

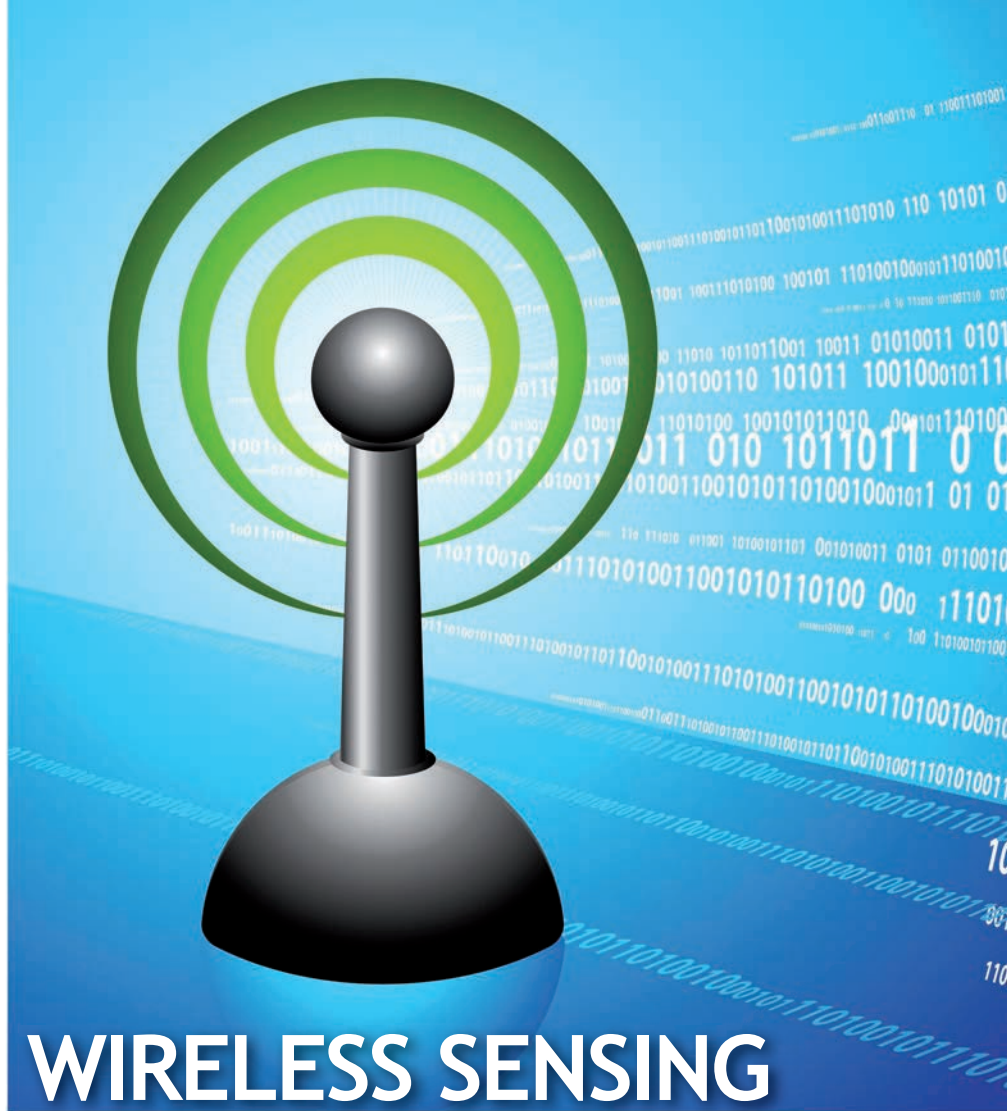


di Joy Weiss, Ross Yu, Jonathan Simon

Gli standard delle reti di sensori wireless (WSN), in particolare le architetture mesh che utilizzano il Time-Synchronized Channel Hopping (Tsch), consentono a ogni nodo della rete di funzionare a batteria o con energia recuperata, senza pregiudicare l'affidabilità o la velocità di trasmissione dei dati. Gli sviluppatori di applicazioni sono così liberi di posizionare sensori ovunque; non solo dove è disponibile una fonte di alimentazione, ma ovunque l'applicazione necessiti di dati dei sensori. Linear Technology, che comprende anche il gruppo di prodotti Dust Networks, è all'avanguardia per quanto riguarda le WSN basate su Tsch a basso consumo e alta affidabilità e le tecnologie di recupero energetico. Insieme tali tecnologie offrono agli sviluppatori maggiori opportunità di realizzare sistemi che comportano poche, se non nessuna sostituzione delle batterie, riducono ulteriormente il costo dei sensori wireless e favoriscono il progresso di 'Internet delle cose' (IoT, Internet of Things). Da uno studio condotto da ON World nel 2012 emerge che le due caratteristiche che interessano maggiormente i clienti industriali sono l'affidabilità e il basso consumo (figura 1). Al terzo posto c'è il costo che non è una priorità se prima non si risolvono i problemi relativi all'affidabilità e ai consumi. Le attività di ricerca e sviluppo condotte per anni da Dust Networks in materia di Tsch e le migliaia di implementazioni dei prodotti Dust dimostrano che dalla combinazione tra time slotting sincronizzato con precisione, channel hopping e una radio a bassissima potenza possono nascere le WSN più affidabili e a bassissimo consumo. Questa grande attenzione ai consumi consente a tutti i nodi di funzionare per molti anni con batterie economiche e apre nuove strade a diverse fonti di energia, tra cui gli alimentatori a recupero energetico.

