

Appunti IoT Systems

Capitolo 6

Smart Objects e Internet of Things

Simone Coco

Smart objects e internet of things

Storia dell'Internet of Things

Il termine IOT (Internet of Things) venne coniato per la prima volta da Kevin Ashton durante una presentazione nel 1999, in seguito ad alcune evoluzioni che somigliarono molto agli scenari che IoT si è imposta di ottenere, come ad esempio l'introduzione dei microprocessori per creare dei sensori intelligenti nel 1980, integrando il tutto su un unico chip.

Con il passare del tempo è aumentata la resa dei dispositivi elettronici: sono stati distribuiti sempre più dispositivi (come i PC) e quest'ultimi erano sempre meno difettosi. Possiamo definire la resa come il rapporto tra i dispositivi prodotti e la quantità, tra essi, di dispositivi difettosi. Questo ha portato ad uno sviluppo di massa e ciò ha portato ad un abbassamento dei costi di produzioni, di conseguenza all'aumento della domanda, tornando nuovamente all'aumento della produzione.

Il termine IoT viene spesso utilizzato al giorno d'oggi ma alcuni principi su cui essa si basa (paradigmi di produzione, real time, etc..) fonda radici in anni passati.

Dal 2000 al 2009 vi fu una diffusione capillare di internet, dei PC e dei contenuti in internet. In questi anni nacque l'IpV6 (per fronteggiare il numero di PC e di oggetti connessi ad internet)

Nel 2010 si parla di punto di svolta (**turning point**) in cui vi fu l'inizio dello sviluppo dell'IoT (lo sviluppo di oggetti collegabili ad internet) [Anche se lo studio è databile a prima del 2010]

Cosa è l'Internet of things

Con IoT vogliamo indicare tutto l'insieme dei dispositivi che si possono collegare ad internet e possono comunicare e interagire con l'utente e/o altri dispositivi: parliamo di quelli che vengono definiti **smart object**.

Parlare infatti di internet of things e di smart object technology è praticamente la stessa cosa.

Il termine IoT è infatti molte volte sostituito a web of things, cooperating object, etc...

Anche se questi termini possono evidenziare differenti caratteristiche, tutte si basano sullo stesso principio: **rendere un oggetto intelligente così che possa comunicare ed assolvere un determinato compito**.

Gli smart objects

L'obiettivo di rendere un oggetto "smart" potrebbe essere quello di aumentarne le potenzialità:

ad esempio, avendo una semplice penna, possiamo utilizzare un sistema che integri le due potenzialità, aggiungendo ad esempio una rilevazione in modo che essa non venga persa; possiamo anche immaginare un rilevatore per il livello di inchiostro, una eventuale correzione di calligrafia...

Quindi **rendere un oggetto smart** significa dotare quest'ultimo di funzionalità in più che ne ampliano il funzionamento di base. Diremo, nello specifico, che:

"Uno smart Object è un oggetto equipaggiato con una forma di sensori o attuatori, un piccolo processore, un dispositivo di comunicazione ed un sistema di alimentazione (batteria o presa elettrica)."

Possiamo quindi definire Smart Object un oggetto che corrisponde alla descrizione fornita.

Comportamenti dello smart object

Affinché possa essere definito tale, uno smart object, oltre ad essere caratterizzato dalla descrizione data, deve anche seguire una serie di **comportamenti (behaviours)**:

1. Deve essere in grado di interagire fisicamente con l'ambiente esterno
2. Deve essere in grado di comunicare

Un parametro fondamentale per gli smart objects è la **dimensione**: più lo smart object è piccolo e migliore sarà la sua applicazione in una determinata area. Negli anni 80 vi erano schede larghe quanto un foglio A4, ad oggi non sarebbe possibile utilizzare un sistema così grande: se volessimo creare una penna intelligente, lo potremmo fare solo utilizzando un chip di dimensioni minime.

Concetto di smartness

Serviamoci di un esempio per chiarire cosa si intende con “smart” ed il concetto di smartness:

Supponiamo di voler creare una porta smart (una porta intelligente) che, ad esempio, non ci faccia utilizzare le chiavi e che si apra non appena vi sia in prossimità il proprietario di casa.

Per creare questo funzionamento necessitiamo di un certo livello di sicurezza: non deve essere possibile aprire la porta per tutte le persone ma solo per quelle proprietarie! Proseguiamo come segue:

Step 1: utilizziamo una tecnologia NFC nella porta così che avvicinando lo smartphone possiamo aprire la porta.

Step 2: rendiamo la porta ancora più smart aggiungendo un livello di sicurezza; ad esempio per evitare che, se venisse rubato il telefono, non sarebbe comunque possibile entrare in casa. Quindi dovremmo garantirci che il telefono sia in mano al proprietario al momento dell'ingresso in casa.

Possiamo quindi aumentare il livello di smartness integrando un sistema per la sicurezza:

l'introduzione di un livello di autorizzazione basato su impronta digitale, face id, etc... Incorporando all'interno della porta.

Con lo step 2 abbiamo aumentato la **smartness** dell'oggetto (l'intelligenza) aumentando le funzionalità.

Step 3: possiamo aumentare il livello di smartness integrando le abitudini delle persone autorizzate; segnalando un eventuale accesso inaspettato (esempio: l'ingresso di una determinata persona ad un orario insolito). Così facendo abbiamo aumentato il livello di smartness poiché abbiamo integrato un livello di sicurezza in più.

Possiamo integrare questo comportamento, ad esempio, con l'utilizzo di quella che viene definita Intelligenza Artificiale (Artificial Intelligence: AI): si dota il sistema della capacità di interagire ed apprendere dal mondo esterno, memorizzando le informazioni che lo circondano.

Come possiamo vedere, abbiamo integrato dei livelli di smartness dotando il sistema di alcune capacità umane: l'assicurarsi della protezione della casa, l'insospettirsi dell'arrivo di un utente ad un orario insolito; questi comportamenti sono tipici dell'uomo, quindi aumentare il livello di smartness, ovvero aumentare il livello di intelligenza, è riconducibile all'integrare dei comportamenti tipicamente umani ad un sistema.

Aggiungere smartness significa dunque aggiungere funzionalità ad un determinato oggetto, ampliandone le sue funzionalità. Durante l'evoluzione di un oggetto smart si possono aggiungere dei livelli di intelligenza (smartness), rendendo l'oggetto più smart.

Possiamo notare che i comportamenti della porta così implementata non sono totalmente smart:

1. Interagisce con il mondo fisico: legge l'impronta digitale o, ancora più importante, si apre quando riconosce che la persona è autorizzata all'ingresso nell'abitazione.
2. Tuttavia, la comunicazione è implementata solo tra l'oggetto e la persona proprietaria, non tra la porta ed un altro qualsiasi smart object [Questa cosa vale solo però per l'esempio definito, poiché qualora fosse stato implementato, ad esempio, la disattivazione intelligente dell'allarme qualora vi fosse il riconoscimento del proprietario allora si parlerebbe di comunicazione tra smart object: la porta smart e l'allarme smart]

La comunicazione locale è una comunicazione tra sensori ed è "scontata", noi cerchiamo la comunicazione tra smart objects.

Rete di smart objects: importanza della comunicazione tra smart objects

Metafora della torta di mele: Un uomo si accorge della presenza di una torta di mele poggiata sul tavolo, mette in atto alcuni dei suoi 5 sensi: la vista gli permette di identificare una torta, l'olfatto: permette di capire, dall'odore, che la torta è di mele [chiaramente sarebbe lecito pensare al gusto ma si presuppone che essa non venga assaggiata], il tatto: toccandola si può capire che è calda. La metafora ci fa capire che per interagire con il mondo esterno, l'uomo mette in atto i propri 5 sensi. Possiamo vedere i sensi umani come degli input che vengono passati al cervello (che possiamo vedere come una grande CPU):

Attraverso la percezione visiva si va a trasferire al cervello un'immagine: quella della torta; grazie all'esperienza passata, il cervello associa l'immagine vista a quella di una torta.

La stessa cosa vale anche per la percezione olfattiva e tattile; il cervello associa quindi un'informazione particolare per ogni informazione giungente da ogni canale diverso (canale visivo, olfattivo, tattile). Ciò che infine accade è che le informazioni vengono integrate insieme, in questo modo si capisce che si tratta di una torta (vista) di mele (olfatto) calda (tatto).

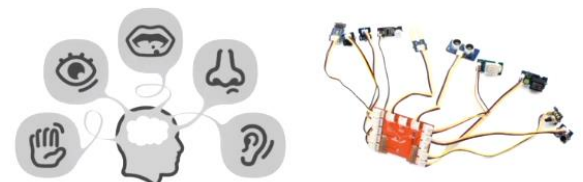
Questo esempio sui 5 sensi umani può essere visto come una rete di smart objects: attraverso dei canali sensoriali di natura differente si è riuscito a individuare un corpo esterno. I sensi sono degli smart systems perché ci permettono di definire le caratteristiche di un corpo dalla sua osservazione, mettendo insieme le informazioni colte dal sistema si ha il funzionamento di una rete di smart objects per svolgere un unico compito: **gli smart objects collaborano per arrivare ad uno scopo comune, formando una rete di smart objects**

Aumentando la smartness di un oggetto si aggiungono funzionalità in più, essi possono essere autosufficienti (possiamo associare ciò all'esempio della vista) o possono collaborare con altri sistemi smart per svolgere un compito più grande, basato sulla collaborazione di più parti. La collaborazione è dinamica: a volte si fanno collaborare due sistemi su cinque (ad esempio vista e udito), altre volte si necessita di tre sistemi o altre ancora di tutti e cinque i sistemi smart, in base al compito da svolgere.

