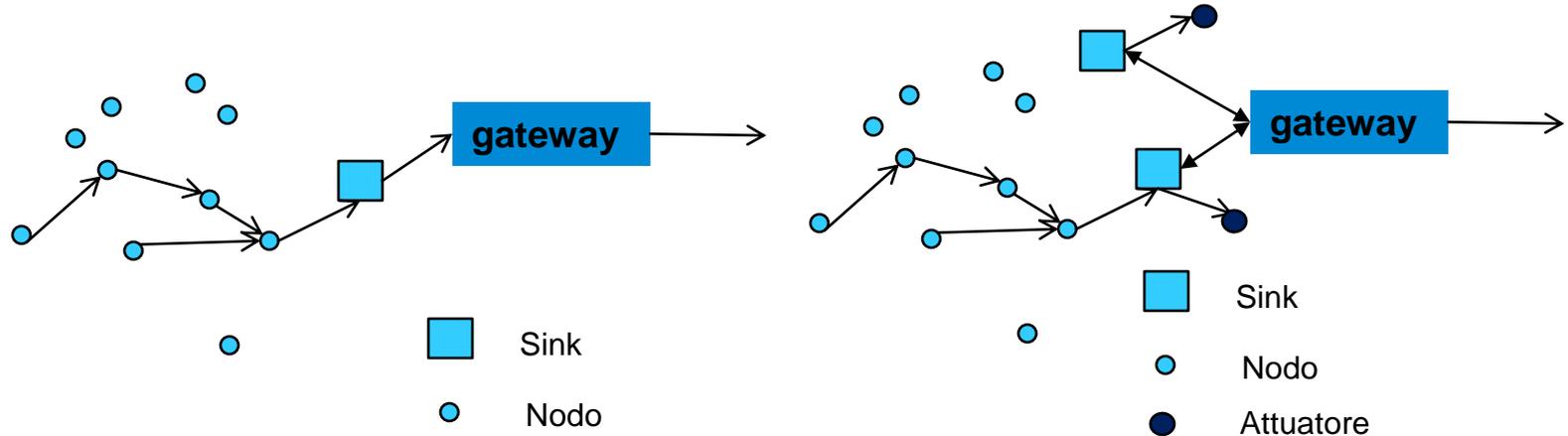


Wireless Sensors Networks (WSN)

Wireless Sensors Networks (WSN)

“A Wireless Sensor Network consists of a large number of node deployed in the environment being sensed and controlled through wireless communication”



Caso più semplice:
tanti sensori sono distribuiti
nell'ambiente e le misurazioni
vengono inviati ad un unico nodo

La situazione può essere complicata
maggiormente,
introducendo attuatori ed ulteriori nodi
(bidirezionali)
di raccolta e distribuzione dei dati

Wireless Sensors Networks (WSN)

Componenti di una WSN

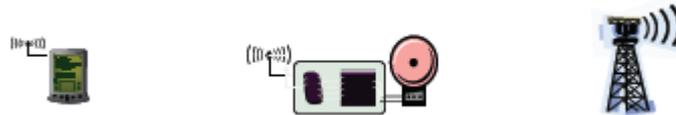
Nodi sorgenti: misurano il dato e lo “riportano” da qualche parte

➤ In genere equipaggiati con diversi tipi di sensori effettivi (termometri, videocamere)

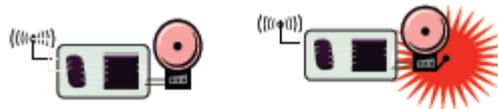


Nodi sink: interessati a ricevere dati dalla WSN

➤ Possono essere parte della WSN, oppure entità esterne come PDA, gateway verso la rete Internet



Nodi Attuatori: controllano alcuni dispositivi sulla base del dato misurato (es. allarmi sonori ect.), possono essere dei nodi sink equipaggiati con dispositivi che vengono attivati



Wireless Sensors Networks (WSN)

I nodi

Un sensore wireless (nodo) è un dispositivo in grado di misurare

- Temperatura
- Accelerazione
- Umidità
- Inquinamento

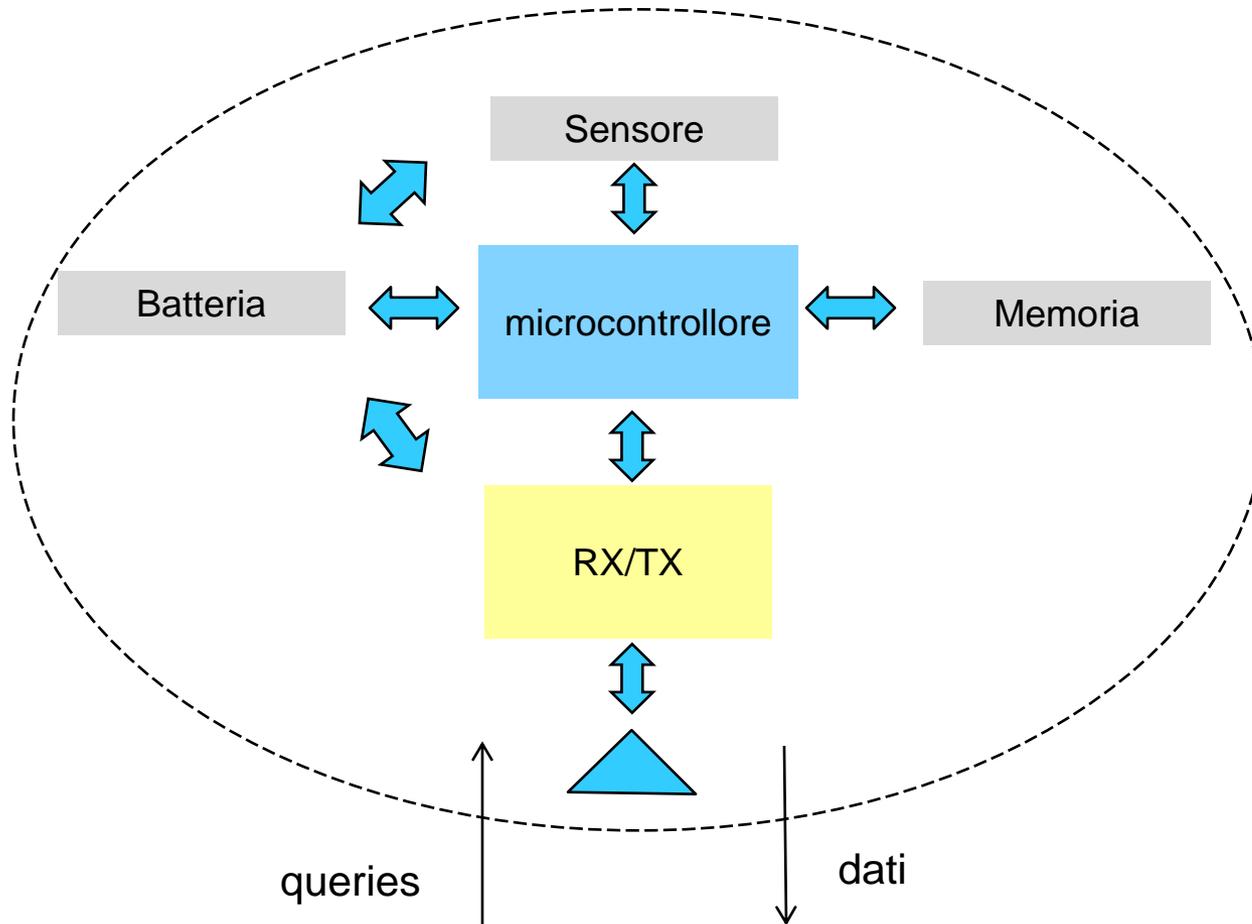
...

