Sensori wireless: esperienze presso l'Università di Brescia

Dipartimento di Elettronica per l'Automazione, Università di Brescia,
Via Branze 38 - 25123 Brescia (Italy)
Tel: +39-030-3715627 fax: +39-030-380014 e-mail: flammini@ing.unibs.it
Sito Web: http://bsing.ing.unibs.it/~label/

Gruppo di Strumentazione elettronica e sensori

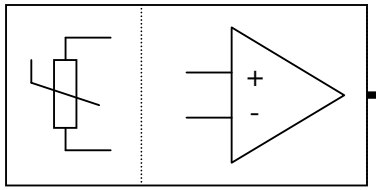
(6 professori, 8 ricercatori e assegnisti di ricerca)

- Sviluppo di sensori a film spesso
- Strumentazione numerica (nasi elettronici, NDT, …)
- Reti di sensori (sensori smart, PNI, Web-sensor, **sensori wireless**)

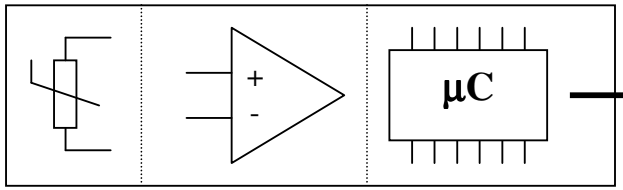
A. Depari, P. Ferrari, A. Flammini, D. Marioli, E. Sisinni, S. Rosa, A. Taroni

Interfaccia di sensori

- **Loop 4-20 mA**
- **0-10 V …**



SISTEMA DI MISURA



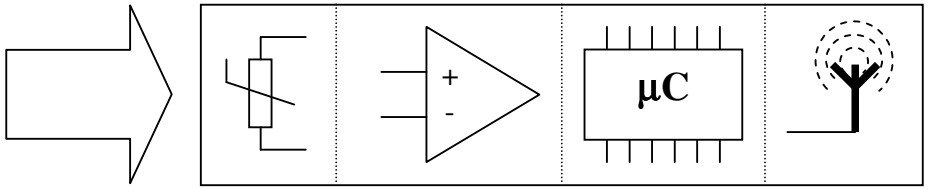
IEEE1451(TEDS)

RETE

SISTEMA DI MISURA

- **RS 485…**
- **CANbus,** PROFIBUS **, …**
- **Ethernet – TCP/IP…**

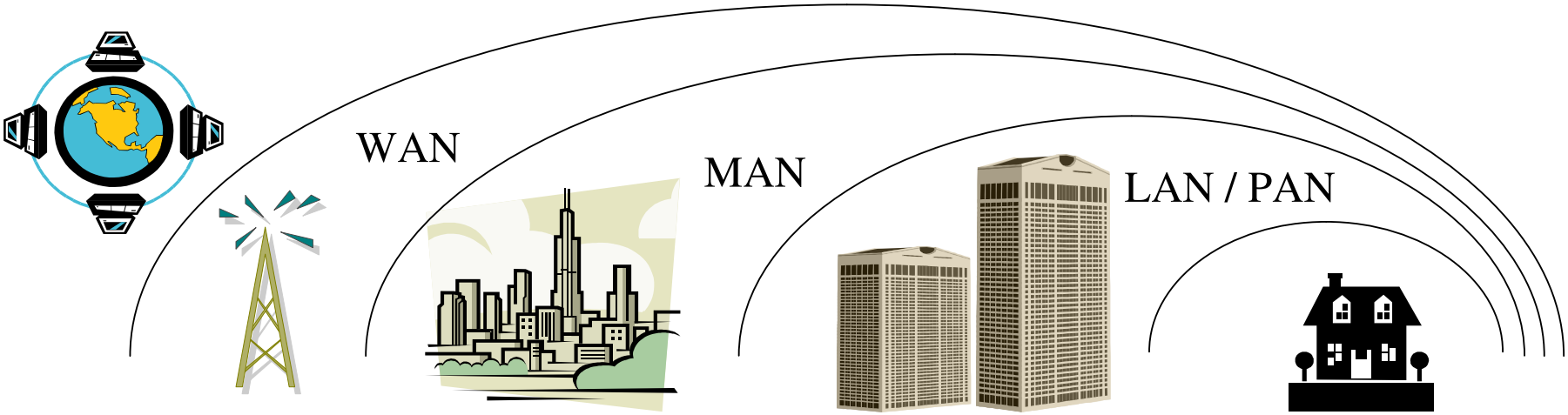
Sensore wireless



Connettività senza fili

- **Diagnostica e setup**
- **Trasmissione dati**
- **Trasmissione eventi**

Tecnologie wireless



Global	Urban	Suburban	In-building
Satellite	Macro Cell (20-50 km)	Micro Cell (≈1 km)	Pico Cell (1-10 m)

