazione di memoria
- Il riconoscimento della voce viene usata in molte applicazioni, ma non a livello di riconoscimento biometrico.