



# *Sensoristica e Monitoraggio*

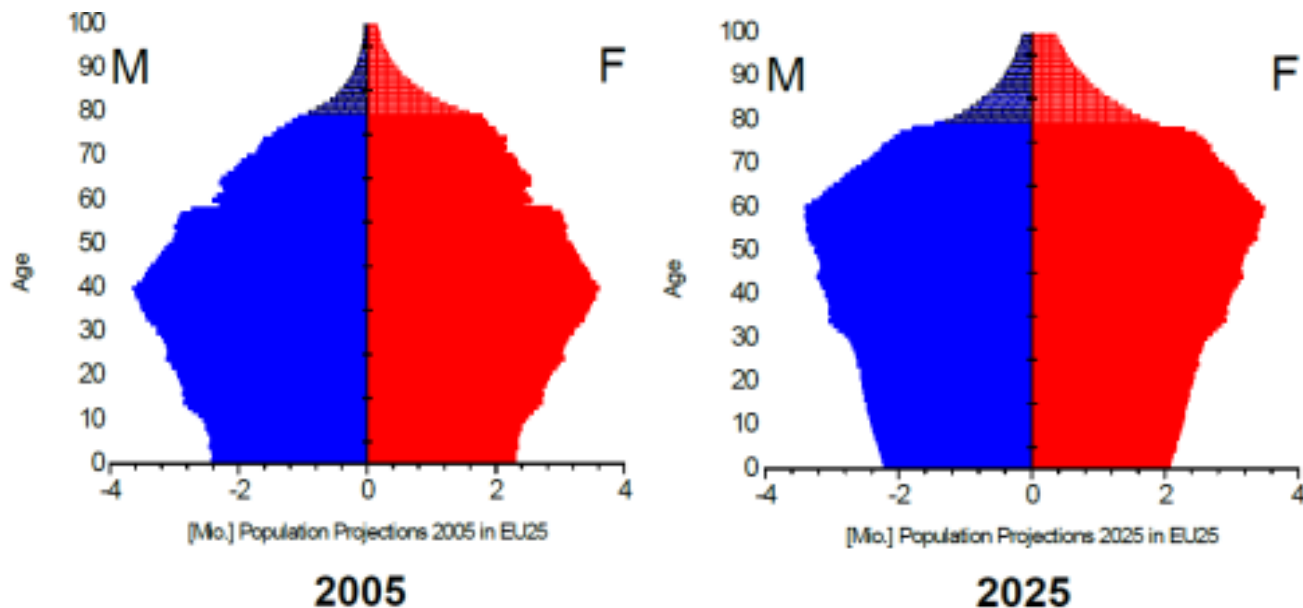
*Tecnologie e Sistemi Multisensoriali  
Intelligenti per la Rilevazione della Caduta*

**Ing. Alessandro Leone**

Istituto per la Microelettronica e i Microsistemi  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

# Invecchiamento della popolazione

## *Il trend demografico*



Nel 2020 il 25% della popolazione UE sarà ultrasessantenne e gli ultraottantenni raddoppieranno rispetto al 2005

Fonte Eurostat



# Invecchiamento della popolazione

## *Le sfide comunitarie sono volte a:*

- Migliorare la qualità della vita nel periodo della terza età
- Promuovere interventi a sostegno dell'autonomia dell'anziano e degli utenti deboli
- Favorire la permanenza dell'anziano nella sua abitazione in condizioni di sicurezza e di benessere
- Razionalizzare i costi della Sanità Pubblica e del Welfare



# Invecchiamento della popolazione




## Il rischio di infortunio: *La caduta*

- La caduta è una delle principali cause di infortunio (e di decesso) dell'anziano
- Un soccorso tempestivo riduce del 26% il rischio di ospedalizzazione e di oltre l'80% il rischio di decesso (PHILIPS *Lifeline*)
- E' evidente l'interesse del mondo accademico e dell'industria verso soluzioni ICT evolute di "fall detection"
- Le soluzioni commerciali sono basate sull'impiego di:
  - Sensori ambientali
  - Sensori indossati
  - Sistemi di visione (telecamere)

# Le soluzioni commerciali

## *Sistemi ambientali*

Sensori di pressione sparsi nell'ambiente atti a rilevare la presenza

Posizione	Produttore	Prodotto
Letto/sedia	Tunstall Group Ltd	
Tappeto	Tunstall Group Ltd	
Pavimento	American Excel Engineering, Inc.	




