

Università Politecnica delle Marche

*Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Elettronica*

**ARCHITETTURE, SVILUPPO,  
IMPLEMENTAZIONE E VERIFICA DI  
ALGORITMI DI VISIONE STEREOSCOPICA  
PER SISTEMI EMBEDDED.**

Relatore:

Prof. Aldo Franco Dragoni

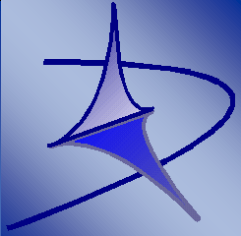
Correlatore:

Dott. Paolo Pagano

Tesi di laurea di:

Pierpaolo Scorrano

*Anno Accademico 2008-2009*



- Tesi svolta presso il ReTiS lab della Scuola Superiore Sant'Anna



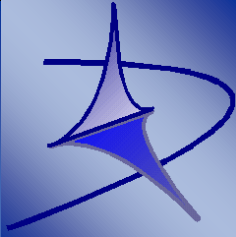
- Motivazione:

- permettere lo sviluppo di applicazioni per WSN dotate di supporto real-time per sicurezza stradale ed infomobilità.

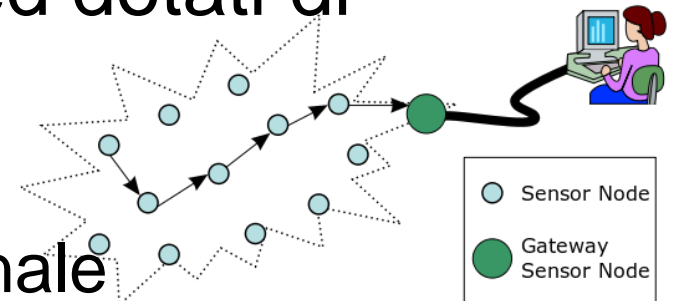
- Obiettivo:

- Progettare un sensore di stereovisione wireless con hardware minimale



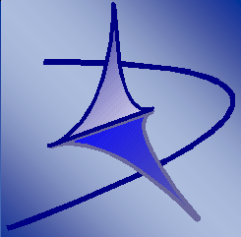


- Insieme di nodi
  - autonomi (generalmente alimentati a batteria)
  - che effettuano misurazioni di grandezze fisiche sull'ambiente
  - che collaborano tra loro comunicando in maniera wireless
- I nodi sono sistemi embedded dotati di
  - funzionalità di rete
  - strumenti di misurazione
  - un certa capacità computazionale

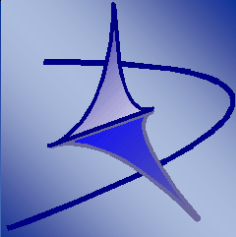




# Wireless Sensor Network



- Peculiarità delle WSN
  - flessibilità
  - pervasività
  - costo ridotto
- Applicazioni:
  - militari
  - ambientali
  - medico-sanitarie
  - domestiche
  - industriali e commerciali
  - sicurezza
  - infomobilità



Utilizzando una coppia di immagini stereo è possibile ricostruire l'informazione sulla profondità della scena. L'algoritmo scelto è *Depth Discontinuities by Pixel-to-Pixel Stereo* (Stan Birchfield, Carlo Tomasi)

Immagine Sx



Immagine Dx



Mappa di  
disparità  
con 50  
livelli

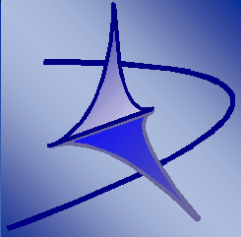


Mappa di  
disparità  
con 14  
livelli





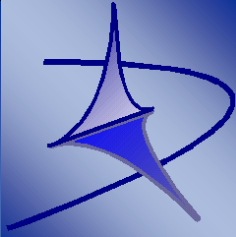
# Sensore di Stereovisione



Lo sviluppo del sensore di stereovisione si divide in tre parti:

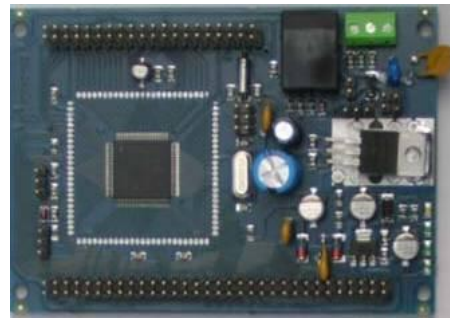
- sviluppo hardware;
- porting dell'algoritmo di stereovisione su dispositivo embedded;
- sviluppo della comunicazione wireless.

