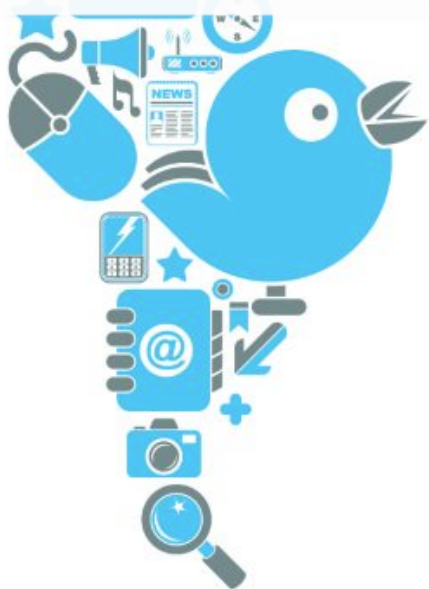




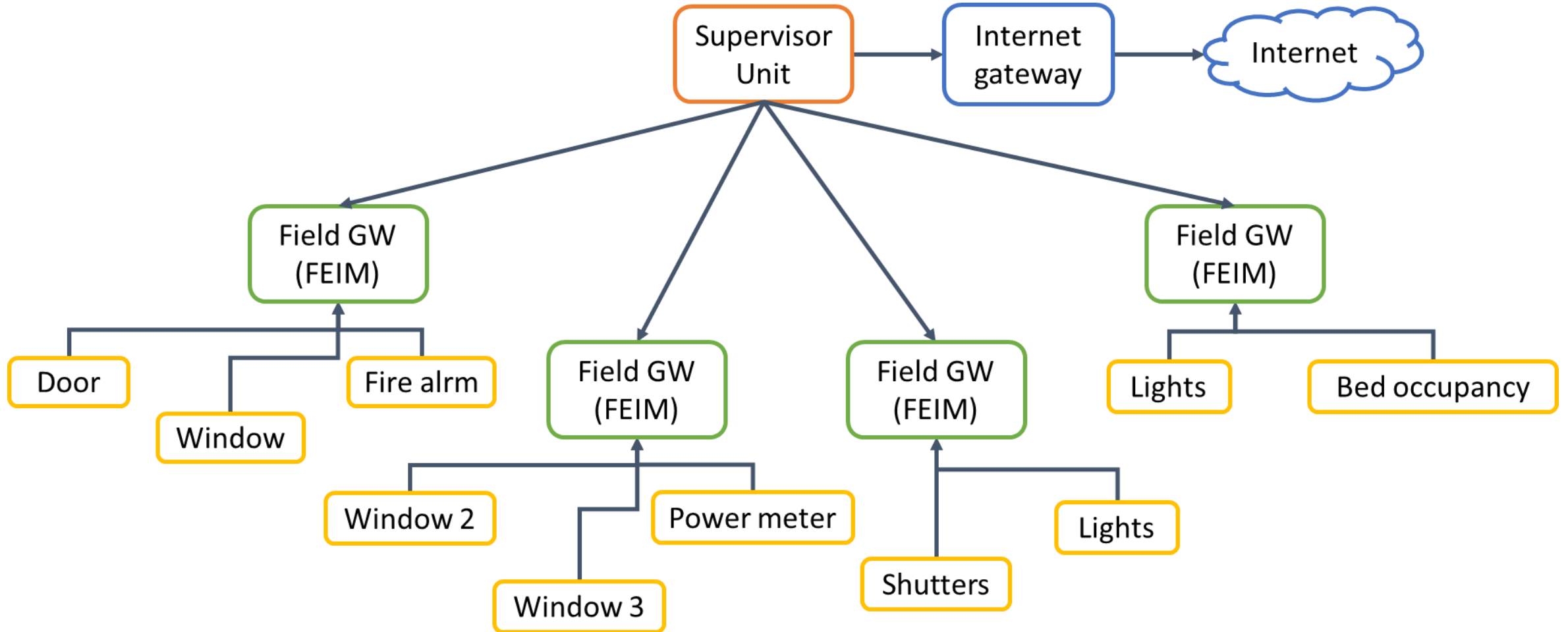
Evoluzione del sistema domotico/assistivo di UniPR: la rivoluzione IoT



Le origini: Cardea

- Cardea è stato il primo sistema domotico di UniPR (anno 2003), pensato per una serie di installazioni remote dell'appennino parmense
- **Obiettivi:**
 - messa in rete (Ethernet-IP) di sensori e attuatori domestici commerciali (concepiti come sistemi stand-alone)
 - Controllo remoto TCP/IP dello stato della casa e dell'occupazione degli ambienti abitativi (stanze, letto, bagno) al fine di facilitare il compito dei caregiver