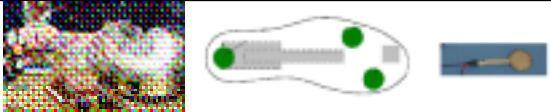


***Criticità: necessario riprogettare l'ambiente***



# Le soluzioni commerciali

## *Sistemi indossabili*

Sensore (accelerometro, giroscopio, ...) atto alla rilevazione del movimento

Posizione	Produttore	Prodotto
Vita (cintura)	Tunstall Group Ltd	
Piede (scarpa prototipo)	Adidas	
Polso	Vivatec Ltd	
Collo	Initial Attendo	

→ **Criticità: collocazione, dimenticanza, urti, accettabilità, durata batterie** ←

# Le soluzioni commerciali *Sistemi basati su visione*



Streaming da telecamera analizzato mediante visione artificiale



***Criticità: limiti tipici della visione passiva***




# Sistemi basati su visione

## *Limiti della visione passiva*

- Presenza di ombre
- Illuminazione instabile
- Presenza di oggetti parzialmente occludenti
- Contrasto e tessitura insufficienti

Condizioni  
Ideali






# Sistemi basati su visione

## *Criticità della visione passiva*

- **Presenza di ombre**
- Illuminazione instabile
- Presenza di oggetti parzialmente occludenti
- Contrasto e tessitura insufficienti






# Sistemi basati su visione

## *Criticità della visione passiva*

- Presenza di ombre
- **Illuminazione instabile**
- Presenza di oggetti parzialmente occludenti
- Contrasto e tessitura insufficienti





# Sistemi basati su visione

## *Criticità della visione passiva*

- Presenza di ombre
- Illuminazione instabile
- **Presenza di oggetti parzialmente occludenti**
- Contrasto e tessitura insufficienti



# Sistemi basati su visione

## *Criticità della visione passiva*

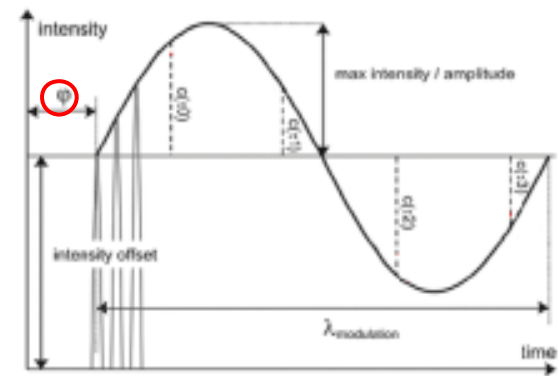
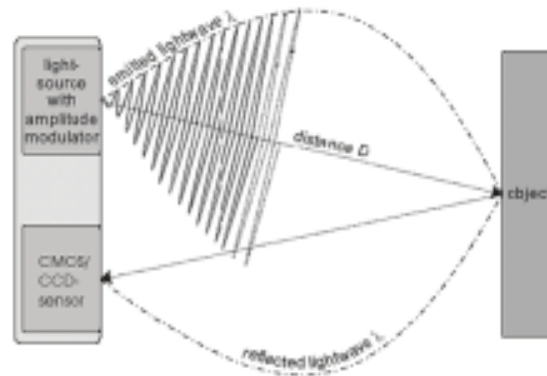
- Presenza di ombre
- Illuminazione instabile
- Presenza di oggetti parzialmente occludenti
- **Contrasto e tessitura insufficienti**



