

Internet of Things

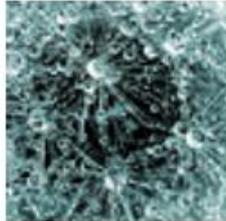
Internet of Things (IoT)

*“A world where ‘things’ can automatically communicate to computers and each other, providing services **for the benefit of human kind**”*

Ian Smith (President AIM UK)



- ✓ Presuppone la disponibilità di oggetti intelligenti (con capacità di calcolo e comunicazione embedded) che siano in grado di connettersi a reti Internet-like.

Internet dei cervelloni	Internet degli smanettoni	Internet delle masse	Mobile Internet	Internet of things
				
1969 - 1995	1995 - 2000	2000 - 2007	2007 - 2011	2012 & beyond

Internet of Things (IoT)

Si basa sull'idea di Smart Objects, ossia di oggetti dotati di identità, che possono essere localizzati, che hanno capacità d'interazione con l'ambiente circostante e di elaborazione di dati, tra loro interconnessi in modo che sia possibile scambiare le informazioni possedute, raccolte e/o elaborate.



Questo offre l'opportunità di sviluppare una serie di applicazioni innovative "context-based" che si prevede negli anni futuri entreranno nella nostra società nei più svariati campi applicativi:
dalle applicazioni industriali (processi produttivi), alla logistica e all'infomobilità, fino all'efficienza energetica, all'assistenza remota e alla tutela ambientale.

Internet of Things (IoT)

Condizione necessaria: Smart Objects

La condizione necessaria per l'affermarsi del paradigma IoT è rappresentata dalla crescita del livello di intelligenza che risiede negli oggetti. Questa intelligenza si struttura lungo tre direzioni.

• Funzionalità di self-awareness:

❑ **Identificazione**, ovvero il possesso di un identificativo digitale univoco; si tratta di una funzionalità di base, presente in tutte le applicazioni Internet of Things

❑ **Localizzazione**, ovvero la capacità degli oggetti di conoscere la propria posizione. Ciò può avvenire in tempo (quasi) reale (“real time location”) oppure elaborando informazioni di tracciabilità raccolte nel processo produttivo o logistico (“tracing”).

❑ **Diagnosi stato**, ovvero la capacità di monitorare parametri interni all'oggetto, volti a comprenderne il corretto funzionamento e le necessità di assistenza.

•

Internet of Things (IoT)

Condizione necessaria: Smart Objects

• Funzionalità di interazione con l'ambiente circostante:

❑ **Acquisizione dati**, convenzionalmente distinta in *Sensing*, ovvero la misura di variabili di stato che descrivono il sistema fisico e/o l'ambiente circostante (ad esempio temperatura, pressione, rumore, concentrazione inquinanti, accelerazione) e *Metering*, ovvero misura di variabili di flusso (ad esempio il consumo di energia elettrica, gas, acqua, calore).

❑ **Attuazione**, ovvero la capacità di eseguire comandi impartiti da remoto – tramite il controllo a distanza di attuatori – o derivati dall'elaborazione dei dati in loco (come ad esempio l'apertura o la chiusura di un condotto).

Funzionalità di elaborazione dati:

❑ **Elaborazione base**, ovvero il trattamento del dato primitivo raccolto, ad esempio tramite filtraggio, correzione, aggregazione algebrica (somme, medie), conversione, crittografia.

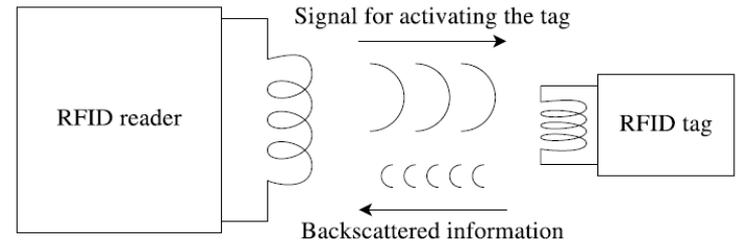
❑ **Elaborazione avanzata**, ovvero l'estrazione di informazioni dal dato primitivo, ad esempio tramite analisi statistiche, inferenze, previsioni.

Internet of Things (IoT)

Elemento essenziale alla realizzazione del concetto di IoT sono gli **RFID**.

RFID significa **Radio Frequency Identification**

- Consiste di “lettori” e “Tags”
- tags possono essere attaccati a oggetti o cose viventi, immagazzinare informazioni su di essi e riferire queste informazioni quando vengono interrogati



Si distinguono in:

Passivi:

- I tag non hanno batterie (il tag è acceso solo quando viene letto)
- È il lettore che manda un segnale al tag, il segnale viene riflesso, ma il segnale riflesso è modulato con l'informazione memorizzata nel tag.
- Il circuito del tag viene attivato dal segnale mandato dal lettore stesso per effetto di induzione elettromagnetica
- Tipicamente sono in grado di trasmettere da 64 a 96 bit sufficienti per rappresentare un Electronic Product Code (EPC) e una memoria EEPROM non volatile di 1kb
- Possono lavorare a LF (in genere a 125kHz), HF (3-30Mhz) e UHF (866MHz-960MHz)

Internet of Things (IoT)