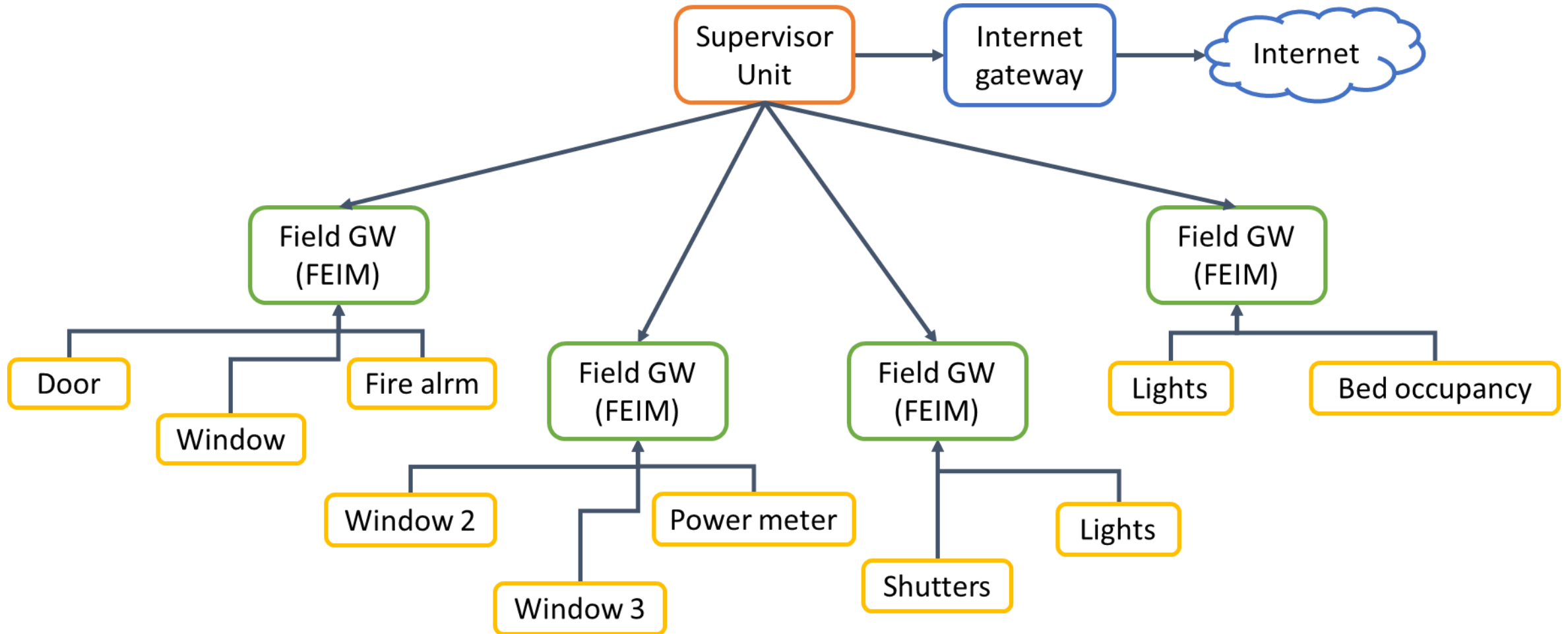
Cardea: first implementation



Da cablato a ibrido wireless

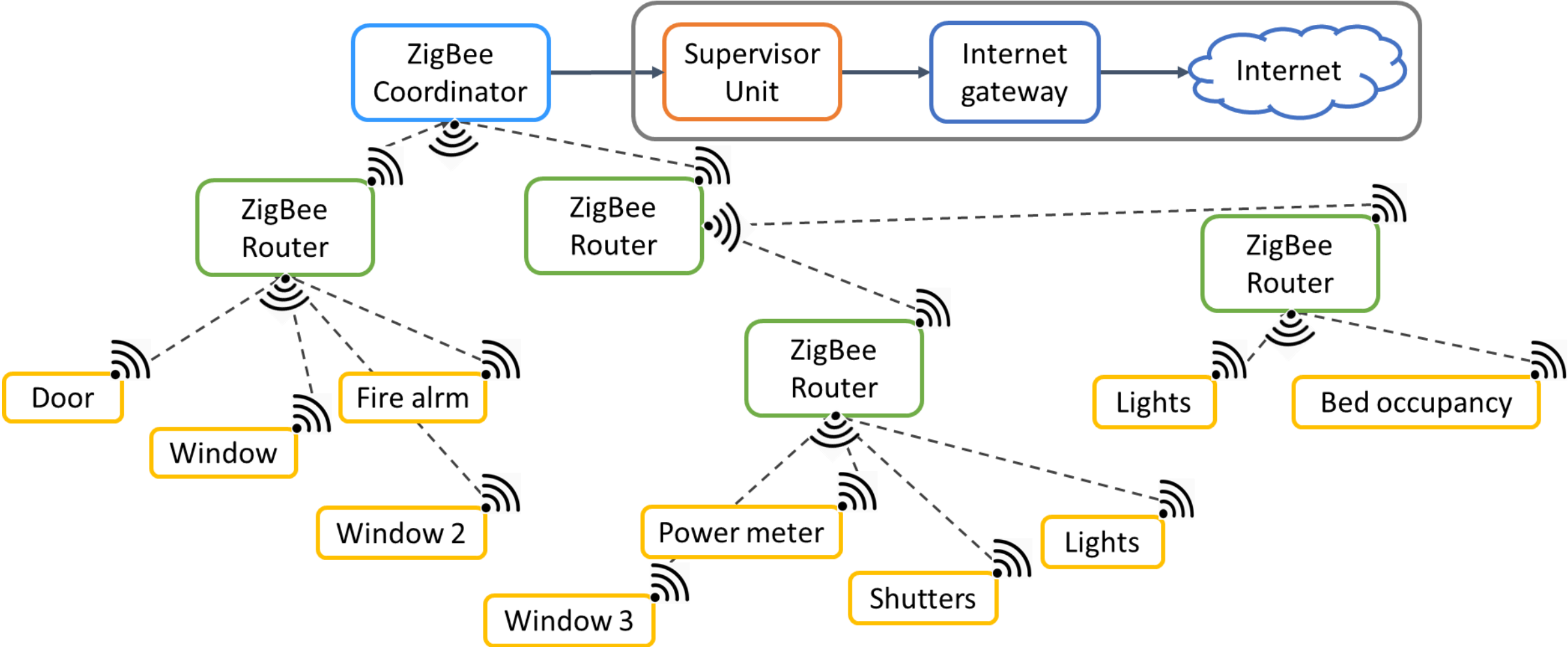
- Col tempo si è passati ad un sistema analogo, ma basato su un **ibrido** di **nodi wireless Zigbee** e **nodi cablati**:
- La Supervisor Unit (SU) era sempre realizzata su un piccolo server locale
 - Gestiva la rete ZigBee tramite il Coordinator
 - Come prima, consentiva il controllo remoto tramite TCP/IP
- Non si può ancora parlare di IoT, ma già si intravedono le basi di un sistema con nodi interconnessi ed in grado di scambiare informazioni con l'esterno

Cardea: first implementation



Cardea wireless: ZigBee architecture

Same supervisor & remote control

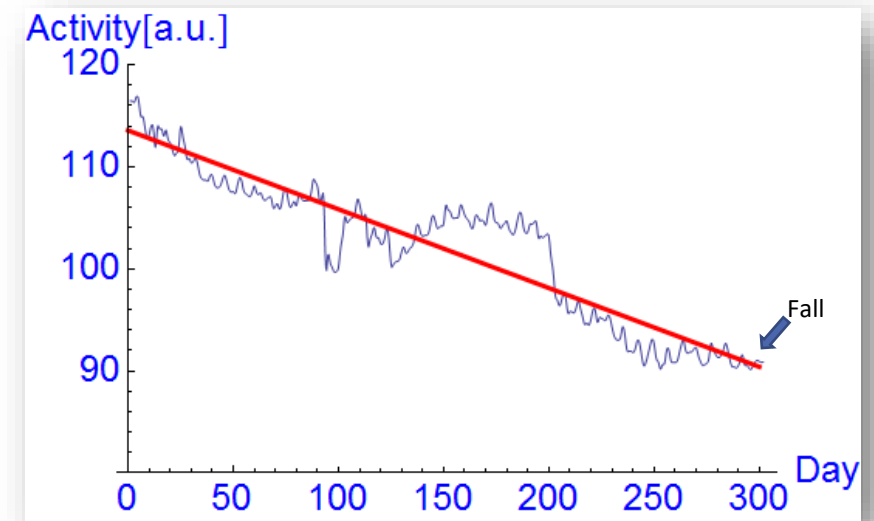
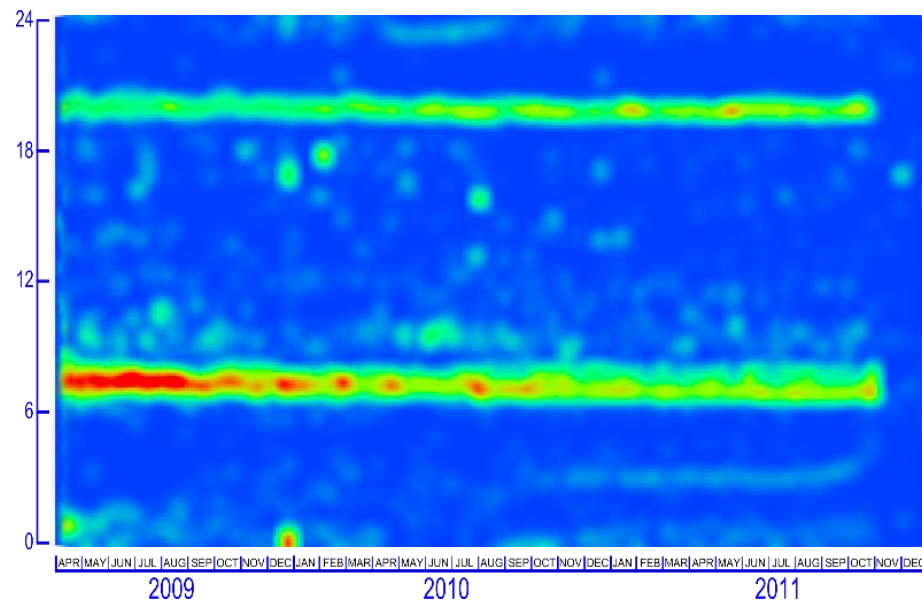


