

La localizzazione indoor nel mondo dell'IoT

Università Politecnica delle Marche
Dipartimento di ingegneria dell'informazione DII

Lorenzo Palma

Paola Pierleoni, Luca Pernini, Alberto Belli, Simone Valenti

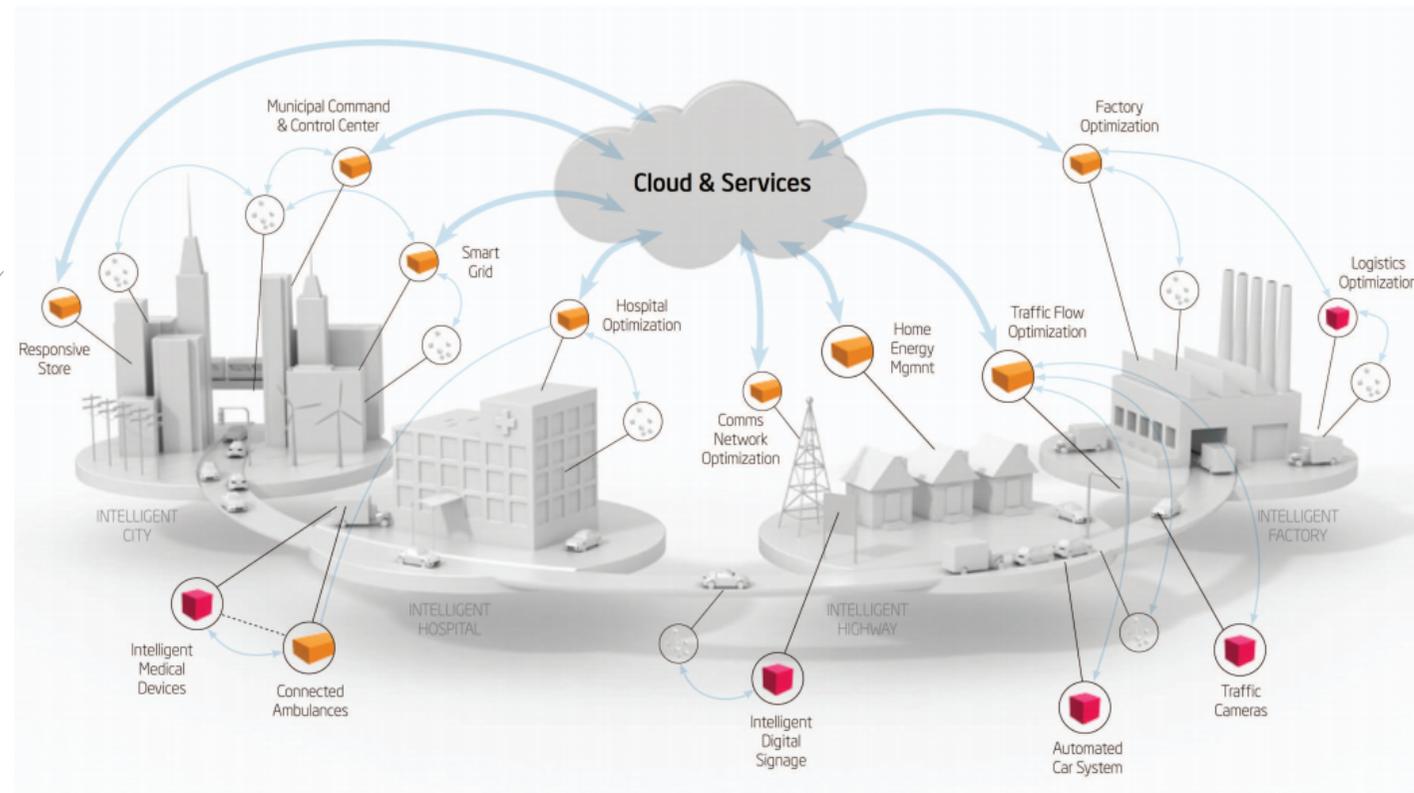


Introduzione

- ▶ Crescente richiesta di Smart Object da parte di aziende pubbliche e private
- ▶ Necessità di fornire connettività rapida e di dare un'identità ad ogni oggetto in rete
- ▶ I device connessi sono ormai distribuiti ovunque nei vari ambienti
- ▶ Stanno nascendo i primi esempi completi di stanze o edifici intelligenti per il monitoraggio ambientale e di chi vive all'interno (Smart Home e AAL)
- ▶ Interoperabilità fra i diversi sistemi



IoT



Interoperabilità ed interconnessione

- ▶ Internet of Things 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
- ▶ 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