Il wireless si è affacciato al mondo dei consumatori con la telefonia mobile
GSM (9.6kbaud) ⇨ **GPRS** (40kbaud, internet) ⇨ **UMTS** (~Mbaud, video)

Sono tecnologie adatte ai sensori?

diffusa, bassi costi HW

costo "chiamata", consumi

⇨ **SISTEMI O SENSORI COMPLESSI**

Wireless locale: settori di applicazione e problemi

Possibili settori di applicazione dei sensori wireless

	Consumer	Domotica	Ambientale	Processo	Automaz.
Consumo	+	+	+	+	~
Velocità	~	-	-	~	+
Raggio azione	-	~	+	~	~
EMC	+	+	+	+	+
Sicurezza	~	+	~	+	+
Standardiz.	+	~	~	-	-
Coesistenza	+	+	+	~	~
Costo	+	+	~	+	+

Consumer: PC, telefonia, automotive
Domotica: allarmi, condizionamento, sensori di gas, wellness,..
Ambientale: telerilevamento distribuito (inquinanti, irrigazione,...)
Settore industriale: controllo di processo e automazione

Possibili settori di applicazione dei sensori wireless

	Consumer	Domotica	Ambientale	Processo	Automaz.
Consumo	+	+	+	+	~
Velocità	~	-	-	~	+
Raggio azione	-	~	+	~	~

Consumo

- Sensore alimentato (presenza 220Vac, contatti striscianti,...)
- Sensore con batteria ricaricabile (pannelli solari, automotive,...)
- Sensore con batteria Sensore e wireless a basso consumo (Eventi)
  Dati: funzionamento in duty-cycle (aggiornamento misura Tc>100ms)

Velocità

Bus di campo: Tc~10ms ➔ No duty-cycle ➔ Ricarica batterie
(possibile impiego del wireless in backup al collegamento a filo)

Raggio d'azione

Spesso è un problema di antenna (+potenza ➔ +distanza ➔ +consumi)

Possibili settori di applicazione dei sensori wireless

	Consumer	Domotica	Ambientale	Processo	Automaz.
Consumo	+	+	+	+	~
EMC	+	+	+	+	+
Sicurezza	~	+	~	+	+

EMC

- quanto altri sistemi e/o infrastrutture influiscono sulla rete wireless
- quanto la rete wireless influisce su altri sistemi
- quanto la rete wireless influisce sull'uomo (danno biologico)
  (Normativa: Max 20V/m nella banda 3MHz-3GHz. Max 10mW/MHz ISM 2.4GHz)

Sicurezza

- Affidabilità della connessione (componenti, +potenza ➔ +sicurezza)
- Controllo correttezza del trasferimento
  (protocollo -CRC, ACK,...-, +controllo ➔ +tempo ON ➔ +consumo)
- Sicurezza da intrusioni volontarie

Possibili settori di applicazione dei sensori wireless

	Consumer	Domotica	Ambientale	Processo	Automaz.
Raggio azione	-	~	+	~	~
EMC	+	+	+	+	+
Standardiz.	+	~	~	-	-
Coesistenza	+	+	+	~	~
Costo	+	+	~	+	+

Standardizzazione

- Uso di protocolli standard ➔ interoperabilità tra i costruttori
- La piena compatibilità in genere complica ➔ aumento dei costi ("stack")
- La standardizzazione implica maggior competitività (costi)

Coesistenza

In uno spazio sempre più popolato da "oggetti wireless" è importante quante coppie di nodi riescono ad essere contemporaneamente connesse, anche appartenenti a protocolli diversi (protocollo, raggio d'azione, EMC)

Reti a 2.4 GHz: perché?