Verso il servizio di Behavioural Analytics

- Oltre a gestire le reti e l'interfacciamento, la SU registrava ogni informazione sullo stato dei sensori:
 - Eventi registrati dai sensori
 - Comandi mandati agli attuatori
- Col tempo, si sono **strutturati** tali dati passando da semplici log-files per il debug a database strutturati MySQL
- Queste erano le basi per l'analisi dei comportamenti (**behavioural analytics**) delle persone residenti

Verso il servizio di Behavioural Analytics

Ci si accorse che alcune importanti informazioni di tendenza, correlate all'abilità funzionale, erano presenti nei tracciati dei sensori



Verso il servizio di Behavioural Analytics

- Alcuni "pattern comportamentali" possono essere correlati con insorgenza di complicanze mediche
- Ad es. nello scompenso cardiaco si manifestano:
 - Dispnea e conseguente disturbo del sonno
 - Edema degli arti inferiori, aumento ponderale
 - Mancanza di energia
 - Aumento della minzione notturna
- Alcuni di questi comportamenti sono "intercettabili" con reti di sensori domestici!

Behavioural Analytics services



Trends



Anomalies

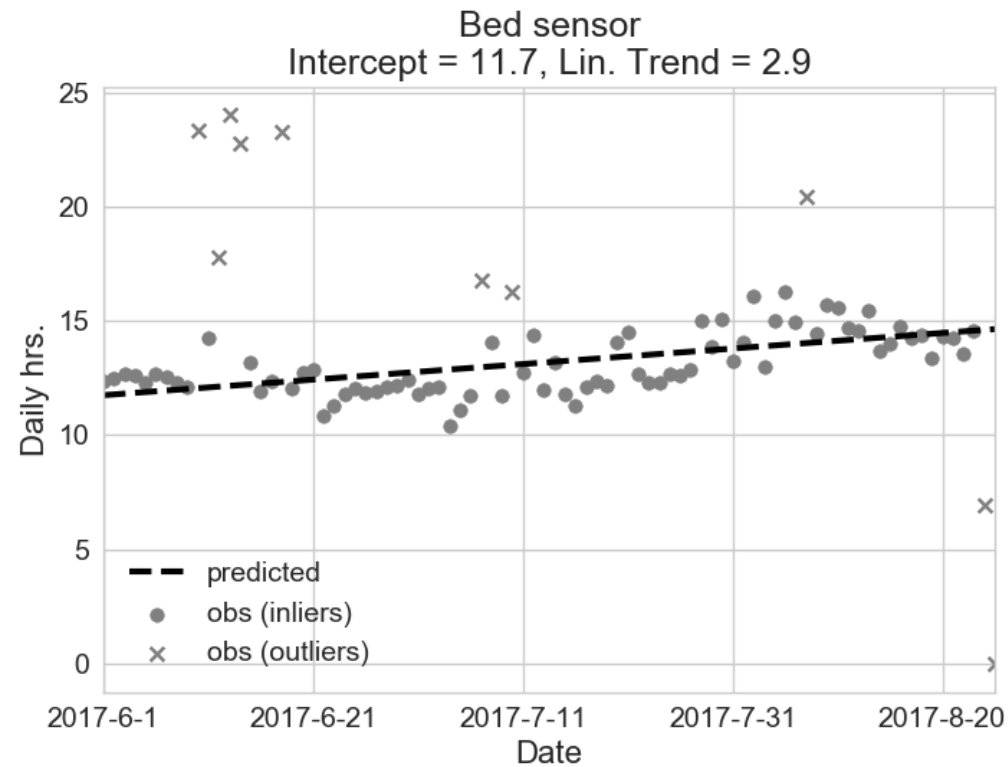


Patterns

- Detecting **trends**
 - Global/local increase/decrease of indicators (e.g. sleep patterns, etc...)
- Detecting **anomalies**
 - Unexplained/unusual behaviour
- Discovering **patterns**
 - Multivariate daily user patterns
 - Clustering and similarity