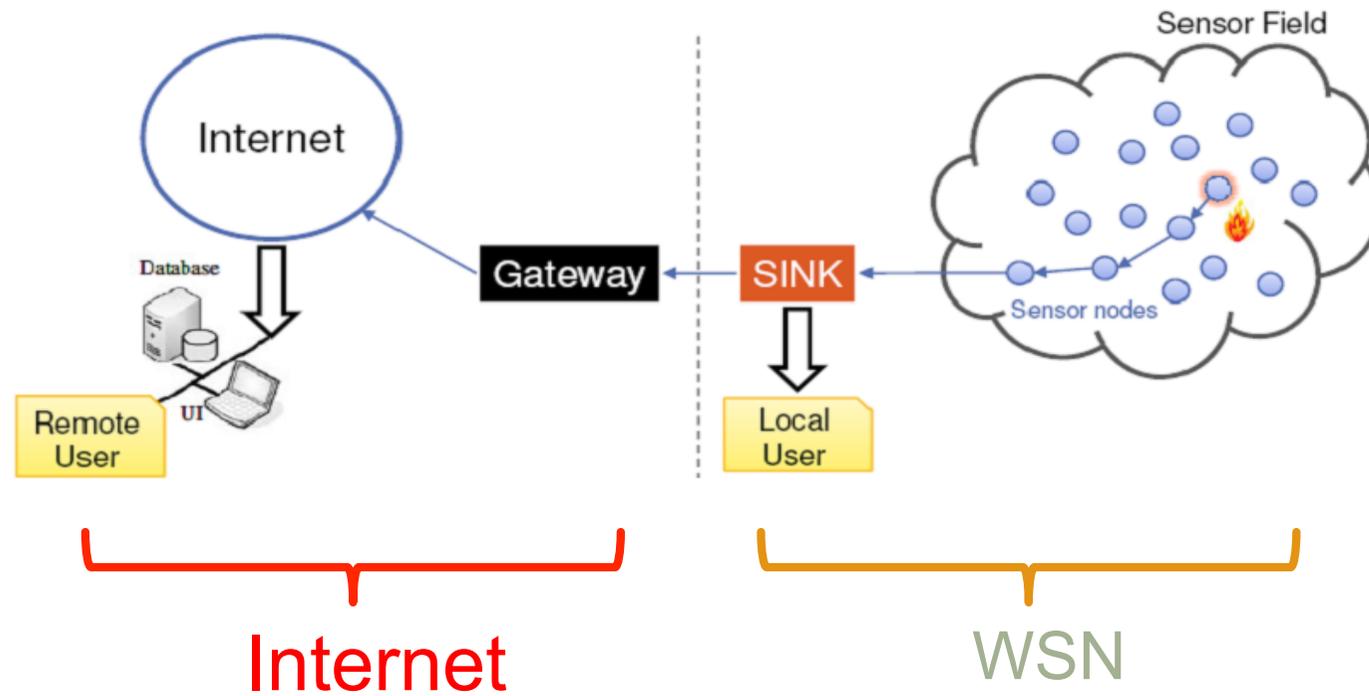


IoT: Dove?

- ▶ Monitoraggio continuo di persone, ambienti, animali, oggetti, macchinari
- ▶ Sviluppo di algoritmi capaci di prendere decisioni senza l'intervento umano sulla base di sempre più numerosi dati raccolti
- ▶ Ottimizzazione dei processi produttivi
- ▶ Gestione intelligente delle risorse
- ▶ Creazione di sistemi autonomi complessi
- ▶ Sistemi di localizzazione
- ▶ Fitness e wellness



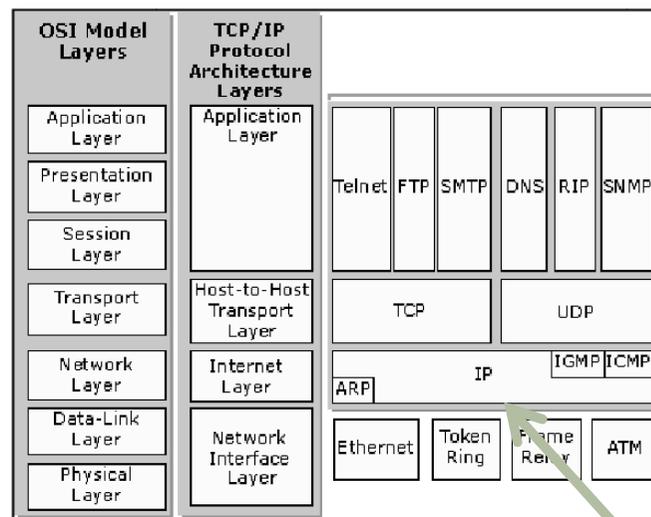
WSN



IoT

WS
N

+



=

IoT

Protocolli
della Suite
TCP/IP

Low-power e lossy networks

- ▶ Le wireless smart sensors hanno limitate risorse energetiche a causa di batterie ridotte o energy harvesting limitato
- ▶ Viene stravolto il concetto di comunicazione stabile su IP
- ▶ I nodi si muovono e si configurano limitando, per quanto possibile, il consumo energetico
- ▶ Si rendono necessari dei livelli intermedi per la gestione del risparmio energetico
- ▶ Si hanno restrizioni per quanto riguarda le risorse di calcolo e di memoria in ciascun nodo



Soluzione



- ▶ Il Team ha sviluppato una soluzione basata su IPv6
- ▶ Rete autoconfigurante
- ▶ Tipologia di rete mesh
- ▶ Micro STM32 Very Low Energy
- ▶ Transceiver Spirit1 a 868 MHz
- ▶ **Very Low Cost**
- ▶ **Ultra Low Energy**
- ▶ Numerosità dei nodi elevata (> 1000)

Contiki

- ▶ Contiki è un sistema operativo multitasking che permette la gestione dello stack TCP-IP anche su dispositivi con risorse limitate
- ▶ Risulta particolarmente adatto per sistemi embedded con poche risorse energetiche e hardware
- ▶ Lo scheduling non è di tipo preemptive
- ▶ Utilizza i protothread con l'obiettivo di raggiungere l'efficienza di programmazione ad eventi pur mantenendo la linearità della programmazione threaded
- ▶ 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