Trasmissioni wireless ⇨ MEZZO TRASMISSIVO CONDIVISO

Il suo utilizzo deve essere regolamentato dall'autorità competente

⇩

BANDA ISM (Industrial, Scientific, Medicine): regione dello spettro "libera"

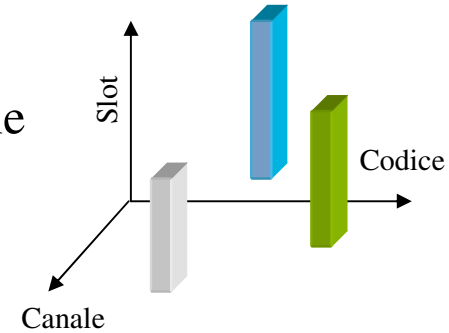
- 27 / 433 MHz
- 868 / 915 MHz
- 2.4 GHz ⇨ Unica banda libera in tutto il MONDO!
- 5.0 GHz

Occorre comunque SEPARARE le differenti connessioni:

SLOT ➔ porzione di tempo nel quale la comunicazione avviene

CANALE ➔ porzione di spettro (Δf) nel quale la comun. avviene

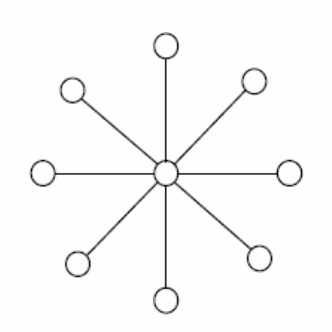
CODICE ➔ codice numerico usato per codificare i dati
(codice = N bit per trasmettere M bit, M<<N)



Topologie di reti wireless

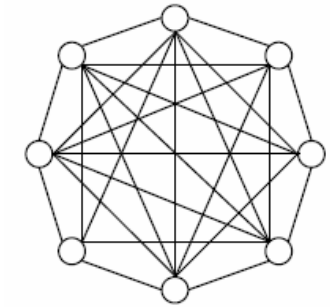
Connessione radio: PUNTO A PUNTO tra due nodi
TOPOLOGIA DI RETE: modalità di interconnessione dei nodi

STELLA



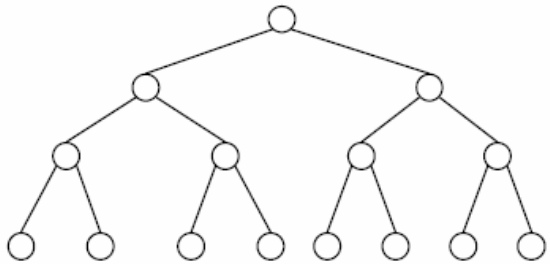
Nodo centro-stella complesso

MAGLIA
(Completamente connessa)



Complessità esponenziale N(N-1)/2 al crescere del numero dei nodi

ALBERO



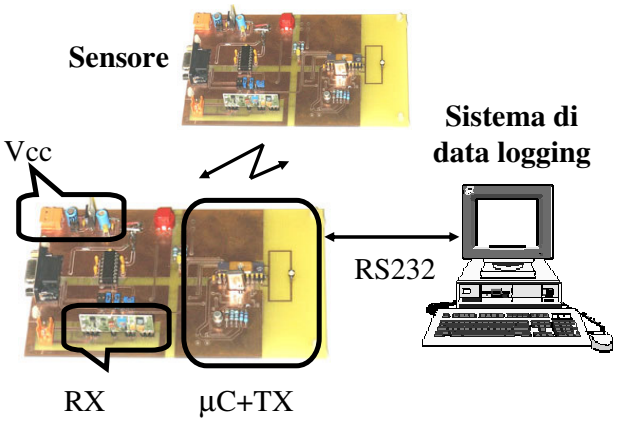
Esistono nodi "PRIVILEGIATI"

Problematiche: scalabilità (Numero di nodi), velocità (Latenza), complessità (**COSTO**)

Tecnologie a confronto

	Proprietario	IrDA	WiFi	BT	ZigBee	WUSB
Banda	433 MHz	IR	2.4GHz	2.4GHz	2.4GHz	2.4GHz
Max Data Rate	0.3kbps	4Mbps	11Mbps	1Mbps	250kbps	62.5kbps
Area	10m	2m	≈ km	10m	100 m	10 – 100m
Consumi (TX/RX)	200mW	10mW	1W	250mW	100mW	200mW
Low Power STBY	NO	SI	NO	NO	SI	SI
Modulazione	ASK, FSK	RZ, 4PPM	DSSS	FHSS	DSSS	DSSS
MAC	??	TDMA	CSMA	TDMA	CSMA	CDMA FDMA
# Nodi	??	1/8	32/∞	1/8/∞	65k	3871