Condizione necessaria: Smart Objects

Attivi

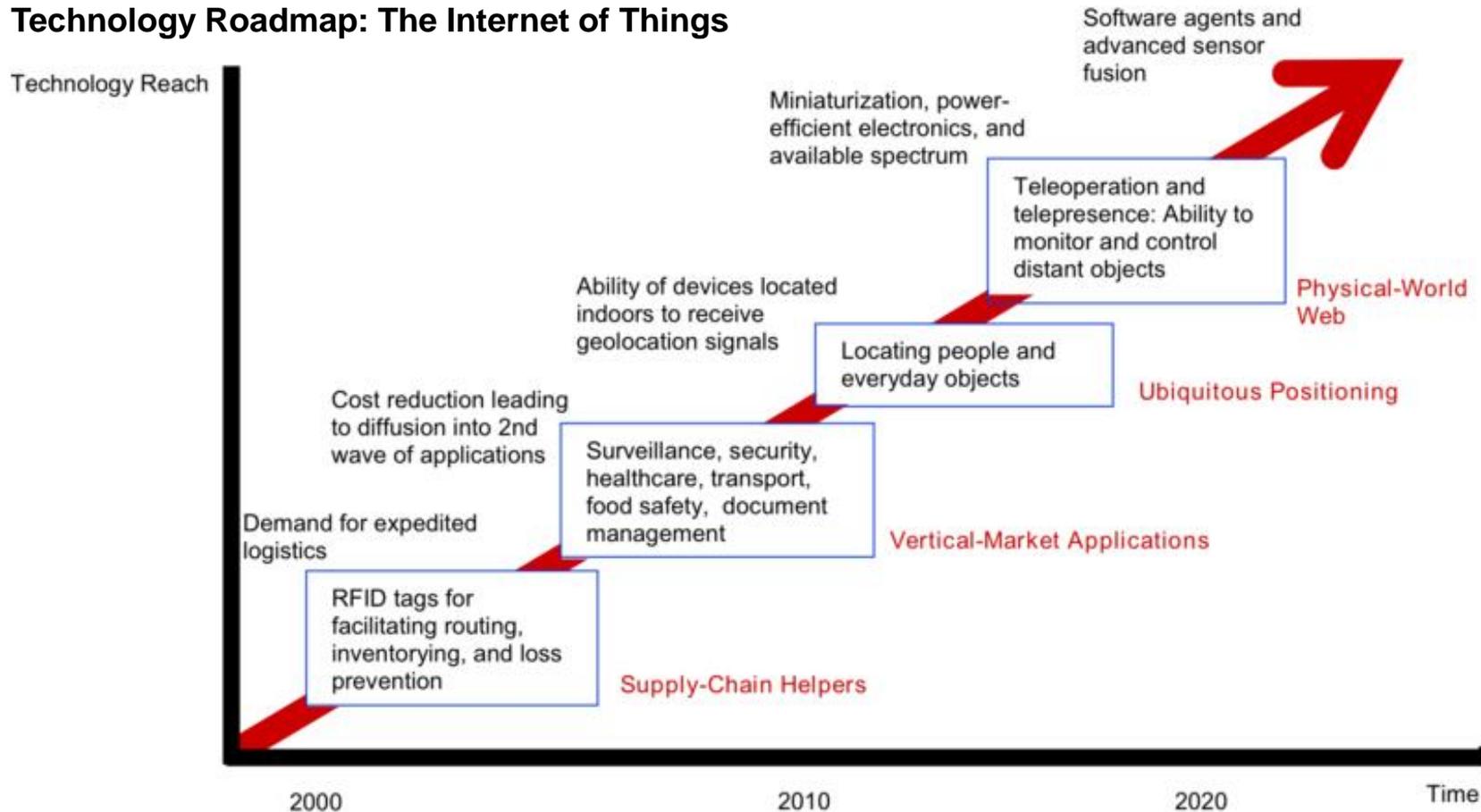
- I tag hanno una batteria, un ricetrasmittitore e a volte anche un sensore incorporato
- Possono svolgere delle funzioni (come fare il sensing) anche quando non sono interrogati
- Trasmettono sempre verso un lettore, che però ora può essere posto molto più lontano che nel caso di RFID passivi (100-500m)
- Sono inoltre molto più robusti all'interferenza (interferenza per esempio può essere prodotta da oggetti metallici)

Essendoci molti tipi di RFID e sensori ed è quindi fondamentale avere un'interfaccia standardizzata che permetta tra RFID e Tag. Per esempio, alcuni sensori hanno in uscita una tensione proporzionale al fenomeno da misurare, mentre altri la corrente. La famiglia di standard IEEE1451 fornisce appunto un'interfaccia standardizzata per i sensori.

Internet of Things (IoT)

Condizione necessaria: Smart Objects

Technology Roadmap: The Internet of Things



Source: SRI Consulting Business Intelligence

Internet of Things (IoT)

Smart Objects: condizione necessaria ma NON SUFFICIENTE

Smart objects connessi tra loro per svolgere diverse funzioni già esistono e costituiscono una NETWORK OF THINGS
ma non è sufficiente per realizzare l'INTERNET OF THINGS

➤ Esistono già oggi numerosi esempi di progetti in cui gli oggetti hanno un certo grado di intelligenza e trasmettono in rete informazioni in loro possesso; questi progetti sono però spesso realizzati con tecnologie proprietarie, in applicazioni chiuse e dedicate.