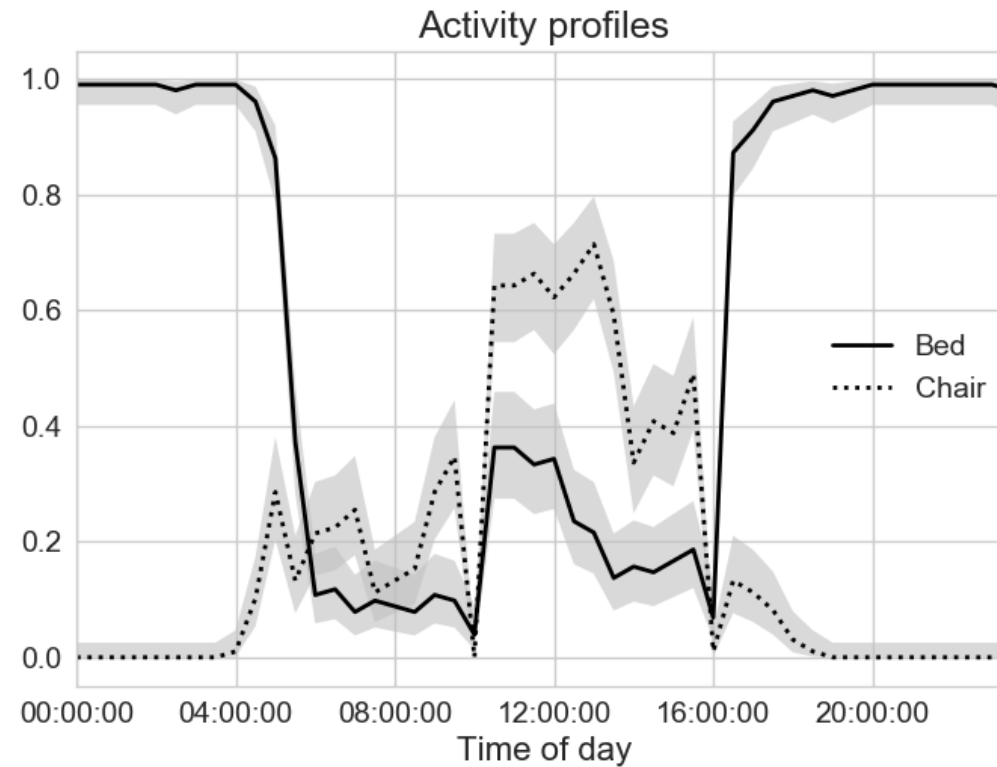
Behavioural Analytics services

Trend & anomaly detection



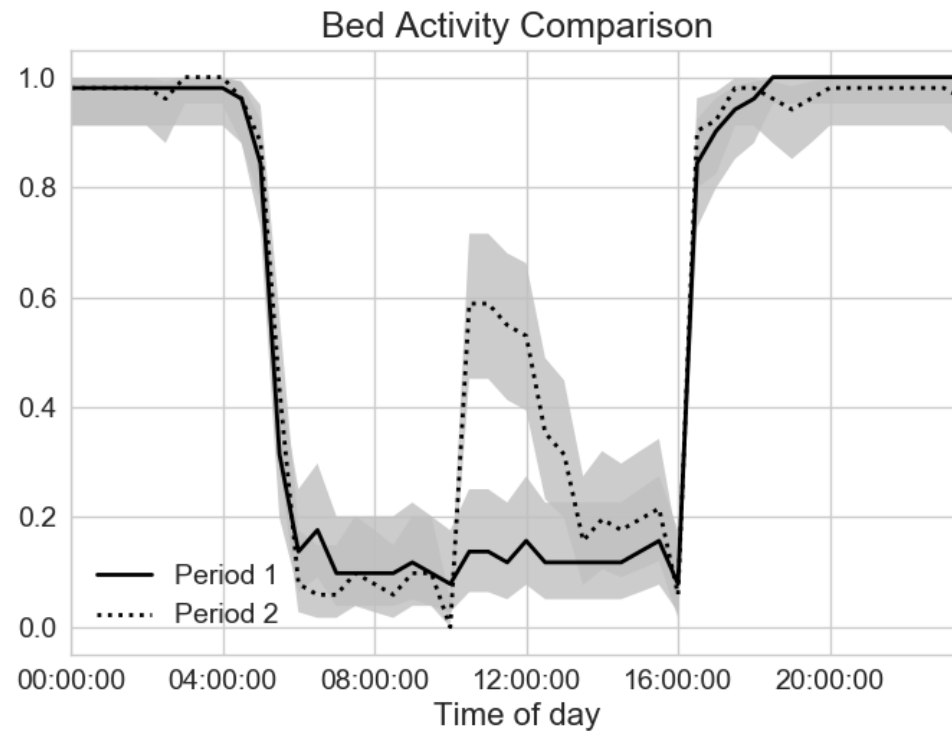
Behavioural Analytics services

Daily Habits profiling

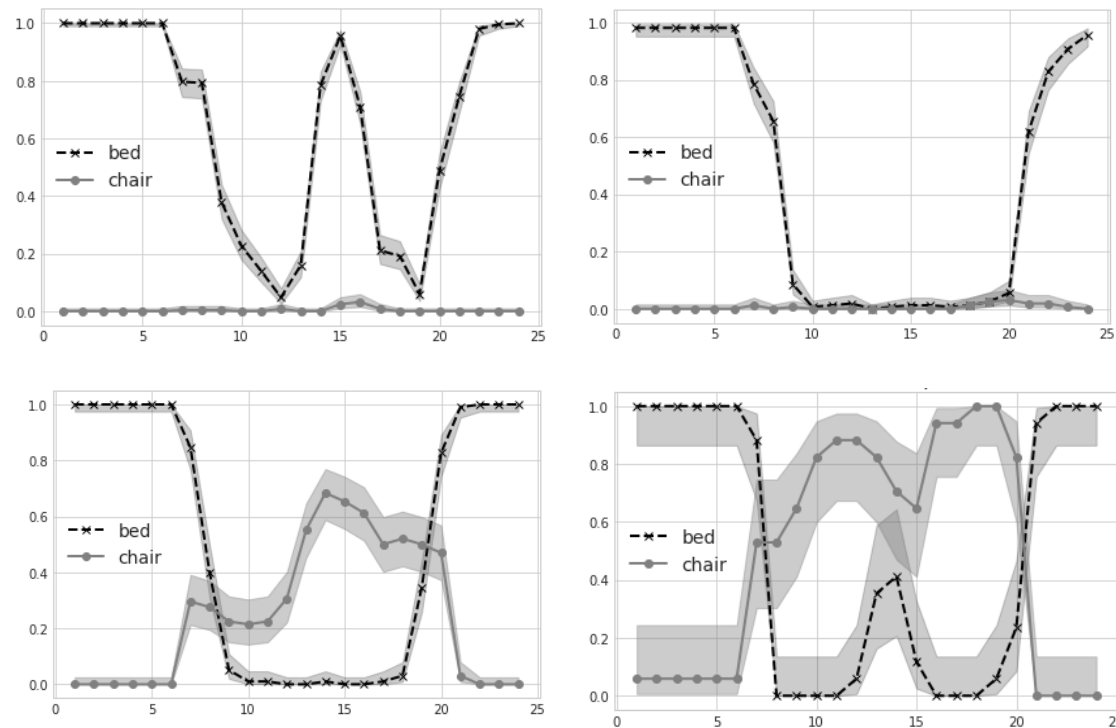


Behavioural Analytics services

Statistical pattern change detection