# Implementazione hardware scelta

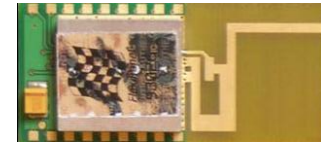


La parte hardware del sensore è stata realizzata con 3 schede FLEX, 2 telecamere CMOS e modulo radio cc2420.

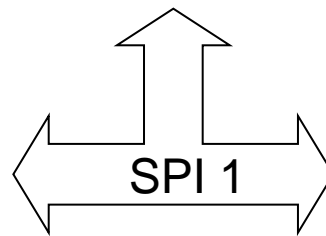
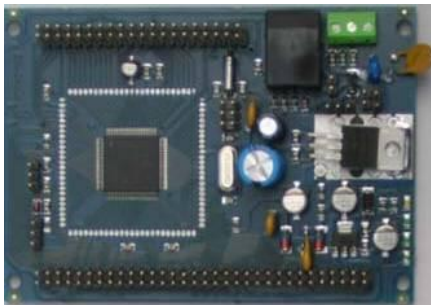
Camera Control



Radio cc2420



Camera Board Sx

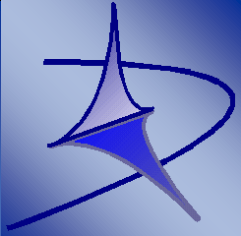


Camera Board Dx





# Porting dell'algoritmo su dsPIC33f



L'algoritmo di stereovisione utilizzato è stato sviluppato e testato dagli autori su un computer. Il porting su dsPIC ha richiesto le seguenti semplificazioni:

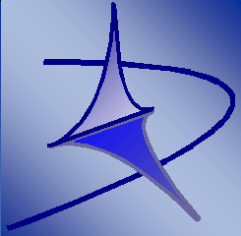
- eliminazione dell'allocazione dinamica della memoria;
- eliminazione del calcolo delle discontinuità di profondità;
- riduzione del footprint e del numero di strutture allocate in memoria principale.

Avendo operato queste semplificazioni, il footprint richiesto occupa 24 Kb su un totale di 30 Kb presenti sul dispositivo. Senza applicare le semplificazioni proposte l'algoritmo richiederebbe 70 Kb di RAM.





# Comunicazione wireless



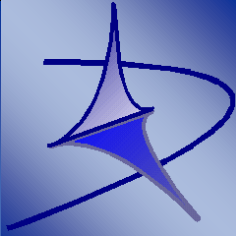
La comunicazione wireless avviene utilizzando  $\mu$ Wireless un'implementazione (parziale) dello stack IEEE 802.15.4 per Erika Enterprise sviluppato dal laboratorio Retis. Esso manca principalmente di un meccanismo per l'associazione dinamica dei dispositivi e delle funzionalità di routing.

Tra le caratteristiche principali esportate a livello applicativo si riportano le seguenti:

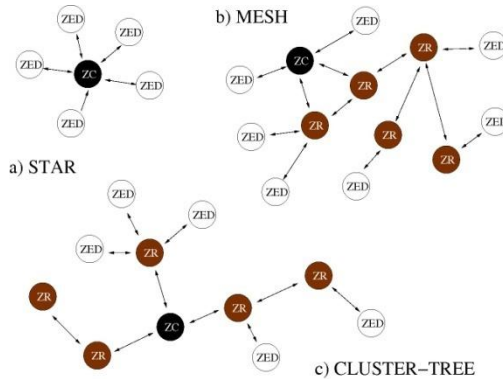
- possibilità di configurare il Beacon Order ed il Super Frame;
- invio in modalità CSMA/CA o GTS;
- possibilità di sincronizzare l'applicazione con gli eventi della rete;
- possibilità di impostare il payload del beacon frame.