Es.: Sensore fatto dalla Medtronic per misurare il livello della glicemia, che comunica con un dispositivo di comunicazione, sempre di proprietà di Medtronic, che manda in automatico il dato attraverso una rete dedicata per quell'applicazione.

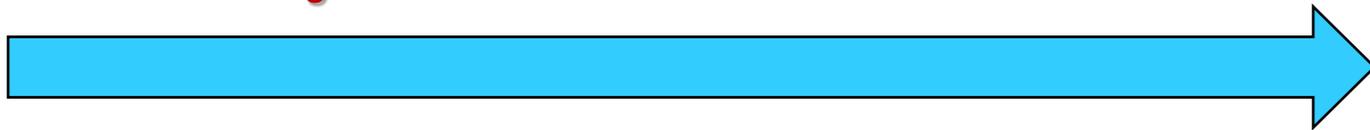
➤ Le WSN saranno un elemento fondamentale dell'IoT ma ad oggi non sono in grado di realizzare il concetto di IoT

Cosa manca?

Internet of Things (IoT)

Network of things

Internet of things



Internet of Things (IoT)

Smart Objects connessi tra loro per svolgere diverse funzioni già esistono e costituiscono una NETWORK OF THINGS
ma non è sufficiente per realizzare l'INTERNET OF THINGS

Astraendo invece quei fattori che sono stati alla base del successo universale di Internet, possiamo definire le proprietà che dovrà avere un'applicazione Internet of Things:

Utilizzo di standard tecnologici aperti per tutti gli strati dell'applicazione più vicini al mondo fisico (ovvero tag e sensori), sia per l'acquisizione dati, sia per la comunicazione tra nodi e dai nodi verso la rete. Oltre ai vantaggi economici legati all'interoperabilità dei dispositivi, l'utilizzo di standard aperti è una condizione essenziale per semplificare e accelerare lo sviluppo dello strato applicativo sovrastante

Internet of Things (IoT)

Smart Objects connessi tra loro per svolgere diverse funzioni già esistono e costituiscono una NETWORK OF THINGS
ma non è sufficiente per realizzare l'INTERNET OF THINGS

Accessibilità al dato e raggiungibilità del singolo oggetto: come larga parte del valore di Internet è rappresentato dalla **pubblica disponibilità** delle informazioni in essa presenti, così un requisito per parlare di IoT è rappresentato dall'apertura – opportunamente regolata – dei dati raccolti da tag e sensori al più ampio numero possibile di utenti, stakeholder e sviluppatori.

Quale secondo step evolutivo, come ogni risorsa Internet è raggiungibile attraverso il suo indirizzo IP, così il pieno impatto dell'IoT vi sarà quando gli oggetti saranno direttamente raggiungibili e interrogabili, e non solo quando – come ora – i dati da loro raccolti sono disponibili attraverso la mediazione di un servizio dedicato (oggi memorizzo i dati in un server e poi li fornisco a chi me li chiede, non è possibile ottenere i dati da qualsiasi oggetto connesso alla rete su richiesta direttamente).

Internet of Things (IoT)

Smart Objects connessi tra loro per svolgere diverse funzioni già esistono e costituiscono una NETWORK OF THINGS
ma non è sufficiente per realizzare l'INTERNET OF THINGS

Multifunzionalità

rappresenta la frontiera dell'intelligenza applicativa: essa garantirà che una infrastruttura di tag e sensori disposta per acquisire dati relativi, ad esempio, alle condizioni di traffico possa essere utilizzata anche per un'applicazione di monitoraggio della folla accorsa per un grande evento, o che un attuatore deputato al distacco di un utente moroso possa essere utilizzato anche per controllare una fuga di gas, in interazione con un sensore di rilevazione gas.

Internet of Things (IoT)

Riassumendo, sulla WSN:

- 1) IEEE si è concentrato sulla standardizzazione del livello PHY e MAC
- 2) Il mondo scientifico ha proposto molte soluzioni per un livello MAC che sia ottimizzato per rispondere alle peculiarità di diverse applicazioni delle reti WSN (per una overview sui protocolli MAC delle WSN vedi:

Bachir, A., Dohler, M., Watteyne, T., & Leung, K. K. (2010). MAC Essentials for Wireless Sensor Networks. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 12, 222–248. doi:10.1109/SURV.2010.020510.00058

Sui livelli superiori cosa è stato fatto?

Livello di network

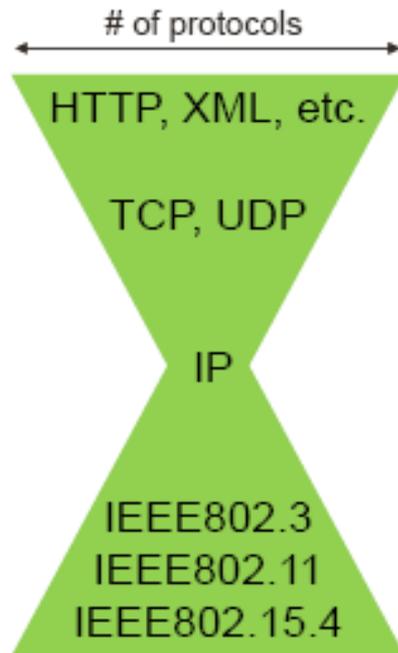
sul routing, sono stati proposti e realizzati diverse soluzioni per gli algoritmi di routing, che permettessero di soddisfare le esigenze di efficienza energetica e robustezza a guasti e failure dei nodi. I protocolli di routing per WSN si possono classificare in tre tipologie: location-based, gerarchici e flat (con data-centric approach). ZigBee utilizza un protocollo gerarchico AODV (*Ad hoc On demand Distance Vector*)

A livello di trasporto, il TCP/IP non è adatto, l'UDP è piu' adatto, ma sono stati sviluppati diversi protocolli ottimizzati per applicazioni WSN (es., COSA, ERST, RMST ect.)