Allargando la nozione di sensore, possiamo includere anche videocamere, ricevitori GPS, lettori RFID (o sostituirlo con un attuatore), satelliti per osservazione della terra o monitoraggio

e inoltre in grado di comunicare il dato misurato utilizzando un mezzo “senza fili”

Wireless Sensors Networks (WSN)

I nodi



Caratteristiche tipiche

- Dimensioni (10 → 0.1 cm²)
- Consumi (giorni TX → anni idle)
- Costo (100\$ → 1\$)
- Copertura (1m → 100m)
- Velocità (1bps → 100kbps)

Tipicamente, in un singolo chip di dimensioni contenute deve contenere queste componenti (modulo di comunicazione integrato)

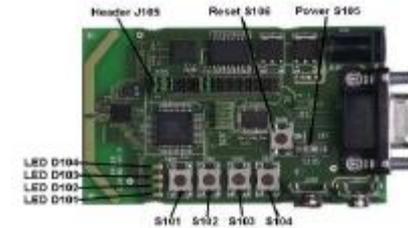
Wireless Sensors Networks (WSN)

I nodi

Prodotti commercialmente disponibili



www.freescale.com



Compliant 802.15.4	Clock	Flash	RAM	Receive Sensitivity	RF Power Min	RF Power Max	Cost	Country
YES	40 MHz	60K	4K	-92 dBm	-16.6 dBm	+3.6 dBm	\$ 199	USA

Wireless Sensors Networks (WSN)

Un po' di storia

Sensor networks nell'epoca della guerra fredda: durante la guerra fredda furono sviluppate negli Stati Uniti delle reti acustiche di sorveglianza sottomarina che vengono usate ancora oggi per rivelare attività sismiche sottomarine. Inoltre, nel Nord America, furono create delle reti di radar per la difesa aerea in cui i sensori erano costituiti da degli aerei Airborn Warning and Control Systems (AWACS).

Iniziative del DARPA: il DARPA (Defence Advanced Research Projects Agency) sponsorizzò la creazione di Distributed Sensor Network (DSN) per determinare se protocolli come il TCP/IP, insieme alla rete ARPA, potessero essere usati come reti di sensori. Le DSN prevedevano diversi nodi autonomi equamente spazati, in grado di collaborare tra loro, il cui obiettivo era quello di raccogliere i dati in nodi che potessero utilizzare al meglio quelle informazioni. Le applicazioni delle DSN erano il calcolo distribuito, il signal processing e il tracking. *I componenti di queste reti erano sensori acustici, protocolli di comunicazione di alto livello, algoritmi di calcolo e software distribuito.*



Wireless Sensors Networks (WSN)

Un po' di storia

Applicazioni militari degli anni 80' e 90': in questo periodo furono sviluppati i primi prodotti commerciali derivanti dalla tecnologia delle DSN che, proprio grazie alla commercializzazione, erano caratterizzati da un costo minore e dall'implementazione dei primi standard. Tali reti di sensori erano adoperati in situazioni di network-centric warfare, ovvero ambienti in cui i sistemi d'arma devono cooperare tra di loro scambiandosi informazioni sull'obiettivo. I sensori infatti erano in grado di tracciare obiettivi multipli, anche molto distanti e con ottimi tempi di risposta. Esempi di questa tecnologia erano le reti di radar per rilevare obiettivi aerei, reti di sensori acustici negli oceani per rilevare sottomarini e reti di sensori schierate sul campo di battaglia.

Wireless Sensors Networks (WSN)

Un po' di storia



Mica2 mote, 2002



Tmote-sky Mote, 2003



SMART DUST, 201?

Wireless Sensors Networks (WSN)

1. Quando e perché c'è bisogno di sensori radio piuttosto che cablati?
2. Che differenza c'è tra le odierne reti di sensori e quelle della precedente generazione?
3. Se uso sensori radio, perché non posso usare una WLAN in configurazione ad-hoc per realizzare questo tipo di reti? Perché si sono dovute studiare soluzioni specifiche per la rete di comunicazione per reti di sensori?