La comunicazione tra smart objects fa sì che si venga a formare una rete di smart objects che collaborano affinché si raggiunga un livello di smartness tale da non essere raggiungibile dal singolo smart object

Solo attraverso la comunicazione tra smart objects si può sfruttare il funzionamento di una rete con l'obiettivo di ottenere più smartness del singolo smart object

Ritornando all'esempio precedente: la smart door progettata resta solo uno smart object se non viene implementato un sistema di comunicazione con altri smart objects; solo con la comunicazione possiamo dar vita ad una rete di smart objects con più smartness, passando ad un **sistema smart**



Da cosa nascono gli smart objects

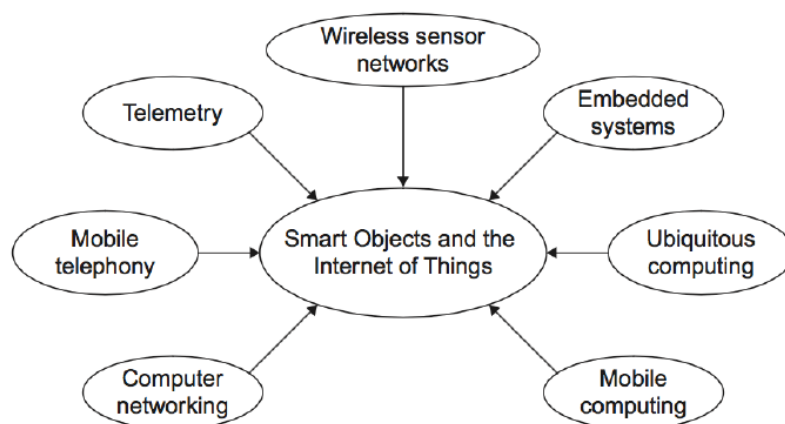
La nascita degli smart objects (e quindi di IoT) nasce dalla convergenza di due mondi: quello informatico e quello delle telecomunicazioni.

Dal punto di vista informatico possiamo osservare la possibilità del sistema di evolvere nel tempo, aumentando, ad esempio, la scalabilità. Se vogliamo vedere un'evoluzione di tipo hardware basti pensare il passaggio dall'architettura CISC della CPU a quella RISC; pensando ad un'evoluzione software basti pensare che negli anni si è passato dall'utilizzo del linguaggio macchina all'utilizzo di livelli via via più astratti e user-friendly.

Dal punto di vista delle telecomunicazioni è bene osservare la capacità di mettere insieme dei sistemi eterogenei per la creazione di un sistema formato da parti eterogenee, provenienti da diversi produttori.

La tecnologia degli smart object deve essere in continua evoluzione e standardizzata: deve essere in grado di evolvere sempre meglio e deve essere guidata da degli standard che permettono di implementare un'interazione da sistemi eterogenei.

L'IoT è nato da vari ambiti:



Osserviamo più da vicino questi ambiti per capire come l'IoT gioca un ruolo importante. Tra essi non c'è una differenza netta: non vi sono dei confini definiti tra questi ambiti ma devono essere trattati in modo distinto.

Embedded Systems

Un sistema embedded è formato da un computer che guida un sistema che nativamente non nasce come un computer:

ad esempio, la lavatrice. Essa non nasce come strumento general purpose come un computer, tuttavia in essa è integrato un microcontrollore che, grazie ad alcuni controlli sulla temperatura e sul lavaggio e grazie ad un programma specifico, rende la lavatrice più smart. **L'insieme di microcontrollore, sensori, attenuatori ed altre parti utilizzate prende il nome di embedded system.**

I sistemi embedded, ad oggi, sono più distribuiti dei desktop computer. I sistemi embedded possono essere resi ancora più smart aggiungendo delle funzionalità e la possibilità di comunicare.

Ai sistemi embedded vengono spesso associati i sistemi real-time control perché il sistema embedded è integrato su un apparato che deve essere controllato; questi controlli spesso avvengono in real-time, per questo motivo questi due ambiti sono strettamente correlati.

Effettivamente, la definizione di sistema embedded non si discosta troppo da quella di smart object (dei things di IoT):

1. Ha una CPU che lo controlla (microcontrollore)
2. Ha un insieme di sensori per il corretto funzionamento (regolazione temperatura nella lavatrice)
3. Ha degli attuatori che permettono il controllo di parti meccaniche (controllo dell'elettrovalvola)

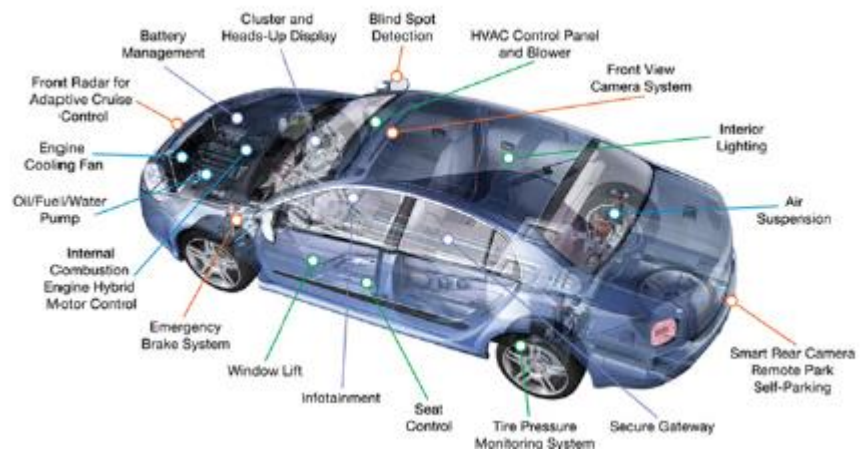
Quindi, studiandone i comportamenti:

- ✓ Si può interfacciare fisicamente con il mondo esterno
- × Comunicazione con altri smart objects

L'unico comportamento che si discosta da quello dello smart object è proprio la mancanza di **comunicazione**: la comunicazione non è, teoricamente, un punto centrale per un embedded system; tuttavia, è bene precisare che teoricamente ai fini delle funzioni da svolgere la comunicazione tra sistemi embedded è fondamentale:

basti pensare, ad esempio, ad un'auto in cui coesistono più sistemi embedded (per la frenata assistita, per la partenza in salita, per i punti ciechi, etc..), questi devono poter comunicare con il computer di bordo del sistema che, a sua volta, è un altro embedded system. Quindi ha senso parlare di comunicazione tra sistemi embedded.

Il funzionamento dell'embedded system, che presenta più parti che collaborano tra loro, formando un sistema che può interagire con il mondo esterno, ha portato a quella che è stata l'affermazione dell'IoT.



Ubiquitous and pervasive computing

L'idea che sta alla base della **pervasive computing** è che il computer non sia confinato ad una scrivania ma che venga "immerso" nel mondo esterno diventando parte integrante di esso.

- **Ubiquitous**: capacità del sistema di trovarsi e persistere dovunque
- **Pervasive**: il sistema pervade ogni ambito: sta bene in ogni ambito.

Dire "Ubiquitous" o dire "Pervasive" è praticamente la stessa cosa. Il concetto di Ubiquitous nasce nel 1988, da Mark Weiser, professore dell'MIT. Questa idea nacque molto in anticipo rispetto all'IoT.

Il fatto di immaginare che qualsiasi cosa che ci circonda possa inglobare un computer che pervade un qualsiasi ambito porta a pensare immediatamente all'IoT, tuttavia questo pensiero nacque con il pervasive computing, nato quando ancora non vi era internet come lo vediamo oggi.

L'idea di Weiser era quella di avere un PC che diventasse "invisibile" in modo da avere davanti un oggetto ma non ricollegarlo ad un PC: ricollegandoci all'idea di Embedded system (e poi al concetto di IoT), questo discorso si sposa bene: basti pensare ad una lavatrice con un microprocessore ad essa integrato: il computer invisibile di Weiser. **"Quando la tecnologia diventa di successo essa diventa invisibile".**

L'idea di **tecnologia invisibile** sta alla base dell'IoT: questa idea indica che, nonostante l'integrazione delle nuove funzioni smart non deve sconvolgere né le funzioni basilari di quest'ultimo né la forma di quest'ultimo.

Nel tempo si è arrivato al **wearable computing** che nasce come "sottocampo" del ubiquitous pervasive computing: dispositivi che possono essere indossate e che mantengono la loro dimensione originale ma con l'integrazione di nuove funzionalità smart, cui alla base sta la comunicazione.

NB: come si può dimostrare e come abbiamo già affermato, la dimensione è di notevole importanza nel campo IoT.

I concetti di ubiquitous and pervasive computing quindi si attribuiscono a quelli di IoT

Mobile Telephony

Il concetto di telefonia mobile ha stressato un concetto che torna utile nel mondo IoT: la **connettività**. Il fatto che è stata data la mobilità ad ogni utente, permettendo a questi di utilizzare un telefono dovunque ha permesso di sviluppare, nel mondo IoT, dei dispositivi smart che possono funzionare dovunque essi si trovino.

Telemetry and M2M Communication

Il prossimo concetto che affrontiamo è la **telemetria** e la **comunicazione Machine-to-Machine (M2M) - comunicazione tra macchine senza l'intervento umano (automazione dell'iterazione tra macchine)** - ;

La telemetria è la misura a distanza ed essa si collega direttamente alla comunicazione M2M: la misurazione attraverso dei sensori sta alla base della comunicazione tra due macchine.

Esempio: supponiamo di avere una caldaia equipaggiata con dei sensori per monitorare il comportamento della caldaia (temperature, pressione, etc...) e che i dati che questi sensori captano sono inviati ad un database utile ai fini della manutenzione della caldaia.

Nella telemetria e nella Comunicazione machine-to-Machine ciò che manca ai dispositivi per essere definiti come **smart object** è l'**attuazione**

Wireless Sensor Network

La Wireless Sensor Network è una rete di **nodi sensori**. Un nodo sensore è un semplice sensore pilotato da un microcontrollore con un microprocessore molto semplice, addetto alla misurazione di grandezze fisiche. Le uniche funzioni che vengono stabilite sono la misurazione e la trasmissione delle misure.