Internet of Things (IoT)

Cosa significa mettere "in rete"?

"If you speak IP, you are on the Internet"



Posso avere diversi protocolli fisici a livello di accesso al mezzo di comunicazione

Come posso avere diversi protocolli di trasporto e applicativi

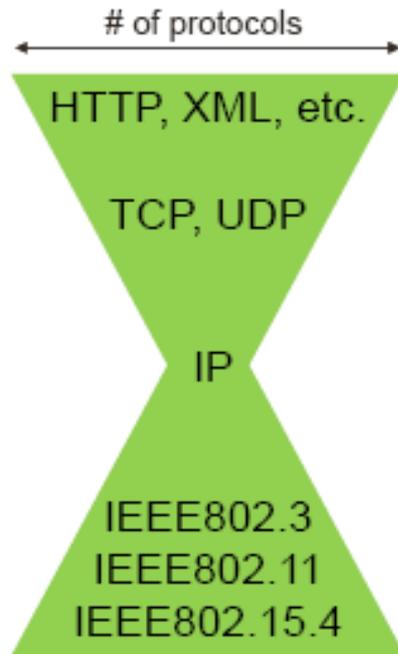
MA

L'indirizzamento e l'instradamento dei dati della rete, da qualunque mezzo fisico vengano e qualunque applicazione debbano alimentare, viene fatto tramite il protocollo IP

Internet of Things (IoT)

Cosa significa mettere “in rete”?

“If you speak IP, you are on the Internet”



Ogni host sulla rete ha un unico indirizzo Internet Protocol (IP)

Un pacchetto con un header IP è instradato verso la sua destinazione sulla rete

Evoluzione del protocollo IP

❑ IPv4 (1981) è oggi in uso (da più di 30 anni)
• indirizzi a 32-bit

❑ IPv6 (1998) è stato sviluppato (ed è fondamentale per la realizzazione dell'IoT)
• indirizzi a 128-bit addresses
• Nuovo metodo di assegnazione indirizzi non più basato sul DHCP

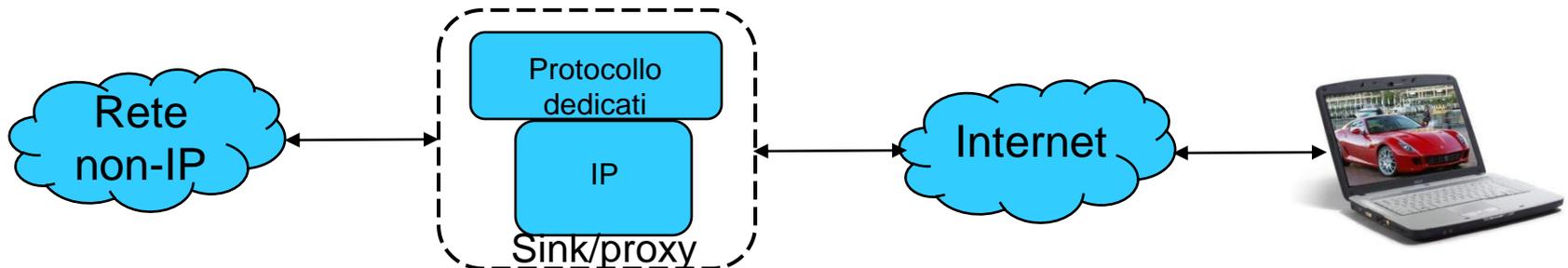
Internet of Things (IoT)

Come si mette in rete una WSN?

“Le WSN utilizzano protocolli di routing non IP”



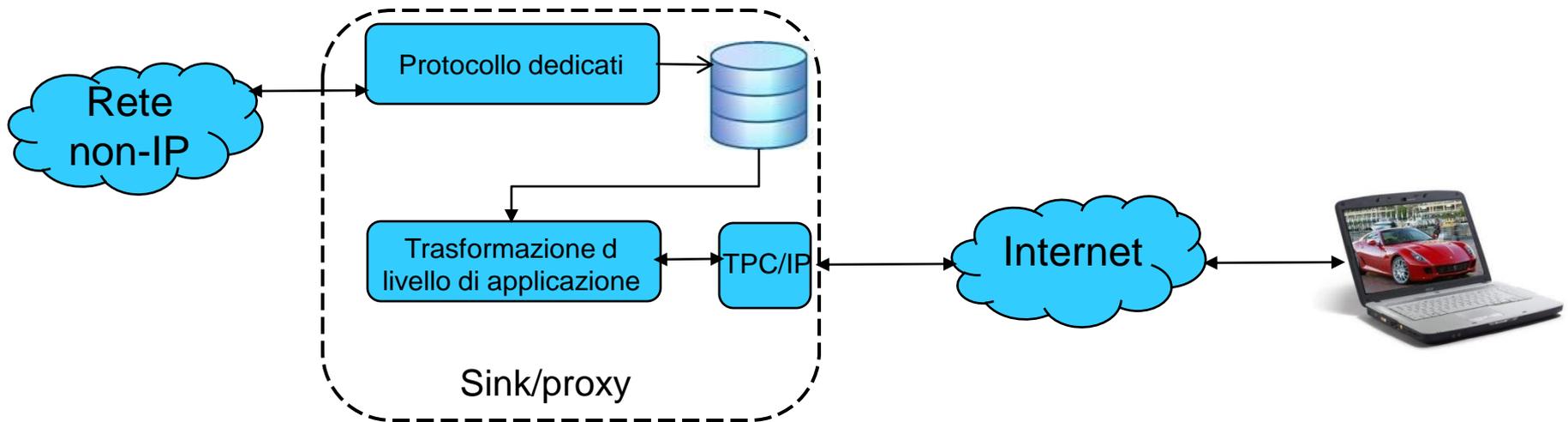
La connessione alla rete avviene tramite un nodo sink che fa da server proxy o gateway e che o traduce gli indirizzi della WSN in indirizzi IP o che re-inoltra la richiesta dalla rete IP alla rete WSN



