

La localizzazione indoor nel mondo dell'IoT

Lorenzo Palma

Università Politecnica delle Marche



Abstract. Il mondo degli Smart-Objects è un mondo completamente nuovo e se migliaia di produttori vanno in migliaia di direzioni diverse ne consegue che ognuno svilupperà il suo prodotto ma non garantirà la nascita di un unico sistema interconnesso ed interoperabile. Internet of Things (IoT) rappresenta un universo in continua espansione e se si vuole garantire l'evoluzione, la scalabilità, l'utilizzo in diversi contesti applicativi, la compatibilità con diverse tecnologie di comunicazione e, soprattutto, l'interoperabilità diventa necessario seguire delle regole comuni. Proprio dal soddisfacimento di queste necessità e dalla stretta collaborazione fra Università ed Industria nasce WiSeNet che rappresenta il giusto compromesso fra conoscenza, esigenze del mercato, alta qualità del prodotto ed innovazione.

1. WiSeNet

WiSeNet nasce seguendo la filosofia del sistema operativo Contiki che rappresenta l'elemento centrale dello stack per IoT sviluppato. Contiki fornisce dei meccanismi utili a chi sviluppa Smart-Objects Network come quelli per le comunicazioni dei nodi con il mondo circostante, quelli per limitare il consumo di potenza da parte del dispositivo radio ed, inoltre, fornisce librerie per la gestione della memoria e delle liste dinamiche. Ha un file system che permette ai programmi di utilizzare le memorie flash come dei tradizionali hard-disk. Contiki è stato il primo sistema operativo per Smart-Objects a consentire la comunicazione IP fra i nodi della rete attraverso il protocollo μ IP. L'intero stack protocollare sviluppato all'interno del gruppo di ricerca che segue la filosofia dettata dall'architettura Contiki, è basato su indirizzamento IPv6 ed appositamente progettato per avere basso footprint, questo lo rende perfettamente adatto a lavorare con la piattaforma hardware sviluppata sulla base degli stringenti requisiti dettati dal mondo industriale relativamente al basso costo ed al basso consumo energetico.

Il nodo sensore realizzato si basa su componentistica low cost come quella prodotta da STMicroelectronics ed è equipaggiato con il transceiver Spirit1 configurato per operare nella banda degli 868MHz ed un microcontrollore della famiglia STM32L1 noti per le caratteristi-

che Ultra Low Power. Sfruttando l'interoperabilità e la modularità dello stack si potrebbe sostituire la radio, ad esempio con una a 2.4GHz, lavorando soltanto sui driver di basso livello e lasciando inalterati i protocolli dal livello Data Link in su. La stessa operazione potrebbe essere eseguita per qualsiasi altro hardware voglia essere utilizzato per la creazione di un dispositivo per l'IoT che sfrutti l'architettura realizzata.

I primi due livelli dello stack implementano 802.15.4, in particolare a livello fisico si è scelto di lavorare nelle frequenze Sub GHz utilizzando una radio che può essere configurata per operare dai 169MHz ai 915MHz semplicemente cambiando il valore della componentistica passiva di configurazione; in questa trattazione si è scelto di operare a 868MHz. Salendo al livello Data Link si è implementata la tecnica del CSMA-CA. Un livello intermedio tra il primo ed il secondo prende il nome di Radio Duty Cycling (RDC) ed è responsabile dell'ottimizzazione dei consumi energetici della radio che sono ridotti al minimo attraverso una gestione attentamente progettata dei tempi di Sleep, di TX e di RX, nonché dei messaggi scambiati all'interno della rete mesh relativamente alla negoziazione delle migliori rotte per l'instradamento dei messaggi.

Salendo di livello troviamo un layer adattativo necessario affinché i flussi provenienti dai livelli superiori con una MTU pari a 1280 Bytes

possano essere incapsulati all'interno di frame 802.15.4 tipicamente di 127 Bytes. Questo lavoro viene svolto da 6LoWPAN che ha, fra gli altri, il compito di gestire frammentazione e compressione degli header dei pacchetti in discesa. A livello superiore troviamo μ IP ovvero un'implementazione del tradizionale protocollo IP realizzata appositamente per gli Smart-Objects o per dispositivi embedded. μ IP implementa i tradizionali protocolli della suite IP di livello rete e trasporto come IP, ICMP, UDP e TCP. μ IP è il primo stack per dispositivi embedded che implementa anche il protocollo TCP. Vediamo come lavora:

- Appena un pacchetto viene ricevuto dal dispositivo di comunicazione viene chiamata la funzionalità "input process" che si occupa di analizzare l'header del pacchetto IP. Tale funzione verifica il contenuto del pacchetto e lo inoltra ai livelli superiori.
- La funzionalità di "output process" viene richiamata da μ IP quando l'applicazione ha prodotto dati da inviare. È μ IP che stabilisce quando dei dati in uscita possono essere passati al dispositivo di comunicazione. Prima di passare questi dati la funzione di output aggiunge gli opportuni header al pacchetto.
- μ IP ha una funzionalità che viene ripetuta periodicamente (periodic process) che ha lo scopo di verificare se qualche applicazione deve ritrasmettere dei dati o se qualche connessione deve essere chiusa.
- Inoltre il routing dei pacchetti è gestito a parte.

