



Università degli Studi di Padova  
Facoltà di Ingegneria  
Corso di Laurea in Ingegneria Informatica

---



Tesi di Laurea

# **TELECAMERA OMNIDIREZIONALE CON SENSORE RETINICO CMOS**

Relatore: Prof. Enrico Pagello

20 Dicembre 2004

Correlatore: Dr. Emanuele Menegatti

Laureando: Cristian Ardito

Anno Accademico 2003/2004

---



## Obiettivi della tesi

- Analisi della struttura del sensore retinico abbinato al sensore di visione omnidirezionale.
- Realizzazione di un software di acquisizione e gestione delle immagini acquisite dal sensore (immagini log polari).
- Ricerca proprietà e invarianti nelle immagini log-polari.
- Applicativi dedicati al sensore:
  - Edge detection spazio variante
  - Specchio per il visore omnidirezionale retinico



## COMPOSIZIONE DEL SENSORE DI VISIONE OMNIDIREZIONALE RETINICO

Il sensore di visione omnidirezionale retinico

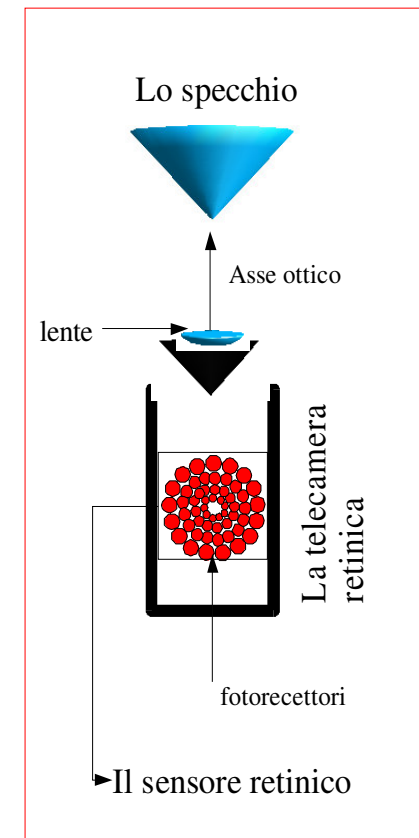
- Telecamera dotata di sensore retinico Cmos
- Specchio convesso con asse di simmetria coincidente con l'asse ottico della telecamera

Perché il sensore di visione omnidirezionale retinico?



Riusciamo ad unire i vantaggi intrinseci nell'uso del visore omnidirezionale insieme a benefici offerti dal sensore retinico.

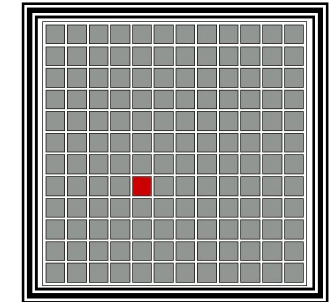
- aumento del campo visivo, in una sola acquisizione si ottiene l'immagine della scena a 360°
- riduzione notevole del peso dell'immagine grazie al sensore retinico