Internet of Things (IoT)

Come si mette in rete una WSN?

Soluzioni Proxy-based: a livello applicativo

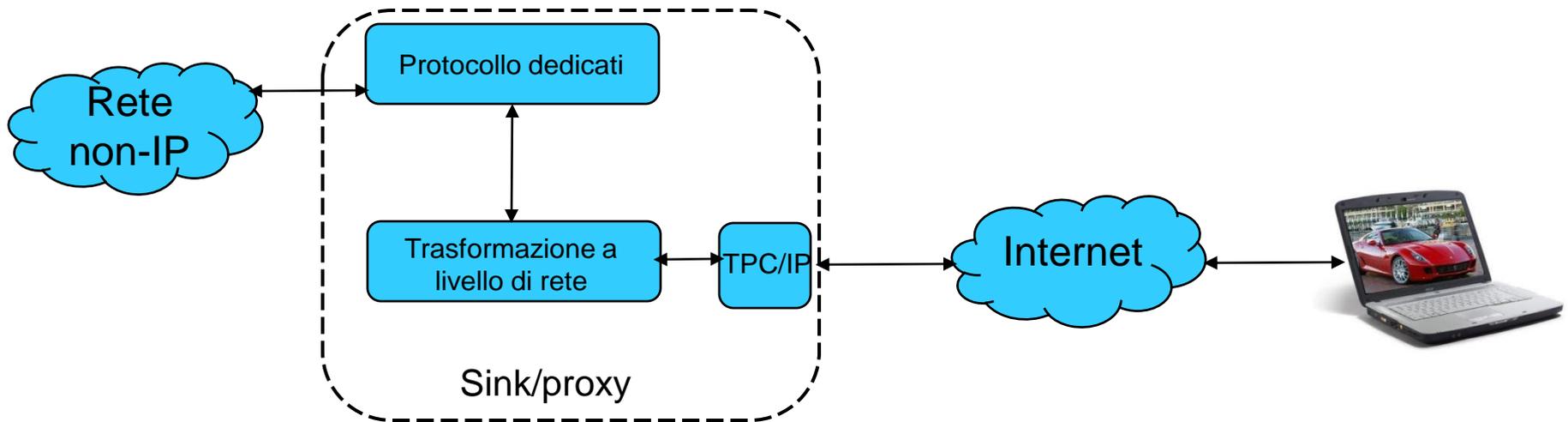


Il nodo sink richiede le informazioni al WSN usando protocolli dedicati, immagazzina i dati localmente e realizza l'aggregazione di essi, mettendoli in un database. Quando un computer sulla rete richiede queste informazioni, lo comunica al nodo sink che gli manda i dati memorizzati nel database usando il protocollo IP.

Internet of Things (IoT)

Come si mette in rete una WSN?

Soluzioni Proxy-based: a livello di rete

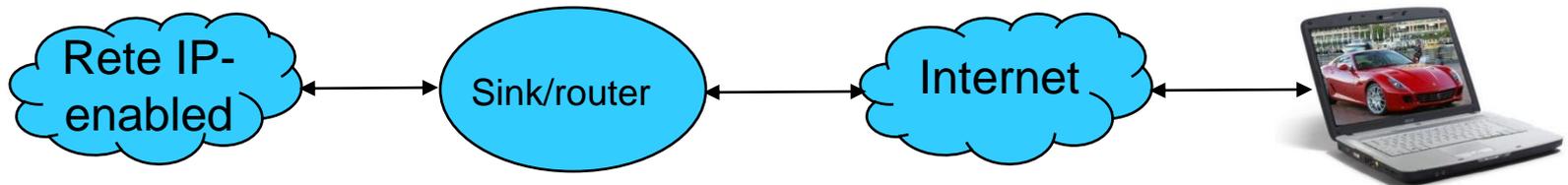


Il nodo sink traduce il protocollo d'indirizzamento usato dal lato WSN nel protocollo IP. Quando un computer sulla rete richiede delle informazioni alla WSN, lo chiede al nodo sink che poi re-inoltra la richiesta alla WSN.

Internet of Things (IoT)

Come si mette in rete una WSN?