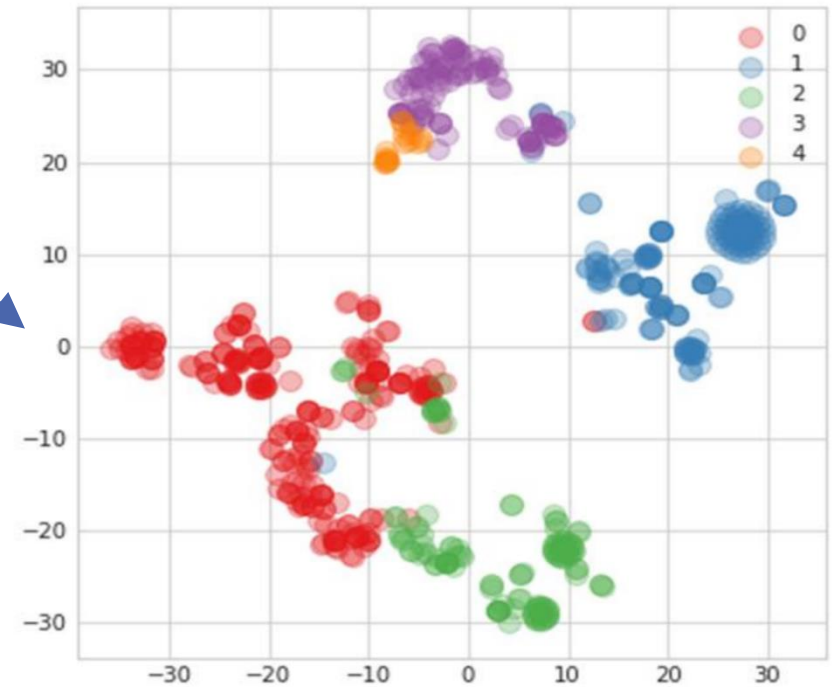
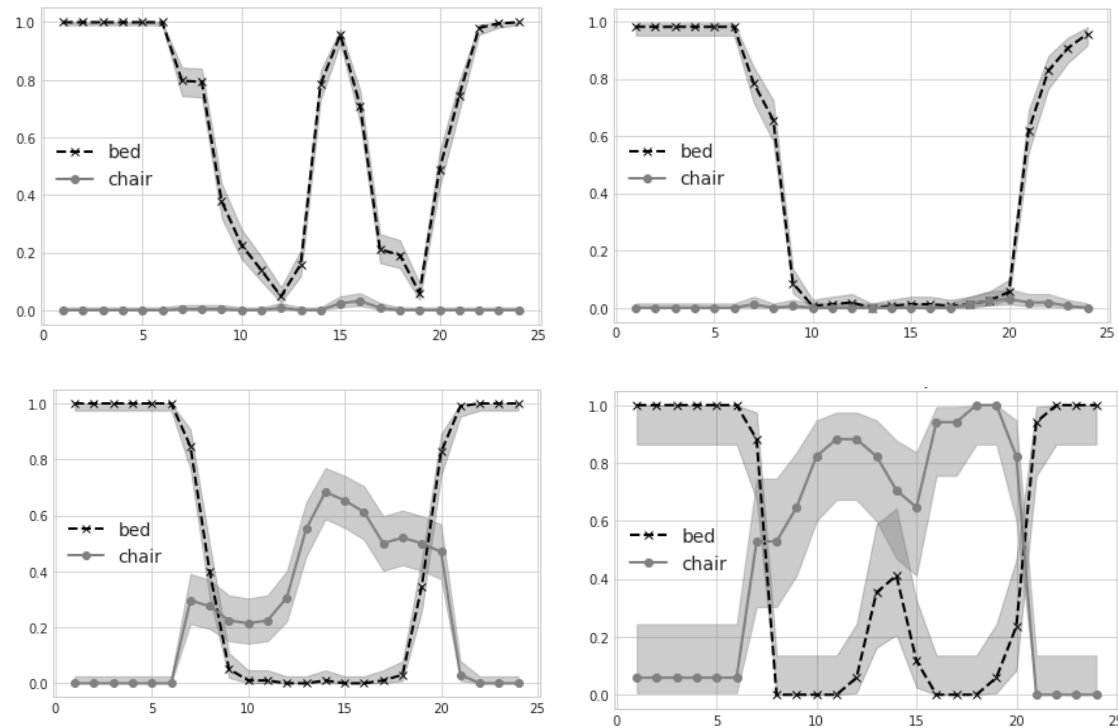


Behavioural Analytics services



Tecniche di **deep learning** e **AI** ci hanno consentito di scoprire automaticamente somiglianze tra serie giornaliere multi-sensore e raggrupparle in diverse categorie