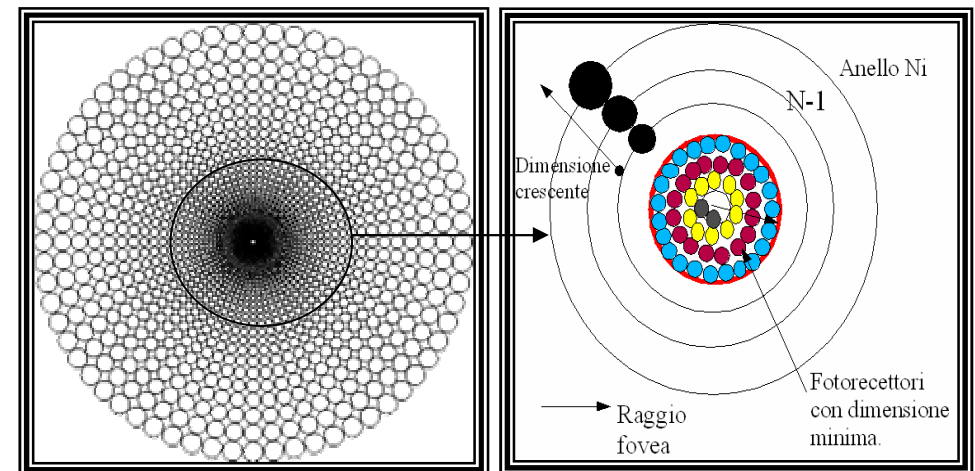
## IL SENSORE RETINICO vs TRADIZIONALE

- il sensore tradizionale è organizzato in matrice con fotorecettori della stessa dimensione 



- il sensore retinico è ispirato al funzionamento della retina umana: nella fovea grande acutezza visiva grazie all'alto numero di fotorecettori (coni)

- fotorecettori disposti su anelli concentrici
- densità molta alta di fotorecettori al centro del sensore per poi decrescere verso la periferia di questo.
- dimensione dei fotorecettori variabile fuori dalla fovea, costante in essa

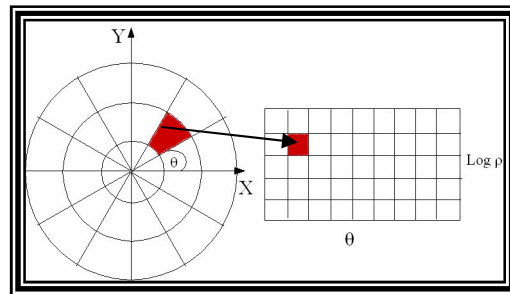
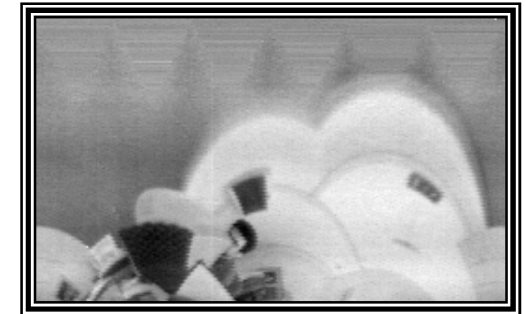


 Risoluzione immagine spazio variante: max al centro, min periferia



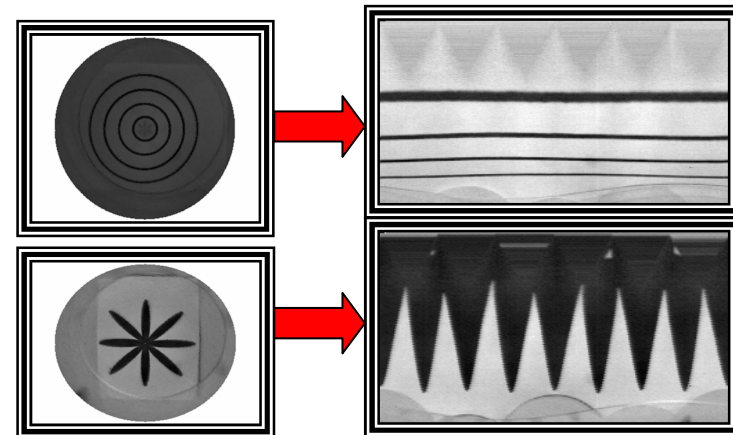
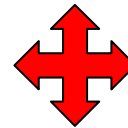
## LE IMMAGINI LOG POLARI

- immagine strana e poco interpretabile, forme distorte
- conseguenza del fatto che i pixel dell'immagine non vengono mappati nel tradizionale piano cartesiano ma nel piano di coordinate  $(\log \rho, \theta)$ , il piano corticale.



