

tramite filtraggio, correzione, aggregazione algebrica, conversione, crittografia ecc., ed elaborazione avanzata, ovvero l'estrazione di informazioni dal dato primitivo, per esempio tramite analisi statistiche, inferenze, previsioni.

home&building), i servizi di infomobilità e i box GPS per la localizzazione dei veicoli privati e la registrazione dei parametri di guida (smart car). Per tutti questi ambiti sono già presenti alcune soluzioni commerciali isolate, ritenendo comunque che si debba ancora lavorare lungo le direttrici di apertura e standardizzazione. Inoltre, per quelle non ancora pienamente diffuse, sarà fondamentale la comprensione del valore generato e, in alcuni casi, la ridefinizione delle strategie di comunicazione con i potenziali utenti.



Fig. 1 - Alla base della Internet of Things vi sono gli oggetti intelligenti

In aggiunta a queste funzionalità l'oggetto intelligente deve possedere ovviamente una capacità di connessione (wired o wireless) per poter 'trasportare' l'informazione raccolta a livello locale verso applicazioni remote, creando così una 'Network of Things'. L'intelligenza non si ferma però agli oggetti, ma si spinge fin dentro alla natura stessa della rete che li interconnette: standardizzazione, apertura, raggiungibilità, accessibilità e multifunzionalità. Sono queste le principali linee evolutive che portano dalla Network of Things alla Internet of Things.

Ambiti applicativi della Internet of Things

Tra gli ambiti applicativi più consolidati in Italia troviamo alcune soluzioni semplici, con oggetti dotati di una sola funzione specifica e che rispecchiano solo marginalmente le caratteristiche di apertura e raggiungibilità che caratterizzano la Internet of Things. Alcuni esempi: l'antintrusione e la videosorveglianza (smart home&building, smart city&smart environment), la gestione delle flotte aziendali (smart logistics), la tracciabilità di oggetti di valore e la manutenzione di dispositivi e impianti (smart asset management), il monitoraggio del traffico cittadino tramite telecamere o spire conduttive e la localizzazione dei mezzi utilizzati per il trasporto pubblico (smart city&smart environment) e così via.

Al gruppo degli ambiti consolidati appartengono però anche soluzioni già più vicine al paradigma Internet of Things, caratterizzate da una maggiore raggiungibilità degli oggetti e, in alcuni casi, dalla presenza di funzionalità di elaborazione dati in locale, per esempio: i contatori intelligenti per la misura dei consumi elettrici (smart metering elettrico), le soluzioni domotiche per l'energy management, la sicurezza delle persone e la gestione di scenari ambientali (smart

home&building), i servizi di infomobilità e i box GPS per la localizzazione dei veicoli privati e la registrazione dei parametri di guida (smart car). Per tutti questi ambiti sono già presenti alcune soluzioni commerciali isolate, ritenendo comunque che si debba ancora lavorare lungo le direttrici di apertura e standardizzazione. Inoltre, per quelle non ancora pienamente diffuse, sarà fondamentale la comprensione del valore generato e, in alcuni casi, la ridefinizione delle strategie di comunicazione con i potenziali utenti.

La maggior parte delle applicazioni più evolute in ottica Internet of Things si trova però ancora a uno stadio embrionale o sperimentale. Gli ambiti definiti sperimentali presentano poche applicazioni operative e molti progetti pilota, avviati sotto spinte differenti.

Architettura di rete della Internet of Things

L'architettura di rete della Internet of Things è in pratica articolata su tre livelli: interfaccia con il mondo fisico, mediazione e centri di controllo. Tag