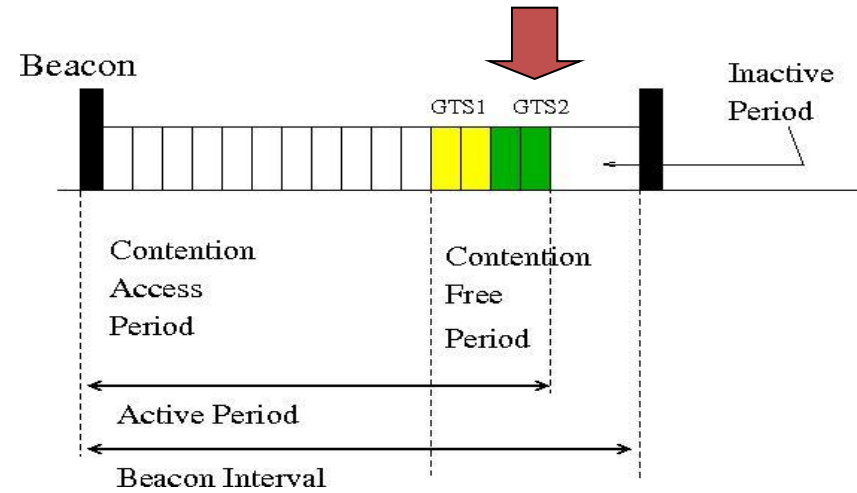
# LO STANDARD IEEE 802.15.4



Velocità massima 250 kb/s

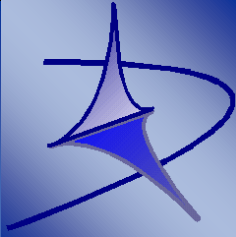


Traffico real-time

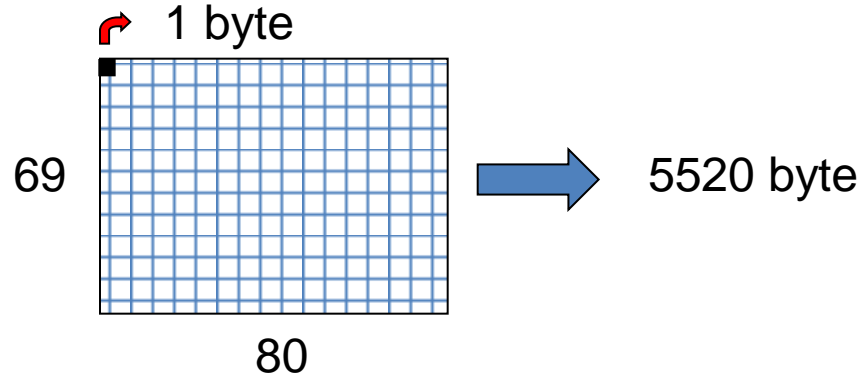


Struttura a **superframe (beacon-enabled, 16 slot)**:

- Periodo **inattivo**
- Periodo **attivo**
  1. CAP (Contention Access Period)  $\Rightarrow$  slotted CSMA-CA
  2. CFP (Contention Free Period)  $\Rightarrow$  GTS (max 7)



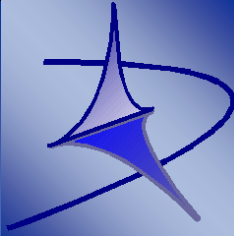
La comunicazione wireless è utilizzata per trasmettere le mappe di disparità calcolate dal microcontrollore. La mappa di disparità è un'immagine in scala di grigio grande come quella di partenza.