Radio a bassa potenza

L'introduzione dello standard IEEE 802.15.4 ha creato un'ottima piattaforma radio per le WSN. Questo standard definisce un layer fisico (PHY) a bassa potenza e ampio spettro, a 16 canali da 2,4 GHz sul quale sono state



WIRELESS SENSING A BASSO CONSUMO

LA TECNOLOGIA WIRELESS A BASSO CONSUMO CONSENTE DI RIDURRE NOTEVOLMENTE I COSTI DEI SISTEMI DI RILEVAMENTO CABLATI TRADIZIONALI E OFFRE ALLE RETI DI SENSORI NUOVE OPPORTUNITÀ CHE CON I CAVI NON SAREBBERO REALIZZABILI

costruite molte tecnologie IoT, incluse ZigBee e WirelessHart. Definisce anche un layer MAC (Medium Access Control) che è alla base di ZigBee. Ma la natura monocanale del MAC rende la sua affidabilità

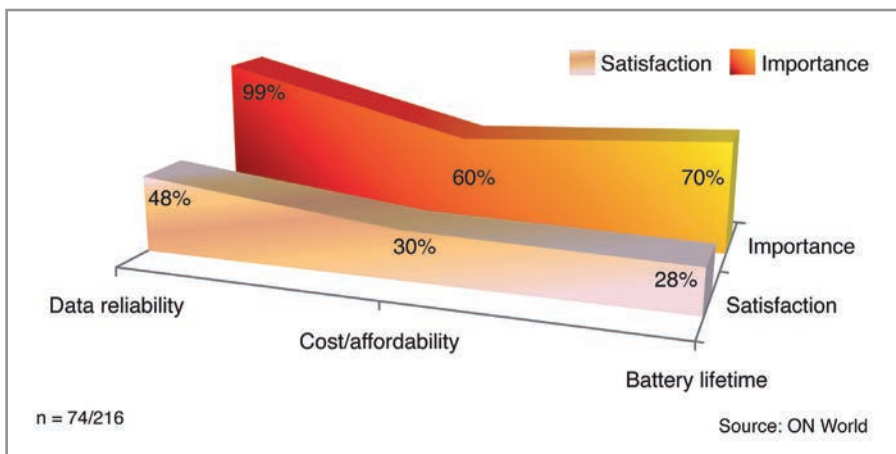


Fig. 1 - Importanza percepita delle caratteristiche delle WSN



imprevedibile. Il protocollo WirelessHart, conosciuto anche come IEC62591, ha definito un layer di collegamento multicanale basato sul MAC 15.4 per raggiungere un'affidabilità elevata (>99.9%), necessaria per applicazioni WSN industriali. All'inizio del 2012 è stata rilasciata una nuova versione del MAC 802.15.4, denominata 802.15.4e, che prevede il mesh multicanale e il time slotting. L'uscita tipica delle radio conformi allo standard 802.15.4 è di circa 0dBm, con correnti di trasmissione e ricezione comprese nella fascia 15-30 mA. La corrente di trasmissione migliore a 0dBm è di 5,4 mA, quella di ricezione è di 4,5 mA (sulla base dell'LTC5800 di Linear).