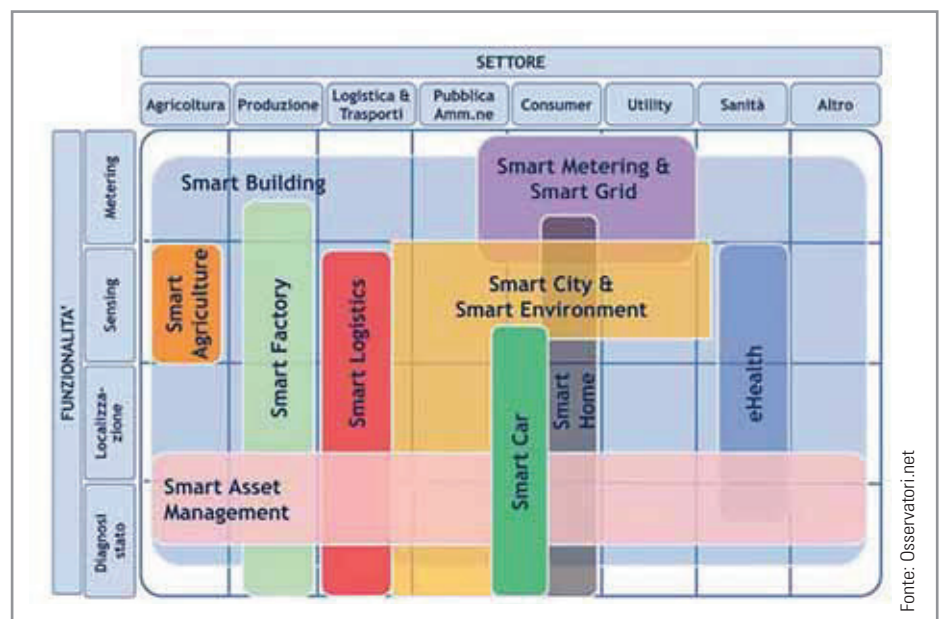


Fig. 2 - Ambiti applicativi della Internet of Things

Rfid e lettori, nodi sensore, gateway e centri di controllo sono solo alcuni degli elementi funzionali che vanno a costituire la Internet of Things. Questi dispositivi, che si differenziano per capacità elaborativa e sensoriale, dimensioni, costi e autonomia sono generalmente strutturati in un'architettura di rete a tre livelli. Al primo livello, definito come "interfaccia con il mondo fisico", un elevato numero di nodi interagisce con l'ambiente fornendo un codice identificativo, acquisendo informazioni o comandando un attuatore. Questi nodi sono sprovvisti di alimentazione (tag passivi) o alimentati da batteria (unità sensoriali e attuatori) e sono generalmente caratterizzati da una ridotta capacità di elaborazione e memoria; essi sono inoltre dotati di meccanismi di comunicazione (wired o wireless) per comunicare con le unità del secondo livello. Il costo dipende dalle funzionalità offerte e può variare dai pochi centesimi di euro per tag

Rfid passivi fino ai 30-150 euro per i nodi con capacità sensoriale e/o di attuazione. Infine, la vita operativa spazia da alcuni anni per i dispositivi alimentati a batteria (fortemente dipendente dal tipo di applicazione), fino a superare i dieci anni per i tag Rfid passivi.

Le unità del secondo livello, quello definito 'mediazione', di cui fanno parte i lettori di tag Rfid e i gateway, hanno il compito di raccogliere le informazioni dai nodi di primo livello per veicolarle ai centri di

nario applicativo. Troviamo quindi sia tecnologie radio come IEEE 802.15.4/Zigbee, ZWave, Bluetooth, UWB, sia tecnologie cablate quali le Power Line Communication.

Similmente, nel settore denominato smart city&smart environment esiste una distinzione netta tra le tecnologie di comunicazione dell'ultimo miglio e le soluzioni di comunicazione per la creazione dell'infrastruttura di back-end. Anche in questo caso, a seconda dello

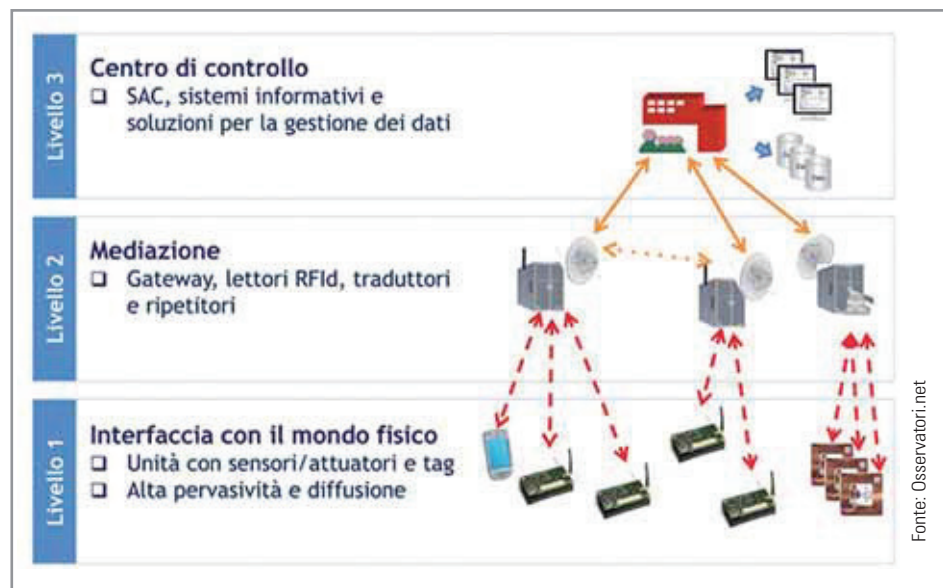


Fig.3 - La Internet of Things del presente: architettura di riferimento

controllo. Tali unità sono caratterizzate da una maggiore capacità di elaborazione e memoria, sono generalmente alimentate dalla rete di distribuzione fissa e hanno un costo che può variare molto, dai 50 euro di un nodo gateway ai 2.000 euro circa di un reader Rfid.