# Sistemi basati su visione

## *La visione attiva*

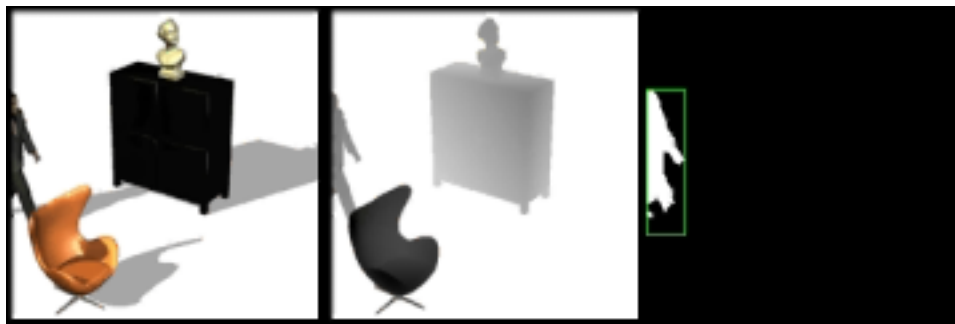
- Misura la distanza di ciascun punto nella scena
- Principio del tempo di volo del fotone (TOF, *Time-Of-Flight*)
- Restituisce una mappa di profondità (*depth map*)




## Sistemi basati su visione

### *I vantaggi della visione attiva (3D-TOF)*

- Assenza di fenomeni d'ombra
- Indipendenza dalle condizioni di illuminazione
- Gestione naturale delle occlusioni
- Indipendenza da informazioni cromatiche/tessiturali
- Rispetto della privacy (non sono acquisite informazioni atte a rilevare l'identità del soggetto)





## Sistemi basati su visione *I limiti della visione attiva (3D-TOF)*

- Distanza massima raggiungibile limitata (< 15 metri)
- Limitato campo di vista (< 50°)
- Costo (€6.000 per MESA SR4000)



# Rilevazione della caduta mediante VISIONE 3D ATTIVA

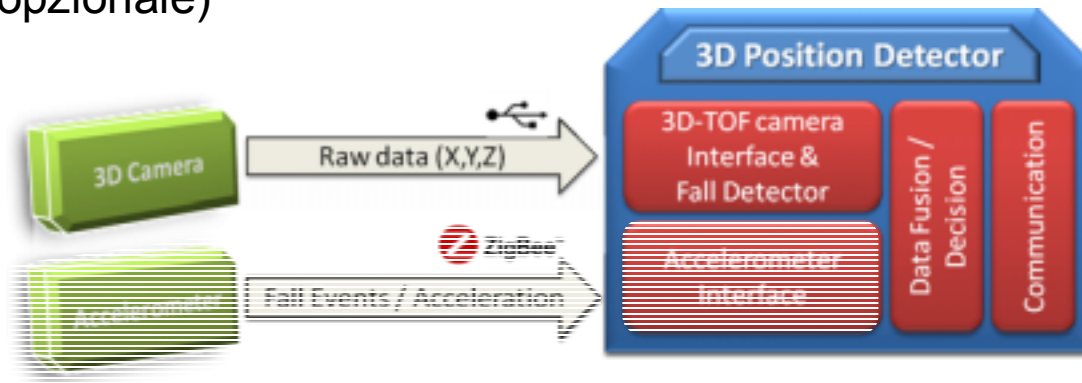
- Nell'ambito del progetto europeo Netcarity (FP 6) è stato sviluppato un sistema di visione attivo per la rilevazione automatica della caduta basato su un sensore di visione TOF di nuova concezione per la caratterizzazione metrica 3D dell'ambiente.
- Sono state prototipate tecnologie multi-sensoriali di “fall detection” (TOF camera + Accelerometro per la validazione) validate su cadute simulate.