Molte volte questi nodi sensori sono stati utilizzati in ambiti in cui essi non erano alimentati da una presa ma da una batteria: ad esempio, sull'Etna vi sono un sacco di sensori per terremoti, esalazioni, etc.. E' impensabile che in questi nodi sensori si possano cambiare le batterie, contando anche che essi sono distribuiti in gran numero. Quindi devono supportare una batteria che li mantenga alimentati per lunghi tempi e permetta loro di eseguire le funzioni di misurazione e trasmissione.

Questi nodi possono quindi essere accostati tranquillamente agli smart object. Vi sono infatti dei protocolli base molto semplici che stabiliscono la comunicazione tra nodi sensori e che sono stati sfruttati per l'implementazione dei protocolli utilizzati oggi nel mondo dell'IoT.

Mobile Computing

La telefonia mobile ha fatto sì che il telefono possa essere, appunto, mobile discostandosi dal classico telefono fisso cui si era precedentemente abituati.

Differente è il discorso del mobile computing: esso infatti consiste nell'implementazione di computer mobili che riescono a funzionare al di fuori dell'ambiente lavorativo grazie alle tecnologie WiFi e al 4G che consentono la connessione dei computer in ogni luogo.

Questo è alla base dell'IoT poiché da la connettività sulla rete agli smart object che, grazie proprio alla rete, possono comunicare e collegarsi ad altri dispositivi.

Sfide per gli smart objects

Per gli smart objects restano ancora oggi aperte delle sfide (challenges) che possiamo elencare come:

1. **Sfide a livello di nodo (node-level challenges):** nel singolo nodo (nel singolo smart object) [senza che esso venga connesso ad altri smart object o alla rete internet], la sfida che bisogna vincere sono **risparmio di energia: minor tempo di attivazione** (se non è necessario che il dispositivo debba essere acceso allora lo si mette in stand-by), **massimizzazione dell'efficienza** (tanta potenza erogata quanto lavoro ottenuto), **migliorare le procedure a livello di codice massimizzandone l'efficienza:** vi sono delle **istruzioni che consumano meno energia di altre**, i compilatori più evoluti implementano dei meccanismi di ottimizzazione anche a livello energetico.
Un'altra sfida a livello di nodo potrebbe anche essere **il giusto compromesso tra bassi consumi e buone prestazioni dei microprocessori.**
2. **Sfide a livello di rete (Network-level challenges):** le azioni che sono più dispendiose a livello energetico sono quelle legate alla **comunicazione**. Quindi è importante un'ottimizzazione energetica a livello di comunicazione, sarebbe allora ideale l'utilizzo di **protocolli di comunicazione più leggeri**. La sfida allora è la creazione di **protocolli lite per la comunicazione** così da ottimizzare i consumi per la comunicazione (che segna la maggior parte di perdita energetica)
3. **Livello di Technology e awareness:** l'IoT è destinato ad essere applicato su più ambiti, interagendo fortemente con le abitudini delle persone. **E' allora bene che le persone possano affidarsi in tranquillità all'IoT** così da avere un giusto approccio con l'innovazione degli smart objects. Assumendo anche i rischi della possibile manipolazione delle informazioni personali.
4. **Standardizzazione:** rendere standard una soluzione per più oggetti smart
5. **Interoperabilità:** diretta conseguenza della standardizzazione perché con comportamenti standard si hanno dispositivi interoperabili

La visione dell'IoT

La pervasività e la comunicazione degli smart objects ci permettono di pensare in grande: si può pensare a sistemi che operano per la risoluzione di problemi più grandi.

Nel 2009/10 la commissione europea ha constatato una crescita notevole dell'IoT che migliorò la vita delle persone; l'IoT viene allora accostata ad una **sfida sociale** per migliorare la vita dell'uomo: passando dai sistemi di monitoraggio della salute fino ai trasporti, etc...

Si parla allora di un **paradigm shift**: una rivoluzione nei vari ambiti con l'utilizzo di una nuova tecnologia per vincere sfide di varia natura; esempio: l'IoT può essere sinonimo di energia pulita e di risoluzione dei problemi legati allo sviluppo di energia inquinante.

L'IoT rappresenta un'evoluzione economica e sociale che sfrutta la tecnologia internet per connettere alcuni oggetti fisici o virtuali, con l'uomo o con altri oggetti per la cooperazione. Parliamo dunque di una rivoluzione che unisce il mondo reale e quello virtuale in un **ambiente smart**, che si comporta proprio come un singolo smart object: con opportuni sensori capta i segnali del mondo esterno, li elabora e riproduce una risposta adatta al mondo esterno.

Questo per la comunità europea rende la vita più facile, sicura ed user-friendly. Il fatto che venga condivisa questa visione porta ad un possibile sviluppo della nuova tecnologia IoT, con fondi messi a disposizione e sviluppo sul livello territoriale.

Il Paradigma IoT ci porta in una nuova era in cui la **connettività ubiqua** (pervasiva) e l'**intelligenza** fanno sì che componenti, servizi e piattaforme connesse possano collaborare mettendosi in comunicazione su internet.

Approccio SILOS ed approccio Horizontal

La tecnologia IoT può svilupparsi in due approcci: **approccio SILOS** o **approccio Orizzontale (Horizontal)**.

L'approccio SILOS è un approccio strutturato verticalmente: gli step di progettazione vengono organizzati come un pila (stack) e si concentra l'attenzione sull'**obiettivo finale**.

Un esempio di approccio SILOS potrebbe essere l'utilizzo della tecnologia IoT in ambito dell'energia: viene analizzato solo l'obiettivo finale, decidendo di utilizzare determinati sensori, un determinato ambiente software, una determinata analisi di dati, una certa ottimizzazione per i consumi, etc...

Ogni SILOS affronta un ambito una problematica distinta, di natura specifica, e cerca di trarne una soluzione; insieme al consumo energetico possiamo immaginare un approccio SILOS anche per tematiche inerenti all'ambiente, ai trasporti e al traffico, alla salute, etc...

L'approccio SILOS è un approccio verticale, intento a risolvere un problema di una determinata natura, esso è indipendente da altri eventuali SILOS (l'approccio per l'energia, ad esempio, è ben distinto da quello della salute)

Guardano lo scenario macroscopicamente, nel nostro caso, osserveremo più SILOS che lavorano indipendentemente.

Ma i sistemi che affrontano ambiti diversi non sono necessariamente indipendenti: si consideri ad esempio l'ambito della salute: la sfida più importante è quella della prevenzione per evitare che la persona potrebbe ammalarsi. Ma se si analizza il problema dal punto di vista delle risorse finanziarie possiamo vedere come il sistema sanitario spende molti soldi per ogni paziente malato; quindi ecco che la sfida per l'ambito salutare può interessare anche quello finanziario e dunque i sistemi non operano indipendentemente l'uno dall'altro.

L'IoT può lavorare nell'ambito della prevenzione: il campo **Wellness o Well being** (ad esempio, lo smart watch e le applicazioni per la salute, l'attività fisica e l'alimentazione). Quindi in ambito salutare l'IoT può trovare spazio.

Ma la salute può essere collegata anche ad ambiti di natura diversa: l'inquinamento, ad esempio, intacca nella salute; così come i trasporti possono avere ripercussioni sulla salute.

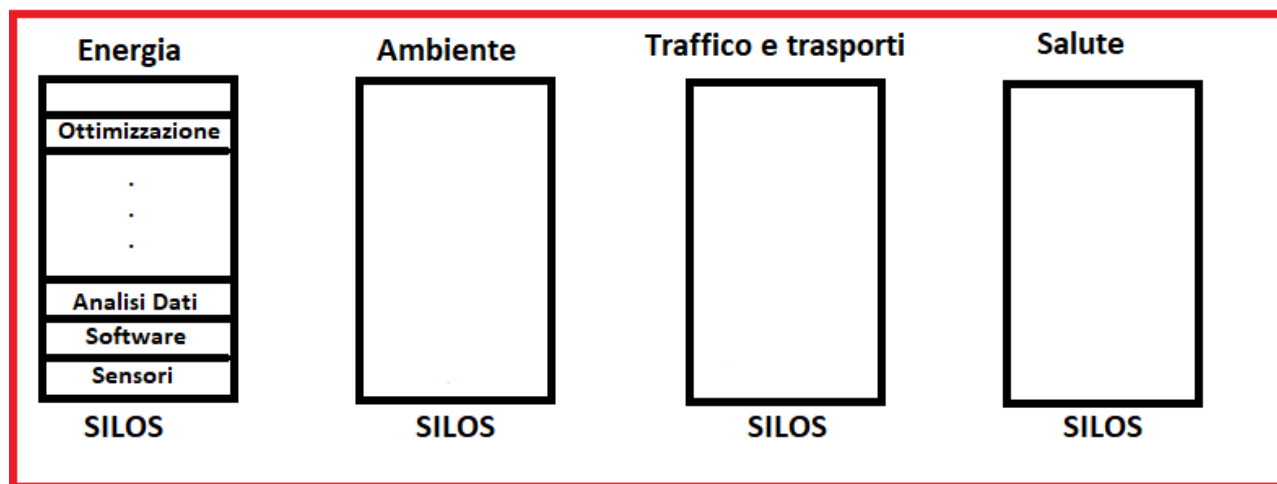
Questo pratico esempio ci fa capire che sviluppare dei sistemi con approccio SILOS in maniera autonoma ed indipendente rispetto ad altri sistemi, in realtà non è la maniera migliore di operare: vi sono, infatti, alcuni ambiti che potrebbero poggiarsi su algoritmi e/o soluzioni adottate per ambiti diversi (si vedano ad esempio le soluzioni per la salute e quelle per l'inquinamento che sono per certi versi correlate).

L'idea è quella di far comunicare questi ambiti differenti, in modo da avere una soluzione più "omogenea"; questo approccio così descritto è l'**approccio Orizzontale (Horizontal)**: indirizzare le tecnologie in modo da avere un approccio orizzontale, così da ottenere sistemi correlati; in questo modo si parla del concetto di **riusabilità: si può utilizzare una soluzione per diversi problemi in ambiti di natura differente** [Concetto fondamentale dal punto di vista informatico].