Behavioural Analytics services

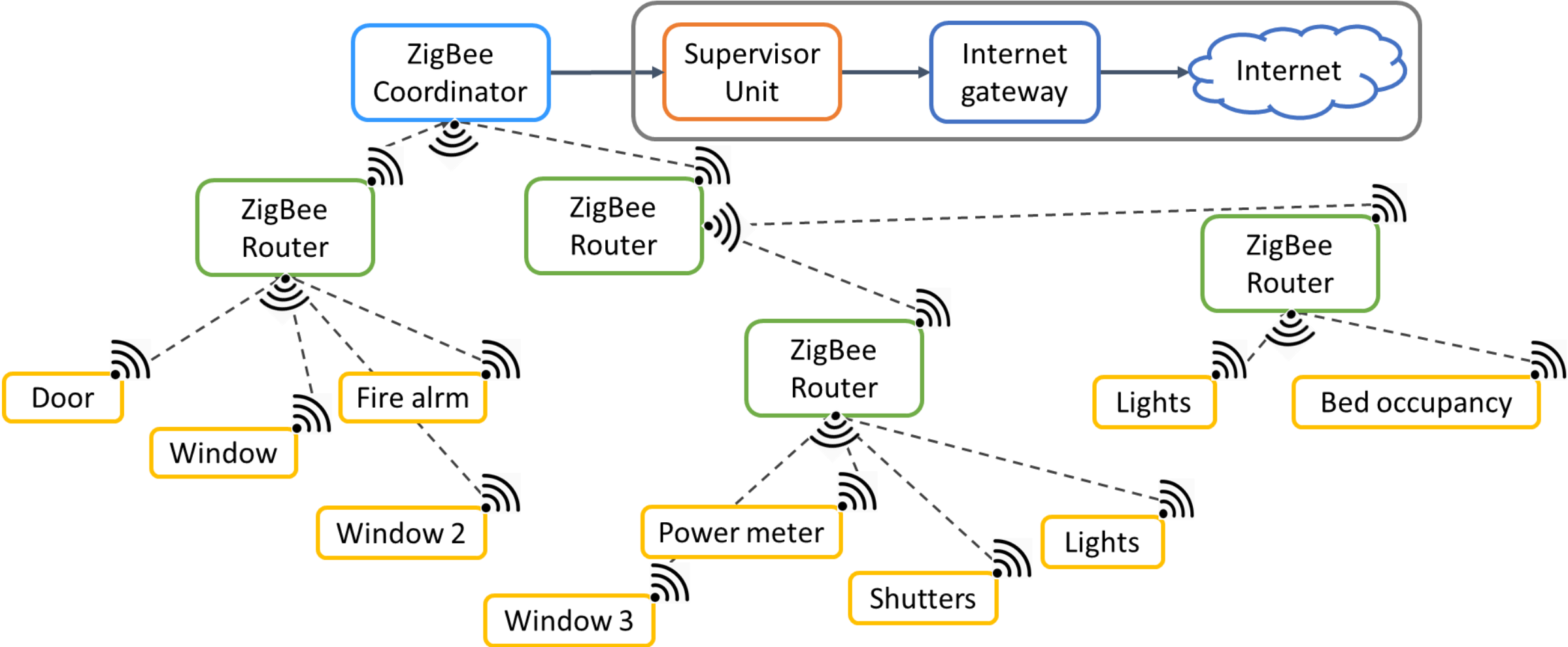


Migrazione dei servizi su cloud

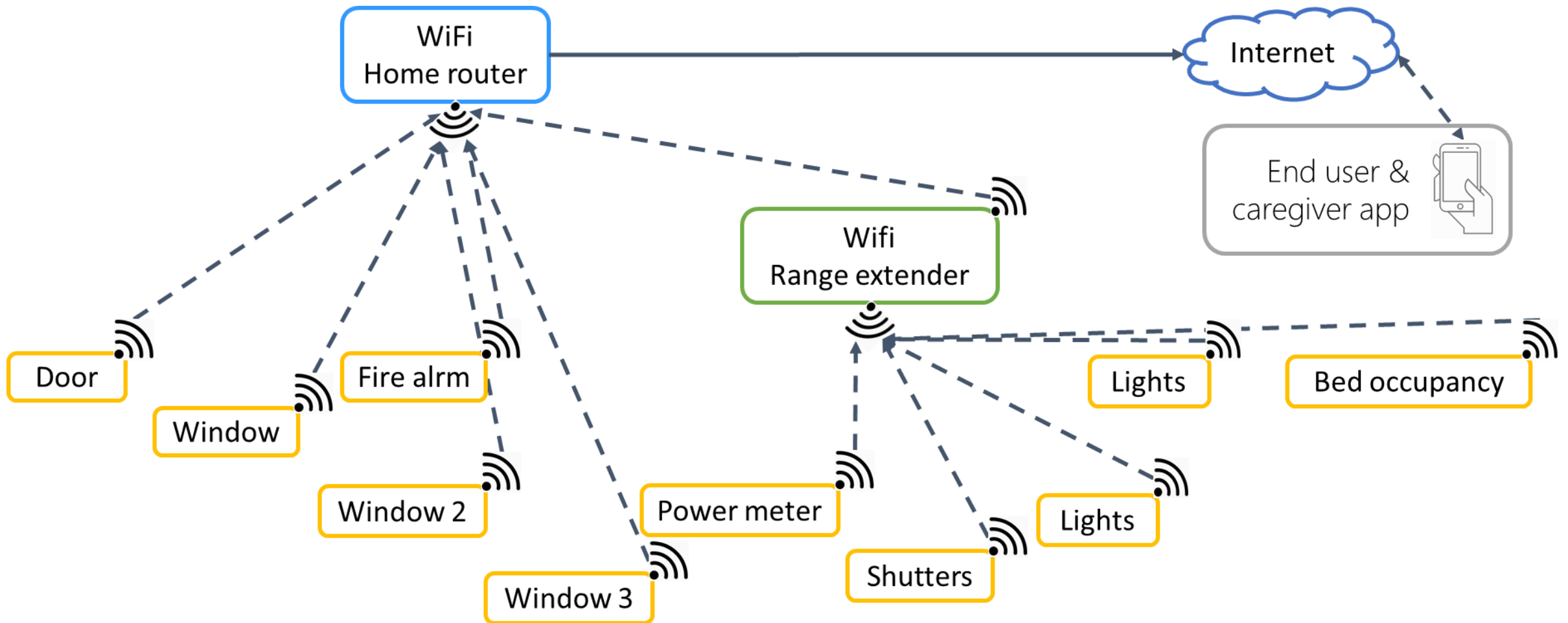
- Le analisi viste in precedenza hanno motivato un ulteriore passo in direzione di sviluppo IoT: la **migrazione dei servizi verso il cloud**
 - **Storage** dei dati in cloud, sempre disponibili
 - **Analisi** dei dati in real-time e batch
 - **Training** periodico dei modelli di deep-learning e machine learning, che possono contare su tutti i dati di tutti i siti di deployment
 - Esposizione di **micro-servizi** REST per l'interazione con diverse tipologie di utenti