Wireless Sensors Networks (WSN)

Mezzo trasmissivo: cablato vs wireless

Convenzionalmente le comunicazioni fra nodi sensore ed i controllori centralizzati, prevedono interfacce di comunicazione cablate.

Vantaggi di soluzioni cablate:

- 1) *L'utilizzo di cavi consente l'impiego di dispositivi che non hanno limitazioni di potenza poiché laddove saremo in grado di portare una connessione cablata per i dati sarà in generale possibile prevedere anche una o più linee di alimentazione*
- 2) *Le comunicazioni su mezzi cablati è più affidabile che su mezzo radio*
- 3) *Le soluzioni cablate consentono dei buoni livelli di sicurezza visto che bisogna avere accesso fisico diretto al cavo per poter prelevare informazioni dalla rete.*

Limitazioni di soluzioni cablate:

Impossibilità o difficoltà d'installazione in ambienti inospitali per l'uomo (a ciò si aggiunge un problema implicito di costi visto che l'installazione di ciascun dispositivo richiederà manodopera e materiali per le operazioni di cablatura)

inoltre una struttura cablata è essenzialmente "rigida", cioè risulta difficile aggiungere nuovi nodi alla rete o modificare la posizione di sensori preesistenti senza riconsiderare l'intera struttura della rete

Wireless Sensors Networks (WSN)

Mezzo trasmissivo

La comunicazione senza fili fra i diversi dispositivi in una WSN, può essere fatta impiegando:

- sistemi induttivi
- ottici
- ad infrarossi
- ultrasuoni
- A radio-frequenza

Ciascuno di questi mezzi presenta dei pregi e difetti, in primo luogo affinché essi siano presi in considerazione all'interno di un progetto di rete di sensori wireless devono essere "disponibili" in ogni parte del mondo, per evitare problemi di re-ingegnerizzazione passando da uno stato ad un altro per problemi di tipo legislativo.

Wireless Sensors Networks (WSN)

Mezzo trasmissivo

Sistemi induttivi

- ❑ Questa tecnologia viene principalmente utilizzata nel campo del Radio Frequency Identification (RFID)
- ❑ vengono utilizzati dei tag attivi o passivi che vengono letti da apposite porte di lettura che generano un forte campo magnetico in corrispondenza del quale una induttanza realizzata all'interno del tag manifesta una corrente indotta che permette la lettura/scrittura di informazione sul tag.

I principali svantaggi di questo tipo di tecnologia risultano essere :

- ❑ Le distanze per cui è possibile effettuare correttamente operazioni di lettura/scrittura.
- ❑ Inoltre seppure i dispositivi passivi non richiedono unità di potenza, i coordinatori della rete (porte o varchi di lettura) richiedono grandi livelli di potenza.

Wireless Sensors Networks (WSN)

Mezzo trasmissivo

Sistemi ottici

In questo gruppo includiamo le tecnologie come l' Infrared Data Association IrDA ed altri standard che prevedono l'uso di tecnologie di tipo ottico,

Principale svantaggio:

necessità di un collegamento diretto in Line of Sight dei dispositivi, cioè ricevitore e trasmettitore devono essere correttamente allineati

Vantaggi:

Tecnologie di questo tipo garantiscono economicità dei transceiver ed affidabilità

Wireless Sensors Networks (WSN)

Mezzo trasmissivo

Ultrasuoni

Consentono di superare la limitazione del Line of Sight tipica dei sistemi ottici, ma la generazione di ultrasuoni richiede una energia elevata per il coordinatore della rete che comporta dei costi e delle dimensioni per nulla contenute dei dispositivi realizzati impiegando queste tecnologie.

Radio frequenza (RF)

L'utilizzo di sistemi in radio frequenza consente l'eliminazione dei problemi di Line of Sight e lo stato dell'arte nel campo dei transceiver a radio frequenza garantisce dimensioni e consumi molto contenuti.

Wireless Sensors Networks (WSN)

Tipo di reporting dei dati

Applicazioni di tipo *Event Detection*  il reporting è di tipo *event-triggered*

ossia si trasmette qualcosa solo se l'evento viene rivelato, che puo' significare che il dato misurato ha raggiunto un certo valore di soglia o si è verificata una specifica condizione.

Esempio: vogliamo sapere se la temperatura in una stanza va sotto i 5 C° o l'umidità supera il 46%

Requisiti:

In questo caso, è importante che quando l'evento avviene, venga rivelato (bassa probabilità che non sia rivelato ma anche bassa probabilità di falso allarme, ossia che sia rivelato un evento che non è avvenuto)

Inoltre, è importante che tale informazione raggiunga in tempo utile un centro di controllo. Questo impone dei requisiti su:

- Frequenza di campionamento (quanto spesso il dato viene misurato): deve essere sufficientemente alta da essere sicuri di non perdere l'evento (che magari ha una durata limitata)
- Protocollo di comunicazione: affidabile con basse latenze
- Sulla copertura: se per esempio si deve misurare la temperatura media di una stanza, la posizione dei sensori è importante. Se uso solo due sensori di cui uno posizionato vicino ad un termosifone, la media potrebbe essere superiore alla reale temperatura media nella stanza e quindi, si manda un allarme ingiustificato. Quindi, **il numero e la la posizione dei sensori va scelta in modo accurato.**

Wireless Sensors Networks (WSN)

Tipo di reporting dei dati

Applicazioni di tipo *Stima di processi aleatori temporali o spaziali* →
il reporting è di tipo *loose periodic reporting*

Esempio di applicazione: voglio sapere l'andamento giornaliero della concentrazione delle polveri sottili in una certa zona della città, oppure, sapere l'andamento medio dell'inquinamento acustico. La frequenza con cui campionare dipende dalle caratteristiche statistiche del fenomeno che osservo. Per esempio, nel caso delle polveri sottili è sufficiente raccogliere pochi campioni al giorno, nel caso di rivelazione della velocità media di alcuni autoveicoli in una certa area, la frequenza di campionamento deve essere molto più alta.