Un esempio lampante di sistema orizzontale è proprio Internet: unisce ambiti differenti con soluzioni riusabili [la comunicazione in internet è gestita, ad esempio, dagli stessi protocolli a prescindere dai contenuti].

L'approccio da utilizzare è proprio quello di internet (essendo, tra l'altro, l'IoT una "evoluzione" di quest'ultimo): un approccio orizzontale. Ad oggi, non si segue un approccio orizzontale poiché tutte le aziende propongono soluzioni di tipo SILOS per ovviare a determinati problemi, e tali sistemi a volte non comunicano tra essi. L'obiettivo allora è far sì che questi ambiti possano comunicare tra loro, verso un approccio orizzontale.

Horizontal Approach



Ad oggi l'approccio utilizzato è prettamente SILOS ma l'obiettivo da raggiungere è quello dell'approccio Orizzontale per mettere in relazione più ambiti con gli stessi dati.

Quando sarà utilizzato questo approccio si utilizzeranno i dati nella maniera più efficiente possibile, creando delle grandi reti di sistemi che interagiscono tra loro.

Ci sono 4 punti che spingono verso un approccio orizzontale:

1. **Sensori connessi e oggetti che sfruttano una data driven innovation:** tutti gli smart objects sviluppano dati di diversa natura che possono essere utili in vari ambiti: i dati ambientali possono essere correlati, oltre che all'ambiente, anche all'energia e all'inquinamento, etc..
Quindi in un mondo in cui i dati sono il "motore" dell'innovazione, un approccio orizzontale è fondamentale.
2. **Attuazione e comportamenti semi-autonomi basati su smart objects connessi:** gli smart objects sono oggetti che tendono ad essere sempre più autonomi; con sistemi così gestiti, si può avere una comunicazione tra oggetti che scelgono con chi operare e quindi con chi condividere i dati: **con sistemi che collaborano tra loro è necessario un approccio orizzontale**
3. **Scambio di dati e servizi attraverso più applicazioni verticali:** due sistemi che sono sviluppati con approccio SILOS possono comunicare tra loro solo se si instaura un approccio orizzontale che li mette in comunicazione.
4. **L'età della natura digitale:** tutti gli oggetti connessi diventano autonomi e pervadono la vita delle persone ed è difficile immaginare che i dati provenienti da diversi ambiti non possano "mescolarsi"

La definizione di IoT

Abbiamo finora visto l'IoT come soluzione per ambiti di diversa natura. Non c'è una definizione specifica di cosa sia l'IoT: vi sono più definizioni da più punti di vista (più o meno tecnici).

Diremo che:

"Si definisce Internet of Things la presenza pervasiva nell'ambiente di una varietà di cose/oggetti che, connessi attraverso una connessione cablata (wired) o wireless ed un unico schema di indirizzamento (come internet), sono in grado di interagire e cooperare con altre cose/oggetti per creare nuove applicazioni o nuovi servizi e raggiungere uno stesso obiettivo in un mondo smart"

[Unico schema: Per far comunicare oggetti di diversa natura mediante internet si utilizza un unico protocollo di comunicazione come IPv6, tuttavia è importante che ogni oggetto abbia una determinata **identità** quindi si ha un unico schema di indirizzamento ma è bene che vengano distinte le caratteristiche e le differenti nature degli oggetti che possono comunicare (identificando in modo differente, ad esempio, una smart TV da una smart Light)]

[Cooperare: Per far sì che i dispositivi cooperino, così che un dispositivo arrivi a risolvere un determinato problema grazie all'appoggio di un altro dispositivo smart, è necessario che essi siano in grado di comunicare tra loro cosa sanno fare; in questo modo si può concordare mediante una **tecnologia semantica** le abilità di ogni oggetto smart. Così facendo gli oggetti smart si scelgono tra loro in base alle abilità per cooperare insieme. La cooperazione è importante e complessa poiché gli smart object tendono ad essere autonomi, quindi si deve far in modo che essi siano in grado di concordare semanticamente i ruoli da svolgere.]

I livelli IoT

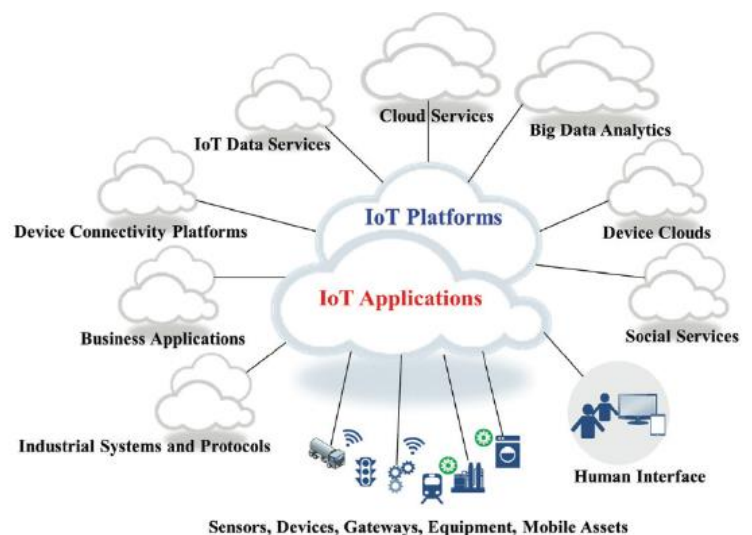
Procedendo dai livelli più basso al livello più alto, possiamo vedere un qualsiasi oggetto smart composto dai seguenti livelli:

1. Livello dei **sensori ed attuatori**
2. Livello di **comunicazione**: Questo livello può essere suddiviso in due parti: il livello di comunicazione tra i sensori e tra gli attuatori, oppure il livello di comunicazione tra moduli
3. Livello dei **microcontrollori** a cui vengono collegati in input i sensori ed in output gli attuatori
Livello dei **Moduli**: all'interno del microcontrollore posso agganciare dei moduli per l'interfaccia o per altri scopi
4. Livello delle **piattaforme software (Middleware o Piattaforma IoT)**: questo livello viene anche chiamato **di Service Management**, è formato da più parti ma quelle che ci interessano sono perlopiù la parte di Middleware e quella della piattaforma IoT. Il suo principale scopo è quello di nascondere la complessità dei livelli sottostanti ad esso (livelli 3-2-1), per rendere meno più facilmente utilizzabili tali livelli al livello applicativo (livello 5).
[Esempio: un API può rendere un servizio con un metodo GET, questo significa che la funzione non deve essere per forza implementata dal software applicativo ma quest'ultimo si può basare su una funzione esterna, già implementata da un servizio esistente, e ampliarla come meglio crede ai fini dell'applicazione.]
5. Livello del **Software applicativo**

Andando dal livello più basso al livello più alto si aumenta il livello di astrazione. Ogni strato nasconde la propria complessità: i livelli più alti possono lavorare senza curarsi troppo di ciò che ai livelli più bassi.

Passando dal livello più basso al livello più alto aumenta il livello di virtualizzazione delle risorse: la virtualizzazione consiste nel far in modo che il livello più basso nasconda la complessità, nascondendo i dettagli implementativi e facendo sì che il livello superiore possa usare ciò che sta al livello inferiore in modo più semplice.

- sensors
- actuators
- radios/communications chips
- microcontrollers
- modules (to combine other elements)
- platform software
- application software



CPS e Smart X Paradigm

CPS: Cyber-Physical System

Il mondo IoT (in generale i dispositivi digitali) permette di dare un'interpretazione del mondo fisico in maniera digitale. Questi due mondi, apparentemente disgiunti, vengono correlati grazie ad un insieme di sensori e attuatori.

Questo principio definisce il **CPS: Cyber-Physical System**, un sistema che interagendo con attuatori [Output] e sensori [Input] crea un'interfaccia tra il mondo fisico e quello virtuale (cyber).

Evoluzione Internet

Nel 2016 già più del 50% delle connessioni internet connetteva oggetti.

Si stima che nel 2020, che vi saranno più di 30 miliardi di oggetti connessi, tra cui 200milioni di essi con connessioni intermittenti (non permanenti).

Questo significa che **internet non è più una rete di computer ma una rete che connette oggetti, oltre che a computer**

S-E-N-S-E: Differenza tra IoT ed Internet

La differenza tra Internet com'era prima e IoT lo possiamo riassumere attraverso l'acronimo **S-E-N-S-E**:

Sensing: attraverso l'utilizzo di sensori gli oggetti interagiscono col mondo esterno; vengono generati più dati rispetto ad internet come originariamente era nato.

Efficient: l'intelligenza viene aggiunta ai processi manuali; internet basava la produttività sulle persone, l'IoT permette di estendere quest'ultima anche agli oggetti.

Networked: vengono connessi oggetti alla rete;

Specialized: la tecnologia viene diretta verso ambiti specifici a seconda degli oggetti; internet non permetteva questo.

Everywhere: l'ubiquità che porta ad essere IoT una tecnologia pervasiva che non si aveva in internet, grazie all'insieme di oggetti che si possono connettere.

Ogni smart object è un Cyber-Physical System, quindi di fatto ha una caratteristica: è in grado di acquisire dati dal mondo circostante di natura diversa, attraverso diversi sensori.

I dati che vengono acquisiti per un determinato scopo poi si possono rivelare utili per altri scopi, quindi questi dati vengono acquisiti dal mondo fisico, vengono trasmessi tramite lo smart object, arrivano alla piattaforma IoT e poi al cloud: la quantità di dati generati è molto grande (pensando a tutti i dati che possono essere acquisiti e a tutti gli smart object che possono acquisirli).