Come protocollo di routing è stato utilizzato il Routing Protocol for Low Power and Lossy Network (RPL). RPL costruisce un DODAG (Destination Oriented Directed Acyclic Graph), ogni percorso nel grafo è costruito da un nodo della rete verso il nodo root. Nel DODAG di RPL ogni nodo presenta percorsi alternativi verso gli altri nodi della rete e verso il root. Questa scelta è utile ad ovviare al problema di inaffidabilità dei collegamenti wireless a bassa potenza. RPL definisce tre nuove tipologie di messaggi di controllo ICMPv6 che vengono utilizzati per la costruzione del grafo. I nuovi messaggi definiti da RPL sono il DIO (DODAG In-

formation Object), il DAO (DODAG Advertisement Object) ed il DIS (DODAG Solicitation Object). La rete è una mesh autoconfigurante ed autoinstallante e questo significa che è sufficiente accendere i vari nodi affinché questi siano visibili e direttamente configurabili ed interrogabili dal web. L'indirizzamento avviene tramite l'assegnazione di un indirizzo IPv6 per ciascun nodo che a tutti gli effetti diventa univocamente identificabile e raggiungibile dalla rete internet globale dando vita al concetto di IoT.

Come protocolli di trasporto sono implementati UDP e TCP. All'interno di ciascun nodo di WiSeNet può essere implementato un client http o CoAP per la gestione delle richieste provenienti dal Web e la raccolta dati dai sensori secondo il paradigma REST.

2. Localizzazione Indoor

Fra le molteplici applicazioni sviluppate nel mondo dell'IoT (monitoraggio ambientale, applicazioni per l'AAL, sensoristica indossabile e contact-less, servizi di logistica, agricoltura intelligente) si è scelto di analizzare e sfruttare le caratteristiche della rete per un'applicazione che suscita molto interesse nel mondo industriale per le potenziali applicazioni sia nel pubblico che nel privato ovvero la localizzazione indoor. La tecnica sviluppata si avvantaggia delle caratteristiche del canale radio a 868MHz e come tutte le tecniche già note in letteratura consta di due fasi: Ranging e Positioning. Il primo avviene tramite RSSI, mentre per il secondo si è implementato l'algoritmo del MIN-MAX con alcune varianti appositamente studiate per l'adattabilità a dispositivi Ultra Low Power e con limitate risorse di calcolo. Sfruttando il medesimo hardware si sono definite 3 tipologie di nodi:

- Il root node è il nodo che avvia il setup della rete e gestisce la creazione del grafo tramite l'invio del primo DIO, è il responsabile dell'acquisizione dei dati necessari per l'elaborazione della localizzazione e fornisce le informazioni circa il posizionamento dell'oggetto.
- L'anchor node è il dispositivo fisso che mantiene memoria dell'attenuazione ambientale tipica dello scenario applicativo e viene usato come riferimento dai nodi mobili durante le fasi di

localizzazione.

- Il Target node è collocato sui vari oggetti o persone che si vogliono tracciare e lavora tipicamente in modalità di sleep per salvaguardare le batterie. Il suo risveglio avviene solo quando interrogato circa la propria posizione o periodicamente nel caso si voglia tener traccia degli spostamenti dello stesso.

Accanto a queste tre tipologie è stato realizzato un nodo denominato Installation Target utilizzato soltanto in fase di installazione del sistema ed in particolare per fissare le caratteristiche in termini di propagazione dell'infrastruttura dove si è deciso di usare il sistema.

Una volta installata l'infrastruttura WiSe-Net un numero tendenzialmente molto grande di target può entrare nello scenario ed essere localizzato all'interno dell'edificio. Nel dettaglio quando viene inviata la richiesta di localizzazione verso un determinato indirizzo IPv6 univoco questa si propaga nella rete fino al target, esso risponde con un ACK al root notificando l'avvenuta ricezione del messaggio ed avvia la procedura per la sua individuazione all'interno dell'edificio. Questa consiste nell'invio di una serie di pacchetti che verranno ricevuti dai soli anchor in visibilità, questi elaboreranno le informazioni circa l'RSSI ed invieranno il pacchetto dati al root che si occupa di fornire le coordinate del dispositivo all'interno dell'edificio preso in considerazione. Affinché la procedura vada a buon fi-

ne è necessario che si ricevano i pacchetti provenienti da almeno tre anchor node, altrimenti il meccanismo viene reiterato fino alla raccolta delle informazioni necessarie. In Figura 1 è riportata una mappa che rappresenta un'installazione in pianta stabile all'interno del Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università Politecnica delle Marche.