Bassi consumi e channel hopping

Secondo il MAC 802.15.4 originale, i nodi della rete mesh che indirizzano le informazioni dai nodi adiacenti devono essere sempre attivi, mentre i nodi che semplicemente trasmettono/inviano i loro dati, spesso definiti "dispositivi con funzionalità limitate", possono rimanere inattivi tra una trasmissione e l'altra. Per fare in modo che ogni nodo della rete consumi poco, occorre programmare la comunicazione tra nodi ed è necessario avere un senso comune del tempo nella rete. Più la sincronizzazione è rigorosa, minore sarà il tempo in cui le radio dei nodi di indirizzamento rimarranno 'accese' e minore sarà il consumo energetico. I sistemi Tsch migliori sincronizzano tutti i nodi di una rete mesh multi-hop nel giro di poche decine di microsecondi. Quando esiste un senso comune del tempo preciso nella rete e un programma di intervalli temporali per la trasmissione tra coppie di nodi, è possibile integrare l'assegnazione dei canali in quel programma e consentire il channel hopping.

Il channel hopping e il multipath fading

Il canale wireless è inaffidabile in natura e numerosi fenomeni possono impedire a un pacchetto trasmesso di raggiungere il ricevitore; questi possono intensificarsi mano a mano che la potenza radio diminuisce. L'interferenza si verifica quando più trasmettitori operano contemporaneamente sulla stessa frequenza. La situazione diventa particolarmente problematica se i trasmettitori non riescono a sentirsi tra di loro, ma il ricevitore riesce a sentire tutti i trasmettitori ('problema del terminale nascosto'). Per risolvere le collisioni occorrono meccanismi di backoff, ritrasmissione e conferma. L'interferenza può provenire dalla rete stessa, da una rete simile che opera nella stesso spazio radio o da una tecnologia radio diversa che opera sulla stessa

banda, situazione frequente nella banda da 2,4 GHz condivisa da WiFi, Bluetooth e 802.15.4. Un altro fenomeno imprevedibile è il multipath fading che può impedire la trasmissione anche quando si pensa che il margine di collegamento line-of-sight sia sufficiente. Questo fenomeno si verifica quando più copie della trasmissione rimbalzano da oggetti presenti nell'ambiente (soffitti, porte, persone ecc.) e ogni copia riflessa viaggia su una distanza diversa. Con un'interferenza deleteria, attenuazioni di 20-30 dB sono consuete. Il multipath fading dipende dalla frequenza di trasmissione, dalla posizione del dispositivo e da qualsiasi oggetto presente nell'ambiente; prevederlo è praticamente impossibile. Nella figura 2 si vede il PDR (Packet Delivery Ratio)

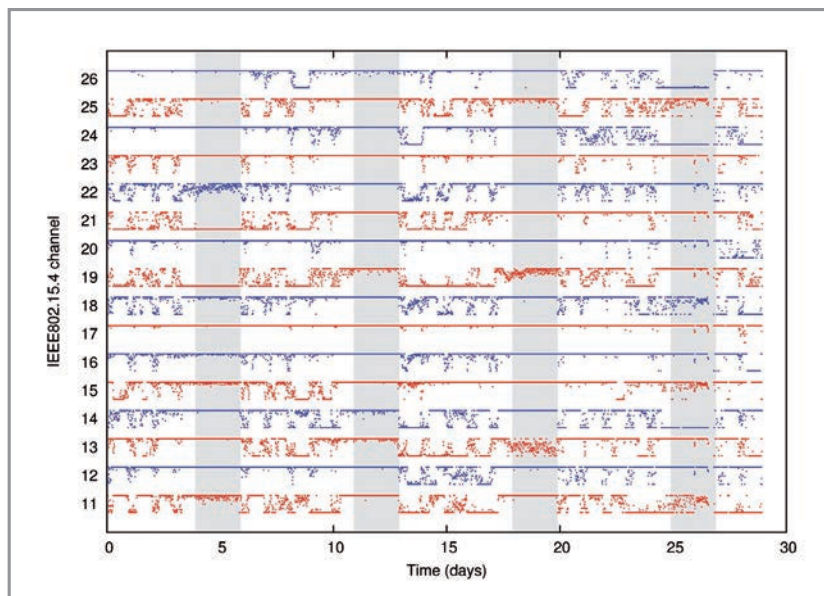


Fig. 2 - Packet Delivery Ratio su 16 canali nell'arco di 26 giorni

su un singolo percorso wireless tra due sensori industriali nell'arco di 26 giorni e per ognuno dei sedici canali utilizzati dal sistema. In certi momenti alcuni canali sono buoni (alta consegna), altri scadenti e altri ancora molto variabili. La cosa importante è che non c'è stato un periodo in cui un canale era buono su tutti i canali di tutta la rete. Per tutti questi motivi è fondamentale che le WSN utilizzino più canali. Sincronizzando e programmando la rete in slot, è possibile programmare con precisione le trasmissioni su specifici canali conosciuti e la scelta del canale può cambiare ad ogni trasmissione. Inoltre, programmando le trasmissioni di rete, si risolve il 'problema del terminale nascosto' e praticamente si elimina qualsiasi collisione all'interno della rete. Questo tipo di meccanismo è stato testato nelle oltre 10.000 reti WirelessHart che normalmente raggiungono una durata pluriennale delle batterie e un'affidabilità maggiore del 99,9%.