# Rilevazione della caduta

## *3D Position Detector*

Il sistema di rilevazione (3D Position Detector) è composto da:

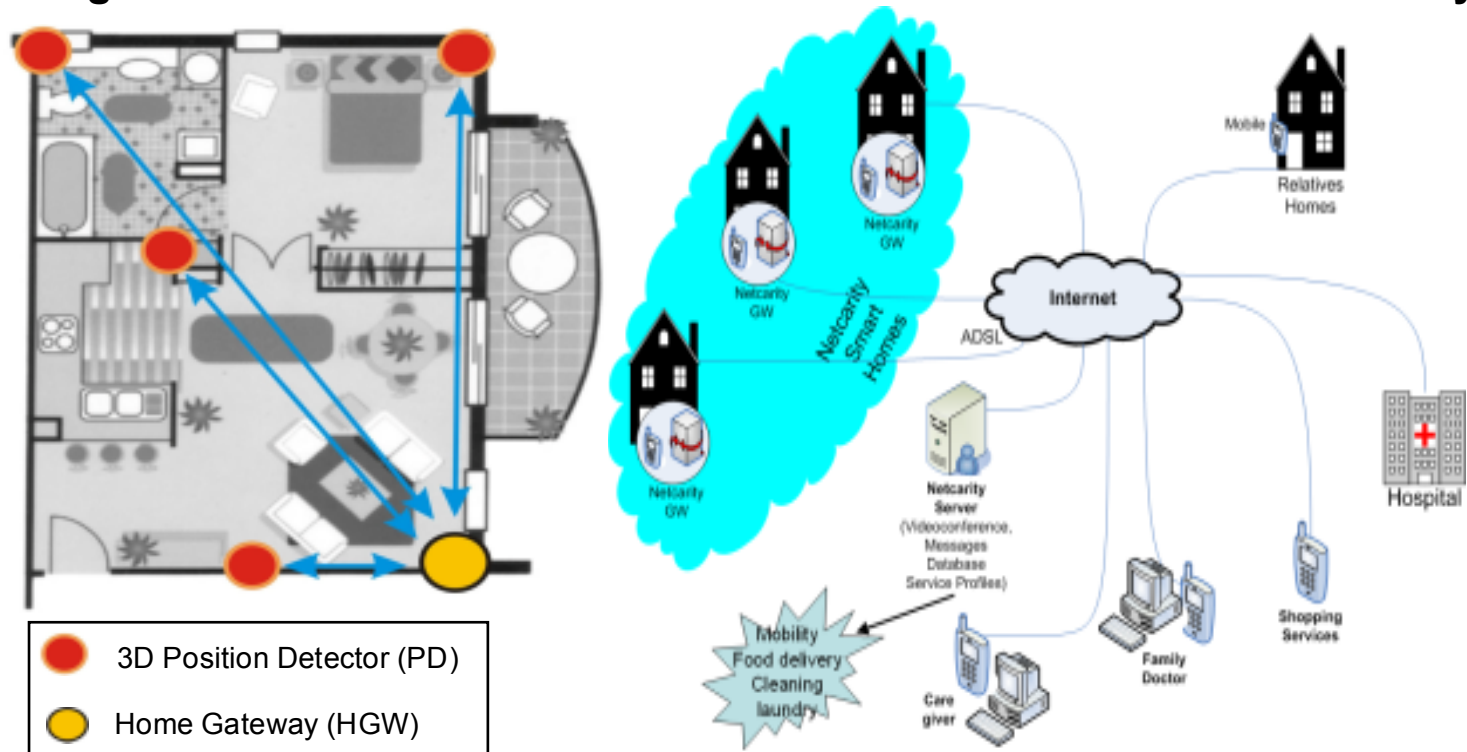
- Una telecamera commerciale TOF (MESA SR3000)
- Un accelerometro wireless MEMS indossabile (opzionale)
- Un sistema di computing embedded per l'esecuzione degli algoritmi di rilevazione della caduta
- Un modulo di fusione delle informazioni multisensoriali (opzionale)