Soluzioni “alternative”



Banda libera ISM @ 433MHz

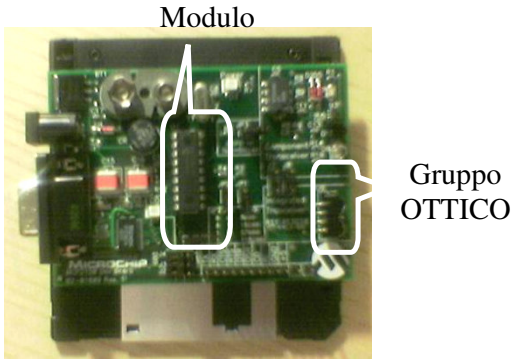
- single-chip µC+RF ASK TX: rfFPIC12C509AF
- ricevitore ASK esterno
- copertura 8 m
- full duplex 300 bits/s
- latenza 50 ms
- basso consumo <200mW (TX)
  <150mW (STBY)
- basso costo < 15$

Vantaggi

Basso costo, alta disponibilità

Svantaggi

Bassa immunità ai disturbi
Codifica proprietaria
Transfer rate “basso”



Infrarosso (IrDA)

- Controller IrDA: MCP2150 (Gestione dell’intero stack (IrDA+IrCom))
- µC: PIC18LF452
- IrDA 1.2: 115kbaud
- bassissimo consumo (20mW (TX))
- basso costo < 10$

Vantaggi

Basso costo, alta disponibilità

Svantaggi

Copertura ridotta
Necessità del LoS

APPLICAZIONE TIPICA: TELECOMANDI

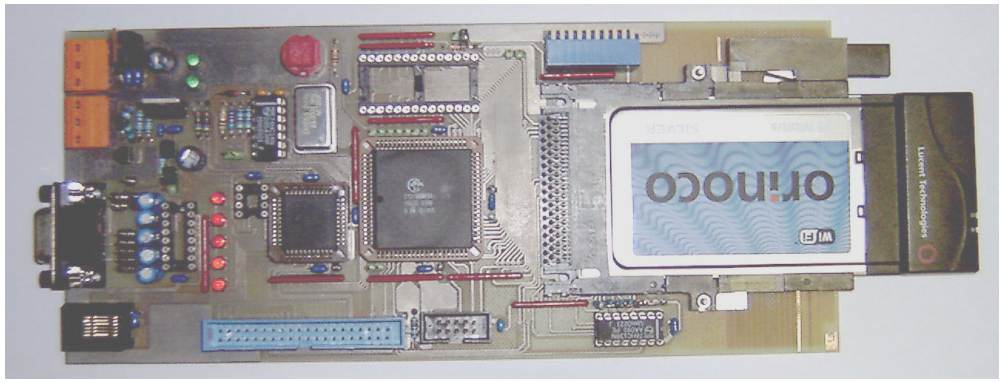
Sensori Wireless Ethernet 802.11b

Vantaggi

- Veloce, Buona distanza di trasmissione
- Diffusa e "affidabile"
- Naturalmente integrata con internet
- Rapida evoluzione (IEEE802.11g)

Svantaggi

- Dissipativa
- Costosa
- Attualmente "ingombrante"



Caratteristiche

- Orinoco Silver card
- µC PIC18F452, CPLD CY37K128 (PCMCIA)

Prestazioni misurate (master-slave)

- Tempistiche (UDP, 2byte)

  $T_{Tx}(1) = 2T_{UDP,PCMCIA}+T_{ORINOCO}$

  $\sim 4.0+1.8 = 5.9ms$

  $T_c(1)\sim 11.5ms$, $T_c(2)\sim 18.6ms$

- Distanza operativa d: d,max=60m

  T_{Tx} aumenta con d, RSSI diminuisce, sensibile agli ostacoli metallici

  $\rightarrow$ d,lim ~ 40m

- Potenza: 1.9W (scheda), 0.9W (WiFi)