- pixel colorato corrisponde ad una zona dell'immagine acquisita da un fotorecettore in posizione  $\rho$  (raggio),  $\theta$  (angolo)

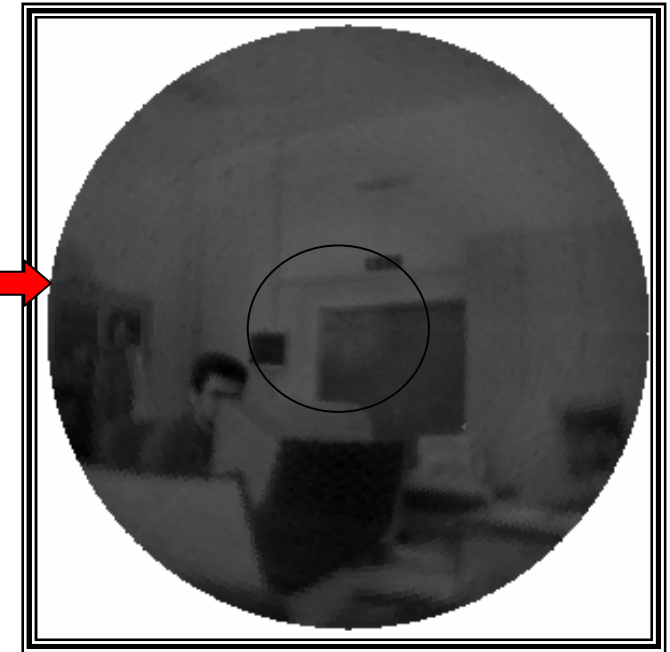
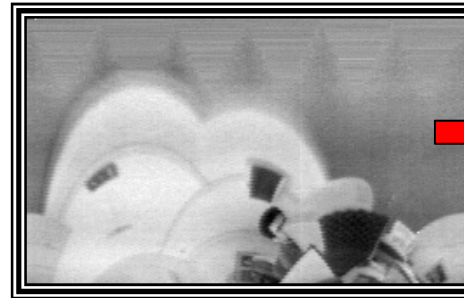
- cerchi ( $\rho$  costante) mappati in righe
- raggi ( $\theta$  costante) mappati in colonne





## REMAPPING CARTESIANO

- possibilità del “remapping” tramite software da log-polare a cartesiano
- evidente la risoluzione spazio – variante in immagine cartesiana



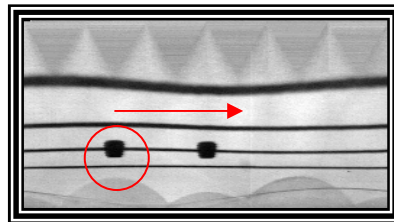
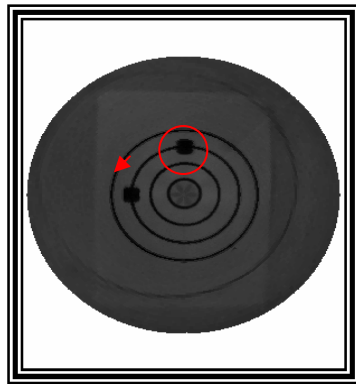
• Immagine log polare molto “leggera”: 30 volte più piccola di un immagine generata da un sensore tradizionale con pari campo visivo e risoluzione minima!

• Limite nella risoluzione spazio variante? No, anzi ottimo compromesso con il peso dell'immagine e campo visivo  $\longrightarrow$  Applicativi di robotica , gestione di ambienti video sorvegliati, videoconferenza.

