

# Sistemi Biometrici basati su Impronte Digitali

## Parte III

# Indice

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>2</b>
1.1	Sistema di classificazione attuale . . . . .	2
1.2	Alcune applicazioni basate sulle impronte . . . . .	2
1.2.1	Sistemi AFIS . . . . .	4
1.3	Punti di forza e di debolezza . . . . .	4
1.4	I tre livelli di analisi delle impronte . . . . .	5
1.4.1	Livello I (globale) . . . . .	5
1.4.2	Livello II (locale) . . . . .	5
1.4.3	Livello III (ultra-fine) . . . . .	5
1.5	Quanto diverse? . . . . .	6
1.6	Attuali criticità dei sistemi AFIS . . . . .	6
<b>2</b>	<b>Impronte digitali e sensori: caratteristiche</b>	<b>7</b>
2.1	Modalità di acquisizione . . . . .	7
2.2	Proprietà del sensore . . . . .	8
2.3	Sensori ottici . . . . .	8
2.4	Sensori a stato solido . . . . .	9
2.5	Sensori 3D (ultrasuoni) . . . . .	9
2.6	Problemi di acquisizione: pressione . . . . .	9
<b>3</b>	<b>Rappresentazione, compressione, e non unicità</b>	<b>10</b>
3.1	Rappresentazione delle impronte . . . . .	10
3.1.1	Immagini delle impronte . . . . .	10
3.1.2	Compressione . . . . .	10
3.1.3	Formati di interscambio . . . . .	11
3.2	Unicità delle impronte . . . . .	11

# Capitolo 1

## Introduzione

Le impronte digitali sono **creste e valli della pelle** sui palmi delle dita; sono tratti biometrici **stabili** (dall'ottavo mese di gestazione) a meno di abrasioni o malattie.

Durante la crescita, il dito cresce: le distanze si allargano ma le *minutiae* rimangono le stesse.

### 1.1 Sistema di classificazione attuale

Le impronte si dividono, attraverso lo studio degli **orientamenti dei ridge** e l'**individuazione di eventuali *delta* o *core***, in:

- **Arch:** *entro da sinistra ed esco da destra; si divide in plain e tented*
- **Loop:** *faccio un loop; si divide in left/right loop*
- **Whorl:** *ci sono due delta attorno al cerchio*

Questa divisione torna utile per ottimizzare la ricerca di un'impronta; le denominazioni nascono in base a come si muovono i ridge.

Le classi **non** sono distribuite uniformemente.

### 1.2 Alcune applicazioni basate sulle impronte

Esistono diversi tipi di sistemi:

- sistemi integrati (smartphone, *integrato = non c'è un unico server*)
- smartcard
- per PC
- stand alone

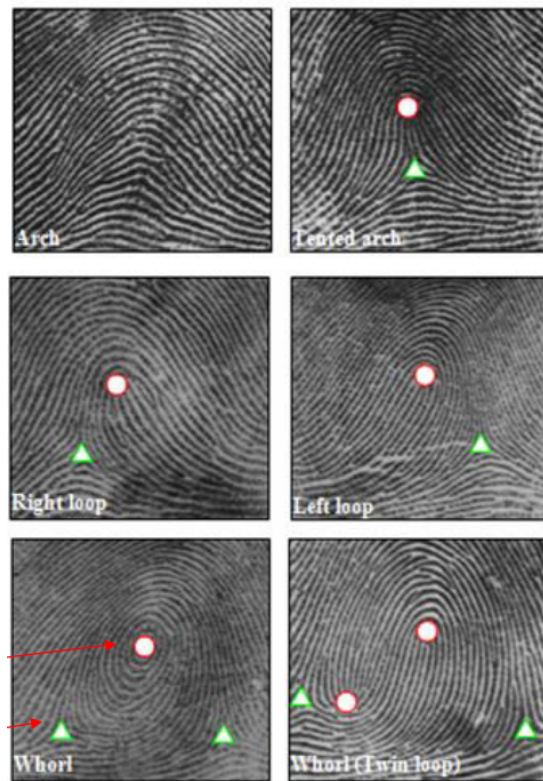


Figura 1.1: Classificazione delle impronte; in verde sono indicati i delta, in rosso i core

- distribuiti (AFIS)

Alcune tipologie di applicazioni sono:

- **Forensi:**
  - identificazione di corpi/persone/terroristi
  - bambini scomparsi
  - attività investigativa
- **Governative:**
  - carte d'identità/passaporti/patenti
  - controllo degli accessi
  - controllo delle frontiere
  - controllo documenti

- **Commerciali:**
  - ATM
  - ecommerce
  - accesso a servizi online

### 1.2.1 Sistemi AFIS

AFIS (*Automated Fingerprint Identification System*) è un sistema hardware e software per:

- acquisizione e classificazione
- ricerca di una impronta sconosciuta in una banca dati consultabile dai terminali distribuiti

Tipicamente si usa per identificare un'impronta ignota.

## 1.3 Punti di forza e di debolezza

### Punti di forza

- è una tecnologia matura, controllata e funzionante in molti ambienti
- l'acquisizione è facile
- offre la possibilità di usare più dita

### Debolezze

- alcune impronte non possono essere acquisite (circa il 4%)
- l'accuratezza tende a degradare nel tempo
- essendo associata ad applicazioni forensi, alcune persone provano disagio a fornire il tratto biometrico

## 1.4 I tre livelli di analisi delle impronte

### 1.4.1 Livello I (globale)

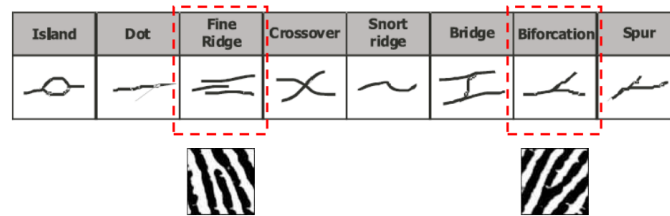
A livello globale si osservano:

- il flusso delle linee (arch, whorl, loop, ...)
- i punti singolari (delta, core): questi punti descrivono ciò che c'è intorno
- la forma dell'impronta
- l'orientamento
- la frequenza delle righe

### 1.4.2 Livello II (locale)

A livello locale è possibile identificare fino a 150 diverse **caratteristiche locali delle minutiae**; *zoomiamo* su ciò che accade intorno ad un ridge.

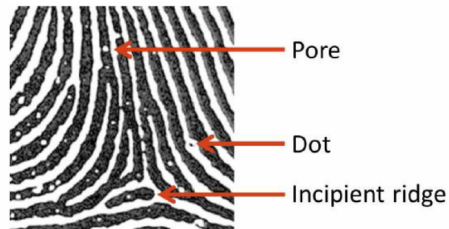
Le due principali caratteristiche sono le **biforcazioni** e **terminazioni**.



### 1.4.3 Livello III (ultra-fine)

A livello ultra-fine è possibile individuare i seguenti dettagli:

- intra-creste (pori per la sudorazione)
- inter-creste ( )



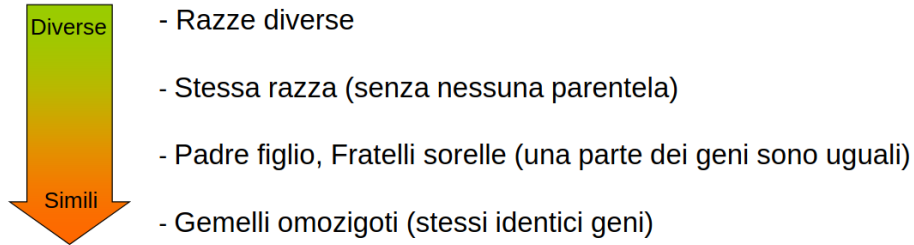
I dettagli del livello III sono considerati altamente distintivi, ma si rilevano solo ad altissima risoluzione (almeno 1000 dpi ed in condizioni ideali).

Bastano pochi  $mm^2$  per catturare molti dettagli di tutti e 3 i livelli.

## 1.5 Quanto diverse?

Le impronte possono avere una struttura simile ma hanno sempre tanti punti di diversità.

Di solito si ha la seguente scala di diversità:



### I gemelli?

Anche i gemelli omozigoti (con lo stesso DNA) hanno impronte diverse.

Le impronte sono una manifestazione del *fenotipo* (dipendente anche da fattori casuali ed ambientali) anche partendo dallo stesso *genotipo*.