Applicazioni commerciali attualmente disponibili

- Moduli condizionamento (Ipsil, …)
- Videocamere, sistemi di allarme (videosorveglianza civile e ambientale)

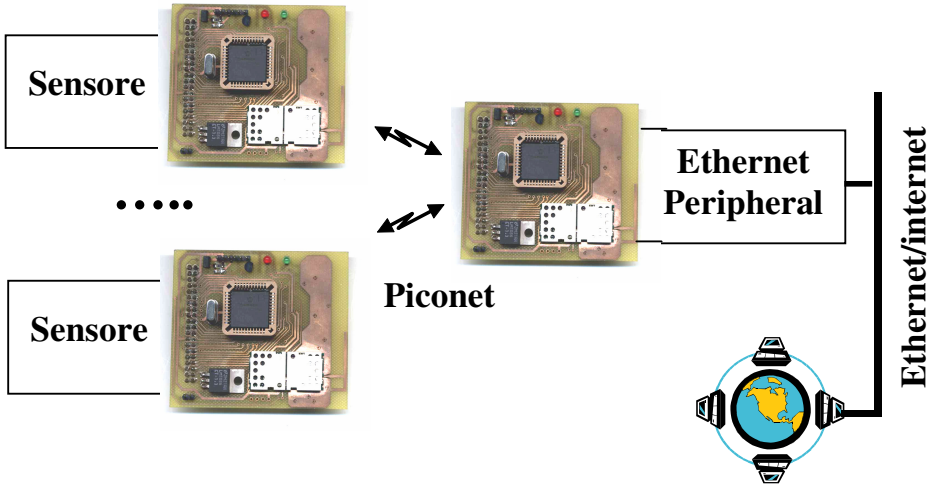
Sensori Bluetooth

Vantaggi

- Veloce, diffusa (telefonia), compatta
- Costo contenuto, internet

Svantaggi

- Dissipativa, difficile duty-cycle



Prestazioni misurate (Piconet)

- Tempistiche (L2CAP, DH1 -11byte-)
  $T_{Tx}(1)=2T_{UART}+T_{ROK}$~1.9+2.9=4.8ms
  $T_c(1)$~12ms, $T_c(2)$~16ms, $T_c(3)$~20ms
- Distanza operativa d: d,max=9.6m
  T_{Tx} aumenta con d, RSSI diminuisce, sensibile agli ostacoli metallici
  → d,lim ~ 3m
- Potenza: 95mW (NC), 245mW (Tx)
  1 batteria Ni-MH da 1.2V 600mAh: durata 4h e 10minuti

Caratteristiche

- Ericsson ROK101007 (classe 3), UART 115.2kbps
- µC PIC18F452, Ethernet device CS8900 (10baseT)

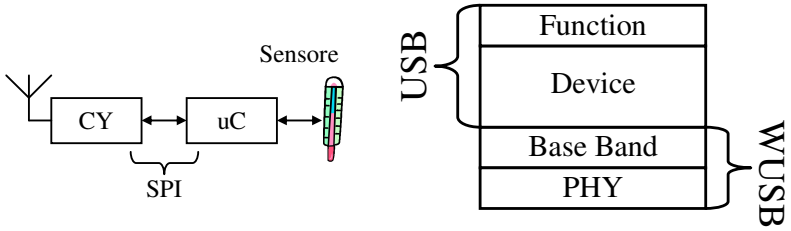
Applicazioni commerciali attualmente disponibili

- Moduli per sensori 4-20mA, 0-5V (Wilcoxon Research, Oceana Sensor, Rowing)
- Moduli RX-TX con supporto TEDS 1451.2 (Crossbow)

Tecnologie emergenti: WUSB

Dispositivi periferici: bassa latenza, basso transfer rate

OTTIMIZZAZIONE CONSUMI tramite bassissimo duty-cycle ($T_{ON} << T_{OFF}$).