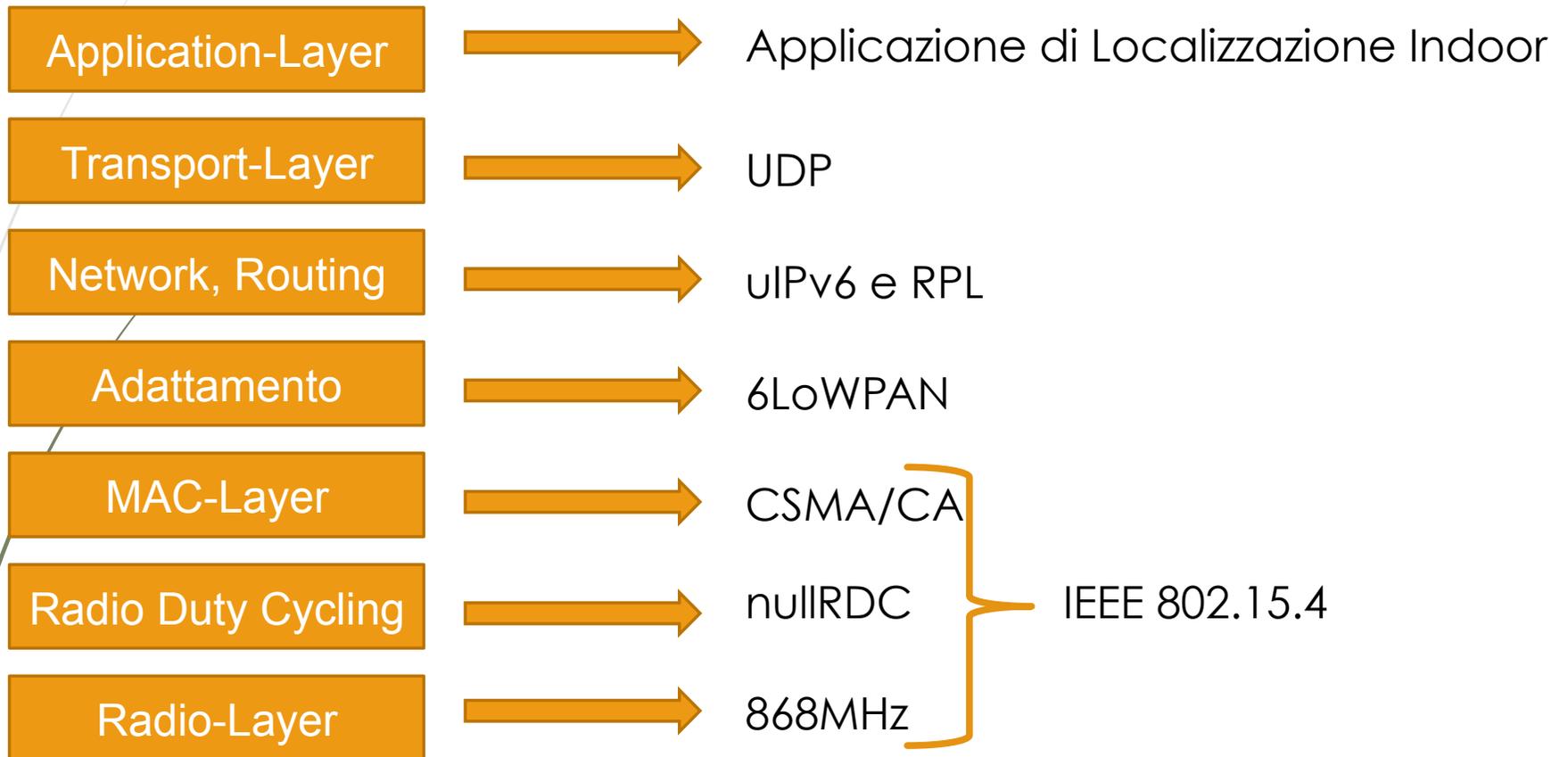


IPv6 mesh network

- ▶ 2^{128} possibili indirizzi
- ▶ Ogni nodo è individuato mediante un indirizzo IPv6 univoco
- ▶ Diverse tipologie di indirizzi:
 - ▶ Unicast
 - ▶ Anycast
 - ▶ Multicast
- ▶ Assegnazione automatica degli indirizzi a partire dall'ID dell'hardware



Stack protocollare



802.15.4

- Rappresenta lo standard IEEE per le trasmissioni radio all'interno di una PAN
- Vengono specificati sia il livello fisico che il MAC:
 - **Livello fisico**
 - Diverse bande di frequenza da 169 MHz fino ai 2.4 GHz
 - **Livello MAC**
 - Gestione dell'accesso al canale
 - Se è previsto l'utilizzo del beacon ho una sincronizzazione periodica della rete, altrimenti implemento CSMA-CA per capire quando il canale risulta libero
 - ACK
 - Massima lunghezza del frame 127 byte



802.15.4 Sicurezza

- ▶ AES a 128 bit
- ▶ Message Integrity Check (MIC)
 - ▶ Protezione contro l'alterazione dei messaggi
 - ▶ Protezione contro gli attacchi di replay (Sequence number)
 - ▶ Timestamp utilizzato contro i delay attacks



Radio Duty Cycling (RDC)

- ▶ Rappresenta il livello fondamentale per la gestione del risparmio energetico su 802.15.4
- ▶ Implementa protocolli per gestire la modalità sleep di Tx e Rx
- ▶ La comunicazione può essere sincrona (richiede la modalità beacon) o asincrona
- ▶ Può essere implementata la modalità NullRDC



6LowPAN

- Rappresenta un livello di adattamento fra IPv6 e 802.15.4
- Gestisce la frammentazione (MTU IPv6 è 1280 byte mentre MTU 802.15.4 è 127 byte)
- Implementa la gestione degli header:
 - Dispatch header
 - Fragmentation header
 - Mesh header (Non utilizzato perché implementiamo RPL)
- Compressione degli header:
 - HC1
 - HC2
 - IPHC



Protocollo di routing RPL

- Il Routing Protocol for Low-power and Lossy Networks nasce per risolvere i problemi relativi alla bassa capacità elaborativa dei singoli nodi ed alla scarsa affidabilità fornita dai collegamenti utilizzati
- I nodi si configurano secondo una struttura che prende il nome di DODAG (Destination Oriented Directed Acyclic Graph)
- Ciascun nodo ha una propria profondità o rank in accordo con la metrica scelta per la rete ed il ruolo del nodo
- Il valore di profondità può essere utilizzato per risalire alla posizione del nodo nel DAG (Directed Acyclic Graph) e serve ad evitare la formazione di loops



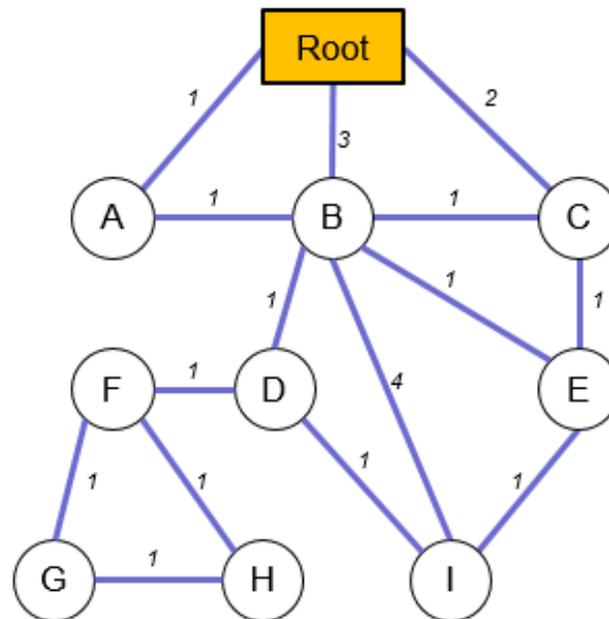
Messaggi di controllo

Per la creazione della rete ed il mantenimento RPL definisce nuovi tipi di messaggio ICMPv6:

- ▶ DIO (DAG Information Object) contiene informazioni relative alla metrica utilizzata per l'affiliazione alla rete di un nuovo nodo e per la scelta del vicino
- ▶ DIS (DAG Information Solicitation) contiene la richiesta di informazioni da parte di un nodo della rete
- ▶ DAO (Destination Advertisement Object) è un messaggio utilizzato per propagare le informazioni per la creazione delle rotte verso i nodi centrali

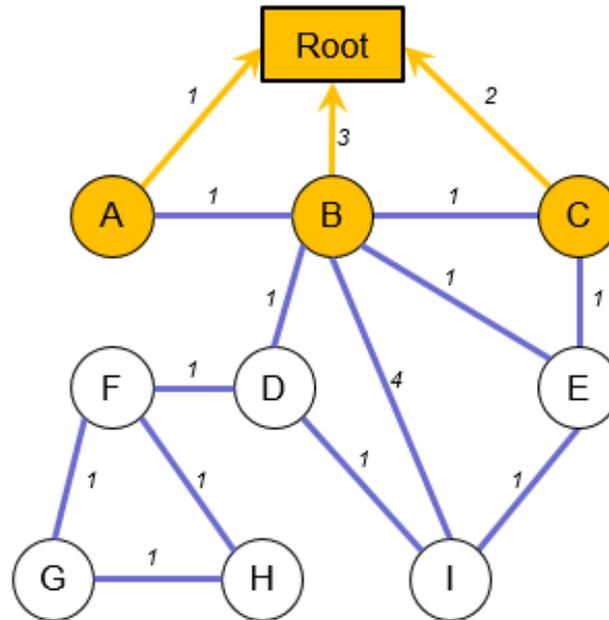


Costruzione del DAG (1)



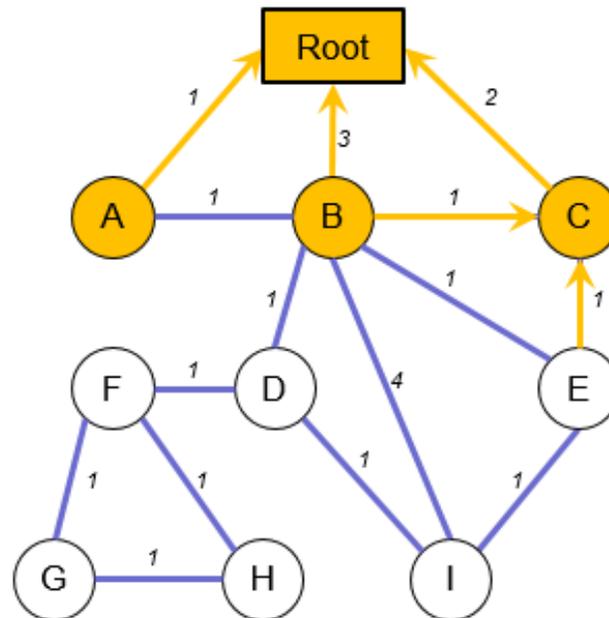
- Periodicamente i nodi inviano un messaggio di DIO
- I nodi in ascolto utilizzano le informazioni contenute nel DIO per unirsi alla rete
- Il nuovo nodo può inviare un DIS per sollecitare l'invio di un DIO
- Metrica ETX

Costruzione del DAG (2)



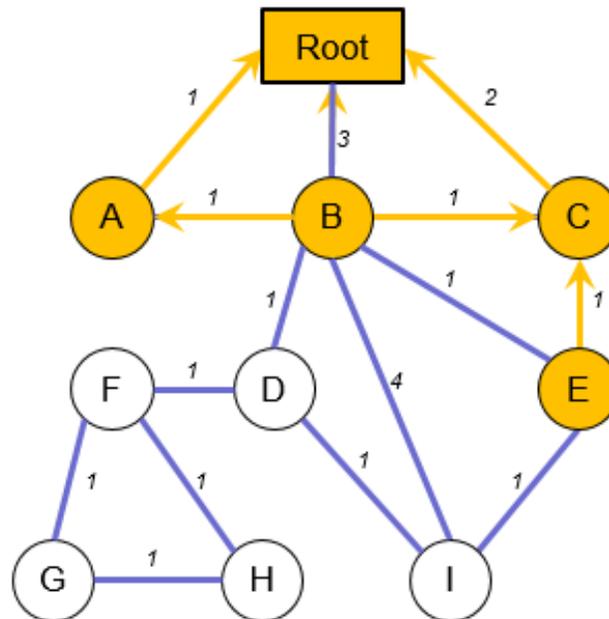
- Il root invia un DIO che viene ricevuto da A B C
- I nodi calcolano le metriche per ottimizzare il collegamento al Root
- A B C si uniscono alla rete ed avranno il root come loro parent
- I tre nodi hanno la loro rotta di default

Costruzione del DAG (3)



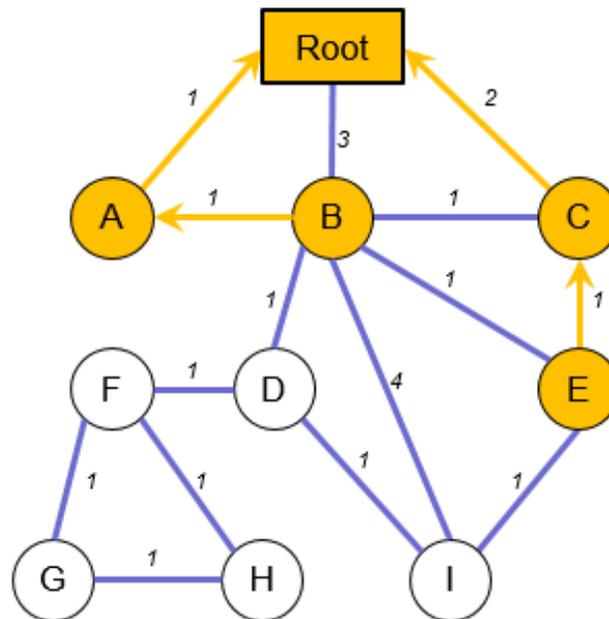
- Scade il Timer nel nodo C
- Viene inviato un DIO multicast
- Il Root lo ignora
- Il nodo B inserisce C come rotta alternativa per il Root
- E si unisce alla rete con profondità 3
- E ha come parent C