Tipicamente, in questo caso, non si deve fare un controllo in tempo reale, ma più che altro un post-processing dei dati, e quindi, non è necessario mandare i dati in tempo reale. Quindi, i dati vengono mandati periodicamente in modo automatico, o sollecitati da un pacchetto di trigger. E' periodico di tipo "loose" perché appunto i requisiti di latenza possono essere un po' più rilassati e anche quelli sulla frequenza con cui vengono mandati i dati.

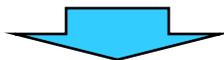
Wireless Sensors Networks (WSN)

Tipo di reporting dei dati

Applicazioni di tipo monitoraggio e controllo della traiettoria  il reporting è di tipo *frequent periodic reporting*

Ossia, i dati misurati vanno mandati periodicamente e con una frequenza elevata o comunque, sufficiente per “seguire” il fenomeno monitorato in tempo reale. Questo tipo di applicazione impone stringenti requisiti sulla latenza della rete di comunicazione e sulla sincronizzazione dei nodi (un dato misurato temporalmente prima e che arriva dopo al nodo sink, sarebbe estremamente dannoso se non viene riordinato)

In tutti e tre i casi, comunque, la scelta della densità dei nodi, della frequenza di campionamento, del protocollo di comunicazione più adatto, è STRETTAMENTE dipendente dall'applicazione



I protocolli devono essere scalabili (devono funzionare con un numero alto o basso di nodi), flessibili e adattabili ai requisiti dell'utente

Wireless Sensors Networks (WSN)

Esercizio

Un nodo sensore prende dei campioni di umidità su una scala che va da 0% a 90%. Ogni campione è codificato con 2Bytes. I campioni vengono presi ogni minuto e poi vengono memorizzati su una memoria di 1 Kbyte. Riempita la memoria vengono trasmessi. Calcolare la frequenza di trasmissione.

Soluzione

La memoria contiene

$N_{\text{samples}} = 1\text{KB}/2\text{B} = 1024/2 = 512$ campioni

Prendendo i campioni ogni minuto, la memoria si riempie dopo $T = 512$ minuti = $512 \cdot 60\text{s}$

$$f_t = 1/T = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Hz}$$

Wireless Sensors Networks (WSN)

Peculiarità dei WSN

- ❑ Limiti di potenza, memoria e calcolo
- ❑ Costituita da decine a migliaia di nodi → lo standard deve supportare una topologie di rete adeguata
- ❑ Densamente distribuita (posso avere decine o centinaia di nodi in pochi metri) → posso avere problemi d'interferenza tra di loro, oltre al fatto che potrei sfruttare un approccio multihop
- ❑ Collegamento e nodi inaffidabili
- ❑ Topologia di rete variabile frequentemente (batterie esauste, aggiunta di nuovi nodi...) → da un lato gli algoritmi di routing devono essere robusti, dall'altro, la rete deve avere capacità di autoriconfigurarsi (ossia, i nodi devono cercare i nodi circostanti periodicamente e stabilire con essi una connessione)
- ❑ I sensori usano principalmente comunicazioni di tipo *broadcast*;

Wireless Sensors Networks (WSN)

Peculiarità dei WSN

□ QoS: i parametri tipici di QoS dei sistemi radio sono *ritardo, banda minima e jitter*. Tuttavia, nel caso di WSNs, i nodi si scambiano spesso pochi pacchetti alla volta e i software che si utilizzano sono in genere tolleranti al ritardo. A volte si devono ricevere pochi dati ogni tanto, in altri casi di devono ricevere tutti i dati (per esempio, quanto sensorizzato per rilevare i movimenti della mano) oppure devono essere ricevuti entro un certo intervallo di tempo. Ciò che conta è la quantità e la qualità dei dati ricevuti da un nodo di raccolta di una certa area. Quindi, delle metriche di prestazioni più sensate potrebbero essere l'affidabilità nel rilevamento di certi eventi o l'approssimazione di certe misure.

□ Lifetime: la definizione di lifetime non è univoca, nel senso che dipende dall'applicazione che si vuole misurare: a volte si indica come il tempo entro il quale il nodo delle rete finisce di funzionare, altre volte corrisponde al momento in cui il 50% dei nodi vengono persi. Infondo, è la WSN che deve “vivere” a lungo per svolgere una certa funzione, non il singolo nodo.

□ Programmabilità: i nodi devono poter cambiare i propri compiti in qualunque momento, ovvero devono poter essere “riprogrammabili”

□ Auto-manutenzione: data la dinamicità delle rete e dell'ambiente stesso in cui si trova, la rete deve essere in grado di adattarsi, monitorando il proprio stato di salute, aggiornando i propri parametri, decidendo tra nuovi compromessi (per esempio, diminuendo la QoS quando l'energia sta per terminare)

Wireless Sensors Networks (WSN)

Come risolvere le sfide

Conessioni multi-hop

Operazioni energeticamente efficienti

Collaborazione e in network processing: in alcune applicazioni, un singolo nodo non è in grado di capire se si è verificato un evento. Per questo motivo è necessario che i nodi collaborino tra di loro e compiano *in network processing*, ovvero eseguano alcuni calcoli sui dati, tipicamente *data aggregation* (ad esempio il calcolo della temperatura media di una zona).

Data-centric: in una rete di comunicazione tradizionale, lo scambio di dati avviene tra entità aventi ognuna un indirizzo di rete specifico, quindi si tratta di un'architettura *address-centric*. In una WSN, non importa tanto chi fornisce il dato, ma da quale regione proviene. D'altronde un nodo può essere ridonato da più nodi, e quindi si perde l'individualità dei vari componenti. Ciò che interessa è richiedere una certa informazione ad una certa area monitorata, e non richiedere una certa informazione ad un certo nodo. È un concetto simile alla query di un database “Visualizza tutte le aree in cui la temperatura è maggiore di X” oppure “Richiedi i dati di umidità della regione X”.