14 livelli di  
disparità  
si possono  
rappresentare  
con 4 bit

COMPRESSIONE  
1 byte per 2 pixel

RIDUZIONE RAM  
RIDUZIONE TEMPI  
DI TRASMISSIONE

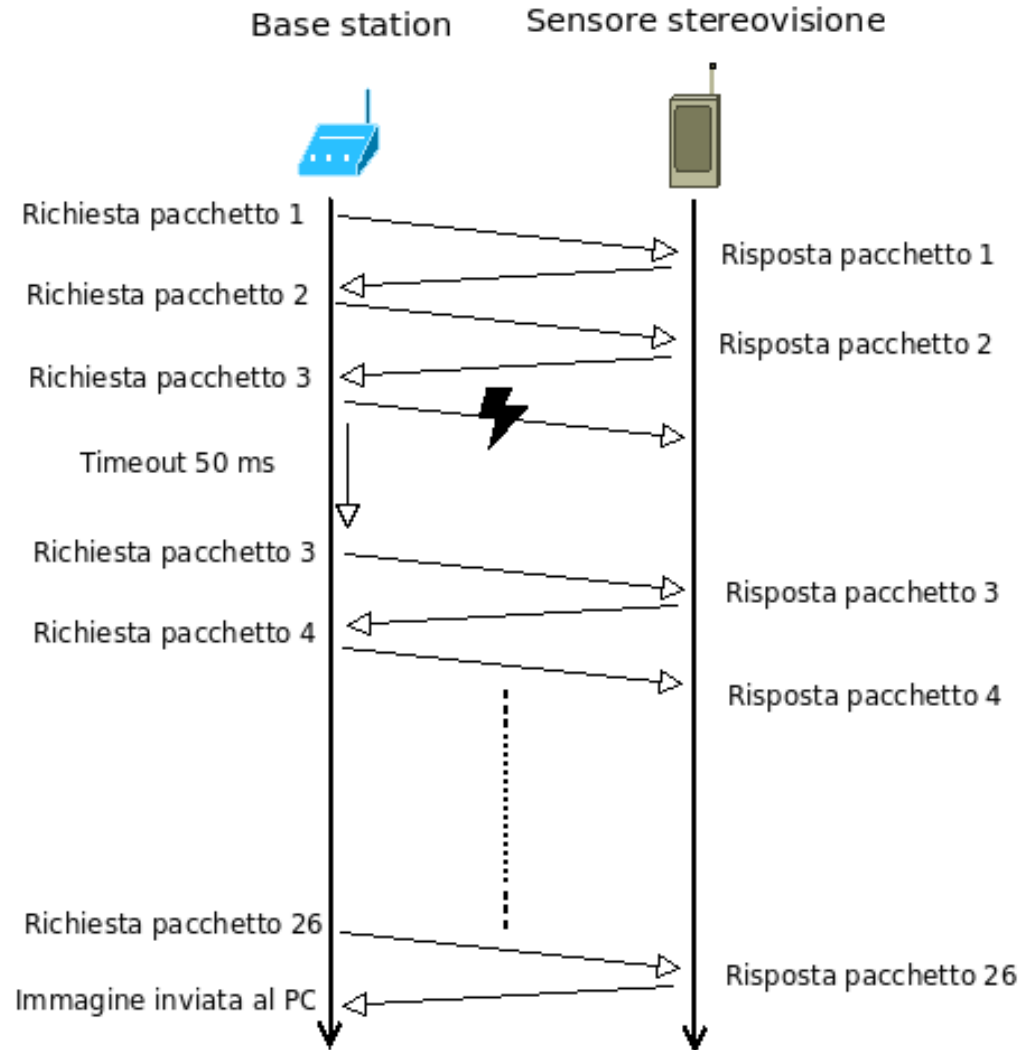


L'implementazione  $\mu$ Wireless non consente di inviare array maggiori di 118 byte.



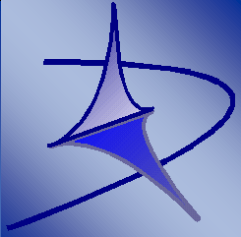
Ogni frame, che richiede 2760 byte, viene diviso in 26 pacchetti.

Si utilizza un timeout per chiedere nuovamente i pacchetti non ricevuti.





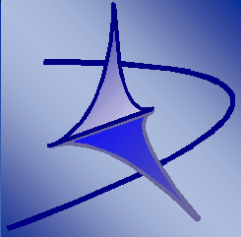
# Misure



Sono state effettuate due tipologie di misure:

- qualità dell'elaborazione embedded;
- velocità di trasmissione.

La qualità dell'elaborazione embedded è stata valutata confrontandola con l'elaborazione su PC, i confronti sono di tipo soggettivo ed oggettivo (calcolo della Norma e del PSNR).