Le unità facenti parte del terzo livello, o 'centro di controllo', ossia i sistemi di acquisizione centrali e le sale operative, hanno il compito di ricevere le informazioni dalle unità di secondo livello per le successive fasi di memorizzazione, elaborazione e messa in fruibilità dei dati. Il costo di queste unità può variare da 1.000 a 10.000 euro circa, trattandosi di calcolatori di fascia medio-alta.

Per tag e lettori Rfid l'offerta tecnologica è ormai consolidata, lo stesso non vale però per le reti di sensori, in quanto i nodi sensore e i gateway non sono ancora caratterizzati da soluzioni standardizzate né in termini di hardware (Mica Motes, Sunspot, Jennic ecc.), né di software (Tiny OS, SOS, Mantis, Contiki, FreeRtos ecc.), né di middleware (Tiny DB, GSN, DNS, Sword ecc.). Diversamente, le unità appartenenti al terzo livello godono di una maggiore maturità tecnologica, che si appoggia ad architetture consolidate per server, interazione client-server e basi di dati.

La mancanza di standardizzazione nelle unità dei primi due livelli ha portato al consolidarsi di un approccio 'ad hoc', cioè volto all'ottimizzazione della singola applicazione, per esempio sotto il profilo energetico, piuttosto che all'astrazione dallo specifico problema applicativo a favore di uno sviluppo utile a una più ampia classe di applicazioni. Questa eterogeneità di soluzioni è ancora più evidente se si considerano i meccanismi di comunicazione tra i dispositivi, con soluzioni specifiche per singolo ambito. Per esempio, parlando di smart home&building, la tecnologia usata per l'interconnessione tra i dispositivi di livello 1 e livello 2 dipende dallo specifico sce-

scenario applicativo le tecnologie di ultimo miglio variano da Zigbee, Wireless M-BUS, Wifi e Bluetooth, mentre l'infrastruttura di back-end si appoggia generalmente alla tecnologia cellulare 2G, 2G+, 3G, Wireless Mesh o Power Line Communication. L'interoperabilità a livello di oggetti (e non solo di dati) permetterebbe una naturale evoluzione della modalità di progettazione delle reti per la Internet of Things, passando da un approccio verticale (progettazione ad hoc di hardware, software, comunicazione e applicazione) a un approccio orizzontale (progettazione di applicazioni sfruttando reti di sensori che sono interoperabili tra loro a livello di dispositivo). Tale approccio orizzontale permetterebbe di ridurre la barriera in ingresso data dalla necessità di conoscere la tecnologia in tutti i suoi aspetti (hardware, software, architetture di rete e comunicazione) a vantaggio di

una semplificazione della fase di progettazione e di una maggiore customizzazione della soluzione tecnologica considerata.

Standardizzazione dei protocolli di comunicazione

Un aspetto fondamentale della futura Internet of Things è poi rappresentato dalla standardizzazione dei protocolli di comunicazione e applicativi tra i dispositivi. Esempi lampanti (non unici) di questa evoluzione, di cui si trova evidenza nelle applicazioni citate, riguardano senza dubbio il lavoro della Zigbee Alliance, per la definizione e promozione dello standard Zigbee, e della Ipsy Alliance, per la definizione dello standard 6LowPAN. Pur trattandosi di approcci fondamentalmente diversi, le due filosofie di lavoro condividono lo stesso obiettivo: la necessità di garantire interoperabilità tra i singoli dispositivi della Internet of Things.

Nello specifico, la ZigBee Alliance raccoglie importanti vendor di sistemi dedicati, di moduli radio, di microprocessori/microcontrollori, di elettrodomestici e di sistemi di domotica. L'approccio Zigbee definisce diversi 'profili applicativi' condivisi da tutti i dispositivi che cooperano alla realizzazione di un determinato servizio, garantendo interoperabilità tra apparati di diversi rivenditori. L'obiettivo dell'approccio 6LowPAN è invece di utilizzare sui dispositivi fisici gli stessi standard di comunicazione dell'Internet classico IPv6+TCP, rendendo quindi i dispositivi stessi accessibili con le stesse procedure (e protocolli) con cui si accede per esempio ai server Web.

Al momento, l'approccio Zigbee presenta una maturità e una massa critica maggiore, anche in ragione del fatto che i lavori della Ipsy Alliance sono iniziati da poco. Esistono tuttavia già soluzioni ibride in cui tale approccio sfrutta primitive di comunicazione 6LowPAN.