Località: meglio utilizzare informazioni locali più che globali per risparmiare risorse hardware. Per esempio, algoritmi di routing in cui il nodo deve memorizzare informazioni di routing solo verso i nodi vicini a lui. Così facendo, nel momento in cui la rete dovesse crescere esponenzialmente, le risorse hardware occupate rimarrebbero inalterate. Chiaramente, conciliare località e protocolli di routing efficienti è una delle sfide da affrontare.

Wireless Sensors Networks (WSN)

Definizione di SMART SENSOR e standard

Definizione proposta dallo standard IEEE 1451.2:

“ Un trasduttore che integra le funzioni necessarie alla corretta rappresentazione della grandezza misurata o controllata. Queste funzionalità tipicamente sono in grado di semplificare l'integrazione del trasduttore in applicazioni che utilizzino strutture di rete”

Il termine trasduttore qui indica contemporaneamente sensori e attuatori

Necessità di uno standard

Oggi ci sono molte aziende che producono sensori e molte reti che li utilizzano. E' troppo costoso per le aziende produttrici fare trasduttori specifici per ogni rete per cui devono essere usati. Componenti diverse, fatte da aziende diverse dovrebbero essere compatibili per facilitare la commercializzazione.

Quindi, nel 1993 l'IEEE e il NIST (National Institute of Standards and Technology) hanno cominciato a lavorare allo standard per Smart Sensor Networks (non dal punto di vista del protocollo di comunicazione, ma più in generale di dispositivo e sue funzionalità e interfacce con il mondo esterno). Lo standard IEEE 1451 Standard for Transducer Interface for Sensor and Actuators è il risultato di questo lavoro e cerca di stabilire una serie d'interfacce comuni per connettere tra loro sensori con dispositivi a microprocessore e inoltre l'interfaccia verso la rete esterna, in modo indipendente dalla rete stessa all'interno del quale sarà inserito.

Wireless Sensors Networks (WSN)

Definizione di SMART SENSOR e standard

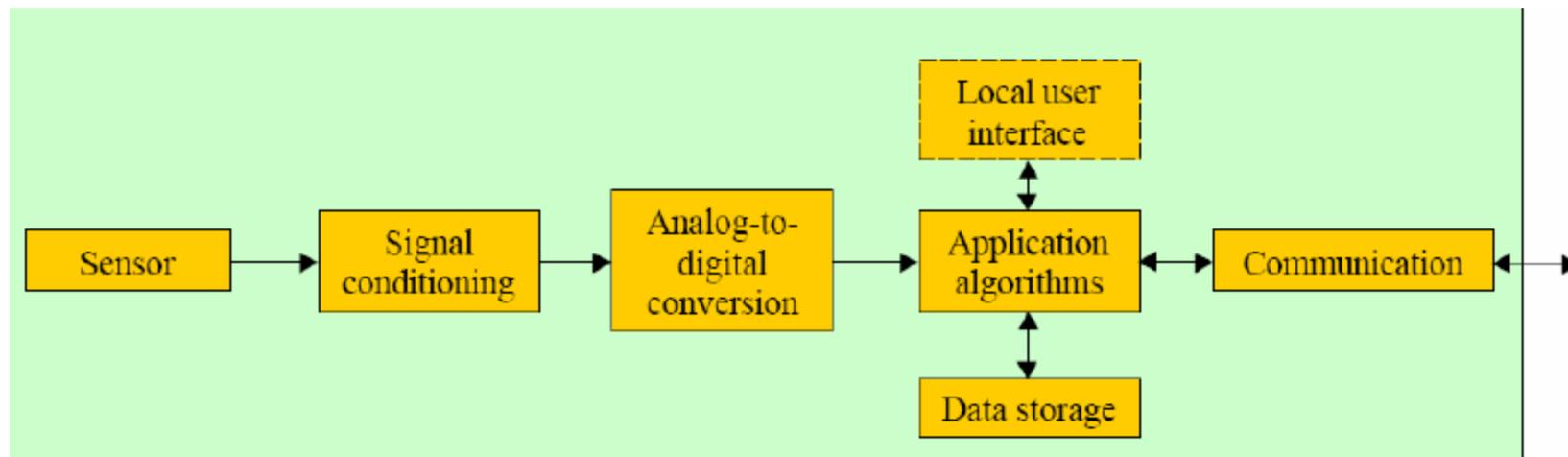
Necessità di uno standard

- Possibilità di definire una rete di trasduttori non vincolata a case produttrici o standard proprietari.
- Adozione di un modello comune per gestire i dati provenienti da un trasduttore, facilitando le operazioni di controllo, configurazione e calibrazione dello stesso.
- Possibilità di installare, aggiornare, sostituire o rimuovere i trasduttori nella rete in modalità plug & play, riducendo significativamente costi di gestione e possibili errori di configurazione.
- Possibilità di definire per ciascun trasduttore un data sheet elettronico, con un formato standard, contenente tutte le informazioni necessarie per gestire il trasduttore stesso.
- Possibilità di accedere ai trasduttori sia in modalità wired che wireless, attraverso una vasta scelta di mezzi fisici.

Wireless Sensors Networks (WSN)