Costruzione del DAG (4)



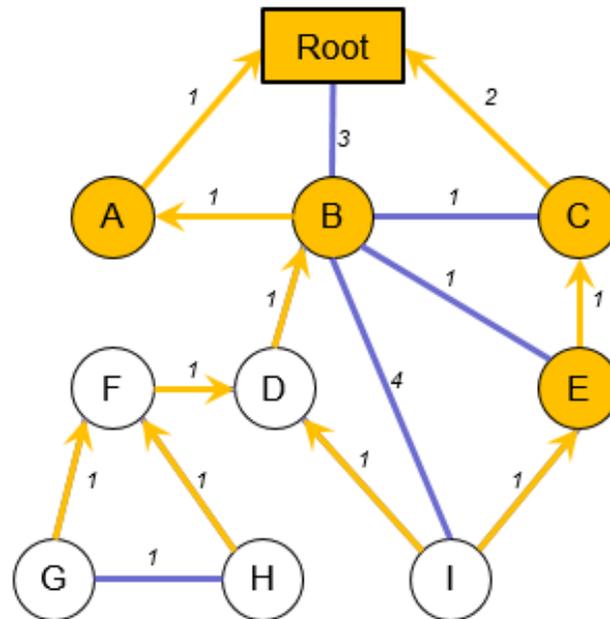
- Scade il Timer nel nodo A
- Viene inviato un DIO multicast
- Il Root lo ignora
- Il nodo B ottimizza la sua posizione nel grafo eliminando il Root e C dai parent
- A sarà il nuovo parent di B

Costruzione del DAG (5)



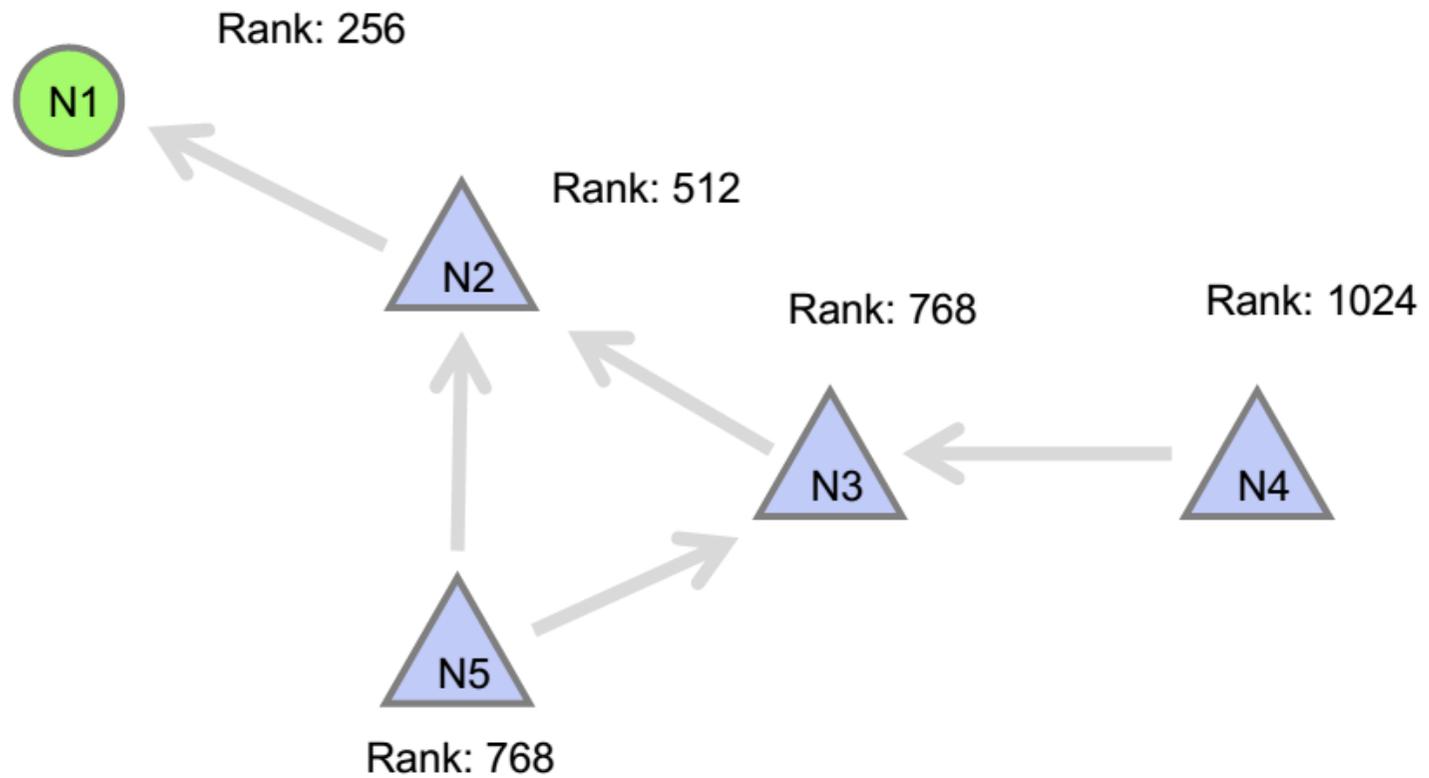
- Il nodo A ha ETX 1
- Il nodo B ha ETX 2 via A
- Il nodo C ha ETX 2
- Il nodo E ha ETX 3 via C

Costruzione del DAG (6)

