

# Internet of Things (IoT)

Introduzione, componenti, sistemi operativi, applicazioni e criticità

Corso: Sistemi di Calcolo 2  
Docente: Riccardo Lazzeretti

## Indice

<b>1</b>	<b>Che cos'è l'IoT</b>	<b>1</b>
1.1	Definizione intuitiva . . . . .	1
1.2	Percezione pubblica (dalle slide) . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Breve storia</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Evoluzione delle tecnologie</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>Componenti di base</b>	<b>2</b>
4.1	Sensore . . . . .	2
4.2	Attuatore . . . . .	2
4.3	Microcontrollore . . . . .	2
4.4	Ricetrasmittitore . . . . .	2
4.5	RFID . . . . .	3
<b>5</b>	<b>Struttura dell'IoT</b>	<b>3</b>
5.1	IoT nel contesto della rete d'impresa . . . . .	3
<b>6</b>	<b>Sistemi operativi per IoT</b>	<b>3</b>
6.1	Dispositivi <i>constrained</i> . . . . .	3
6.2	Requisiti essenziali . . . . .	3
6.3	Strutture tipiche e OS noti . . . . .	4
<b>7</b>	<b>Stato attuale e prospettive</b>	<b>4</b>
7.1	Il futuro dell'IoT . . . . .	4
7.2	Potenziale . . . . .	4
7.3	Roadmap tecnologica . . . . .	4
<b>8</b>	<b>Applicazioni dell'IoT</b>	<b>4</b>
8.1	Esempi illustrati nelle slide . . . . .	5
<b>9</b>	<b>Criticità e controversie</b>	<b>5</b>
<b>10</b>	<b>Conclusioni</b>	<b>5</b>

## 1 Che cos'è l'IoT

### 1.1 Definizione intuitiva

Ultimo sviluppo della lunga, continua rivoluzione del **computing** e delle **comunicazioni**. Il termine si riferisce all'**interconnessione crescente di dispositivi** intelligenti — dagli elet-

trodomestici a minuscoli sensori — spesso attraverso sistemi **cloud**. L’IoT comprende miliardi di oggetti industriali e personali, con enfasi sui **dispositivi embedded** a basso consumo e su traffico tipicamente a *bassa banda* e a *bassa frequenza*.

## 1.2 Percezione pubblica (dalle slide)

*Descrizione delle figure:* sondaggi su 1000 rispondenti indicano ampia **confusione** sul significato di “IoT”; molti dichiarano di averne sentito parlare ma danno risposte imprecise. Grafici aggiuntivi mostrano l’acquisto di prodotti “smart”, l’idea che gli *smartphone* non siano più percepiti come “smart”, e che esista comunque ampio **margin**e di **crescita** nel mercato.

## 2 Breve storia

Il concetto di “Internet delle Cose” diventa popolare verso il **1999** con l’*Auto-ID Center* del MIT e studi di mercato correlati. In quel periodo la **RFID** era considerata prerequisito chiave. L’idea: se oggetti e persone avessero identificatori, i computer potrebbero gestirli ed inventariarli. Oltre all’RFID, la “taggatura” può avvenire via **NFC**, **codici a barre**, **QR code**, **Bluetooth** e **digital watermarking**.

## 3 Evoluzione delle tecnologie

1. **Information Technology (IT)**: PC, server, router, firewall. Acquistati come dispositivi IT da personale IT; principalmente connettività *cablate*.
2. **Operational Technology (OT)**: macchine con IT *embedded* prodotte da aziende non-IT (sanitario, SCADA, controllo di processo, chioschi). Acquistate come *appliance* da personale OT; prevalentemente cablate.
3. **Personal Technology**: smartphone, tablet, eBook reader; acquistati dai consumatori; connettività **wireless** (spesso più forme insieme).
4. **Sensor/Actuator Technology**: dispositivi mono-funzione acquistati da consumatori, IT e OT; connettività **wireless** (in genere singola tecnologia) e parte di sistemi più ampi.

## 4 Componenti di base

### 4.1 Sensore

Misura una grandezza fisica/chimica/biologica e produce un segnale elettronico proporzionale (analogico o digitale), normalmente inviato a un **microcontrollore** o elemento di gestione.

### 4.2 Attuatore

Riceve un segnale elettronico da un controllore e interagisce con l’ambiente producendo un **effetto** sulla grandezza d’interesse.

### 4.3 Microcontrollore

Fornisce l’**intelligenza** al dispositivo smart; tipicamente profondamente *embedded*.

### 4.4 Ricetrasmittitore

Elettronica per *trasmettere e ricevere* dati; spesso **wireless** (Wi-Fi, ZigBee o altre tecnologie).

## 4.5 RFID

Tecnologia che usa onde radio per identificare elementi; composta da **tag** e **reader**. I tag sono piccoli dispositivi programmabili per tracciamento di oggetti, animali e persone, con ampia varietà di forme, dimensioni, funzionalità e costi.

## 5 Struttura dell'IoT

L'IoT può essere visto come una grande rete formata da reti di dispositivi e calcolatori connessi tramite una serie di tecnologie intermedie; più tecnologie (RFID, connessioni wireless) fungono da *abilitatori* di questa connettività.

