

WISE-WAI

Wireless Sensor networks for city-Wide Ambient Intelligence

Un progetto finanziato dalla
Fondazione Cassa di Risparmio di Padova e Rovigo

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Padova,
via Gradenigo 6/B, 35131 Padova, Italy.

Comunicato Stampa, Anno 1
Giugno 2007 – Giugno 2008

1 Note Introduttive

Da più di 10 anni, la ricerca scientifica sulle reti di sensori wireless è perseguita a ritmi estremamente sostenuti in tutti i più importanti gruppi universitari e in diverse realtà aziendali nel mondo. L'interesse su tale argomento è mantenuto tuttora alto dalla quantità di possibili utilizzi che le reti di sensori avranno entro un futuro relativamente prossimo, quantificabile dai 10 ai 20 anni da oggi.

Un sensore wireless rappresenta la sintesi tecnologica di diverse componenti, oltre che il risultato dell'integrazione elettronica su larga scala. Tra gli elementi principali di un sensore, il chip programmabile di trasmissione radio, il chip di controllo, i sensori veri e propri e le porte di comunicazione con l'esterno hanno un ruolo chiave nel suo funzionamento. Tutti questi elementi sono visibili in figura 1, che mostra il sensore attualmente considerato per l'uso nell'ambito del progetto.

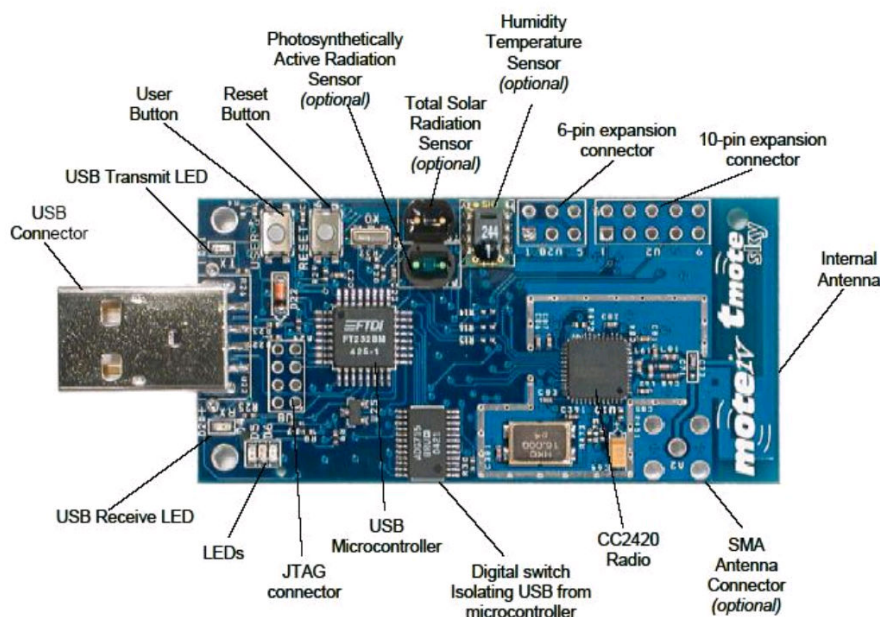


Figura 1. Visione d'insieme del sensore TmoteSky.

Le reti di sensori stanno attraversando una sorta di periodo adolescenziale. Dopo un'infanzia dedicata principalmente al progetto del sensore in sé e un'età infantile, durante la quale sono stati svolti i primi test sul funzionamento degli apparati di comunicazione e dei relativi protocolli, i gruppi di ricerca che si occupano di sensori nel mondo stanno infatti muovendo i primi passi verso le applicazioni a più vasto impatto sociale. Si cerca di dimostrare che le reti di sensori sono adulte e mature, nel senso che potranno prossimamente essere rilasciate per applicazioni reali, dove verrà loro richiesto di operare autonomamente, per lunghi periodi, senza manutenzione, e offrendo un'interfaccia comoda e funzionale agli utenti. Per questo motivo, la sfida dei prossimi anni è provare che tutto ciò è possibile attraverso reti di grandi dimensioni, composte da centinaia di sensori, che operano autonomamente su vaste estensioni territoriali. Se quindi, nel passato recente, molti gruppi di ricerca nel mondo hanno utilizzato *testbed* di varie estensioni (ovvero reti piuttosto dense, con qualche decina di sensori disposti all'interno di una singola stanza), ad oggi è importante dimostrare di avere a disposizione la tecnologia e le applicazioni che sfruttano reti più grandi ed estese.