Definizione di SMART SENSOR

Modello generale Smart Sensor IEEE 1451

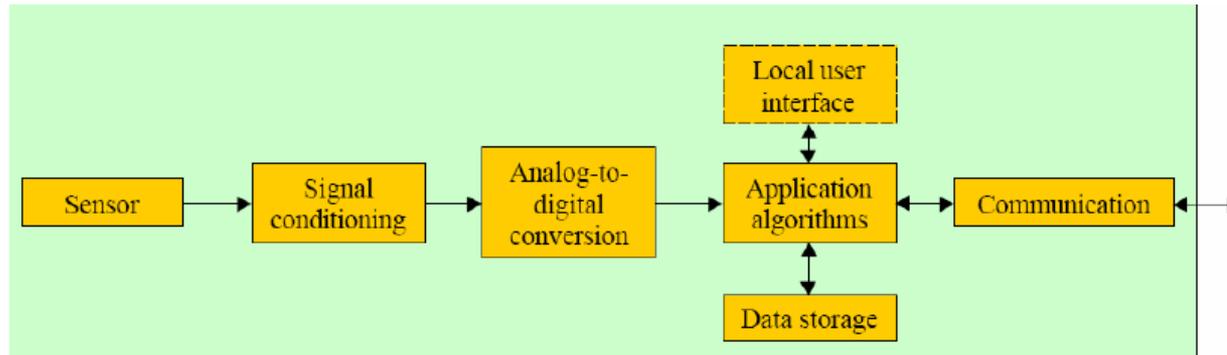


Il modello mostra un completo set di funzionalità che possono essere individuate all'interno dello smart sensor. Tuttavia, alcuni sensori potrebbero avere più funzionalità o altri meno. Per esempio, un sensore intrinsecamente digitale non richiederà il modulo A/D o particolari circuiti di condizionamento del segnale (esempio, sensore di finecorsa implementato con uno switch). Con sensore virtuale si indica in genere la parte del sensore stesso + la parte di condizionamento del segnale + ADC.

Wireless Sensors Networks (WSN)

Definizione di SMART SENSOR

Modello generale Smart Sensor IEEE 1451



❑ Misura analogica della grandezza fisica

❑ Condizionamento del segnale. Il segnale dai sensori può essere molto rumoroso, di piccolissima ampiezza, polarizzato, dipendente da altri fattori come la temperatura. Inoltre, non sempre la misura rivelata è la quantità d'interesse, ma magari sono una quantità relativa ad essa (per esempio, misuro una posizione, ma sono in realtà interessato a misurare una velocità).

Quindi, l'operazione di conditioning include: filtraggio passa basso per togliere rumore (esempio, rumore a 50Hz dovuto alla rete di alimentazione), circuiti di compensazione delle temperature per rendere la misura indipendente da essa, conversioni varie (per esempio, nel caso di bent sensors si devono convertire delle misure di resistenza in tensioni). Tutto analogico!!! Alcune operazioni anche di filtraggio potrebbero essere implementate in digitale e quindi dopo l'ADC nel modulo application algorithms.

Wireless Sensors Networks (WSN)

Definizione di SMART SENSOR

Modello generale Smart Sensor IEEE 1451

Il modulo Application algorithms contiene il SW per l'applicazione in oggetto, ma anche delle routine che consentano l'autodiagnosi (stato di funzionamento), come anche algoritmi di sincronizzazione (mediante un time stamp interno o con segnale di riferimento esterno)...

La sincronizzazione è fondamentale in applicazioni WSN poiché in genere questi smart sensor devono svolgere una missione in modo cooperativo.

Raccogliere informazioni in modo sincrono ossia, necessità di sapere esattamente quando una grandezza viene rivelata da un trasduttore.

Inoltre, algoritmi per la localizzazione nello spazio (anche questa è una cosa importante in genere in molte applicazioni WSN, i nodi devono conoscere la loro posizione RELATIVA o ASSOLUTA a secondo dei casi).

Infine, ci potrebbe essere un DSP che fa il sensor fusion: necessità di combinare l'informazione proveniente da diversi sensori per tirare fuori un'informazione sullo stato di un sistema. Per esempio, un sistema di sorveglianza potrebbe includere sensori sismici, acustici, di temperatura, di moto, magnetici ect. (in genere si realizza con il filtro di Kalman). Altre funzioni del DSP: analisi di spettro, elaborazione della voce, analisi statistiche, correlazioni, classificazione e associazione e gli algoritmi di decision-making (fuzzy logic, bayesian decision making)

Wireless Sensors Networks (WSN)

Definizione di SMART SENSOR

Modello generale Smart Sensor IEEE 1451

Il modulo Data Storage può essere utilizzato per memorizzare parametri di funzionamento informazioni di identificazione del dispositivo o dati provenienti da altri dispositivi.

Una funzionalità importante, che è inclusa in tutti i prodotti commerciali (mentre per esempio altre funzionalità ancora non sono incluse) è la possibilità di memorizzare informazioni che consentano l'identificazione del dispositivo: lo standard IEEE 1451.2 prevede un set d'informazioni che consentano l'autoidentificazione di ciascun dispositivo mediante il Transducer Electronic Data Sheet (TEDS)

Le informazioni che il TEDS prevede sono tra le altre:

- Identificazione (numero modello, ID dell'azienda manifatturiera, ect.)
- Dispositivo (tipo di sensore, sensibilità, unità di misura)
- Calibrazione (data dell'ultima calibrazione, fattori di correzione)
- Applicazione (canale utilizzato, coordinate della misura)

Affinchè i dati possano essere verificati e coordinati l'utente deve essere in grado di accedere ad ogni dispositivo per conoscere la calibrazione effettuata dal costruttore ed ogni dato utile alla sua identificazione.

Wireless Sensors Networks (WSN)

Definizione di SMART SENSOR

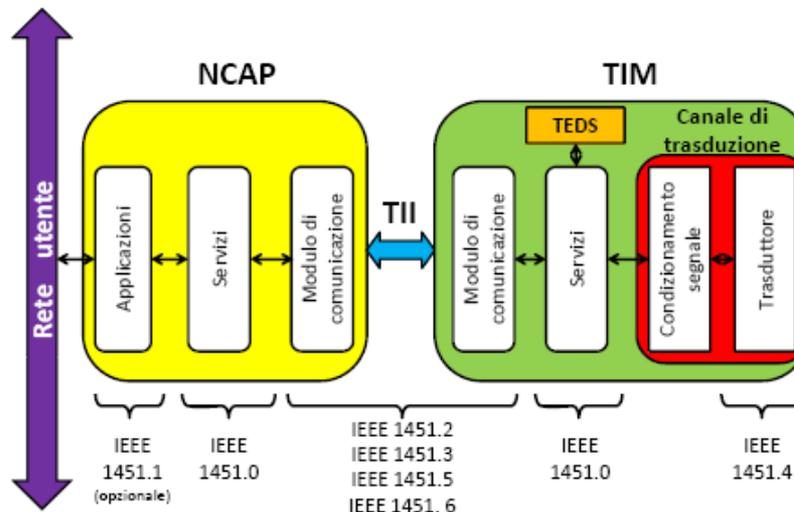
IEEE 1451

Suddivisione dello smart transducer in:

Network Capable Application Processor (NCAP), con funzionalità proprie di un nodo di comunicazione;

Transducer Interface Module (TIM), composto da un certo numero di trasduttori (sensori e attuatori), blocchi di conversione ed elaborazione dati.