Connessione della WSN a Internet a livello di Smart Sensor



In questo modo il nodo sink non deve fare da proxy, ma solo svolgere funzioni di instradamento come tutti o parte i sensori della rete WSN (quindi, non devo commercializzare o prevedere dei nodi della rete di sensori con funzionalità più complesse come quelle di un server proxy). Potrei avere più nodi nella WSN in grado di connettersi alla rete esterna e non un solo nodo che deve svolgere la funzionalità di proxy. Se il nodo in qualche modo smette di funzionare o per qualche motivo non può connettersi alla rete, non si perde completamente il “contatto” con la rete di sensori.

Internet of Things (IoT)

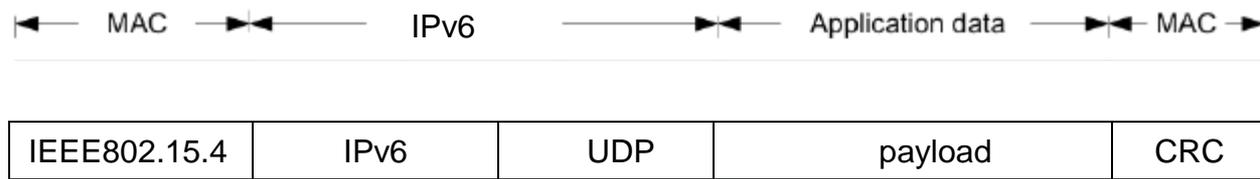
Problematiche nell'uso del protocollo IP nelle WSN

Overhead

Il protocollo IP aggiunge un overhead al blocco dati che proviene dal MAC, piuttosto grande. Questo crea problemi di efficienza energetica nelle WSN in quanto devo spendere troppa energia per spedire bit di overhead piuttosto che informazione utile.

IPv4 prevede 20 bytes di overhead + payload

IPv6 prevede 40 bytes di overhead + payload (il maggiore overhead è legato al fatto che deve supportare un indirizzamento a 128 bit invece che a 32. Si tenga presente che l'overhead dell'IPv6 è ottimizzato, eliminando alcuni bits dell'header dell'IPv4, ma comunque è maggiore per via dell'indirizzamento)



Internet of Things (IoT)

Problematiche nell'uso del protocollo IP nelle WSN

Overhead

Esempio:

Header IPv6=40 ottetti

Header UDP=8 ottetti

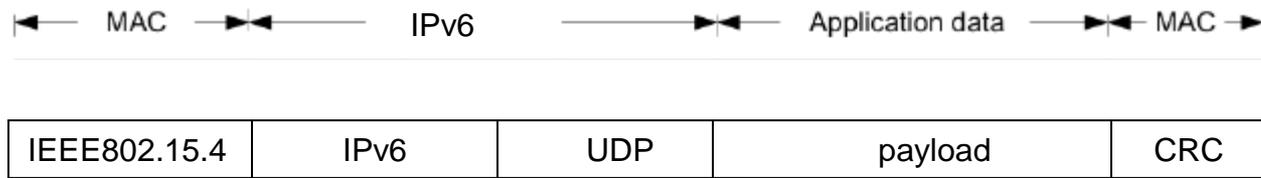
802.15.4 MAC header può arrivare a 25 ottetti se non ci applicano meccanismi di security e fino a 25+21=46 ottetti con AES-CCM-128.

La massima lunghezza della frame dell'802.15.4 è 127 ottetti



$127 - 25 - 40 - 8 = 54$ ottetti (null security)

$127 - 46 - 40 - 8 = 33$ ottetti (AES-CCM-128) di spazio lasciato per contenere i dati dell'applicazione!



Internet of Things (IoT)

Problematiche nell'uso del protocollo IP nelle WSN

Interworking tra 802.15.4 e IP

Il protocollo MAC dello standard IEEE802.15.4 (il protocollo che è il miglior candidato a lavorare su WSNs) non nasce avendo in mente che a livello di rete ci sarà il protocollo IP.

Quindi, è necessario un opportuno livello di adattamento che permetta di impacchettare i pacchetti IP nei pacchetti del MAC dell'IEEE802.15.4



L'IETF (Internet Engineering Task Force) ha sviluppato il livello di adattamento 6LoWPAN.

Più in generale, nell'ambito delle WSN, l'IETF ha sviluppato:

- ❑ 6LoWPAN (IPv6 over Low power WPAN)
- ❑ ROLL (Routing Over Low power and Lossy networks)
- ❑ 6LowApp (Applications in resource constrained networks)

Internet of Things (IoT)

Problematiche nell'uso del protocollo IP nelle WSN

Interworking tra 802.15.4 e IP

IETF è un organismo non approvato dal governo Americano, costituito da individui e non società.