Tutte le data driven application possono utilizzare questi dati per vari scopi. Quindi l'idea di IoT è un'idea molto grande di scambio dati tra applicazioni anche di diversa natura: non si parla di un sistema in piccolo come lo potrebbe essere un classico sistema embedded che è in grado di captare segnali dal mondo esterno e processare una risposta di conseguenza; si parla di più oggetti connessi tra loro che condividono quantità enormi di dati e che portano alla creazione di un vero e proprio mondo IoT.

Definizione di IoT



Questo grafico presenta un'ampia panoramica sull'IoT e sugli smart objects:

Un sistema di infrastrutture di rete globale con capacità di autoconfigurazione: una delle caratteristiche principali degli smart objects è quella di adattarsi e auto-configurarsi in modo da poter comunicare tra di loro e con il mondo esterno. È un sistema che comunica attraverso **protocolli di comunicazione che garantiscono interoperabilità**, nel quale ogni "attore", ovvero ogni "cosa" fisica e virtuale (ogni Cyber-Physical System) ha un'identità, attributi fisici (caratteristica principale fisica dell'oggetto: una smart pen ha come attributi fisici ciò che la rende proprio una penna: l'inchiostro, la sua forma, la punta, la sagoma esterna, etc..) **ed una personalità virtuale** (funzionalità aggiuntive che rendono smart l'oggetto, integrate digitalmente dal mondo cyber: se la smart pen è dotata di funzione di ricerca allora questa funzione fa parte della sua personalità virtuale), utilizzando una **interfaccia intelligente**.

È bene che l'integrazione di nuovi oggetti debba avvenire in maniera **trasparente**, questo è possibile solo con una opportuna **standardizzazione**: così come internet permette il collegamento di dispositivi di diversa natura come se ciò avvenisse con tecnologia plug-and-play.

Applicazione dell'IoT su diversi scenari

Questa descrizione apre dunque un ampio scenario all'IoT: non si parla di un unico sistema intelligente (quale potrebbe essere la penna): esistono già molti sistemi in grado di interagire con l'ambiente mediante sensori e attuatori, questi sono i sistemi embedded.

La visione non si limita nemmeno al singolo collegamento di più dispositivi all'interno di un singolo ambiente domestico.

L'idea dell'IoT è quella di **creare un vero e proprio ambiente (spazio) smart** che interessa più ambiti (non per forza correlati): trasporti smart, produzione, città smart, energia, salute, cibo, etc...

Possiamo immaginare allora una connessione tra tre grandi scenari smart:

Urban Life: possiamo immaginare il concetto dell'IoT nella vita urbana con servizi che si basano sull'IoT come parcheggi smart, ricariche smart (per auto elettriche, ad esempio), navigazione smart (guida assistita e guida autonoma).

Ma le caratteristiche descritte si possono riassumere in tre ambiti: **la mobilità**

multimodale (di diversi tipi: flotte di veicoli per servizi specifici, sharing di veicoli, distribuzione merci, salute...) ed **energia** (utilizzo di forme di energia rinnovabile e sostenibile).

Questi ambiti si ricollegano ad altre tre grandi ambiti: **Fleet Operator** (operatori per la gestione di flotte di veicoli) e **DSO/TSO** (risorse rinnovabili)



Smart-X Application per IoT

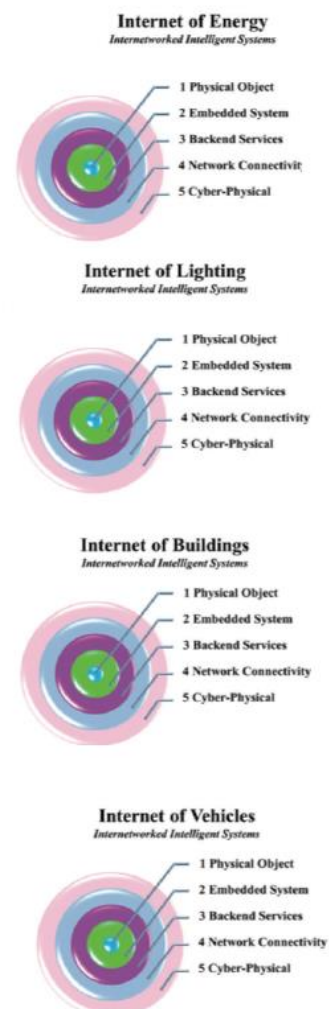
Alla base dei tre scenari prima descritti e messi in relazione ci sta sempre il **Cyber-Physical System**: un sistema embedded con capacità di comunicazione che possiamo considerarlo punto di confine intelligente.

Il Cyber-Physical System può essere declinato a vari livelli di scala: vi possono essere, infatti, dei grandi sistemi CPS che si basano, a loro volta, su sistemi CPS più piccoli.

Esempio: notando un sistema SILOS come quello orientato all'energia, questo fa riferimento ad un CPS che è praticamente il sistema di regolazione dell'energia, questo a sua volta è formato da più CPS più piccoli che, mettendo in relazione le loro funzionalità, portano al compimento di compiti più grandi. Questo Cyber-Physical System potrebbe diventare quello che oggi viene conosciuto con il nome di **internet of energy**, che sviluppa le reti elettriche seguendo il modello internet, inviando dei "pacchetti di energia".

Quindi possono esistere dei Cyber-Physical System che nascono per diversi scopi (con approccio SILOS): **internet of lighting** per la gestione dell'illuminazione (ad esempio per le luci di una città), **internet of buildings** o ancora **internet of Vehicles**. Questi sono dei SILOS perché sono legati alla risoluzione di problemi legati a determinati domini applicativi, tuttavia non è detto che questi non possano collaborare ai fini di una "soluzione combinata", ricadendo nell'approccio orizzontale; non è neanche detto che alcuni SILOS non utilizzino alcuni standard utilizzati da altri SILOS.

Parliamo quindi di **smart-X application** perché la X evidenzia la natura varia in cui l'IoT può essere applicata (energia, salute, veicoli,...).



IoT Smart-X application: Werable

I dispositivi Werable sono dei sistemi che possono essere indossati, ad esempio, gli smart watch. Questi dispositivi possono fornire delle **funzioni di attuazione**: un esempio di queste funzioni è proprio la vibrazione: si parte da un segnale proveniente dallo smart watch che viene poi trasformato in un segnale meccanico quale la vibrazione.

Al momento la comunicazione dello smart watch interessa prettamente quest'ultimo e lo smartphone, tuttavia si può immaginare, in futuro, che lo smart watch sia indipendente e possa accendere/spegnere alcuni dispositivi domestici, collegandolo ad oggetti in domini applicativi differenti: smart buildings, energy, lighting, mobility, etc..

Ad oggi, il 75% degli acquirenti di un oggetto werable, smettono di utilizzarlo dopo 6 mesi. Questo potrebbe essere dato dal fatto che l'acquisto venga fatto per moda; per rimediare a ciò si potrebbe ampliare l'utilizzo dello smart watch nell'IoT. Per ridurre questa percentuale si potrebbe far in modo che l'applicazione dello smart watch si integri con altri smart object: questo rimarca l'importanza per gli smart objects di collegarsi ad altri dispositivi intelligenti.

Al momento con il werable computing si possono avere le funzioni di fitness trackers, monitoraggio della salute, misurazione del battito, etc.. Ma vi sono anche le funzioni di realtà aumentata implementati dagli smart glasses . Comunque, il **fitness tracking è la più grande applicazione che coinvolge i dispositivi werable**.

IoT Smart-X application: Smart Health, Wellness, Ageing Well

Con applicazione IoT mirata a **Wellness ed Ageing Well** (Invecchiare bene) si intende un ambito di grandissimo interesse per i governi mondiali: quando una persona si ammala, il sistema sanitario deve intervenire nelle cure per quest'ultima. I costi della sanità sono molti elevati, ed una volta che una patologia viene diagnosticata, l'unica cosa che si può fare è curare la persona. Quindi è molto importante la **prevenzione** per diminuire i costi delle cure: l'idea è quella di far ammalare meno persone possibile così che si risparmino soldi in cure.

Attraverso la Wellness e l'Ageing Well, si può evitare che le persone si ammalino: se si seguono certe abitudini e certi comportamenti si potrebbe ridurre la probabilità di ammalarsi. Le abitudini di cui si parla sono praticamente quelle legate al movimento e all'alimentazione.

In questo campo l'IoT può essere utile perché potrebbe aiutare le persone ad assumere un comportamento consono, ad esempio, invogliando l'utente ad una certa attività; ad esempio, quando lo smart watch segnala il poco movimento durante la giornata, da un avvertimento all'utente di muoversi e di fare un minimo di attività fisica.

Un'altra idea potrebbe essere quella di una bilancia smart che suggerisca quante calorie hanno i cibi pesati oppure un frigo smart che dia suggerimenti sulla spesa da fare basandosi sulle spese precedenti e sui cibi sani.

Le applicazioni di wellness ed aging well sono ben finanziate dai governi perché questi investono in questo campo.

L'ambito della **smart health** si parla di quella che viene definita telemedicina che, con l'IoT, è diventata più semplice e meno costosa perché diffondendosi, i costi si riducono ed inoltre la ricerca e lo sviluppo in questo ambito ha portato ad un abbassamento dei prezzi.

Quindi il remote monitoring (assistenza remota) dei pazienti alleggerisce il carico negli ospedali e le spese mediche per mantenere le persone negli ospedali: una persona andrebbe in ospedale solo quando è strettamente necessario.

Ad esempio, l'insufficienza respiratoria è una patologia cronica (permanente) e con il corretto monitoring si potrebbe misurare la capacità dei polmoni. Con l'IoT l'idea è la seguente: si potrebbe evitare che un paziente debba recarsi in ospedale per utilizzare uno spirometro per misurare la capacità dei polmoni, utilizzando uno smartphone, soffiando sul microfono del telefono. Uno sviluppatore, assistito da un equipe medico, è riuscito a sviluppare un'applicazione, in grado di misurare la capacità polmonare, seppur in maniera poco accurata ma comunque sufficiente ai fini dello scopo per cui veniva utilizzata (misurazione della capacità polmonare per pazienti affetti da insufficienza respiratoria cronica). Questo è un esempio IoT poiché viene utilizzato uno smart phone che è un oggetto smart formato da attuatori e sensori.