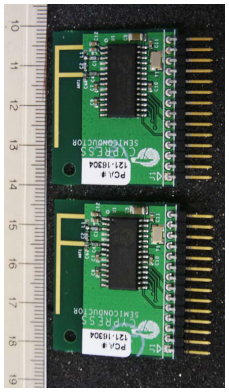


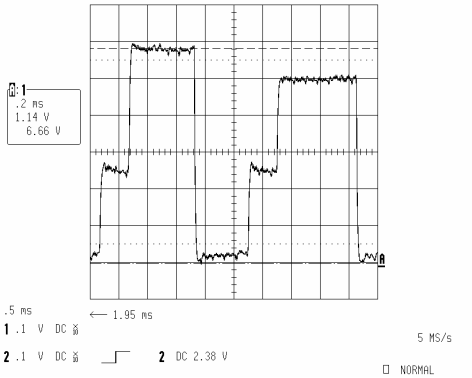
Vantaggi

Basso costo, bassi consumi
Resistenza Interferenze
Canali indipendenti

Svantaggi

Attualmente NON STD





Caratteristiche

- CYWUSB6934 (Low Range)
- µC PSoC CY8C26643

Prestazioni misurate (preliminari)

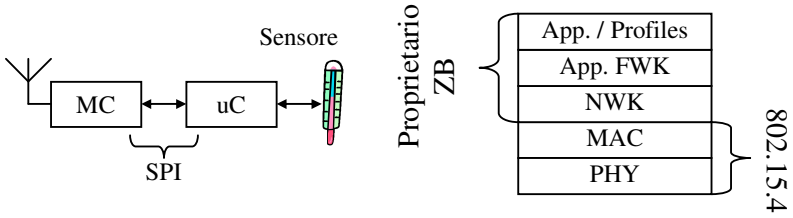
- **Tempistiche (Protocollo proprietario)**
  $T_{SBY} \rightarrow T_{ON} \sim 3ms$
  $T_{Tx}+T_{IDLE}+T_{ACK} \sim 0.67+0.36+0.7=1.73ms$
- $I_{OFF} \sim \mu A$ $I_{IDLE} \sim 2.1mA$
  $I_{TX,RX\ ON} \sim 28.5mA$ $I_{TX} \sim 66mA$ $I_{RX} \sim 57mA$
- **Se D=0.2% e 1 byte payload con 1 batteria Ni-MH da 1.2V 600mAh: durata 6000h**

NOTA: WUSB Cypress ≠ WUSB Intel

Tecnologie emergenti: ZigBee

Reti di sensori: elevato numero di nodi "semplici"

OTTIMIZZAZIONE CONSUMI tramite bassissimo duty-cycle ($T_{ON} << T_{OFF}$).