### Quante minuzie?

Non c'è una regola mondiale accettata per stabilire se due impronte appartengono allo stesso individuo.

Un esperto procede nel seguente modo, controllando:

1. la concordanza del **pattern globale**
2. la concordanza **qualitativa**, ovvero controlla che le minutiae siano identiche
3. il fattore **quantitativo** che specifica il numero minimo di dettagli minuti che devono corrispondere tra le due impronte (ad esempio 12)
4. la corrispondenza dei **dettagli di livello III**, che devono risultare identicamente correlati

## 1.6 Attuali criticità dei sistemi AFIS

- qualità acquisizione dell'impronta
- correttezza nella fase di estrazione delle minutiae e di matching; è necessario un supervisore

## Capitolo 2

# Impronte digitali e sensori: caratteristiche

I sensori devono cercare di catturare la distribuzione di creste e valli sulla pelle; maggiori sono i dettagli catturati, migliore sarà la capacità del sistema di identificare/verificare le persone.

### 2.1 Modalità di acquisizione

Esistono due principali modalità di acquisizione:

- **off-line:** i polpastrelli vengono prima passati su un tampone inchiostro e poi vengono rotolati sulla carta; la scheda viene poi acquisita con uno scanner ottico.

Un esempio sono le **impronte digitali latenti**, come quelle trovate su una scena del crimine

- **live-scan:** l'immagine dell'impronta digitale è acquisita in tempo reale direttamente tramite il contatto con un apposito sensore

#### Tipi di sensori live-scan

- **ottici:** scanner tradizionali
- **stato solido:** pixel sensibili alle variazioni di pressione e temperatura
- **altro tipo:** ultrasuoni



## 2.2 Proprietà del sensore

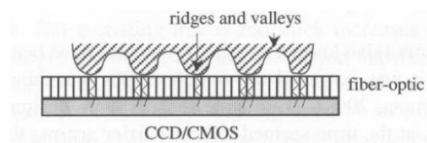
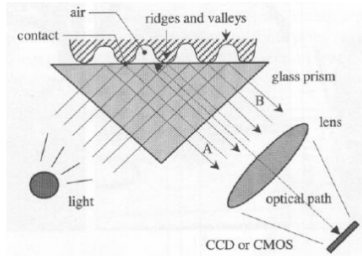
Nello scegliere un sensore bisogna controllare:

- risoluzione
- area d'acquisizione
- numero di pixel e bit per pixel
- contrasto
- distorsione geometrica

Può essere utile controllare caratteristiche aggiuntive, come la presenza di componenti hw/sw per il rilevamento automatico della presenza del dito e delle condizioni (posizione, pressione).

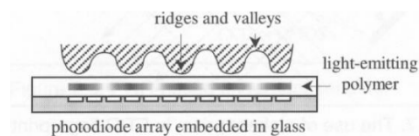
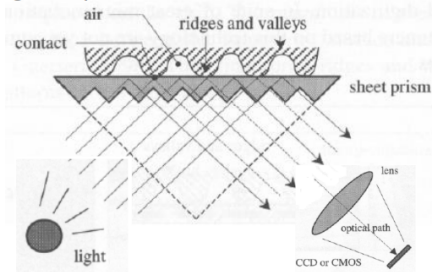
## 2.3 Sensori ottici

### Rifrazione Interna



Con fibre ottiche

### A foglio di prismi

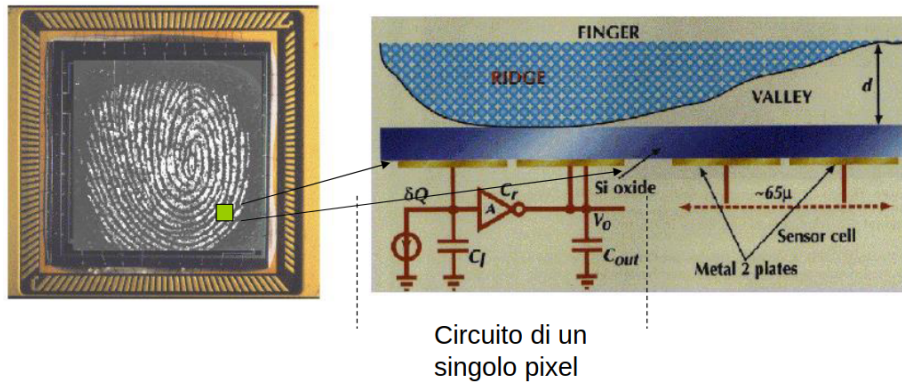


Elettro-ottico

Con la riflessione ottica si ottiene una risoluzione migliore.