Nello specifico sono stati installati 9 anchor node capaci di coprire un'area di poco più di 1000 m². Sono stati eseguiti centinaia di test dai quali è risultato un errore massimo rispetto alla posizione realmente assunta dal target dell'ordine dei 2 metri ed un errore medio tipicamente inferiore al metro.

Il border router (molto spesso coincide con il root come in questo caso) consente di rendere i dati disponibili nel Cloud e permette le interrogazioni da remoto anche attraverso l'implementazione di una GUI molto semplice ed intuitiva da utilizzare.

Una ulteriore potenzialità del sistema è quella di permettere la connessione agli anchor o agli stessi target di una molteplicità di sensori utilizzabili sia per il monitoraggio ambientale, che per quello di parametri fisiologici se il target è una persona, che di parametri circa lo stato di un prodotto. Un esempio di quest'ultimo scenario sono quelle applicazioni di logistica e trasporto che coinvolgono materiali come possono essere gli alimenti notoriamente sensibili alle variazio-

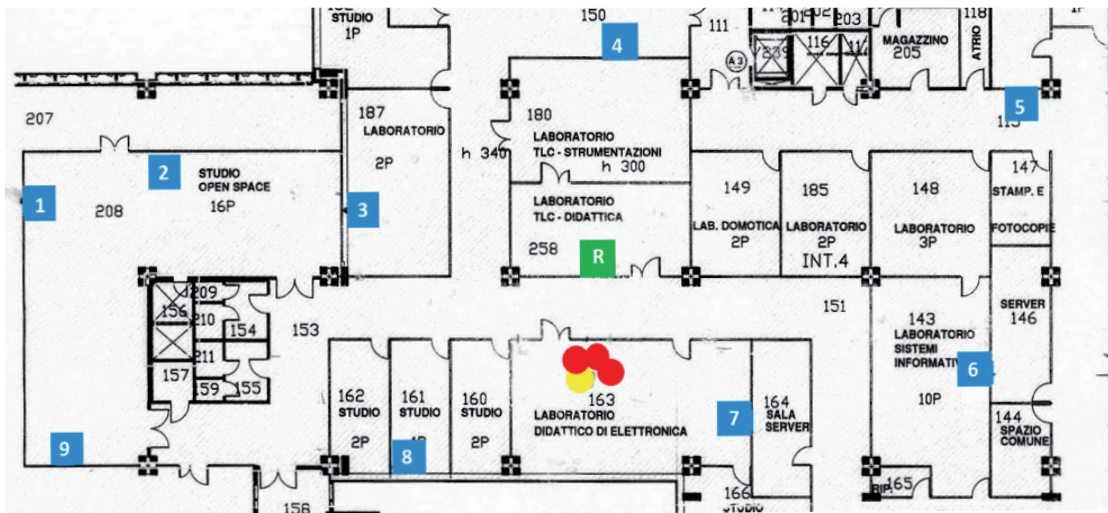


Fig.1 In blu gli anchor node installati, in verde la posizione del nodo root, in giallo la posizione reale di un target generico, in rosso la posizione stimata del target per 5 diverse richieste di localizzazione.

ni termiche o di umidità e la cui movimentazione deve seguire delle procedure regolamentate.

3. Conclusioni

La flessibilità, il ridotto consumo energetico, le dimensioni e la capacità elaborativa di WiSeNet consentono di adattarlo ai molteplici ambiti del mondo dell'IoT lasciando spazio ad ampi margini di sviluppo e customizzazione. Attualmente si stanno sviluppando delle API da fornire agli utilizzatori in modo tale che chiunque decida di affacciarsi al mondo dell'IoT abbia la possibilità di farlo in maniera semplice e veloce. Questo permetterà di creare la propria rete di Smart Object con il minimo investimento in termini sia economici che di tempo.



Lorenzo Palma

l.palma@univpm.it

Nel 2012 ha conseguito la Laurea Magistrale in Ingegneria Elettronica con voto 110/110 con Lode.

Nel 2013 ha avuto un contratto di collaborazione con Telecom in quanto vincitore di Working Capital 2012. Dal 2013 ha iniziato il corso di Dottorato di Ricerca nell'ambito dell'Internet of Things.