# Rilevazione della caduta

## *3D Position Detector*

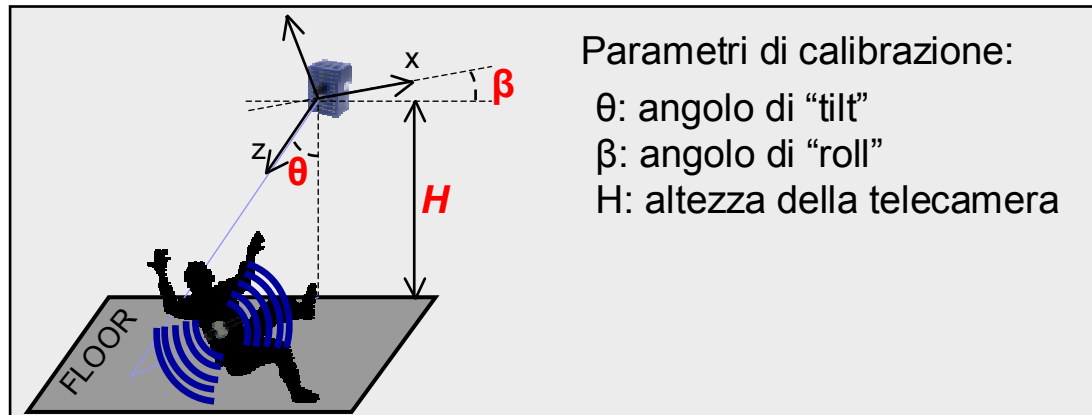
In ogni stanza è installato un 3D-PD comunicante con un Home Gateway



# 3D Position Detector

## *Auto-calibrazione*

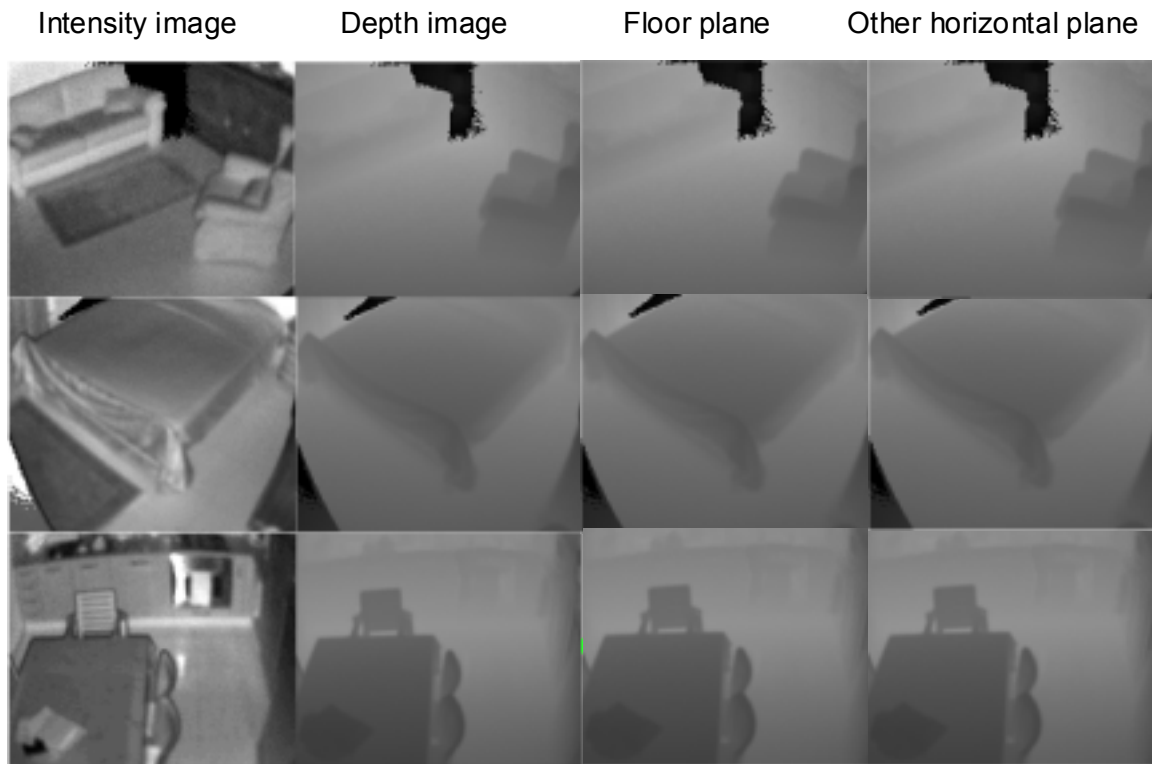
- L'installazione non richiede l'intervento di specialisti, né di tools (patterns) di calibrazione
- L'orientamento del sensore è determinato automaticamente
- L'algoritmo stima la posizione del pavimento da cui calcola i parametri di calibrazione