In questo modo si abbattano i costi: invece di spendere migliaia di euro per uno spirometro, si spendono i pochi soldi per acquistare l'app. L'app poi invierà i risultati ai server dei determinati ospedali ed un equipe di medici sarà pronta all'eventuale soccorso se necessario. Oltre alla riduzione dei costi, i pazienti non devono necessariamente andare in ospedale per i controlli.

Ma da questo esempio si noti che, andando meno all'ospedale, si hanno delle ripercussioni in un altro ambito quale, ad esempio, la mobilità: si utilizza meno la macchina per andare in ospedale, e quindi ciò si ripercuote anche ai consumi. Si noti dunque che agendo in un determinato ambito, si hanno delle ripercussioni anche negli altri ambiti.

Un altro esempio è il coronavirus e l'app immuni per tracciare le persone che hanno contratto il virus. Questa applicazione si basa su funzionamenti IoT e di intelligenza artificiale: con lo smartphone, intercettando una persona che è stata affetta da coronavirus attraverso la comunicazione degli smartphone (comunicazione tra smart objects) si può evitare che vi siano altri infetti.

Quindi con le piattaforme IoT è possibile implementare un **ambiente di sistemi assisted living (AAL)** per l'assistenza di persone con determinate patologie.

IoT Smart-X application: Smart Home ad Buildings

L'IoT permette di implementare anche sistemi operanti all'interno delle abitazioni, che cooperando tra loro danno vita a quella che è definita come **smart home**: un esempio è quello trattato precedentemente con una serie di dispositivi quali la smart door, la smart TV, la smart light, etc... ciò permette di avviare una serie di routine (azioni) che fanno interagire i vari smart objects ai fini di arrivare alla risoluzione di un compito comune.

Nella smart home si possono sfruttare soluzioni sull'**environmental monitoring** (monitoraggio dell'ambiente: se un anziano cade in casa potrebbe essere segnalata la caduta a qualcuno che potrebbe prestare soccorso), l'**energy management** per monitorare i consumi energetici e diminuirli, fino ad arrivare al **comfort** e alla **convenienza**.

Se non vi fosse la tecnologia IoT e la connettività non sarebbe possibile la comunicazione di questi oggetti e quindi non esisterebbe la smart home.

Parliamo anche di **smart building** parlando del controllo di edifici quali, ad esempio, i condomini; Prendendo come esempio un condominio smart potrebbe essere implementato un sistema di amministrazione del condominio virtuale: la gestione della manutenzione preventiva potrebbe essere automatizzata, i fornitori e i manutentori possono essere chiamati in modo automatizzato.

Un altro sistema smart che può essere implementato il sistema di smaltimento dei rifiuti intelligente: si può implementare un sistema di controllo intelligente per la raccolta differenziata, per accertarsi che essa venga rispettata, o anche un cassonetto che riesca a separare i rifiuti in base ai materiali. L'utilizzo di un sistema automatizzato dei cassonetti potrebbe far diminuire le tasse: con un sistema che possa informare sul riempimento di un cassonetto si può ottimizzare la raccolta

dei rifiuti, rendendola smart ed efficiente (questo porta, tra l'altro, a vantaggi in altri ambiti quali l'inquinamento).

Si potrebbe anche pensare ad una spesa condominiale dato che la spesa all'ingrosso costa meno rispetto ad una spesa per singola famiglia o ad un "servizio di solidarietà" qualora in un'abitazione vi fossero dei problemi (esempio: una persona che deve uscire necessariamente e deve lasciare i bambini da soli a casa, un vicino che sta male, etc..) che, seppur un aspetto molto social, potrebbe essere determinante in alcune situazioni.

IoT Smart-X application: Energy

I problemi energetici riguardano molti campi vari: si parla infatti di costi di produzione di agricoltura, di allevamento, di prodotti farmaceutici, etc.. Sono tutti costi che hanno come fattore comune l'**energia**. Volendo ritrovare un legame con un altro ambito, si può dire, ad esempio, che spesso il consumo di energia porta ad un determinato inquinamento.

L'idea di base è quella di utilizzare delle risorse energetiche che non siano fossili né tantomeno nucleari, poiché tali risorse introducono un inquinamento. Si parla dunque di forme di energia **rinnovabili** che inquinano meno e sono, appunto, rinnovabili: non si esauriscono (luce del sole, maree, vento,...) a differenza delle risorse fossili.

Il problema delle risorse rinnovabili è che esse sono **volatili in natura**: a differenza delle risorse fossili che si possono scegliere a monte (es: conosco la quantità di carbone che serve per l'alimentazione di una centrale per 24h), le risorse rinnovabili non sono sempre presenti, potrebbero esserci situazioni in cui esse non vi sono: si pensi ad esempio l'energia solare: durante la notte non è possibile usufruire di quest'ultima, o ancora si pensi al vento: in assenza di esso non si produrrebbe energia, etc...

La Germania si è posta l'obiettivo di ottenere i seguenti risultati (roadmap): 20% di energia rinnovabile entro il 2020, 50% entro il 2030, l'80% entro il 2050.

La rete elettrica è formata da grandi "torri" che trasportano la corrente, mediante fili, ad altissime tensioni (per evitare grandi perdite di corrente, circa 300KV). La tensione viene abbassata una volta che la corrente viene trasportata all'interno dei centri urbani (circa 45KV) e viene ulteriormente abbassata fino ad arrivare nelle abitazioni (220V).

Con lo sviluppo di energie rinnovabili (impianti fotovoltaici, eolici, etc..) il modello di trasporto dell'energia subisce una variazione: si immette corrente in punti differenti della rete (in punti differenti dal centro da cui parte la corrente).

Quindi la rete deve essere **intelligente e flessibile, abile a controllare le fluttuazioni elettriche: si devono utilizzare dei sistemi di controllo**. Vengono usati sensori e attuatori per misurare la rete elettrica e si innescano degli switch programmati da software addetti per il corretto funzionamento della rete elettrica.

Quindi nella rete elettrica sono già utilizzati da tempo dei dispositivi di controllo simili a dispositivi IoT. Se aumenta l'utilizzo dell'energia rinnovabile, aumenta anche la volatilità di quest'ultima ed aumentano anche i modi di trasportarla. Il problema della volatilità comporta una mancanza di energia quando manca la sorgente (come già detto, ad esempio, non vi è energia solare durante la notte). L'idea è quella di **immagazzinare** l'energia così da sfruttarla quando non vi è modo di produrla: si parla di **storage dell'energia**.

Ci sono varie soluzioni proposte per queste: caricare delle batterie che immettono energia quando serve (ed esse devono durare molti anni altrimenti si creerebbe il problema dello smaltimento); oppure si è pensato di trasformare l'energia in idrogeno e ritrasformare l'idrogeno in energia quando serve.

La rete così descritta è una **smart grid (rete smart)** perché si aggiungono le funzionalità di storage che permettono l'immagazzinamento dell'energia per utilizzarla quando questa non è disponibile. Per questo funzionamento sono di fondamentale importanza alcuni dispositivi IoT. Prerequisito fondamentale è quindi la **massima flessibilità** per l'introduzione di questo funzionamento.

Parleremo allora di **Internet of Energy (IoE)**: un concept innovativo che introduce la **distribuzione di energia, lo storage di energia, il monitoring della grid** (monitoraggio della rete) e la **comunicazione**. Il funzionamento consiste nella **generazione di pacchetti di energia che vengono trasferiti quando e dove si necessita di quest'ultima (packet routing)**.

Si noti che il funzionamento non si basa sull'aumento dell'energia ma sulla gestione di quest'ultima: generare l'energia al meglio per massimizzarne l'efficienza del suo utilizzo.

Ad oggi, il consumo dell'energia è scoraggiato in modo tale che consumando in orari di picco l'utente paghi di più, ed in questo modo si è ottenuta una certa disciplina sui consumi.

La gestione intelligente di energia rinnovabile, per essere implementata similmente alla gestione attuale, deve far fronte a determinate difficoltà:

- × Difficoltà di dover **gestire le risorse energetiche generate dalla sorgente e quelle immagazzinate quando la sorgente non è disponibile**;
- × Domanda dal mondo industriale piuttosto che civile sui **profili di utilizzo dell'energia durante le ore della giornata**;
- × Da un altro lato vi è una **politica dei gestori di energia che incentivi o disincentivi l'acquisto di energia in determinati momenti della giornata**.

In questo scenario si può osservare come gli utenti possono richiedere energia ma possono anche generarla: se, ad esempio, si disponesse di pannelli solari si potrebbe generare energia in proprio: si parla quindi di utenti che non sono solo consumers ma anche producers, questi vengono detti **"prosumers"**. Questo scambio bidirezionale di energia ricorda proprio lo scambio di pacchetti su internet. A fronte di ciò allora si ha un'ulteriore complessità nella gestione della rete elettrica.

Uno degli scenari a cui si fa riferimento è quello della probabile **diffusione dei veicoli elettrici**: tali veicoli sono alimentati da energia elettrica. Ma avendo delle batterie ogni persona che possiede un'auto elettrica può essere un prosumer: incentivando l'utente a caricare la macchina solo in determinati orari poiché l'energia elettrica costa meno, il possessore dell'auto elettrica può ricaricare la batteria quando l'energia elettrica costa meno (quando non si è in orari di picco) per poi rivenderla in orari in cui essa costa di più (negli orari di picco), guadagnandoci.

Questi flussi energetici (mai ipotizzati nella precedente rete elettrica) portano una nuova funzione della rete: lo scambio di energia elettrica. [Esempio: un utente potrebbe avere due batterie: una per la macchina ed una per conservare energia. Attraverso una notifica con lo smartphone -quindi con una comunicazione tra smart objects- si può essere aggiornati sul prezzo dell'energia, così facendo la batteria che non viene utilizzata per la macchina può essere utilizzata per fare compravendita di energia].