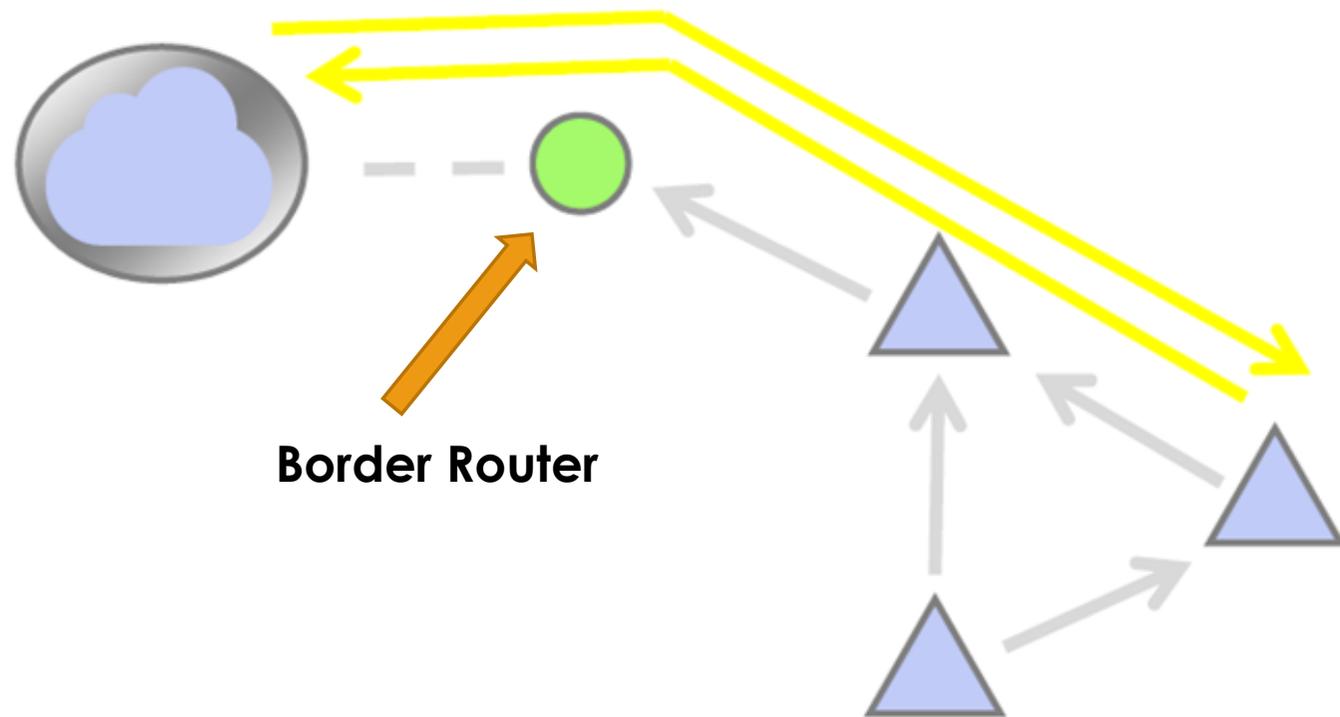


- La costruzione del DAG continua fino a che tutti i nodi non saranno uniti alla rete
- L'aggiornamento ed il mantenimento del grafo avviene in modo periodico

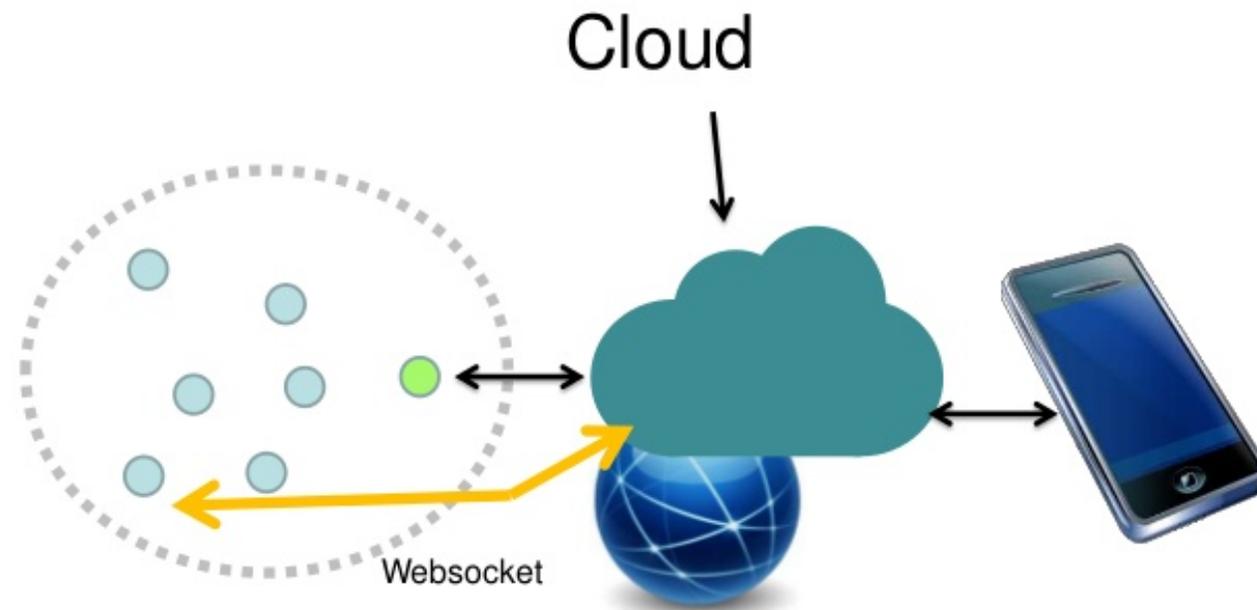
Rank nel DAG



Connessione



Interazione diretta



Modularità

- ▶ Ogni livello dello stack può considerarsi non vincolato a quelli immediatamente vicini
- ▶ Possibilità di aggiungere funzionalità o sostituire componenti (es. transceiver o micro) intervenendo solo in cartelle specifiche e porzioni di codice limitate
- ▶ Possibilità di sviluppare applicativi senza preoccuparsi dei livelli sottostanti
- ▶ Estensione della rete ad un numero teoricamente illimitato di nodi



Localizzazione indoor

Un sistema di localizzazione indoor accurato e soprattutto a basso costo troverebbe largo impegno in svariati settori tra cui:

- Healthcare
- Marketing
- Logistica
- Intrattenimento
- Sicurezza



L'applicazione realizzata

- Sfrutta la rete WSN-IPv6 realizzata
- 3 tipologie di nodi + 1 dedicato alla caratterizzazione del canale radio
 - ROOT-NODE (Realizza le elaborazioni per la localizzazione)
 - ANCOR-NODE (Nodi di riferimento per la localizzazione)
 - TARGET-NODE (Nodo/i mobile/i a posizione da determinare)
 - INSTALLATION-TARGET (Nodo per caratterizzare il canale radio)
- La localizzazione consta di due fasi:
 - “Ranging” = Received Signal Strength Indicator (RSSI)
 - “Positioning” = MIN-MAX modificato

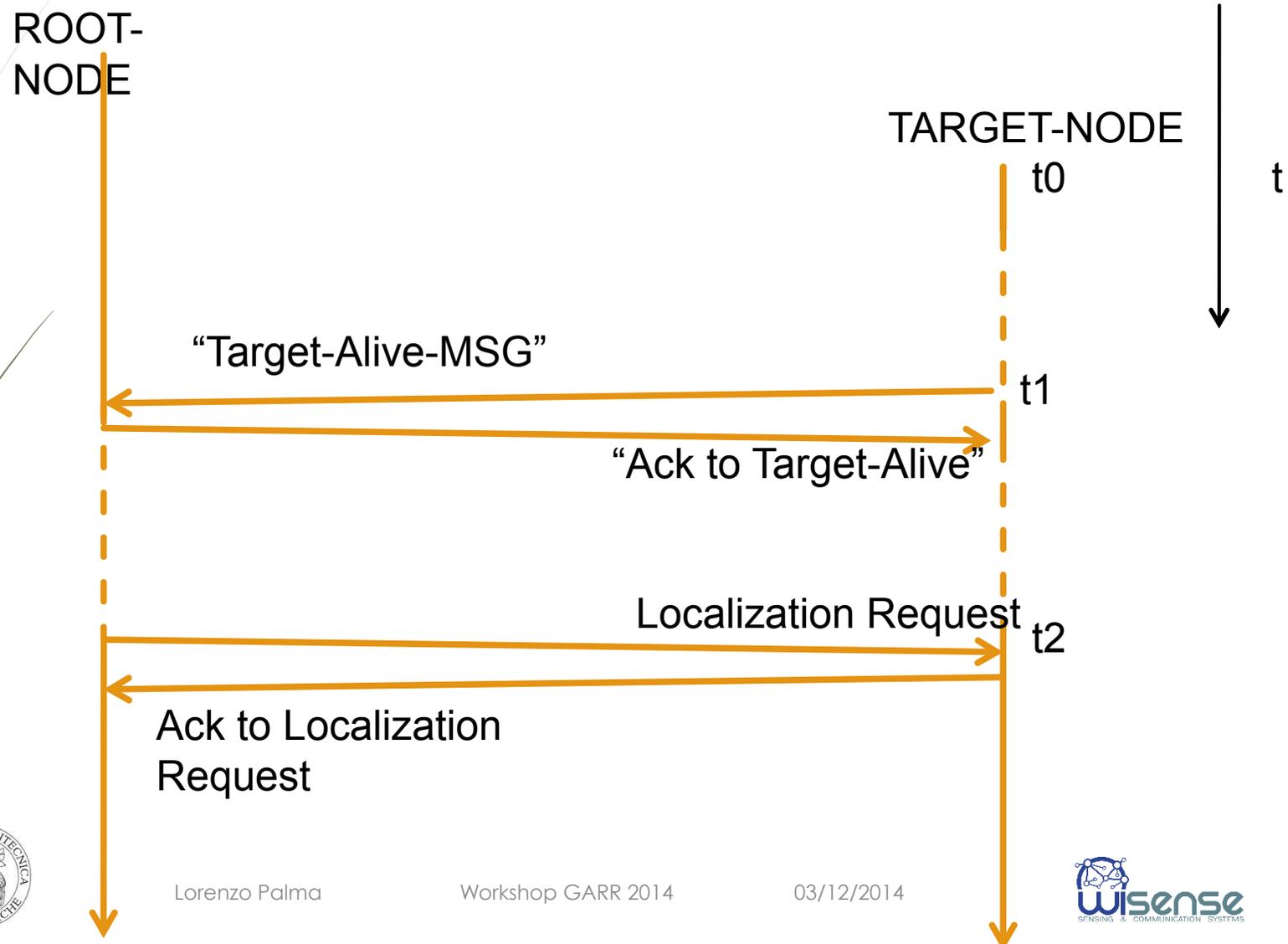


Diverse tipologie di nodi

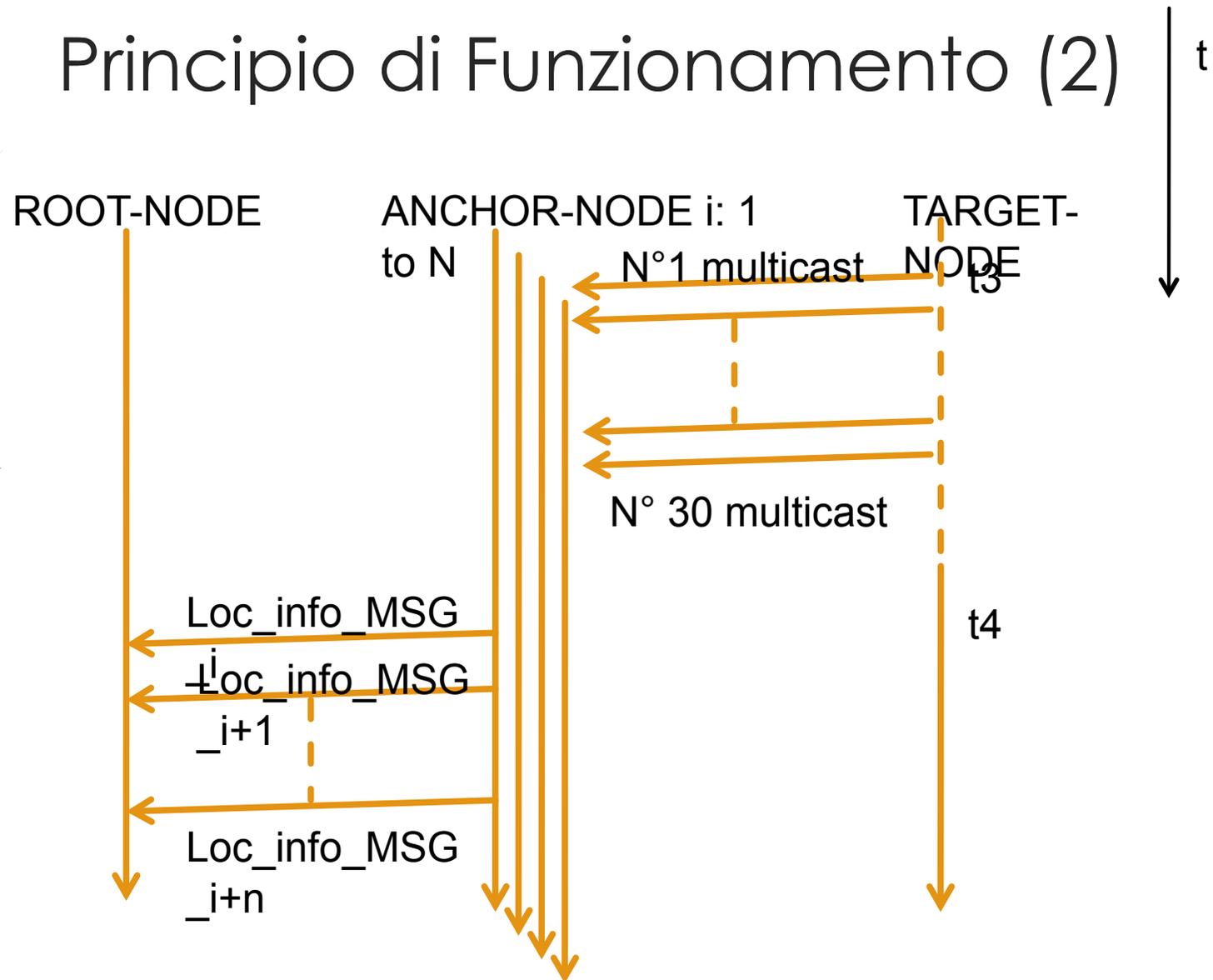
- ▶ Il **Root node** è il nodo che avvia il setup della rete e gestisce la creazione del grafo tramite l'invio del primo DIO, è il responsabile dell'acquisizione dei dati necessari per l'elaborazione della localizzazione e fornisce le informazioni circa il posizionamento dell'oggetto.