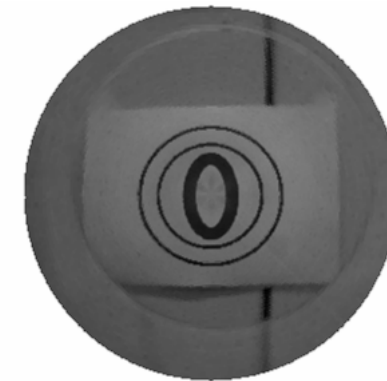


## RICERCA DEGLI INVARIANTI IN IMMAGINI LOG-POLARI

- Invarianti in seguito a rotazioni e a scalature dell'immagine



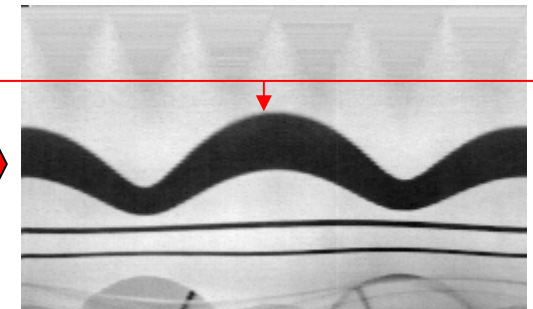
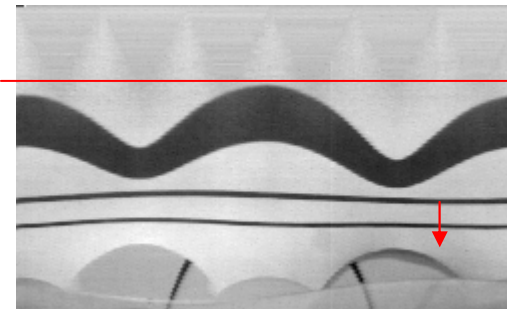
- traslazione nel immagine log polare lungo riga



scalatura



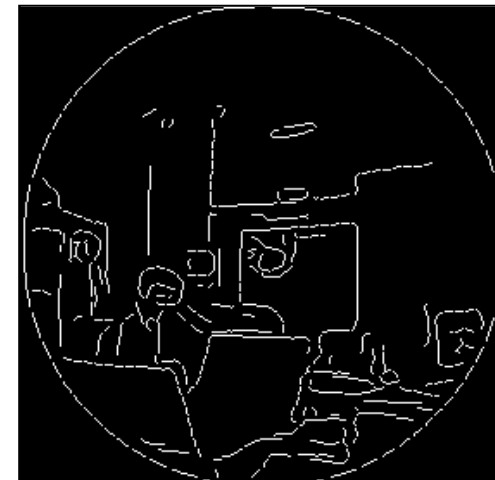
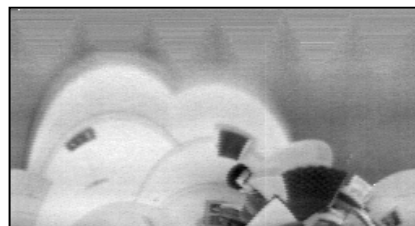
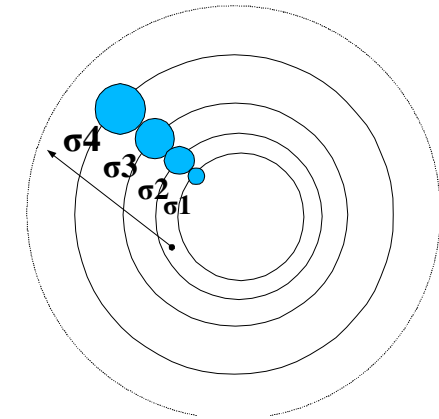
Traslazione lungo le colonne