Recupero energetico e illuminazione

Una volta ridotto al minimo il consumo di energia della WSN, la gamma di fonti di alimentazione disponibili si allarga. L'energia ambientale è ovunque: luce, vibrazioni e calore sono solo alcuni esempi di energia che può essere recuperata e convertita in una quantità di energia elettrica sufficiente ad alimentare una WSN Tsch. I seguenti esempi descrivono alcune pratiche tecnologie di recupero energetico in grado di generare più di 150 μ W di energia, più che sufficiente a far funzionare un tipico nodo di indirizzamento IPv6 di una rete 802.15.4e,

ad esempi il prodotto IP SmartMesh di Dust Networks). La maggior parte delle zone di un tipico edificio adibito a uffici dispone di una quantità di luce interna sufficiente a far funzionare una WSN Tsch a basso consumo. Secondo la General Services Administration, che definisce le norme per gli edifici pubblici statunitensi, nelle zone più illuminate (es. postazioni di lavoro e zone di lettura) vi è un livello di illuminamento di 500 lux. Perfino nelle zone considerate 'normalmente illuminate', tra cui locali d'ingresso, trombe delle scale e armadi tecnici, il livello di illuminamento è di almeno 200 lux, mentre 300 lux è un livello normale per la maggior parte delle sale conferenza. Per 200-300 lux di luce sono disponibili molte celle fotovoltaiche (per esempio, il pannello solare 4100 di G24i o la cella per interno AM-1815 di Sanyo) in grado di fornire una potenza sufficiente ad alimentare un router IPv6 di una rete Tsch 802.15.4e.

Energia termica

I generatori termoelettrici (TEG) producono energia sfruttando la dissipazione di calore prodotta da superfici calde, ad esempio il calore residuo rilasciato da normali dispositivi che vengono considerati 'molto caldi' (es. monitor del computer o motori a corrente elevata). Mano a mano che le soluzioni wireless diventano più efficienti dal punto di vista energetico, l'energia prodotta da normali differenze di temperature di appena 10 °C diventa utilizzabile come fonte di alimentazione. Ad esempio, la differenza tipica tra la temperatura corporea interna e la temperatura ambiente è di circa 15 °C.

Molti trasduttori a recupero energetico producono solo poche centinaia di millivolt di potenza, per questo spesso si usano convertitori DC/DC step-up per ottenere tensioni di alimentazione utilizzabili. I circuiti integrati come l'LTC3105 di Linear Technology integrano un Mppc (Maximum Power Point Control) per consentire ai tra-

sduatori di funzionare con la massima efficienza. L'LTC3105 permette anche di aggiungere una batteria di riserva al circuito. Le batterie di questi circuiti servono solo quando la fonte di energia ambientale è insufficiente oppure assente, con conseguente prolungamento della durata e riduzione dei costi derivanti dalla loro sostituzione. Invece l'aggiunta di batterie di riserva al circuito con recupero energetico offre una maggiore sicurezza e continuità di funzionamento quando la fonte di alimentazione inizia ad essere discontinua (per esempio quando le luci o i macchinari vengono spenti durante il fine settimana).

Versatile e a basso consumo

La realizzazione della 'Internet delle cose' è accelerata dalla possibilità di utilizzare facilmente sensori ovunque. Grazie alle reti di sensori wireless affidabili e a basso consumo clienti e progettisti hanno la possibilità di eliminare i cavi e risolvere i problemi. I vantaggi che i sistemi multicanale time-slotted sincronizzati offrono alle WSN sono fondamentali per i clienti: affidabilità e funzionamento a basso consumo in tutta la rete. Gli standard WirelessHart e 802.15.4 e rappresentano alla perfezione questo tipo di networking. Il funzionamento a basso consumo garantisce la massima flessibilità nella scelta della fonte di alimentazione e offre il potenziale per un'energia perenne. Tutti questi fattori renderanno più semplice e pratica l'installazione di sensori ovunque.

Linear Technology