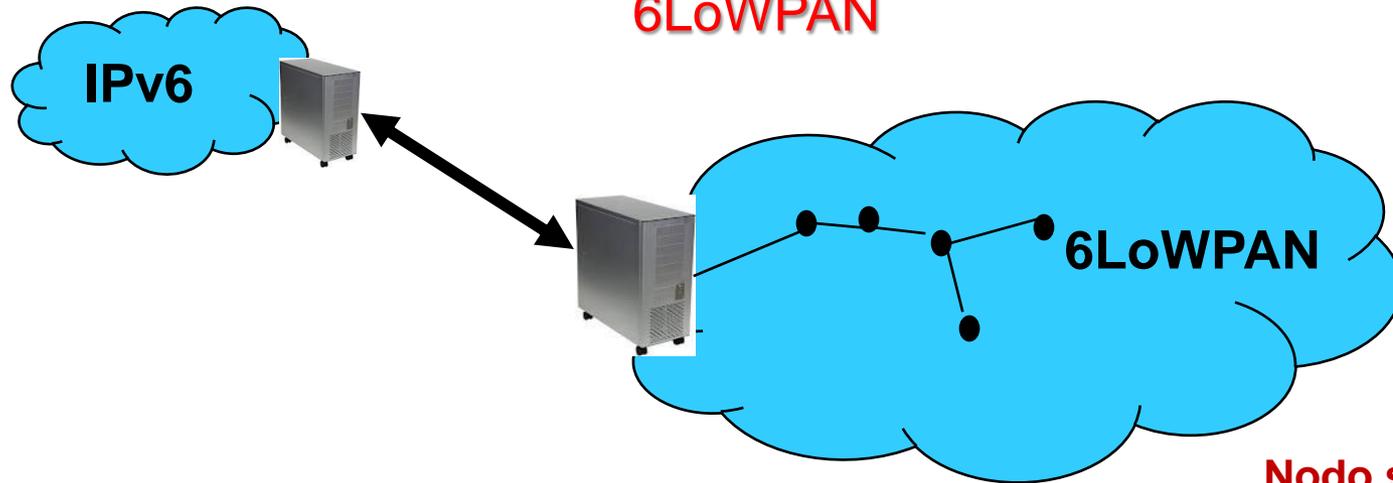
Il loro motto è: "We reject kings, presidents and voting. We believe in rough consensus and running code." D. Clark, 1992

È costituito da più di 120 Working Group (WG) attivi in 8 aree. Si occupa principalmente di tutto ciò che sta tra il mezzo e il livello applicativo (esclusi), ossia il TCP/IP protocol suite: IP, TCP, routing protocols, etc.

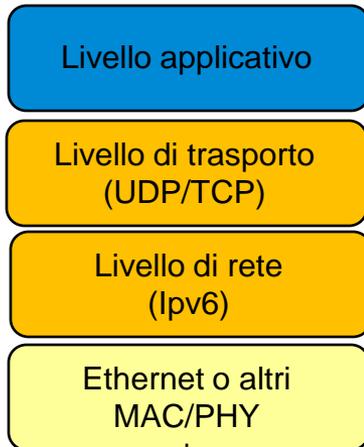
Si fa notare che i livelli protocollari della pila ISO/OSI non sono più così separati. Si parla di ottimizzazione cross-layer, il livello MAC e applicativo influenzano anche il livello di routing per esempio. Quindi, sempre più spesso l'IETF si occupa anche del livello MAC o di quello applicativo.

Internet of Things (IoT)

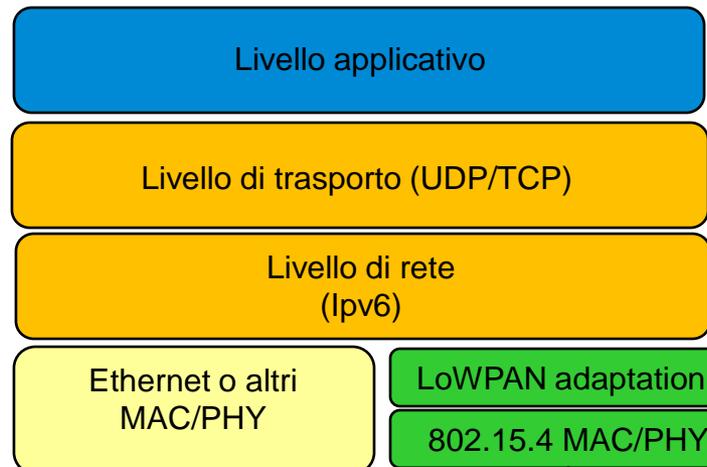
6LoWPAN



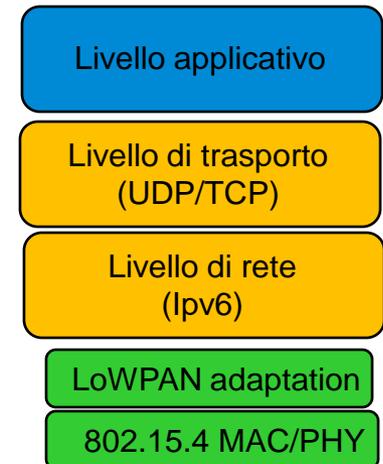
Host di una rete IP



Gateway



Nodo sensore 6LoWPAN



Internet of Things (IoT)

6LoWPAN: Motivazione

- ❑ Le tecnologie basate su IP esistono, funzionano e sono ben conosciute
- ❑ È aperto e gratuito vs soluzioni proprietarie e chiuse
- ❑ Strumenti di diagnostica e gestione delle reti IP già esistono
- ❑ I dispositivi basati su IP possono essere facilmente connessi ad altre reti IP senza l'uso di entità intermedie come proxy o gateway per tradurre i protocolli.