- ❑ Il TIM implementa un canale di trasduzione per ciascun sensore e/o attuatore.
- ❑ Ad ogni TIM e canale di trasduzione viene associato un TEDS
- ❑ L'interfaccia fisica tra NCAP e TIM, detta Transducer Independent Interface (TII), può essere sia wired che wireless.



Wireless Sensors Networks (WSN)

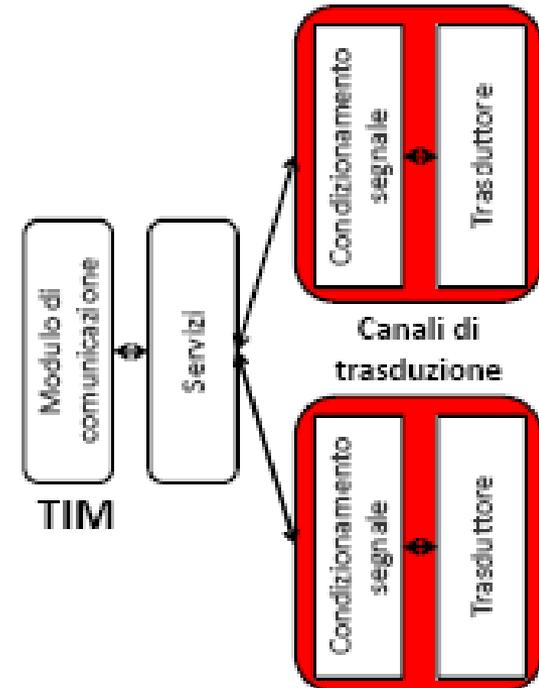
Definizione di SMART SENSOR

IEEE 1451

Canale di trasduzione

➤ Con canale di trasduzione (TransducerChannel) si intende la parte del TIM comprendente il trasduttore fisico e tutta l'elettronica per il condizionamento del segnale acquisito (amplificatori/attenuatori, filtri, convertitori ADC/DAC, ecc.).

➤ Un TIM può avere più di un canale di trasduzione



Wireless Sensors Networks (WSN)

Definizione di SMART SENSOR

IEEE 1451

Lo standard richiede la:

- Definizione di canale di trasduzione e sua classificazione in sensore, sensore ad eventi ed attuatore.
- Definizione della struttura dati, data set, utilizzata per memorizzare e trasmettere i dati acquisiti da un nodo sensore oppure i dati da fornire in ingresso ad un nodo attuatore.
- Definizione delle modalità di campionamento con le quali acquisire i dati da un sensore o fornire i dati ad un attuatore.
- Definizione delle modalità di trasmissione dei data sets.
- Definizione dei meccanismi di trigger e di quali necessari per sincronizzare i nodi della rete.
- Definizione della struttura e dei contenuti dei TEDS.

Wireless Sensors Networks (WSN)

Definizione di SMART SENSOR

IEEE 1451

Canale di trasduzione

Lo standard 1451.0 classifica i canali di trasduzione in:

❑ **ATTUATORE**: produce un valore oppure un'azione in uscita in risposta al dato fornito al suo ingresso.

Esempio termostato: regola in modo opportuno un sistema di condizionamento a seconda del valore numerico presente al suo ingresso.

❑ **SENSORE**: misura un parametro fisico della grandezza applicata in ingresso e ritorna un valore numerico rappresentante il parametro misurato.

Esempio termometro: misura la temperatura e la converte in un dato numerico.

❑ **SENSORE AD EVENTI**: rileva un cambiamento di stato nella grandezza applicata al suo ingresso.

Esempio comparatore: confronta la grandezza incognita con un valore di riferimento e fornisce in uscita valore logico "0" oppure "1" a seconda dell'esito del confronto.

Wireless Sensors Networks (WSN)

Definizione di SMART SENSOR

IEEE 1451

- ❑ Un sensore ad eventi rileva un cambiamento di stato nella grandezza applicata al suo ingresso.
- ❑ L'uscita può assumere solo due valori logici: 0 oppure 1.
- ❑ Può essere usato come sorgente di trigger per un altro trasduttore

Nessuna informazione viene invece fornita sul quando è avvenuto un cambiamento di stato

Se è importante disporre anche di tale informazione temporale si possono adottare degli opportuni meccanismi:

- ❑ Polling: il sensore viene interrogato periodicamente per sapere se si è verificato un cambiamento di stato.

Modalità di trasmissione on command.

- ❑ Timestamping: viene misurato il tempo di arrivo del messaggio da parte del trasduttore contenente il valore della sua uscita.

Modalità di trasmissione streaming.

Wireless Sensors Networks (WSN)

Definizione di SMART SENSOR

IEEE 1451

Insieme di canali di trasduzione

Gruppo di controllo: composto da un canale di trasduzione principale ed un certo numero di canali di trasduzione complementari che forniscono informazioni aggiuntive sul funzionamento del canale principale.

Gruppo vettoriale: non vi è alcuna relazione gerarchica tra i canali di trasduzione.

- *Esempio: accelerometro triassiale per il quale è possibile definire un gruppo vettoriale comprendente i sensori degli assi X, Y e Z.*

Wireless Sensors Networks (WSN)

Definizione di SMART SENSOR

IEEE 1451

Struttura di dati per il canale di trasduzione

Data set: contiene i campioni del segnale proveniente dal sensore oppure quelli da fornire all'attuatore.