Cardea wireless: ZigBee architecture

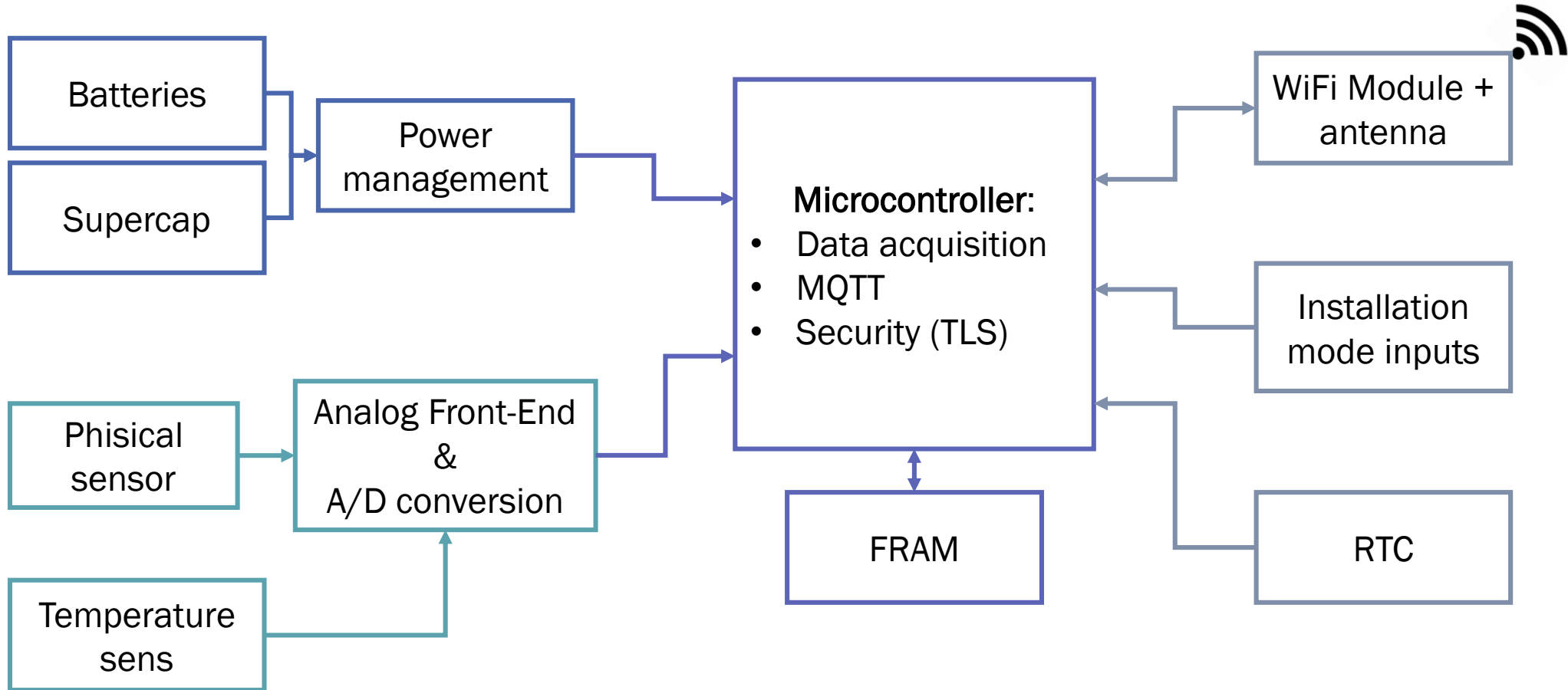
Same supervisor & remote control



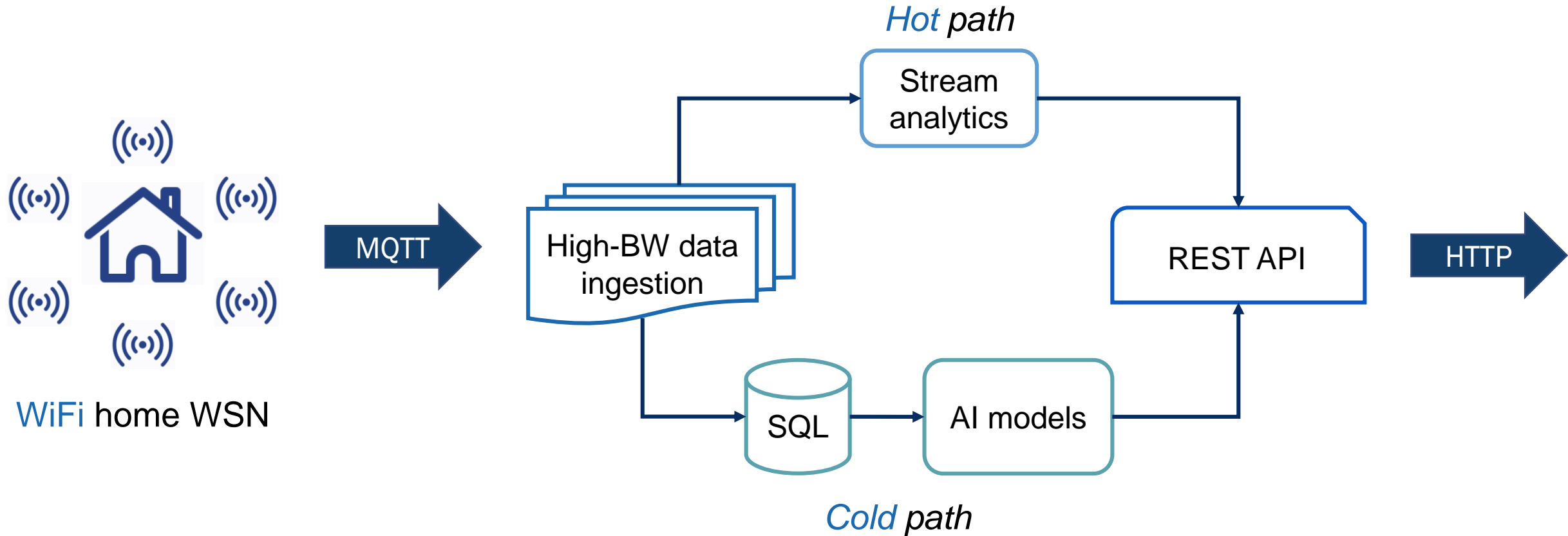
Cardea IoT: WiFi architecture



Architettura tipo dei nodi IoT UniPR

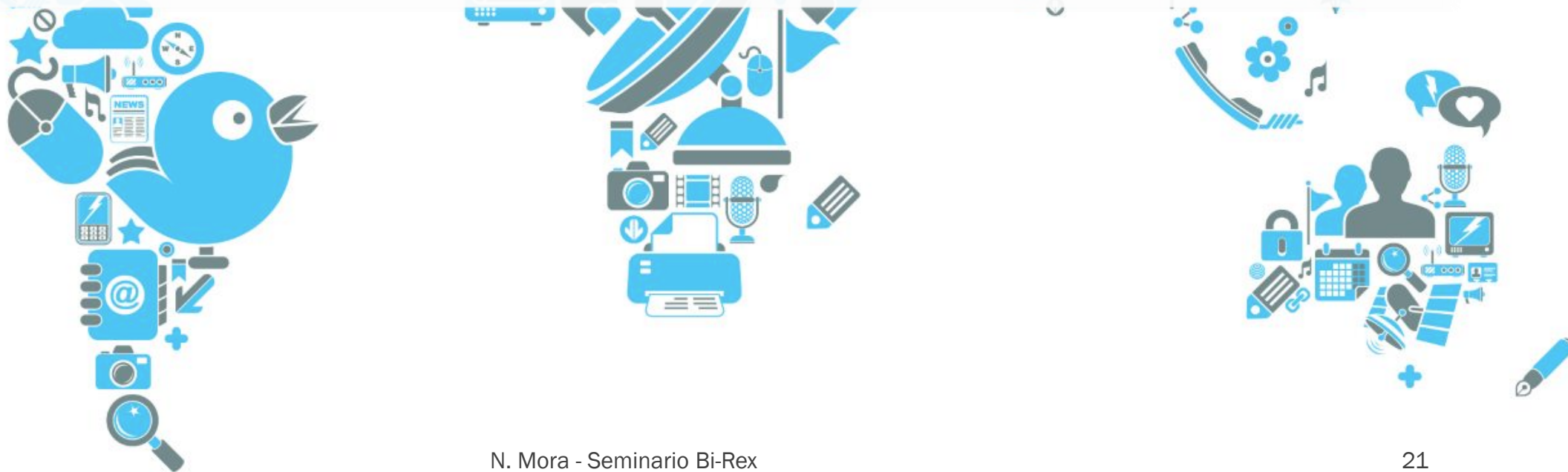


Architettura tipo dei servizi cloud UniPR



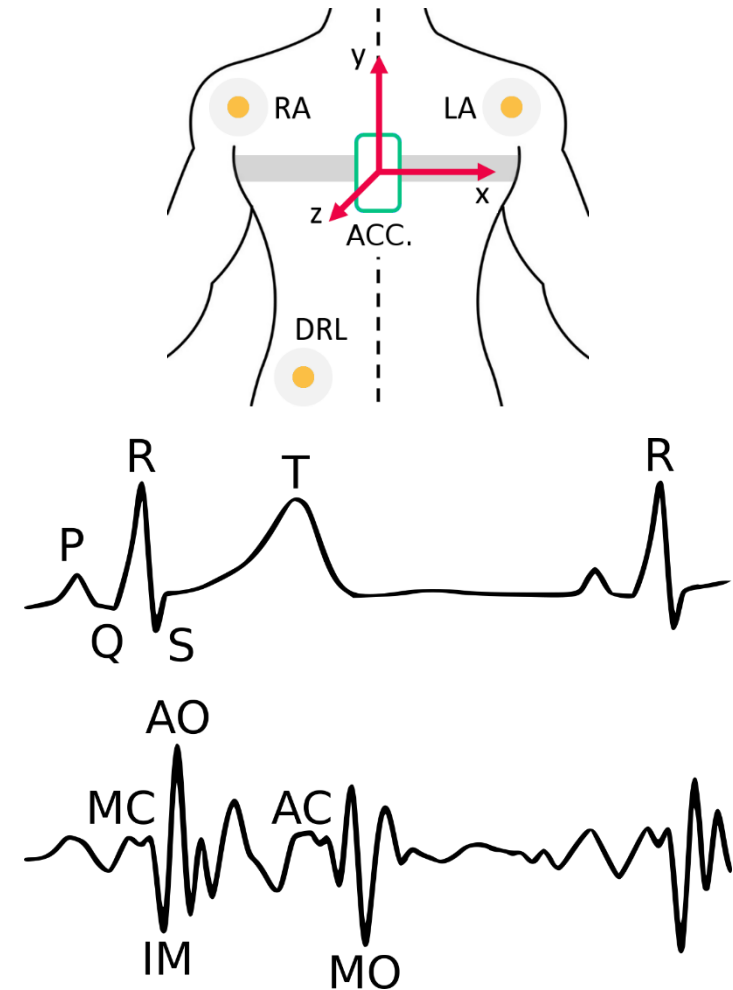


Tematiche di ricerca attive



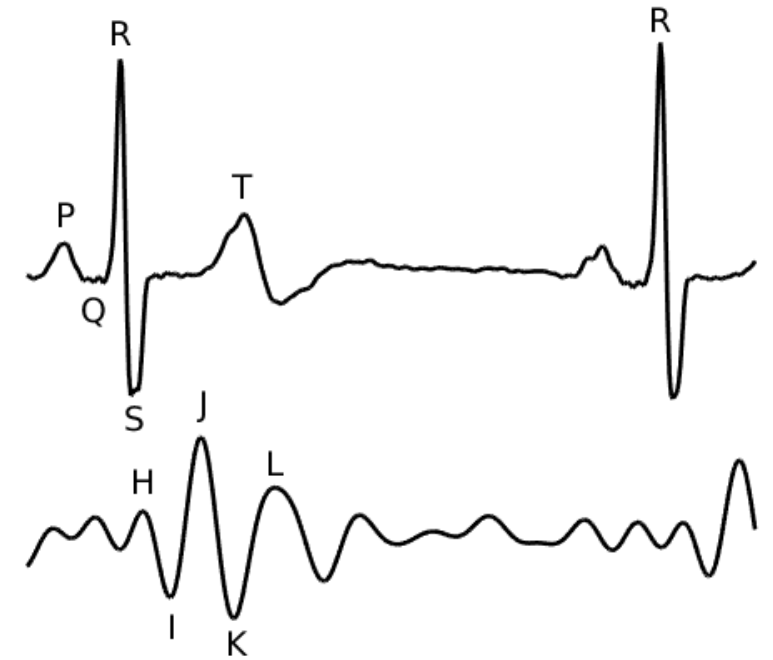
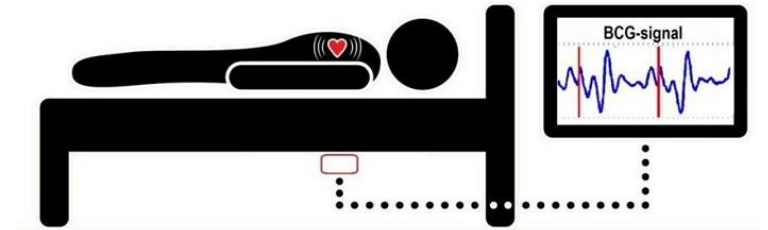
SeismoCardioGraphy

- Studio delle fasi cardiache a partire dalle vibrazioni trasmesse attraverso la cassa toracica
- Il sensore che viene comunemente usato è una **IMU** (Inertial Measurement Unit)
 - **SCG**: accelerazioni
 - **GCG**: velocità angolare
- Dai tracciati si riescono a distinguere diverse fasi cardio-meccaniche, tra le quali l'apertura e chiusura della valvola aortica e la chiusura della valvola mitrale
- Questi punti di interesse possono essere usati per calcolare grandezze quali HR, HRV e, unite a ECG, PEP, LVET