## Persona che entra nella scena



Sx



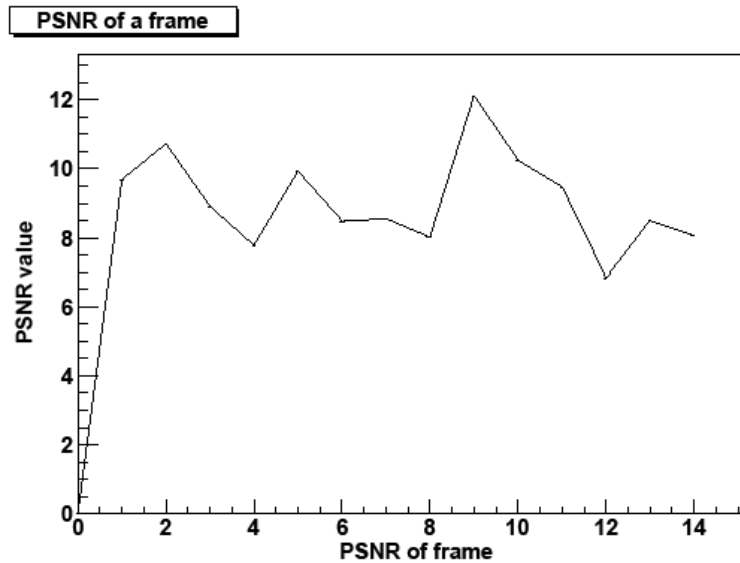
Dx

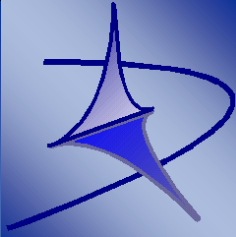


Embedded



PC





Oggetto in una scena in cui è presente un fascio luminoso sulla parete di fondo e un rumore elettromagnetico nell'immagine di sinistra.