- **Tagging Things**: tracciabilità e indirizzabilità in tempo reale via RFID.
- **Feeling Things**: i sensori raccolgono dati dall'ambiente.
- **Shrinking Things**: miniaturizzazione e nanotecnologie abilitano oggetti sempre più piccoli a connettersi.
- **Thinking Things**: intelligenza *embedded* e connettività rendono possibili controlli intelligenti.

### 5.1 IoT nel contesto della rete d'impresa

*Descrizione*: schema che posiziona l'IoT come sottoinsieme interconnesso con reti aziendali esistenti e servizi cloud; attenzione a **sicurezza**, **analisi** e **gestione**.

## 6 Sistemi operativi per IoT

### 6.1 Dispositivi *constrained*

Risorse molto limitate: RAM nell'ordine dei **kB**, ROM ridotta, alimentazione a **batterie**, assenza di **MMU**, CPU modeste. Servono **OS ad hoc**: **TinyOS**, **RIOT** (open source), **µClinux**.

### 6.2 Requisiti essenziali

**Impronta ridotta** Poca memoria disponibile: OS e applicazioni condividono lo spazio; necessarie librerie e strutture dati ottimizzate per **dimensioni** e **prestazioni**.

**Supporto ad hardware eterogeneo** Per sistemi grandi (server/PC) domina x86; per smartphone e molte classi di IoT domina **ARM**. I dispositivi *constrained* usano varie famiglie di microcontrollori, soprattutto **8-bit** e **16-bit**. Ampia varietà anche nelle tecnologie di **comunicazione**.

**Connettività di rete** Tecnologie tipiche: **IEEE 802.15.4** (LR-WPAN), **ZigBee**, **Bluetooth Low Energy** (BLE), **6LoWPAN** (IPv6 su WPAN a bassa potenza), **CoAP** (protocollo applicativo per dispositivi limitati), **RPL** (routing per reti a bassa potenza e *lossy*), **LoRaWAN** (rete LPWAN a lungo raggio).

**Efficienza energetica** Obiettivo: funzionare **anni** con una singola batteria. Richiede CPU efficienti, schemi di trasmissione **parchi nei consumi** e funzionalità di **monitoraggio/gestione** dell'energia esposte anche ai livelli applicativi.

**Capacità *real-time*** Alcune applicazioni richiedono vincoli temporali (sorveglianza, auto intelligenti): l'OS deve soddisfare requisiti di esecuzione **tempestiva**.

**Sicurezza** **Strato applicativo:** autenticazione, autorizzazione, confidenzialità dei dati, antivirus, privacy. **Strato di rete:** autenticazione/autorizzazione, confidenzialità e **integrità** dei dati. **Strato dispositivo:** autenticazione/autorizzazione, validazione **integrità** del device, **controllo accessi**.

### 6.3 Strutture tipiche e OS noti

*Descrizione:* schema tipico di IoT OS con kernel leggero, stack di rete per 802.15.4/6Lo-WPAN/CoAP, gestione energia, driver, e spazio applicativo. *Tabella* (descritta): confronto sintetico tra OS famosi per footprint, supporto rete, real-time, sicurezza.

## 7 Stato attuale e prospettive

*Motto:* “*Change is the only thing permanent in this world*”. L'IoT evolve come **rete di reti** con livelli aggiuntivi di **sicurezza, analytics e gestione**.

### 7.1 Il futuro dell'IoT

*Citazione nelle slide:* “*The Sky's not the limit. It's only the beginning with IoT.*”

### 7.2 Potenziale

Stime industriali (es. GE) riportano l'impatto di un risparmio dell'**1%** applicato a scala globale tramite IoT nei vari settori.

### 7.3 Roadmap tecnologica

*Descrizione della figura:* mappa della *technology roadmap* IoT (riportata con riferimento Wikipedia) che colloca tecnologie abilitanti, protocolli e applicazioni lungo una linea temporale.

## 8 Applicazioni dell'IoT

- **Home & Building Automation**
- **Manufacturing**
- **Sanitario** (medicale e *healthcare*)
- **Media**
- **Monitoraggio ambientale**
- **Gestione infrastrutture**
- **Gestione energetica**
- **Trasporti**
- **Qualità della vita per anziani**
- **Altri** (*You name it, and you will have it in IoT!*)

## 8.1 Esempi illustrati nelle slide

**Agro-zootecnia:** sensori nelle orecchie del bestiame (“*anche le vacche saranno connesse*”) per monitorare salute e tracciarne i movimenti; una vacca può generare ~**200 MB/anno** di dati.

**Life logging:** strumenti/servizi IoT a supporto del *quantified self*.

## 9 Criticità e controversie

Osservatori e studiosi sollevano dubbi sulle promesse della *ubiquitous computing revolution*, in ambiti quali: **privacy**, **sicurezza**, **autonomia e controllo**, **controllo sociale**, **manipolazione politica**, **design**, **impatto ambientale**, **influenze sul processo decisionale morale umano**.

## 10 Conclusioni

L'IoT è una **rete di reti** di oggetti intelligenti connessi. Opportunità e sfide coesistono: occorrono piattaforme software adeguate (OS leggeri, stack di rete efficienti), pratiche di **sicurezza** end-to-end e attenzione a **privacy** e **impatti sociali** per un'adozione sostenibile.