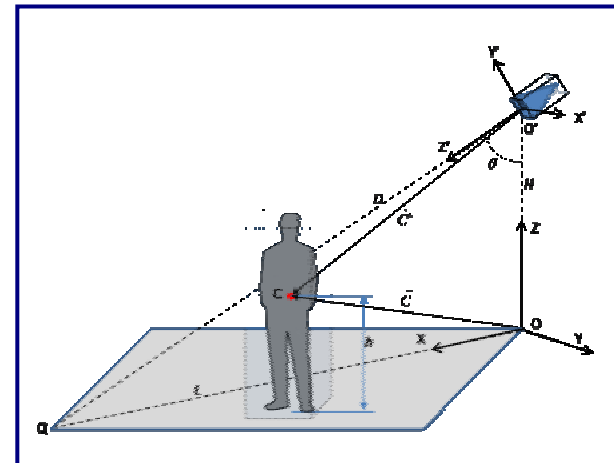
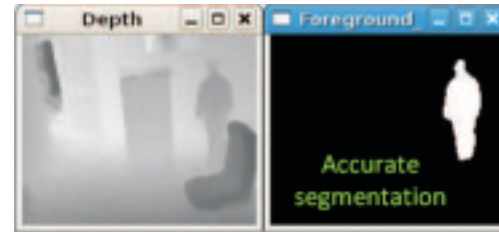
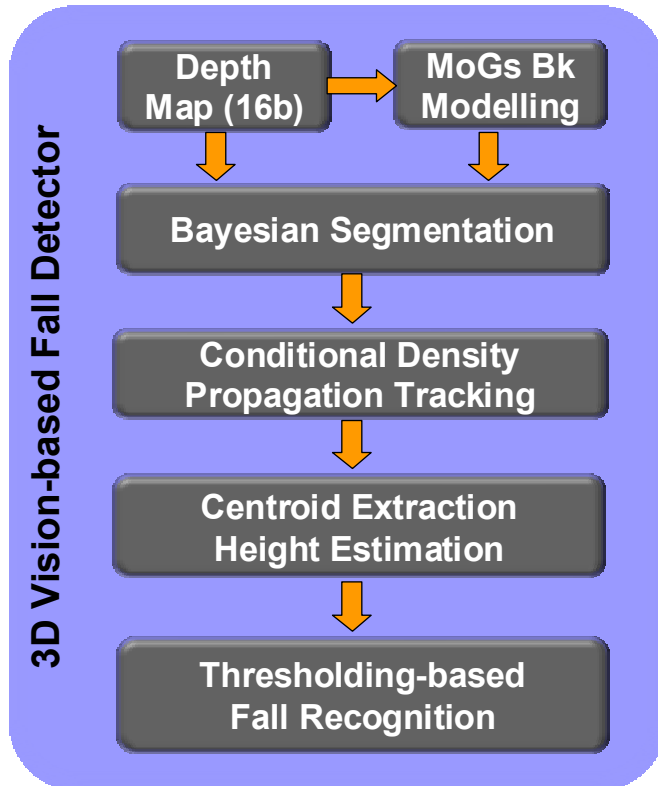
# 3D Position Detector