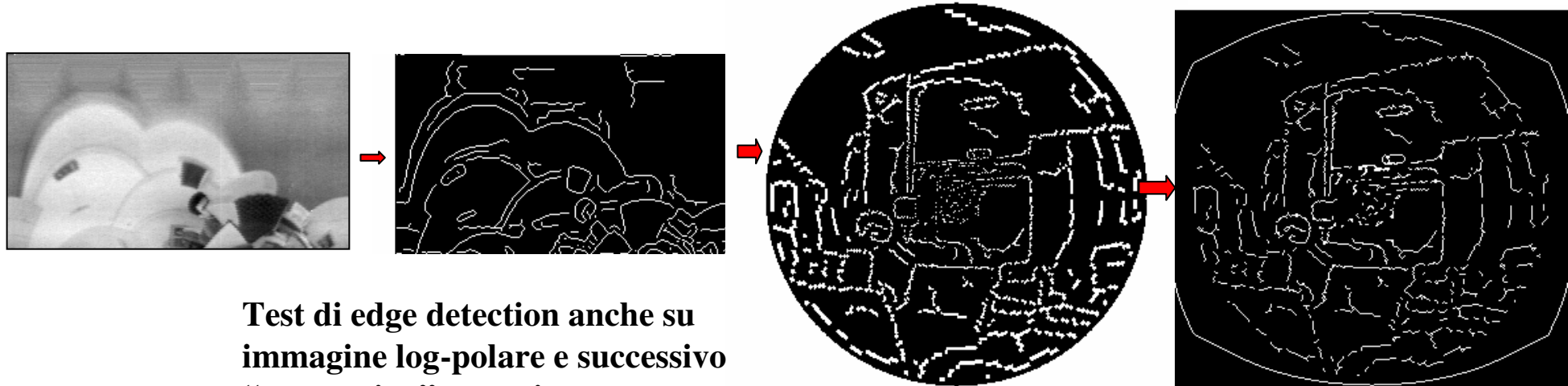


## SVILUPPO ALGORITMO DI ELABORAZIONE DI IMMAGINI CARTESIANE

- Edge detection spazio variante su immagine cartesiana rimappata da log polare
- Uso del Filtro di Canny con varianza della gaussiana variabile in relazione alla risoluzione
- Dimensione del filtro di Canny minimo al centro, max nella periferia

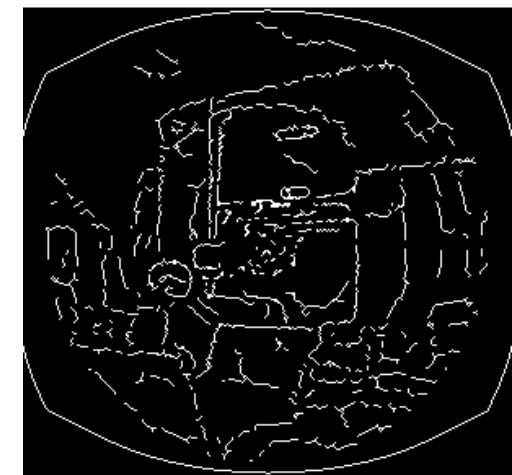
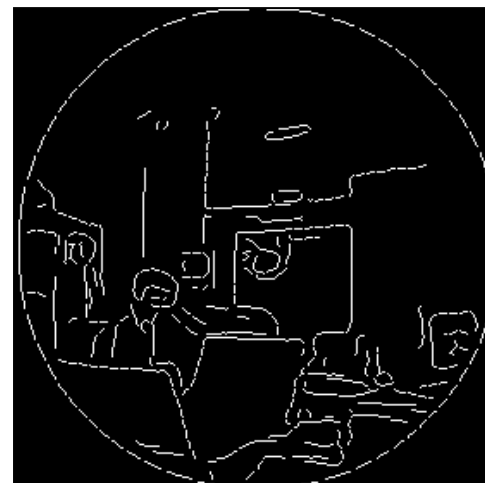






Test di edge detection anche su immagine log-polare e successivo “remapping” cartesiano

- Per effetto del “remapping” gli edge sono poco precisi
- Rielaborazione immagine
- L’edge detection su immagine cartesiana resta il miglior risultato