2 Scopi del progetto e principali risultati

In linea con le considerazioni precedenti, il progetto WISE-WAI si propone di studiare e realizzare un *testbed* di grandi dimensioni che sarà installato presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova. Il progetto si propone altresì di studiare le problematiche tecniche collegate all'uso di una simile rete, oltre ai suoi possibili utilizzi.

Questi ultimi, i più rilevanti, verranno esposti attraverso una dimostrazione pratica al termine del progetto, con particolare enfasi sull'installazione di servizi utili su scala ancora più larga.

Il progetto riveste un'importanza fondamentale nel campo della ricerca sulle reti di sensori. Fornirà studi di fattibilità e progetti su larga scala, che costituiranno parte dello stato dell'arte nella ricerca in tale campo. Le tematiche affrontate forniranno un punto di partenza solido per estendere reti e servizi in ambito cittadino, dalla sorveglianza al monitoraggio ambientale, dall'interazione con gli ambienti al risparmio energetico, dall'aiuto alla circolazione cittadina attraverso l'indicazione delle strade meno trafficate all'assistenza agli anziani attraverso servizi di supporto. È grazie a simili ricerche e applicazioni che la tecnologia dei sensori wireless potrà diventare presto un bene comune, di cui la società possa fruire con profitto per il proprio progresso e per il miglioramento della qualità della vita.

2.1 Problematiche tecniche e risultati principali

Una rete di sensori è caratterizzata, solitamente, da requisiti piuttosto vari, e deve far fronte a vincoli piuttosto stringenti. Le applicazioni per cui può essere utilizzata richiedono prestazioni e comportamenti di rete anche molto diversi tra loro: tali comportamenti vanno adeguatamente previsti ed inseriti nel progetto dei protocolli di comunicazione. Tali protocolli devono adattarsi automaticamente alle prestazioni richieste alla rete per fornire di volta in volta il servizio migliore. Applicazioni quali il monitoraggio ambientale periodico (ad esempio, rilevamento dell'inquinamento, della temperatura o di altri parametri in specifiche zone) richiedono ai sensori di restituire all'utente i propri rilevamenti in maniera tendenzialmente non prioritaria: ciò consente ai sensori di "dormire", ovvero di rimanere in stati a basso consumo di energia per lunghi periodi, "svegliandosi" solo quando necessario per comunicare i dati. Al contrario, gli allarmi (ad esempio, causati da incendi, fughe di gas, o altri eventi urgenti) richiedono risposte brevi e finalizzate alla sola comunicazione dell'evento: la rete deve quindi adattarsi a questo scopo e passare dalla modalità di funzionamento "a basso consumo" ad una modalità "a pronta risposta". Ciò richiede protocolli specifici che vanno studiati e adattati. Anche applicazioni non correlate ad allarmi, ma comunque di elevata utilità, quali la localizzazione di utenti e il movimento assistito, hanno specifici requisiti di efficienza da parte della rete, e vanno operate nel modo corretto.

La stessa organizzazione della rete riflette questi requisiti: la rete di sensori è stata pensata per essere scalabile e facile da gestire per via remota, attraverso interfacce che in futuro potrebbero essere addirittura rese pubbliche alla comunità scientifica internazionale per mezzo di un server accessibile attraverso il web. Tali interfacce consentiranno all'utente di interagire con i singoli nodi o con gruppi di essi, di effettuare specifici interventi sulla rete, di tracciare i rilevamenti ambientali forniti dai sensori e, in caso di necessità, di riprogrammare l'intera rete per implementare nuove funzionalità.

Quest'ultima operazione, per questioni di sicurezza, flessibilità e velocità, può essere portata a termine via cavo utilizzando l'infrastruttura di rete prevista. Tuttavia, c'è grande interesse, nella comunità scientifica, per sistemi di riprogrammazione over-the-air, che agiscano unicamente attraverso comunicazioni wireless. Il nostro gruppo si è mosso in questa direzione già nel primo anno, fornendo un algoritmo efficiente basato su schemi innovativi per comunicare ai sensori i nuovi programmi da eseguire in maniera veloce e priva di errori.