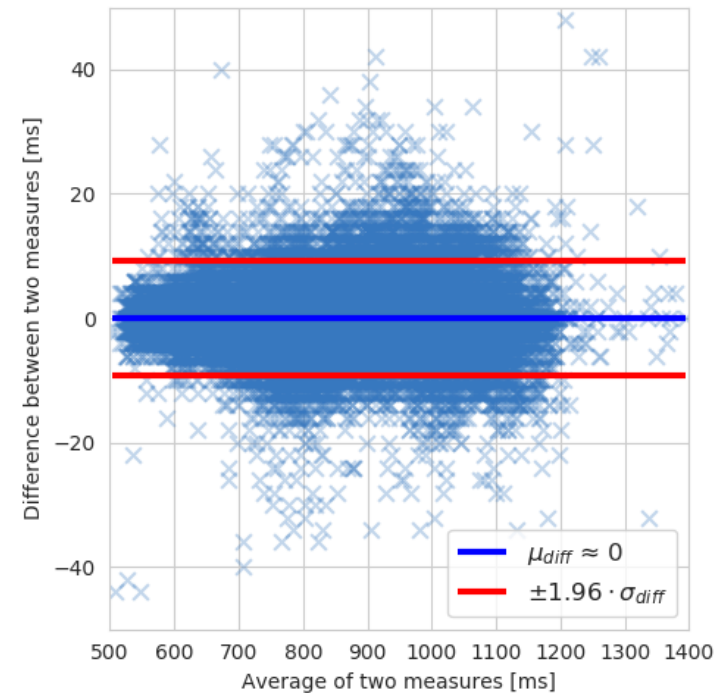
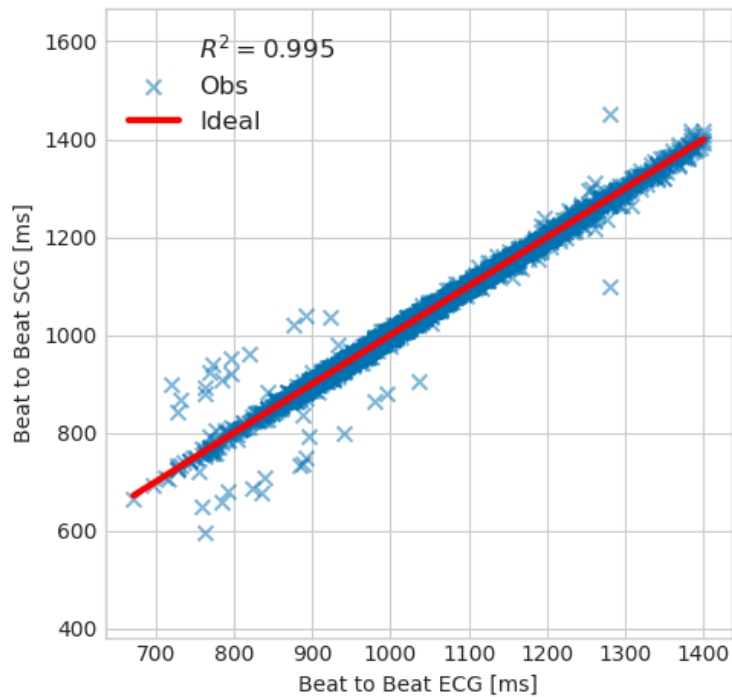
BallistoCardioGraphy

- L'attività cardiaca produce ed induce vibrazioni che possono essere rilevate anche in posizioni periferiche o, addirittura, su oggetti posti a diretto contatto col corpo, quali bilancia o letto
- Il cuore infatti, pompando sangue attraverso l'aorta, produce pattern caratteristici di accelerazione (qualche *mg*): essi sono il risultato di **gradienti di pressione attraverso l'arteria**
- Il tempo di arrivo dell'impulso, rispetto al picco R dell'elettrocardiogramma, può essere anche esso usato per monitorare la **pressione sanguigna** senza uso di bracciali e fonendi.
- Anche il BCG può essere usato per scopi di vital sign monitoring continuativo e non invasivo



Procedura di valutazione delle prestazioni

Sensitivity $\approx 98.5\%$, Precision $\approx 98,6\%$ (Media su 20 soggetti, 65k battiti analizzati)





Grazie per l'attenzione