In questi scenari l'IoT può essere utile in diversi fronti: **identificare i livelli di consumo energetico, con dei dispositivi elettrici si può automatizzare l'utilizzo di quest'ultimo in modo tale che esso entri in funzione solo quando il prezzo dell'energia rientri entro una determinata soglia** (con opportuni sensori si automatizza il dispositivo e si solleva l'utente dal compito di dover fare "attacca e stacca"). **Inoltre, questi dispositivi possono anche comunicare con altri oggetti smart.**

Quindi un sistema IoE è un sistema che ha bisogno di intelligenza per una negoziazione automatizzata che impedisca lo spreco di soldi (risparmio economico) e quindi quello energetico; per questa implementazione è fondamentale la tecnologia IoT per smart objects.

IoT è la tecnologia che consente di rendere smart la rete elettrica perché aggiunge ad essa: **sensori, attuatori, protocolli di comunicazione**, consente di aggiungere **smartness** all'interno dei vari sistemi, la smartness può cooperare inoltre per consentire ai sistemi di svolgere compiti più complessi quale lo scambio bidirezionale di energia elettrica dei prosumers.

La Smart Grid si estenderebbe a livello nazionale e potrebbe anche essere collegata ad altre reti intelligenti, formando delle **reti internazionali**: è quindi spontaneo pensare che tale sistema è fonte di **big data**: grosse quantità di dati.

Uno dei requisiti fondamentali dell'IoE (e quindi di una smart grid) è l'assenza di blackout: se viene utilizzato l'approccio Machine-to-Machine dell'IoT per una manutenzione preventiva (proattiva) della rete, si può evitare che vi siano i blackout che possono portare a gravi danni economici alle aziende e danni ai dispositivi domestici degli utenti.

L'Internet of Energy serve sia ad adeguare e ad implementare nuovi modelli di consumo per sfruttare le fonti rinnovabili al massimo e, allo stesso tempo serve, per far in modo che i consumi si adeguino alla dinamicità della vita degli utenti, così che non venga prodotta più energia del dovuto ma venga gestita al meglio e vengano evitati gli sprechi. Tutto ciò riguarda quella che viene definita la **smart energy**.

Mettendo in parallelo la Smart Grid ed Internet possiamo metterli a confronto poiché entrambi si basano sullo scambio di pacchetti. Se in Internet abbiamo il router che distribuisce i pacchetti, nella IoE abbiamo un **energy router** responsabile della comunicazione con un grande numero di sorgenti distribuite, essi hanno il compito di distribuire equamente il traffico del router tra domanda e offerta, in modo da ottenere un sistema bilanciato; nel caso in cui venga prodotta più energia del dovuto (magari perché, nel caso di energia eolica, essendo una giornata ventosa si produce più energia) il router si occupa di mandare il pacchetto energetico in un determinato dispositivo di storage per evitare di trasmettere più energia del dovuto, generando uno spreco.

Dalla tabella di può capire meglio il parallelismo di cui abbiamo parlato:

Function	IoE	Internet
Storage	Batteries, ultra-capacitors etc.	Buffers, short term or long-term memory.
Transmission	Transmission lines(HVAC/HVDC)	Transmission cables(optical fiber, microwave)
Generations	Renewable and non-renewable distributed generations	Servers (e.g. Web Servers, application servers)
Distribution company	Utilities	Internet Service Providers (ISP)
Distribution network	Energy LAN	LAN
Switching	Energy router	Information router
Source/sink	Prosumers	Clients
Sectoring/Clustering	Segmented grid (cells)	Internet network under ISPs
Plug-and-play interface	Plug-and-play port in Energy router with DC and AC bidirectional port	RJ45, Ethernet etc.

IoT Smart-X application: Smart Mobility e Trasporti

La tecnologia IoT può arricchire le funzionalità della mobilità e dei trasporti.

Un esempio è la **connessione dei veicoli su internet**: la connessione di un veicolo ad internet fornisce più funzionalità al veicolo, rendendolo un vero e proprio smart objects in grado di comunicare con altri eventuali smart objects. Inoltre, l'uso di internet nei veicoli rende il trasporto più facile e sicuro.

Parleremo infatti dell' **Internet of Vehicles (IoV)**, un concept direttamente legato all'IoE (Internet of Energy) che rappresenta il futuro per i trasporti smart e le applicazioni per la mobilità.

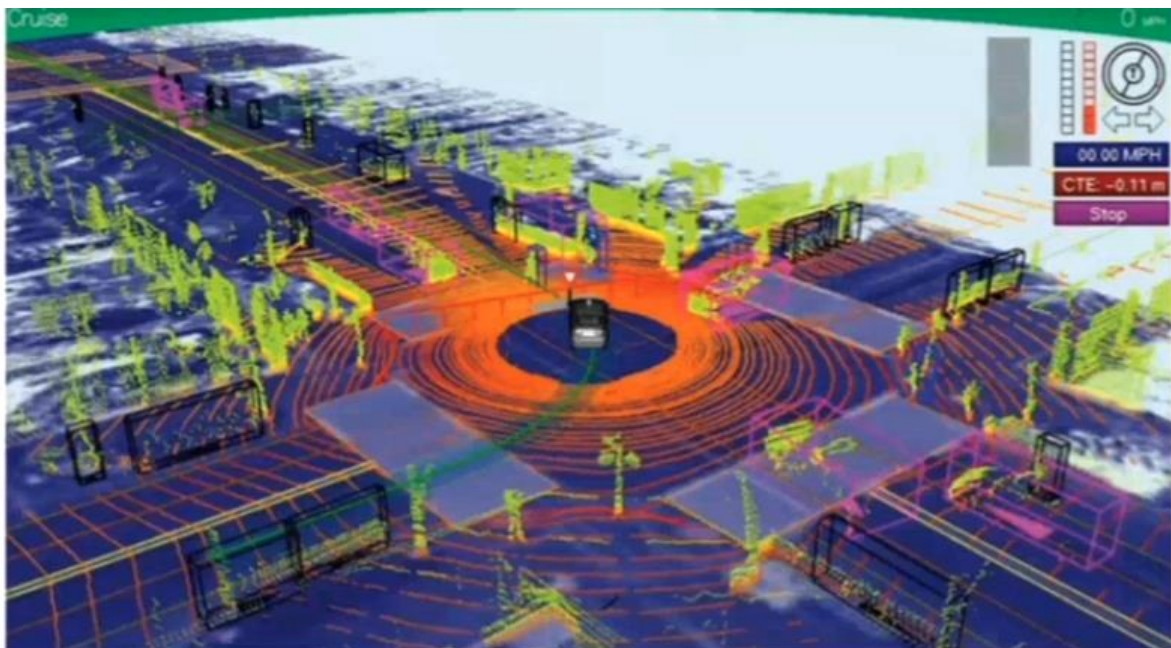
Esempio: si possono pensare a veicoli automatizzati con guida autonoma, che non hanno bisogno di un autista che li piloti. Questo scenario fa allora pensare ad una necessità che diminuisce: quella di avere un veicolo di proprietà; se vi è, infatti, un servizio di trasporto automatizzato, potrebbe venir sempre meno la richiesta di veicoli di proprietà.

A questo progetto stanno già lavorando case come Google, Volvo e altre compagnie.

La difficoltà principale sta nell'emulare, nell'automazione, il **comportamento di un essere umano nel guidare un'autovettura**, con la serie di reazioni che possono venir fuori in base alle situazioni che si vengono a creare durante alla guida: frenata improvvisa, incidente imprevisto, etc...

Chiaramente l'affermarsi di questa tecnologia incontra anche la controparte legislativa che a volte si contrappone alla sua affermazione: se un'auto investisse accidentalmente una persona potrebbero nascere problemi per la colpa del sinistro.

Per l'automazione è necessario dotare la macchina di chip visivi che le permettono di distinguere gli ostacoli, rendendo l'oggetto in grado di capire e ricostruire in tempo reale l'ambiente e le circostanze in cui si trova, interpretando gli ostacoli e i loro comportamenti. Oltre agli ostacoli è importante anche sottolineare che l'auto dovrebbe essere in grado di distinguere le luci di un semaforo e le varie segnaletiche. In un mondo smart, inoltre, l'auto si potrebbe collegare ad altri smart objects che ne segnalano, ad esempio, dei possibili incidenti in prossimità; in questo caso l'auto dovrebbe essere in grado di cambiare decisione riformulando l'azione da compiere.



Visuale di una macchina Google che interpreta l'ambiente circostante (la città).

IoT Smart-X application: Smart Cities

Già nel 2000 molti sindaci di molte città utilizzano l'IoT per migliorare alcuni servizi, si parlò di Smart Cities; quando si parla di smart cities si parla di città complesse così come si conoscono.

In una smart city i servizi dell'IoT possono essere vari: dai trasporti alla sicurezza, dall'amministrazione dell'energia al trasporto dell'acqua, etc...

Esempio: le attuali città sono molto "stupide": si genera un sacco di traffico per cercare un parcheggio, molti semafori sono accesi quando non è necessario che lo siano visto che non circola nessuno, il sistema del trasporto dell'acqua perde del 50%, la rete elettrica (electric grid) non è capace di rispondere realmente alle nuove tecnologie. Nello scenario di una smart city: con l'utilizzo di una smart grid si potrebbe utilizzare la tecnologia IoV (Internet of Vehicles, con il vantaggio dei prosumers), con l'utilizzo di Smart Parking, semafori connessi (smart), automazione dei trasporti dell'acqua, si ridurrebbe il traffico, gli sprechi energetici, lo spreco di acqua, l'inquinamento, etc..