- ▶ L'**Anchor 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.



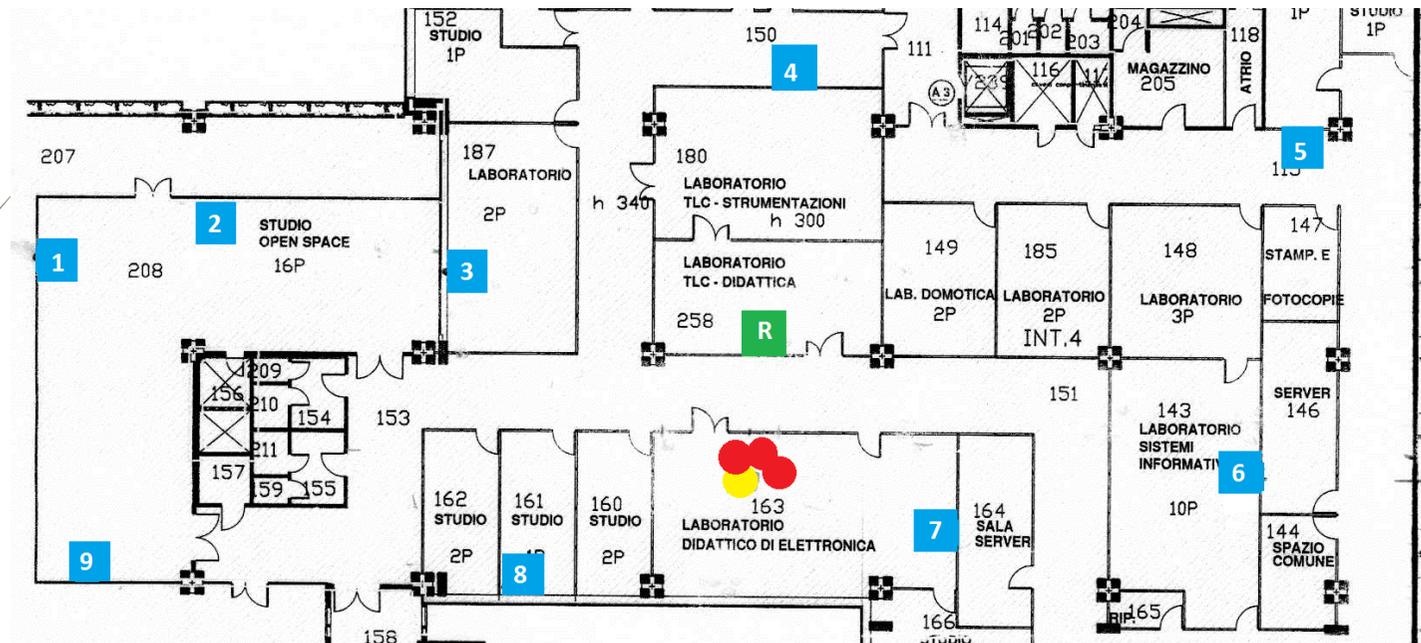
Principio di Funzionamento (1)



Principio di Funzionamento (2)



Ambiente di test



Risultati

- ▶ Oltre 500 test eseguiti
- ▶ Errore massimo inferiore ai 2 metri
- ▶ Errore medio inferiore al metro
- ▶ Dimensioni ridotte
- ▶ Costi molto contenuti
- ▶ Ampio range di frequenze
- ▶ **Very Low Cost**
- ▶ **Ultra Low Energy**



Work in progress...

- ▶ Interazione dal Cloud con i diversi target
- ▶ Possibilità di sfruttare gli anchor per il monitoraggio di parametri ambientali
- ▶ Possibilità di sfruttare il target per il monitoraggio di parametri fisiologici
- ▶ Estensione del modello 2D al 3D



Contatti

- l.palma@univpm.it
 - p.pierleoni@univpm.it
 - L.pernini@univpm.it
 - a.belli@univpm.it
 - s.valenti@univpm.it
-
- <http://www.wisense.it>