## 2.4 Sensori a stato solido

Il contatto fra il ridge e la superficie del sensore cambia la capacità del circuito del singolo pixel.



Ci sono due laminette metalliche che misurano una tensione diversa a seconda della pressione; sotto ogni pixel c'è un circuito. hanno forma simile ma circuiti dedicati diversi per il singolo pixel

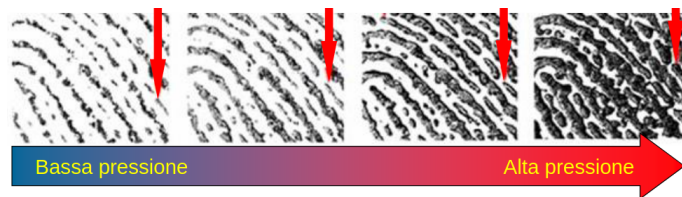
## 2.5 Sensori 3D (ultrasuoni)

Sono dei sensori che riescono a rilevare la tridimensionalità dell'impronta digitale. I sensori a stato solido che rilevano la temperatura o la pressione.

I sensori 3D sono utili nel fornire intrinsecamente una funzione di anti-spoofing: sanno riconoscere se l'onda attraversa un *medium* diverso da quello atteso (la pelle).

## 2.6 Problemi di acquisizione: pressione

All'aumentare della pressione, i ridge da discontinui iniziano a diventare continui e a vedersi meglio; quando diventa troppa, i ridge iniziano ad unirsi.



## Capitolo 3

# Rappresentazione, compressione, e non unicità

### 3.1 Rappresentazione delle impronte

La rappresentazione delle impronte in un sistema biometrico dipende da:

- sensore impiegato (ottico, stato solido, ...)
- livello di analisi (I, II, III)
- caratteristiche estratte (ridge, minuzie, ...)

#### 3.1.1 Immagini delle impronte

Il sample della impronta è una immagine in toni di grigio, che richiede il controllo:

- delle risoluzione
- dei bit per pixel

#### Un esempio

Un esempio: l' FBI digitalizza le impronte del DB nazionale a 500 Dpi con 8 bit per pixel; una cartella con 10 impronte occupa circa 10 MB!

#### 3.1.2 Compressione

Esistono dei formati di compressione appositi per le immagini di impronte digitali, che utilizzano degli algoritmi appositi.

### 3.1.3 Formati di interscambio

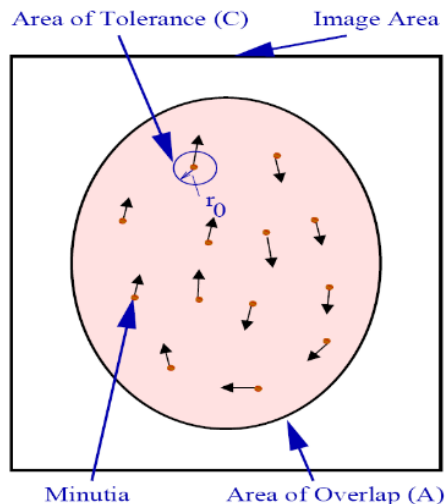
Oltre al formato di rappresentazione interna del template nel sistema biometrico (che può essere privato o segreto essendo del produttore), esistono dei formati di interscambio dei dati fra istituzioni/aziende (regolato da ISO).

## 3.2 Unicità delle impronte

È possibile stimare la probabilità che due persone abbiano la stessa impronta. Data un'impronta con  $n$  minutiae, è possibile calcolare la probabilità di condire  $q$  minutiae con un altro template contenente  $m$  minutiae

$p(M, m, n, q)$ , con

$$M = \text{Areadiooverlap} / \text{Areaditolleranza} = A/C$$



### Esempio con parametri comuni

$$p(M, m, n, q) = p(70, 12, 12, 12) = 1,22 * 10^{-20}$$

$M = 70$  indica una situazione tipica forense fra un'intera ed una latente parziale con almeno 12 minutiae "buone".