## *Auto-calibrazione: Esempio*

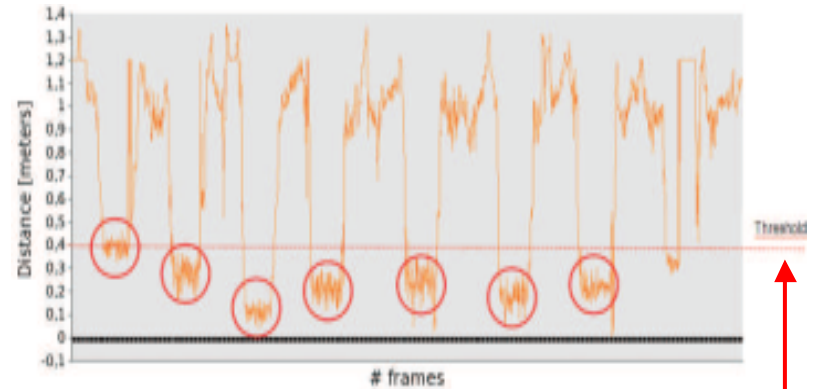
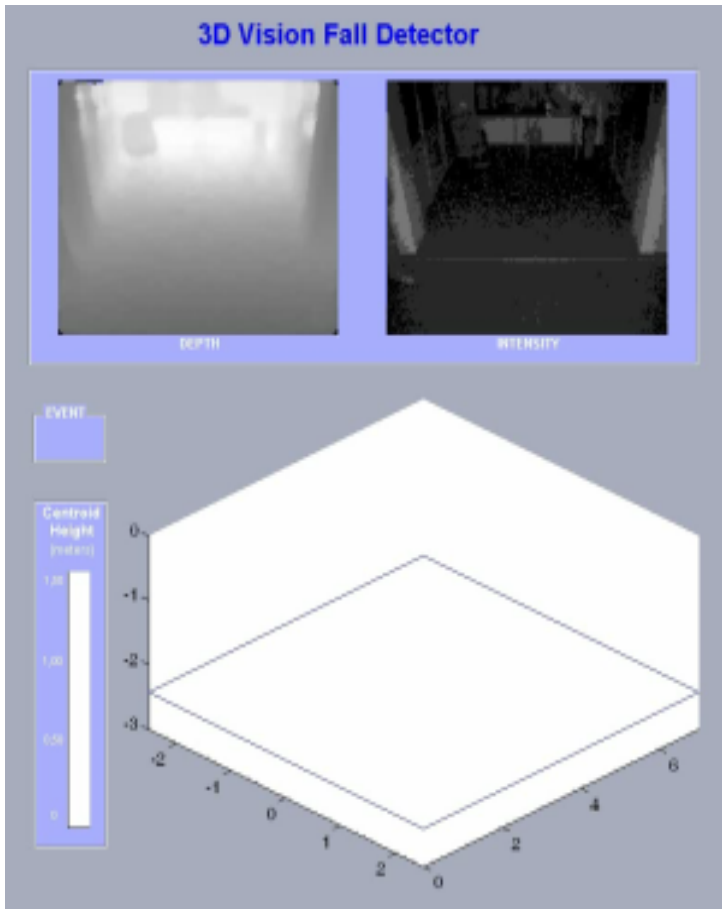


# 3D Position Detector

## *Overview del Sistema di Visione*



# 3D Position Detector: *Fall-detection*



	Centroid height threshold (centimeters)		
	30	40	50
Efficienza	51.1%	80.0%	81.3%
Affidabilità	99.2%	97.3%	89.3%