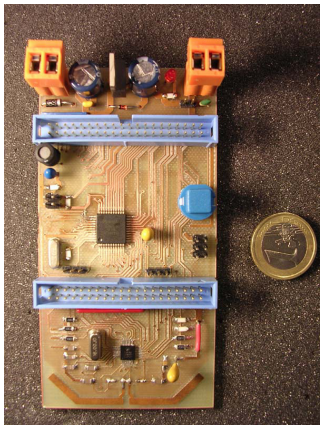


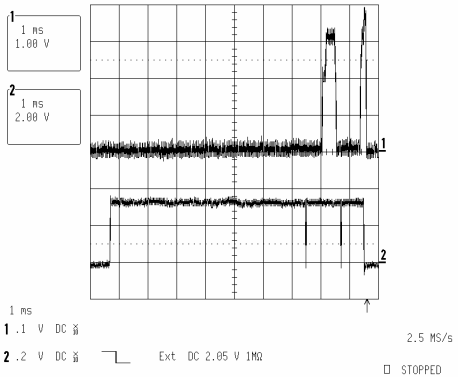
Vantaggi

Basso costo bassi consumi
Prestazioni

Svantaggi

Bassa reperibilità





Caratteristiche

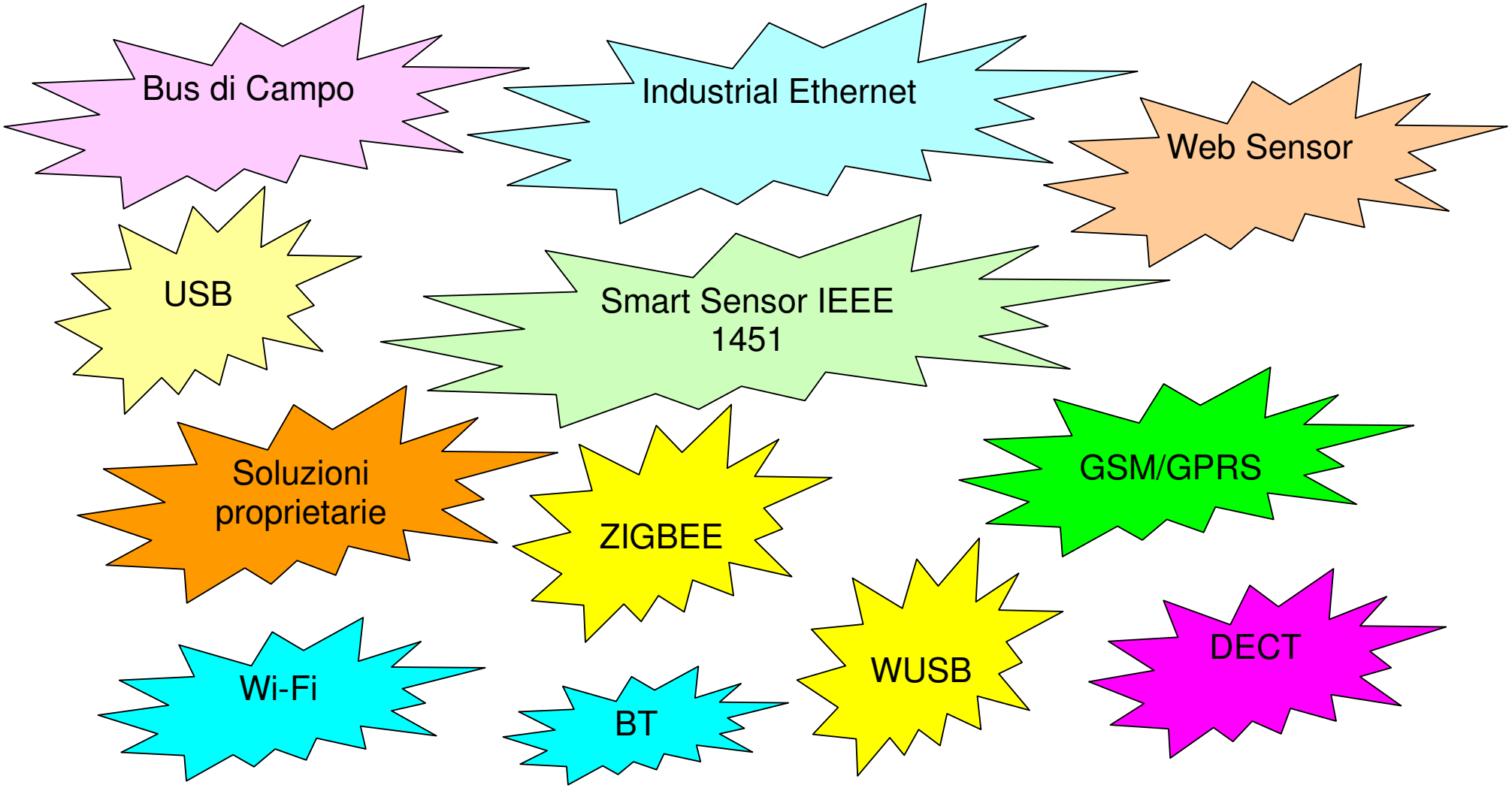
- **MC13192**
- **µC MC08HCSGT60**

Prestazioni misurate (preliminari)

- **Tempistiche (IEEE802.15.4)**
  T_{SBY} ➔ T_{ON} ~ 7ms
  $T_{Tx}+T_{ACK}$ ~ 1.1+1.5=2.6ms
- **I_{OFF} ~ µA I_{IDLE} ~ 1mA**
  $I_{TX,RX\ ON}$ ~ 20mA I_{TX} ~ 30mA I_{RX} ~ 35mA
- **Se D=0.2% e 2 byte payload con 1 batteria Ni-MH da 1.2V 600mAh: durata 15000h**

Conclusioni

SENSORI WIRELESS

- **Fattori chiave: COSTI e CONSUMI**
- **Soluzioni proprietarie: efficienti ma richiedono elevato knowhow**
- **BT, WiFi: soluzioni mutuate dal mondo consumer (PC, Fonia)**
- **ZigBee: soluzione std. per il sensor networking**
- **WUSB: proposta di Cypress in attesa di standardizzazione**

Aree di Ricerca