Internet of Things (IoT)

6LoWPAN

Il protocollo 6LoWPAN svolge le seguenti tre funzioni principali:

- 1) Frammentazione dei pacchetti IPv6 per adattarli al formato dei pacchetti 802.15.4
- 2) Compressione dell'header (per ridurre l'impatto energetico nell'utilizzo dell'IPv6) fino all'80%
- 3) Fornire un protocollo di discovery del nodo vicino

Internet of Things (IoT)

6LoWPAN

Il frammentazione e ri-assemblaggio

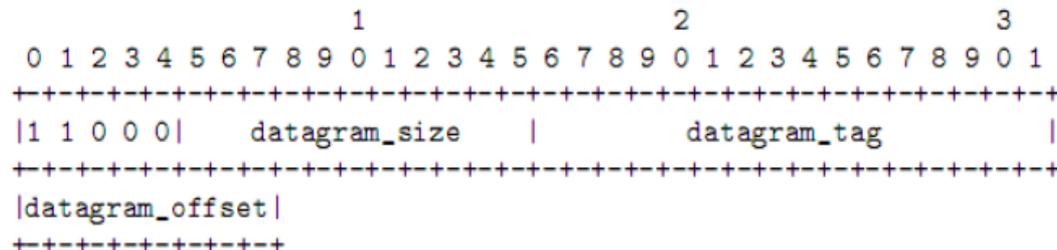
IPv6 specifica che la dimensione della Minimum Transmit Unit (MTU) deve essere non meno di 1280bytes. Se un pacchetto che proviene dalla rete IP deve essere inoltrato alla rete WSN, per essere trasmessa dal protocollo 802.15.4 deve essere frammentato in pacchetti più piccoli che possano essere messi nel payload definito dallo standard 802.15.4 che prevede al massimo 127 bytes. Per realizzare la frammentazione, si introduce un fragmentation header che è costituito da 4-5 bytes con tre campi:

Datagram size (11 bytes): che indica la dimensione della stringa di dati

Datagram tag (16 bytes): che identifica il singolo “ frammento ” nella stringa di dati

Datagram offset: che indica la posizione del “ frammento ” all’interno della stringa di dati.

Includendo il datagram size, un nodo può immediatamente allocare un buffer per fare il ri-assemblaggio anche se i frammenti sono ricevuti fuori ordine. La ricostruzione va fatta entro 60 secondi, altrimenti tutti i pacchetti ricevuti vengono scartati.-



Internet of Things (IoT)

6LoWPAN

Header Compression:

Lo fa in due modi:

- 1) Rimuovendo informazione ridondante dal livello di collegamento al livello di rete e di trasporto
- 2) Assumendo dei valori comuni per i campi dell'header e definendo dei formati compatti per questi valori

Per esempio, supponiamo che i dispositivi siano già parte di una rete 6LoWPAN e ne condividano pertanto il prefisso di rete.

Questo permette di implementare un meccanismo di compressione semplice ed efficace che non prevede l'utilizzo di alcun algoritmo specifico ma si ottiene semplicemente eliminando le informazioni condivise o ridondanti dal pacchetto.

Esistono infatti, alcuni campi nell'header IPv6 comuni a tutti i dispositivi di una PAN 6LoWPAN che possono essere eliminati. Si tratta dei campi:

- Version: ovviamente sempre inizializzato ad IPv6;
- Traffic Class: sempre inizializzato a zero;
- Flow Label: sempre inizializzato a zero;
- Payload Length, ricavabile dal campo Frame Length del PDU 802.15.4 o dal campo Datagram Size qualora il pacchetto sia frammentato.

Assumendo ciò in una 6LoWPAN, l'header IPv6 occupa, **nel caso più favorevole, due byte**

Internet of Things (IoT)

6LoWPAN

Neighbor Discovery

Il protocollo IPv6 prevede un protocollo di Neighbor Discovery (ND) nella raccomandazione RFC 4861 il cui compito è fornire la "mappatura" tra l'indirizzo IP e l'indirizzo MAC corrispondente di un terminale in una rete locale.

Per inviare un pacchetto IP ad un calcolatore della stessa sottorete, è necessario incapsularlo in un pacchetto di livello data link, che dovrà avere come indirizzo destinazione il MAC Address del calcolatore a cui lo si vuole inviare. Se il pacchetto deve essere inviato ad un calcolatore di un'altra sottorete, ND viene utilizzato per scoprire il MAC Address del gateway o del router.

La modifica che è stato necessario fare rispetto a IPv6 è legata al fatto che l'ND di IPv6 utilizza messaggi di multicast mentre l'802.15.4 non supporta comunicazioni multicast ma solo broadcast...la differenza essenziale tra i due, è che le comunicazioni broadcast non prevedono una trasmissione a livello di datalink con ACK e quindi, i messaggi broadcast sono poco affidabili.

Quindi, il 6LoWPAN prevede un protocollo ND che usa molto poco messaggi di multicast.

Internet of Things (IoT)

Altre sfide

Gran parte degli sforzi oggi sono a livelli bassi della pila protocollare: phy/MAC, come usare IPv6, come usare UDP/TCP in queste reti?

Tuttavia, è necessario procedere ad una standardizzazione non solo dei protocolli o dei formati dei dati, ma anche del loro SIGNIFICATO → interoperabilità di tipo semantico

un interruttore della luce prodotto da un'azienda come fa a controllare le altre luci?

Per esempio si potrebbe decidere che "1" in un campo particolare significa che la luce deve essere accesa → Molto difficile e time-consuming, ma NECESSARIO se si vuole ottenere la vera interoperabilità e limitare il ruolo dell'UOMO