La radice di tutti i problemi è la **scalabilità**: in passato, le città erano gestibili perché contenevano poche persone; tuttavia, con l'urbanizzazione, le persone si sono spostate in città: nel 1800 solo il 3% della gente stava nelle città, nel 1900 si passa al 14%, nel 2008 le persone che vivono nelle città sono pari al 50%; la previsione è che nel 2050 si stima che il 66% degli abitanti del mondo vivrà nelle città (circa 6 miliardi di persone). **La popolazione aumenta ma l'area delle città non aumenta: si ha una sovrappopolazione delle città.** Questa sovrappopolazione, chiaramente, ha ripercussioni sulla **gestione delle risorse**, sull'**efficienza dei trasporti**, sulla **sicurezza**, sull'**integrità di alcune strutture** (ad esempio le strade).

Per fronteggiare questa emergenza si deve rendere la città vivibile ma soprattutto **gestibile**: si devono implementare dei servizi adatti che migliorano la qualità della vita delle persone e che possano essere a disposizione dell'elevato numero della popolazione.

La soluzione sarebbe una **migliore informazione catturata e trasportata da IoT**.

Ad esempio, è possibile gestire la mobilità in modo intelligente: si riducono le attese ai semafori riducendo con esse anche i consumi e l'inquinamento.

E' possibile ridurre le perdite di acqua attraverso un monitoraggio smart degli acquedotti che consentono una manutenzione predittiva per il trasporto delle acque, così da non aver perdite. Stesso discorso vale anche per i consumi energetici: con una smart grid si eviterebbero i consumi energetici e si sfrutterebbe un'energia da fonti rinnovabili.

Quando si sviluppa una soluzione IoT per un ambito, spesso si crea una soluzione che prende anche altri ambiti: ad esempio, un'azienda che installa delle caldaie potrebbero implementare un servizio di manutenzione predittiva basata su sensori, in questo modo non si avrebbe una manutenzione al momento del guasto ma un'azione preventiva per prevenire i guasti. In questo modo l'utente ci guadagna in fiducia, l'azienda ci guadagna poiché può gestire meglio le risorse umane nel tempo (meno lavoratori) e possono stimare anche il motivo di questo di queste caldaie, dovuto magari ad un problema inerente ad un pezzo cui durata di vita è stata sovrastimata; in questo modo si può anche migliorare la produzione. Quindi con l'IoT vi sono miglioramenti di vario genere grazie ai dati raccolti dai sensori che ci informano su diversi ambiti: manutenzione, processo produttivo, etc... Quindi è importante enfatizzare l'importanza dei dati che prendono un ruolo centrale nell'IoT in cui coesistono quelle applicazioni che sono, appunto, definite **data driven**.

Nel 1999 è stata utilizzata per la prima volta una carta basata su RFID che permetteva il pagamento veloce dei mezzi di trasporto a Shanghai. Con questa innovazione è incrementato l'utilizzo dei mezzi pubblici. Con delle semplici innovazioni che permettono un utilizzo migliore dei mezzi, si è risolto un problema in una città avente una popolazione sviluppata su grande scala.

Dal 1990 al 2005 a Shanghai è aumentato incredibilmente l'utilizzo della rete elettrica. Utilizzando un approccio IoT per la gestione intelligente della rete (distribuendo l'energia in modo intelligente ed evitando di produrne in più) si è riuscito a salvare 116 milioni di dollari all'anno, evitando di produrre energia in più inutilizzata (spreco di energia), riducendo le emissioni di diossido di carbonio (inquinamento) e si è risparmiando evitando di costruire nuove linee di trasmissione. La smart city è un concetto che deve essere visto come implementazione delle tecnologie IoT in un largo range di smart objects: sistema sanitario, trasporti, sicurezza, etc... Quindi per avere una smart city si devono avere tanti dispositivi che utilizzano la tecnologia IoT per garantire una migliore efficienza.

Esempio: Le applicazioni vengono sviluppate con uno sviluppo SILOS; uno degli scopi principali del mondo è quello di migliorare le vite degli uomini. Un miglioramento molto utile è dato dall'approccio orizzontale: ad esempio, se avessimo bisogno di andare in ospedale alle 8:00 ma contemporaneamente dobbiamo accompagnare i bambini a scuola, sarebbe vantaggioso sviluppare con approcci SILOS delle tecnologie IoT per la gestione delle strade, dell'ospedale e delle scuole e far cooperare tali realtà: l'ospedale potrebbe prendere una prenotazione che non intacchi con gli orari scolastici e la con la gestione delle strade si potrebbe defluire il flusso stradale verso l'ospedale.

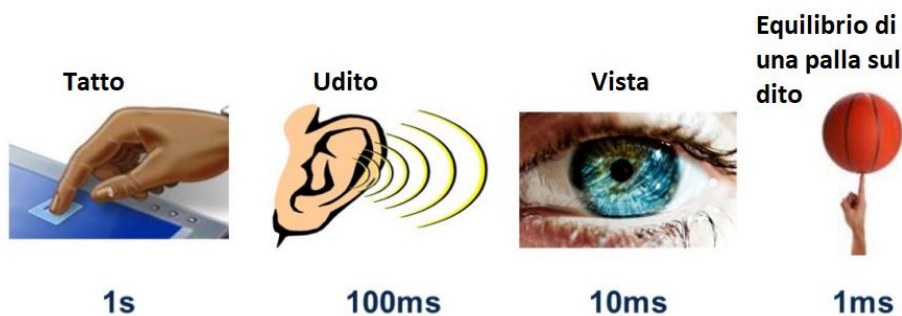
Le singole applicazioni vengono sviluppate con approccio SILOS ma poi possono essere messe in comune dall'approccio orizzontale che "amalgama" le realtà ricreando un unico ambiente smart, come ad esempio le smart city.

IoT Smart-X application: Smart Farming e Food Security

Supporto futuro di Internet per l'IoT

Per supportare le tecnologie IoT, le strutture internet che la supportano, sono sottoposte a grandi sfide che devono essere affrontate e vinte per stabilire l'evoluzione dell'IoT; parleremo di **macro-challenge**

1. La prima challenge è la **dimensione dell'IoT: miliardi di oggetti connessi nel 2020**; man mano che passa il tempo le dimensioni aumenteranno ed il fatto che questi oggetti saranno connessi ad internet, potrebbero appesantire la rete.
IPv6 è ancora in grado di gestire il numero di dispositivi ma le tecnologie internet devono essere in continuo aumento per supportare un numero così elevato di connessioni
2. La seconda challenge è la **tactile internet**: questa è considerata la tecnologia che porterà alla tecnologia 5G con basse latenze, alte bande e connessioni velocissime. Si immagini delle applicazioni che possano lavorare da remoto con tempi di risposta immediati, ad esempio un sistema che permette il lavoro di un chirurgo da remoto: deve essere possibile, per il chirurgo, avere un'esperienza tattile oltre che visiva, una tecnologia a cui ad oggi non siamo abituati.
I tempi di reazione di una persona, a seconda dei sensi in considerazione sono i seguenti:



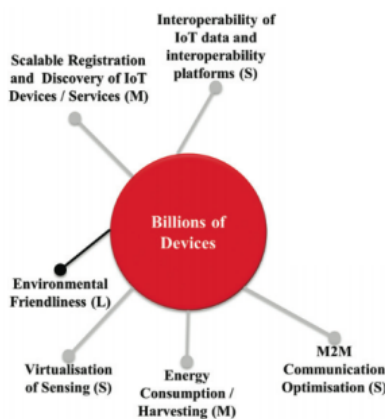
L'obiettivo è quindi quello di ottenere una rete che abilita scenari nuovi quali quello del tactile internet (esempio: riuscire a muovere un braccio meccanico attraverso le gestualità da remoto).

- La terza challenge riguarda i **dati**: essi pilotano le applicazioni che sfrutteranno tecnologie IoT, che sono state appunto definite **applicazioni data driven**. Quindi la **capacità di implementare un ragionamento intelligente sui dati circolanti** è la terza macro-challenge.

Possiamo osservare il seguente schema che riassume le 3 macro-challenge cui è sottoposta internet per supportare le tecnologie IoT:

Macro challenges per Sistemi IoT

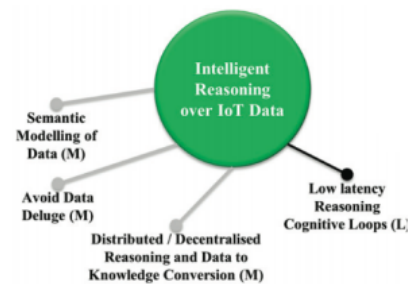
1. Gestione dei dispositivi connessi



2. Gestione della robustezza e dell'affidabilità



3. Intelligenza dai dati



(S): Shot term [Sfida a breve termine] (M): Medium Term [Sfida a medio termine] (L): Long Term [Sfida a lungo termine]

Le sfide sono suddivise in sfide a breve termine, a medio termine e a lungo termine. Una sfida come la virtualizzazione dei sensori è una sfida a breve termine (ed è stata già raggiunta con delle simulazioni di risorse che simulano proprio i sensori).

Una sfida come la capacità di recuperare energia dagli sprechi è invece una sfida a cui si sta lavorando, per questo motivo è catalogata a medio termine.

L'ottimizzazione Machine-to-Machine è una ottimizzazione già raggiunta, per questo motivo è catalogata come a breve termine.

Un metodo scalabile di registrazione dei dispositivi ai fini della collaborazione con altri oggetti smart per renderli scopribili tra loro con un contenuto semantico (ogni sensore si identifica specificando quale sia il suo scopo) è un obiettivo a medio termine.

La modellazione semantica dei dati fa parte dell'intelligenza dei dati, è necessaria per conoscere di cosa parlano i dati ma è ancora in fase di sperimentazione (medio termine).

La low latency reasoning cognitive loop è praticamente la capacità di un sistema di prendere decisioni in brevi termini a seconda di eventi (anche improvvisi) è una challenge a lungo termine (sarebbe l'idea che è nata quando abbiamo parlato di veicoli intelligenti in grado di guidare autonomamente)