Il progetto della rete e della sua architettura è stato svolto con estrema cura, al fine di rendere il tutto scalabile e facilmente gestibile. Sono state assunte due giovani che lavorano a tempo pieno sulla rete, e che, dopo una fase di selezione delle migliori soluzioni, hanno ottenuto l'approvazione dei responsabili dei laboratori e degli uffici dove gli apparati saranno installati, e si apprestano a dirigere le operazioni di posa delle apparecchiature necessarie. La scelta delle soluzioni da adottare ha anche seguito criteri economici, cercando le soluzioni tecnologiche che consentissero il minor intervento umano possibile (nell'ottica di rimanere entro la filosofia delle reti di sensori) e che al tempo stesso non portassero a sprechi. L'architettura risultante è altamente gerarchica, scalabile, e affidabile: inoltre, ogni componente è facilmente sostituibile in caso di guasto per via della facile reperibilità sul mercato di ogni prodotto utilizzato.

Dal punto di vista più strettamente applicativo, il gruppo si è concentrato su tematiche di localizzazione di utenti che si trovino nel raggio di copertura radio dei sensori. Si supponga che un utente *desideri* localizzarsi (la localizzazione non può essere effettuata dai sensori in modo indipendente, ma richiede un intervento e una richiesta specifica da parte dell'utente interessato). L'utente è dotato di un terminale con un trasmettitore radio, ad esempio un palmare, che dialoga con i sensori per triangolare la propria posizione. Gli ingredienti principali messi a disposizione dalla rete sono essenzialmente due: una caratterizzazione del comportamento delle onde radio nell'ambiente dove si trova l'utente, in modo che la distanza possa essere dedotta nel corso delle stesse comunicazioni radio, e un'interazione tra sensori (completamente trasparente all'utente) che termina con la comunicazione della posizione. Questo processo può essere ripetuto periodicamente nel tempo, in modo che la posizione dell'utente possa non solo essere determinata, ma anche tracciata, mostrando a video il percorso che l'utente sta seguendo e consentendogli di comprendere esattamente dove si sta dirigendo. Quest'ultima funzione è particolarmente utile e allo stesso tempo delicata da implementare: il programma di localizzazione deve tenere conto della morfologia del luogo dove l'utente si sta muovendo, considerandone i vincoli specifici: ad esempio, non è possibile attraversare un muro, oppure non è possibile passare da un piano all'altro dell'edificio se non attraverso determinati percorsi (scale, ascensori). La figura 2 mostra due esempi del processo di localizzazione e tracciatura del movimento. Una versione video del comportamento del protocollo è reperibile sul web agli indirizzi <http://www.youtube.com/v/uXGqQu18yIs> e http://www.youtube.com/v/3j_RscaluxU.

Infine, poiché una caratteristica centrale nelle reti di sensori wireless è il basso consumo



Figura 2. Localizzazione senza (sinistra) e con (destra) rilevamento dei vincoli strutturali dell'edificio. La traiettoria effettivamente seguita è rappresentata da una linea spessa nera, quella ricostruita da una linea più sottile, blu.

energetico, gli studi del progetto sono rivolti anche a una caratterizzazione del consumo dei sensori. Questo serve a progettare specifici ed efficienti schemi di comunicazione. Se infatti un sensore rimane inutilmente in attesa di ricevere dati, rischia di esaurire molto rapidamente le proprie batterie: un protocollo di comunicazione più efficiente metterebbe invece questo sensore in stand-by per “svegliarlo” unicamente quando serve. Per capire l’impatto e l’importanza di tali soluzioni, parte del progetto è tesa a misurare il comportamento dei chip radio e di controllo che si trovano integrati sulla scheda del sensore. Per dare un contributo ancora più completo, infine, uno dei gruppi di lavoro è attualmente impegnato nel progetto di un amplificatore radio particolarmente poco oneroso, che consenta ai sensori di consumare ancora meno potenza. Il vantaggio in quest’ultimo caso sarebbe notevole: un tale componente darebbe ai sensori un’autonomia ancora maggiore, permettendo alla rete di operare per periodi ancora più lunghi senza necessitare di ricambi per le batterie.