Sx



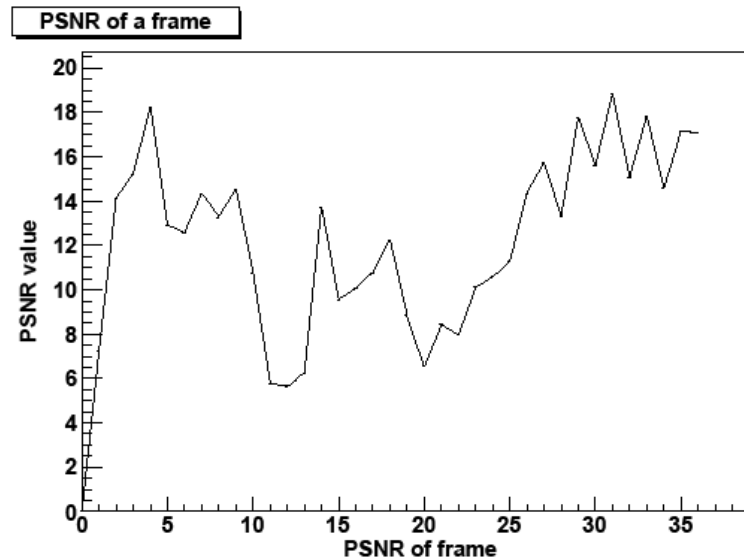
Dx

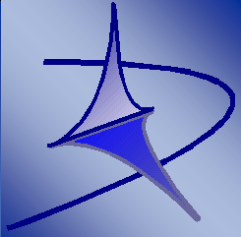


Embedded



PC





Prova 3



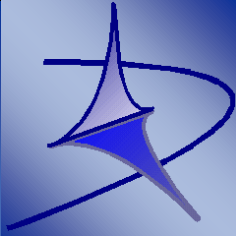
Prova 4



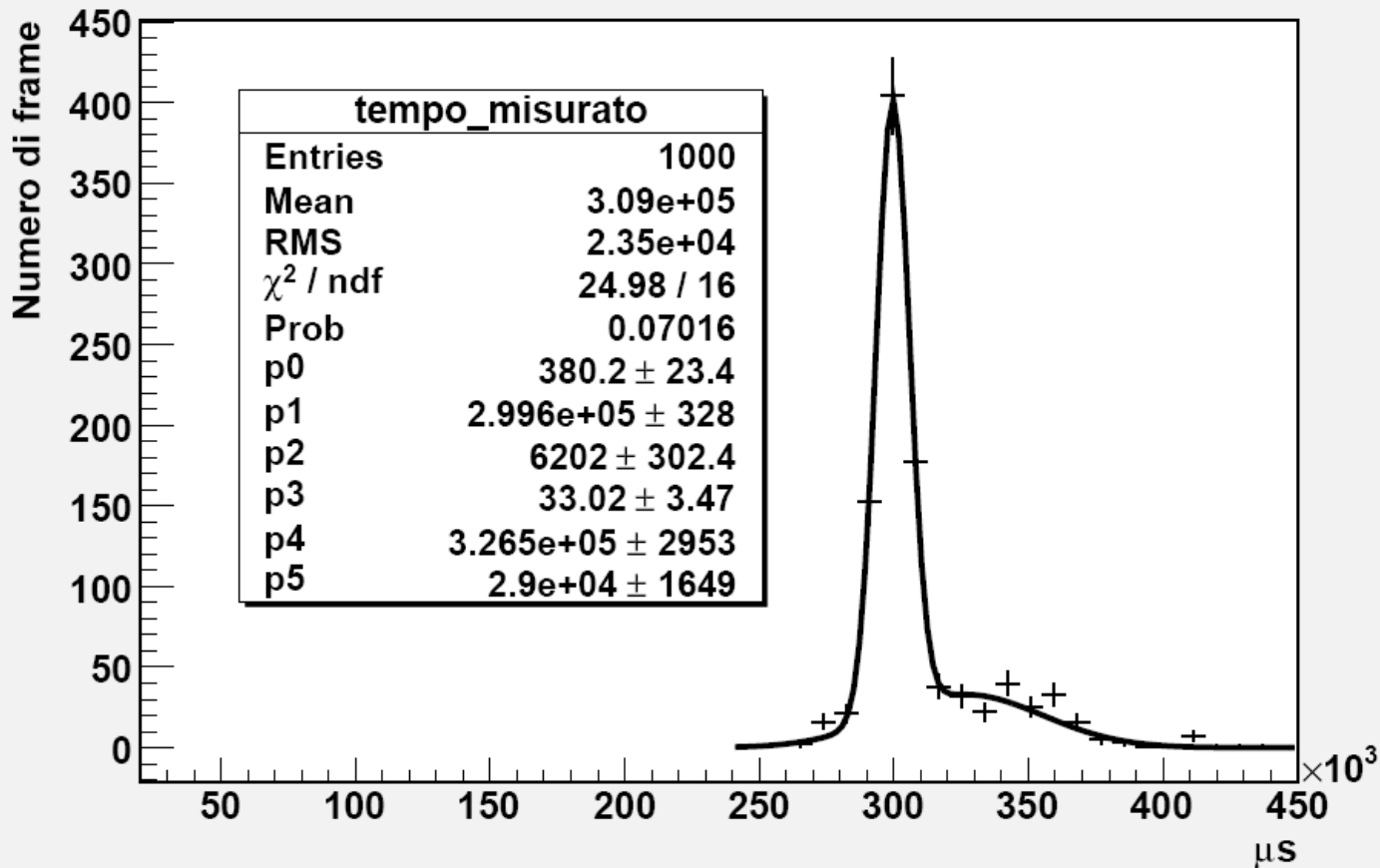
Risultati medi complessivi

Prova numero	Norma	PSNR (dB)
1	0.067	9.08
2	0.049	12.45
3	0.067	9.64
4	0.079	13.64





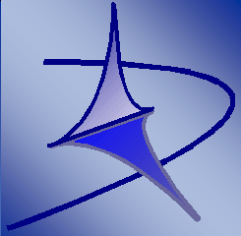
## Tempo di trasmissione



L'83% dei frame viene trasmesso con il minimo numero di pacchetti, il 15% subisce una sola ritrasmissione e solo il 2% subisce due ritrasmissioni.



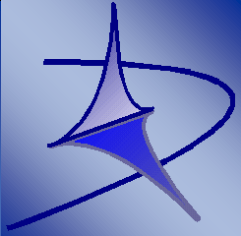
# Conclusioni



- E' possibile implementare la stereovisione su dsPIC
- Si individuano gli oggetti vicini
- Si riesce a trasmettere le mappe di disparità a 3 fps

Sviluppi futuri:

- dispositivo più potente e con una maggiore dotazione di memoria RAM;
- sviluppare un circuito stampato specifico con criteri di compatibilità elettromagnetica;
- sviluppare delle politiche di risparmio energetico.



**GRAZIE PER L'ATTENZIONE**