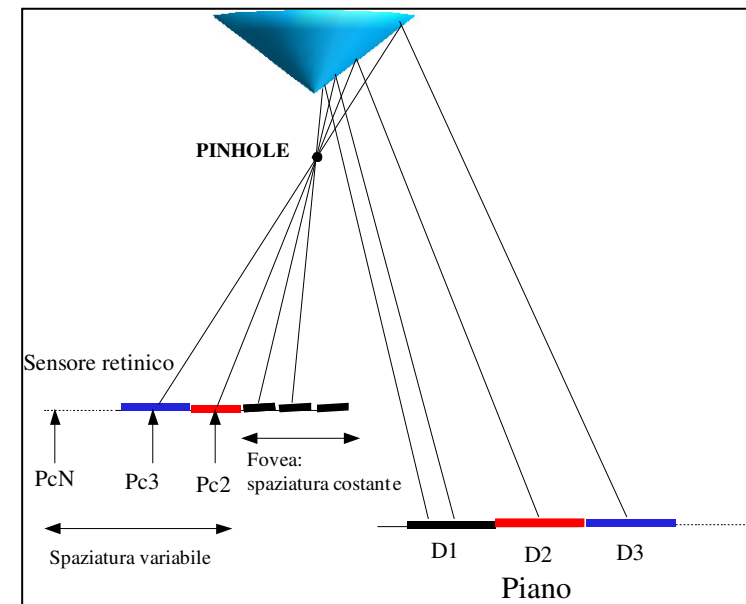


## SPECCHIO PROGETTATO PER TELECAMERA RETINICA

Obbiettivi della progettazione:

- Calcolo delle distanze degli oggetti attorno alla telecamera con semplice accesso a tabella di corrispondenze pixel immagine-distanze nel piano
- Errore massimo relativo costante nel calcolo delle distanze.

- Algoritmo di creazione del profilo:
- Suddivisione insiemini nel piano
- Suddivisione insiemini nel sensore Cmos
- ACCORGIMENTI:** si ricorda che i centri dei pixel nel Cmos retinico non sono equamente spazati

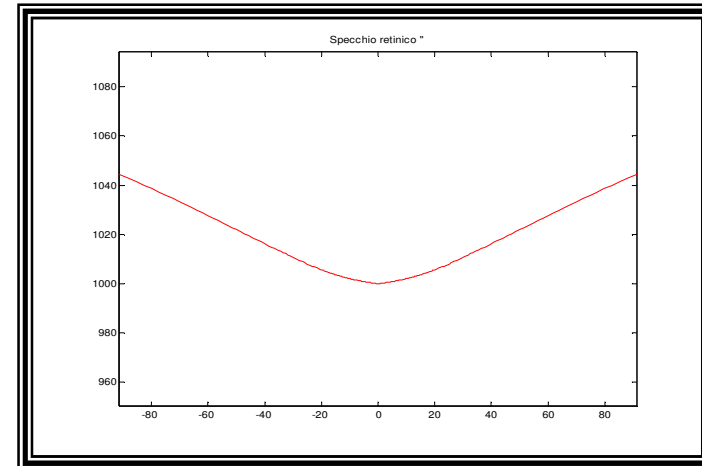




## RISULTATI

### PARAMETRI PROGETTUALI

- Altezza telecamera: 100 cm
- Distanza specchio-telecamera: 10 cm
- Distanza minima visibile: 10 cm
- Distanza massima visibile: 400 cm



Distanza Oggetto(cm)	Pixel simulato dell'oggetto	Pixel del sensore retinico	Distanza stimata (cm)	Errore assoluto (cm)	Errore relativo [%]
180	139	101	183.19	3.19	1.7
280	181	112	281.27	1.27	0.4
380	240	119	377.41	3.59	1

L'errore relativo si mantiene sempre sotto la soglia prefissata del 2%



## RISULTATI RAGGIUNTI

- Comprensione dettagliata funzionamento del sensore
- Creazione del software per la gestione e l'elaborazione di immagini retiniche
- Ricerca invarianti nelle immagini log polari
- Buoni risultati nell'applicazione dello s.v. edge detection implementato
- Progettazione profilo specchio a errore relativo costante

## SVILUPPI FUTURI

- Costruzione dello specchio per prove reali
- Uso sensore di visione omnidirezionale retinico su robot mobili , del sensore retinico in applicativi di videosorveglianza e video conferenza
- Implementazione di altri algoritmi sfruttanti gli invarianti nelle immagini log polari