Definito da tre parametri, specificati nel TEDS, che specificano il numero massimo di campioni che è possibile contenere e in che modo tali campioni sono ottenuti:

- Maximum data repetitions: specifica il numero massimo di campioni che un data set può contenere,
- Series unit: specifica l'unità di misura dell'intervallo di campionamento
- Series increment: determina l'ampiezza dell'intervallo di campionamento

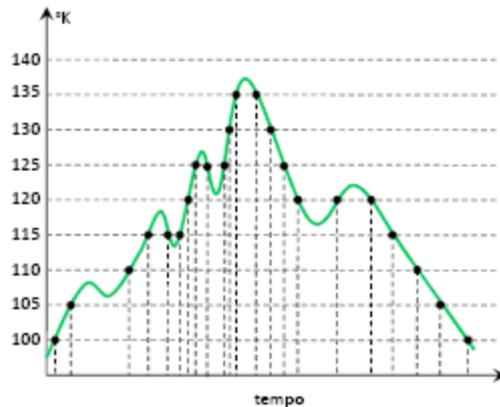
L'intervallo di campionamento può essere di qualsiasi natura e non necessariamente un intervallo temporale.

Wireless Sensors Networks (WSN)

Definizione di SMART SENSOR

IEEE 1451

Struttura di dati per il canale di trasduzione – esempio del Sensore di temperatura



100, 105, 110, 115, 115, 115, 120, 125, 125, 125,
130,.....

Intervallo di campionamento

□ Unità di misura K

□ Ampiezza 5 K

I campioni vengono prelevati in modo uniforme rispetto alla temperatura piuttosto che rispetto al tempo

Wireless Sensors Networks (WSN)

Definizione di SMART SENSOR

IEEE 1451

Modalità di campionamento

Specifica in che modo i dati vengono acquisiti da un sensore o forniti ad un attuatore.

Vengono definite 5 differenti modalità di campionamento dallo standard 1451.0:

- Due sono le modalità base, mutuamente esclusive tra loro: trigger initiated e la free-running.
- Altre tre rappresentano delle varianti di queste modalità base: freerunning con pre-trigger, continua ed immediata.

Tali modalità si differenziano soprattutto per il modo di operare di un trasduttore prima dell'arrivo di un comando di trigger.

Wireless Sensors Networks (WSN)

Definizione di SMART SENSOR

IEEE 1451

Modalità di campionamento-trigger initiated

Il canale di trasduzione è inizialmente inattivo

La ricezione di un comando di trigger avvia:

- il processo di acquisizione dati nel caso di un nodo sensore,
- il processo di elaborazione dati nel caso di un nodo attuatore.

Il processo termina quando tutti i campioni nel data set sono stati processati.

Nel caso di un nodo sensore tutte le misure sono post-trigger, in quanto ottenute dopo aver ricevuto il comando di trigger che abilita sia l'acquisizione che il salvataggio.

Wireless Sensors Networks (WSN)

Definizione di SMART SENSOR

IEEE 1451

Modalità di campionamento-free-running

Il canale di trasduzione è sempre attivo.

Nel caso di un nodo sensore:

- la grandezza fisica applicata in ingresso viene continuamente campionata e convertita in un valore numerico,
- i valore ottenuti però vengono salvati in memoria solo dopo aver ricevuto il comando di trigger che abilita il salvataggio.
- Il processo termina quando tutti i campioni nel data set sono stati processati.
- Tutte le misure ottenute sono post-trigger in quanto ottenute dopo aver ricevuto il comando di trigger.

Wireless Sensors Networks (WSN)

Definizione di SMART SENSOR

IEEE 1451

Modalità di campionamento-free-running

Il canale di trasduzione è sempre attivo.

Nel caso di un nodo attuatore:

- Viene prodotta un'azione in accordo con i campioni contenuti nel data set corrente, ossia ricevuto prima del comando di trigger.
- Quando viene ricevuto un comando di trigger l'attuatore considera un nuovo data set.
- Una volta elaborati tutti i campioni contenuti nel data set fornito in ingresso, il nodo attuatore può operare in:

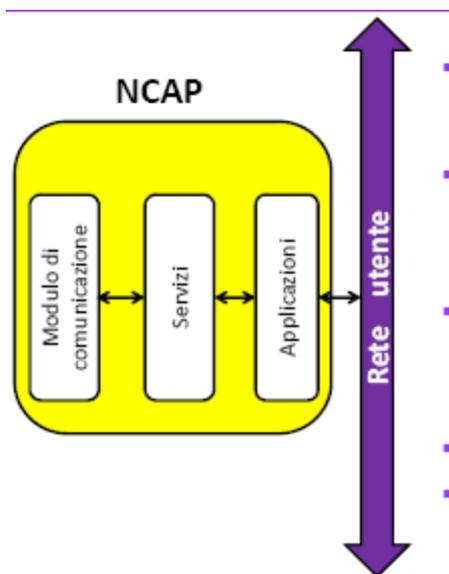
modalità hold: viene considerato soltanto l'ultimo campione del data set,

modalità recirculate: viene considerato nuovamente lo stesso data set. Quando viene ricevuto il comando di trigger, prima di considerare un nuovo data set, viene terminato prima quello in fase di elaborazione.

Wireless Sensors Networks (WSN)

Definizione di SMART SENSOR

IEEE 1451



Per accedere ad un NCAP da rete utente è possibile usare il protocollo di comunicazione HTTP.

- Questo protocollo di tipo client-server comunemente usato per scambiare informazioni sul World Wide Web e si basa su una connessione TCP

- Il server risiede su un particolare dispositivo e rimane sempre in ascolto per vedere se ci sono delle richieste da parte di clients remoti

Il server HTTP risiederà quindi sull'NCAP.

Il client HTTP invece viene usato dall'utente remoto per accedere all'NCAP.