Efficienza:  $TP / (TP + FN)$

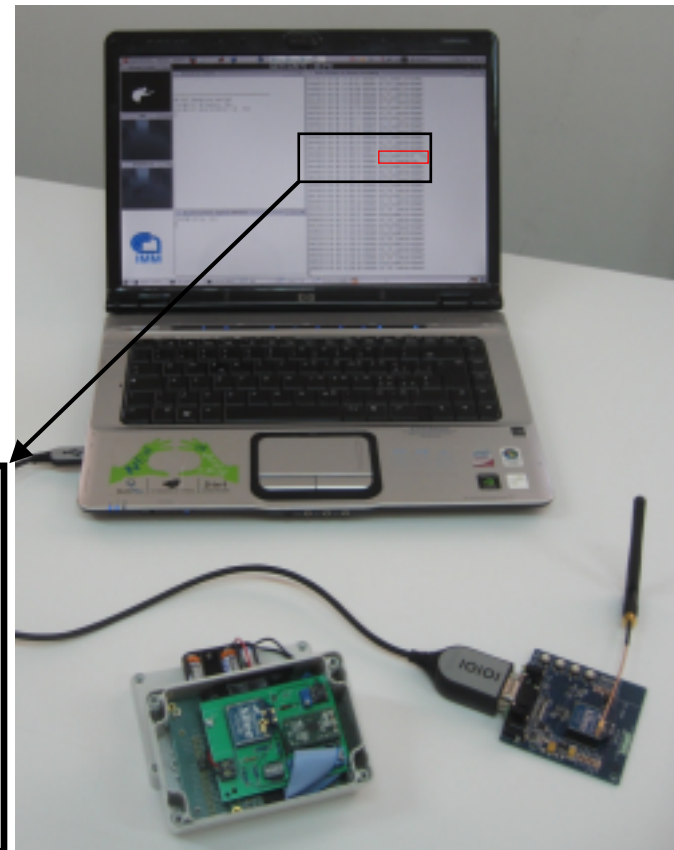
Affidabilità:  $TP / (TP + FP)$

TP=True Positive  
FN=False Negative  
FP=False Positive

## 3D Position Detector: *Accelerometro*

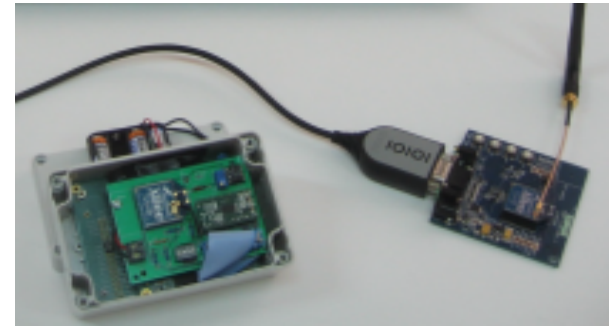
- Accelerometro triassiale MEMS (ST)
- Durante la caduta prevale la componente dell'accelerazione nella direzione della gravità
- Attività condotta dall'Università di Pavia

```
00392010-04-30 14:28:13.000656 ACCELEROMETER=NORMAL
00402010-04-30 14:28:13.000656 3D-TOF-CAMERA=NORMAL
00412010-04-30 14:28:14.000672 ACCELEROMETER=NORMAL
00422010-04-30 14:28:14.000672 3D-TOF-CAMERA=NORMAL
00432010-04-30 14:28:15.000687 ACCELEROMETER=AL  HIG
00442010-04-30 14:28:15.000687 3D-TOF-CAMERA=FALL
00452010-04-30 14:28:16.000693 ACCELEROMETER=NORMAL
00462010-04-30 14:28:16.000693 3D-TOF-CAMERA=NORMAL
00472010-04-30 14:28:17.000693 ACCELEROMETER=NORMAL
00482010-04-30 14:28:17.000693 3D-TOF-CAMERA=NORMAL
00492010-04-30 14:28:18.000693 ACCELEROMETER=NORMAL
```



## 3D Position Detector: *Accelerometro*

- Accelerometro triassiale MEMS (ST)
- Durante la caduta prevale la componente dell'accelerazione nella direzione della gravità
- Attività condotta dall'Università di Pavia



	Efficienza	Affidabilità
Low Threshold (LOW)	98.0 %	56.0 %
➔ Medium Threshold (MED)	88.4 %	79.3 %
High Threshold (HIG)	50.1 %	96.2 %

## 3D Position Detector: *Data Fusion*

- Le rilevazioni basate su visione e accelerometro sono correlate temporalmente mediante logiche Fuzzy
- L'impiego dell'accelerometro come validazione dell'evento di caduta migliora significativamente le performance del sistema

3D camera

Threshold on 3D centroid	Efficiency	Reliability
40 cm	80.0%	97.3%

Accelerometer

Threshold parameter	Efficiency	Reliability
Medium	88.4%	79.3%

3DFD

Threshold for scoring	Efficiency	Reliability
0.3 weight units	94.3%	90.9%



Grazie per l'attenzione