2.2 Disseminazione di obiettivi e risultati

Già a partire dal primo anno, è stato dato corso ad una notevole attività di disseminazione dei risultati. In seno al progetto, sono stati pubblicati quattro articoli scientifici con esplicito riferimento al finanziamento ottenuto dalla Fondazione. Gli articoli sono stati presentati a conferenze internazionali di ampio respiro, oppure pubblicati su riviste internazionali, confermando il notevole riscontro che le attività del progetto hanno ricevuto da parte

della comunità. Di seguito è fornito l'elenco di tali lavori:

1. G. Zanca, F. Zorzi, A. Zanella, and M. Zorzi, "Experimental comparison of RSSI-based localization algorithms for indoor wireless sensor networks," in *Proc. of ACM RealWSN*, 2008.
2. A. Gerosa, M. Dalla Costa, A. Bevilacqua, D. Vogrig, and A. Neviani, "An Energy- Detector for Non-Coherent Impulse-Radio UWB Receivers," in *Proc. of ISCAS-08, International Symposium on Circuits and Systems*, Seattle, USA, May 2008.
3. L. Schenato, "Optimal estimation in networked control systems subject to random delay and packet drop," *IEEE Transactions on Automatic Control*, June 2008.
4. M. Rossi, G. Zanca, L. Stabellini, R. Crepaldi, A. F. Harris III, and M. Zorzi, "SYNAPSE: a network reprogramming protocol for wireless sensor networks using fountain codes," in *Proc. of IEEE SECON 2008*, San Francisco, CA, June 16-20, 2008.

È stato anche creato un sito internet con lo scopo di disseminare le informazioni relative al progetto, tra cui alcune note introduttive, gli articoli pubblicati, gli eventuali rapporti tecnici, e lo schedule di alcune attività comuni. Tale sito è raggiungibile all'indirizzo <http://cariparo.dei.unipd.it>

2.3 Personale dedicato al progetto e valenze educative

Al progetto sono dedicate diverse risorse umane afferenti al Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione:

- **Personale strutturato (8 persone):**

- *Professori ordinari*: Michele Zorzi (Principal Investigator)
- *Professori associati*: Andrea Neviani, Luca Schenato, Lorenzo Vangelista
- *Ricercatori*: Andrea Bevilacqua, Andrea Gerosa, Michele Rossi, Andrea Zanella

- **Dottorandi e collaboratori post-laurea:**

- Stefano Dal Toso, Giovanni Zanca, Filippo Zanella, Francesco Zorzi

- **Personale assunto su fondi di progetto:**

- Paolo Casari: collaboratore post-doc, attualmente impiegato come Technical Project Manager
- Claudio Lora, Angelo Paolo Castellani: svolgono mansioni relative al progetto e all'installazione del testbed; Angelo Castellani parteciperà al concorso per entrare nella Scuola di Dottorato in Ingegneria dell'Informazione presso il DEI, a partire dal prossimo gennaio 2009
- Andrea Mior: esperto di simulazioni di rete

- Marco D'Aguanno: impegnato nella progettazione del chip radio a basso consumo

Per i dottorandi sopraelencati si tratta di un'opportunità unica di crescita e formazione. Il progetto offre tematiche di ampio respiro che hanno grande impatto scientifico e che servono di ispirazione allo studio e alla ricerca dei giovani, i quali sono così stimolati a trovare nuove tecniche, soluzioni ed espedienti per risolvere problemi di grande interesse pratico. Le reti di sensori e le applicazioni ad esse relative saranno prevedibilmente presenti in maniera pervasiva nella vita di tutti i giorni nel prossimo futuro: chi lavora o ha lavorato ad esse (e in particolare a questo progetto, al design della rete di sensori ad esso correlata, e alla realizzazione delle applicazioni che sfruttano tale rete) è consapevole di aver creato tecnologie pionieristiche e riutilizzabili, testata d'angolo per tutte le più avanzate applicazioni che verranno sviluppate in futuro.

È importante anche notare quanto il progetto abbia attirato giovani ricercatori che già si erano occupati di tematiche inerenti le reti di sensori: tutti i cinque ragazzi assunti sui fondi del progetto hanno lavorato su diversi aspetti delle reti di sensori (design di protocolli, simulazioni, progetto di circuiti elettronici integrati, ecc.) e sono motivati ad applicare le proprie conoscenze al progetto, così come ad acquisirne di nuove per risolvere i problemi che si presentano, e che rivestono un notevole interesse pratico.



Fondazione
Cassa di Risparmio