



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di Laurea triennale in Ingegneria Gestionale

Strumenti IoT per l'Industria 4.0: applicazione di oggetti intelligenti per la gestione della catena di approvvigionamento

IoT tools for Industry 4.0: applications of smart devices for Supply Chain Management

Relatore: Chiar.mo
Prof. Ing. **Maurizio Bevilacqua**

Laureando:
Michele Prencipe

Anno Accademico **2019/2020**

*Ai miei genitori
che mi hanno permesso
di arrivare fino a qui oggi.*

Sommario

L'innovazione, si sa, non aspetta e nel campo industriale è sempre ben accolta quando rende possibile migliorare produzione e condizione dei lavoratori. Il mondo industriale è oggi impegnato nella sua quarta rivoluzione, chiamata anche Industria 4.0, la quale mira a realizzare impianti produttivi autonomi nelle funzioni e capaci di cooperare con altri impianti condividendo una fitta rete di informazioni.

In questo quadro si colloca la digitalizzazione, argomento di contemporanea importanza poiché indispensabile per le aziende che vogliono essere competitive nello scenario di mercato attuale e diventarle ancora di più in quello futuro. Complice la continua evoluzione tecnologica ogni giorno più accessibile ed i nuovi adeguamenti normativi, la digitalizzazione copre sempre più settori aziendali e permette di ottenere vantaggi quantificabili.

La digitalizzazione è un processo ambizioso e complesso che necessita tempo per essere portato a termine, non è privo di difficoltà e deve basarsi su strategie consolidate e scientifiche. I tempi necessari ad ottenere questa trasformazione non dipendono solamente da quelli necessari dall'implementazione di un nuovo sistema tecnologico, ma sono molto influenzati dalla cultura del lavoro, soprattutto in un contesto industriale come quello manifatturiero italiano.

L'obiettivo di questa tesi è quello di fornire una visione approfondita del paradigma dell'Internet of Things e dell'Industry 4.0 e come questi hanno rivoluzionato il mondo industriale, presentando alcune applicazioni di questi nuovi strumenti intelligenti all'interno della Supply Chain.

Indice

Introduzione.....	1
Capitolo 1 – Industry 4.0.....	5
1.1 Storia.....	5
1.2 Definizione ed origine del termine.....	7
1.3 Il punto di partenza: una Smart Factory.....	8
1.4 I 9 pilastri dell’Industry 4.0.....	10
1.5 Cyber-Physical System (CPS).....	13
1.6 Piano Nazionale Industry 4.0.....	14
1.7 Il Sistema MES.....	15
1.8 Obiettivi del MES.....	17
1.9 Vantaggi e svantaggi del MES.....	20
Capitolo 2 – Internet of Things (IoT).....	24
1.1 Definizione.....	24
1.2 Come nasce l’IoT.....	25
1.3 Architettura dell’IoT.....	26
1.4 Big Data.....	29
1.5 Ambiti applicativi.....	32
1.6 Il successo dell’IoT.....	34
1.7 Internet of Things in Italia.....	35
1.8 Privacy e sicurezza.....	37
1.9 Come mettere in sicurezza i dispositivi IoT.....	39

Capitolo 3 – Applicazioni dell’IoT nella gestione della Supply Chain.....	41
3.1 Cos’è il Supply Chain Management.....	41
3.2 IoT nel processo di Supply Chain Management.....	42
3.3 L’IoT per la localizzazione delle merci nella Supply Chain.....	45
3.4 Sensori IoT e nuovi sistemi di movimentazione.....	47
Conclusione.....	51
Bibliografia.....	53
Sitografia.....	54

Introduzione

“È diventato spaventosamente evidente che la tecnologia abbia superato la nostra umanità” – A. Einstein.

Ogni essere umano è un'entità a sé stante, eppure abbiamo sempre sentito il bisogno di connetterci gli uni con gli altri. A partire dalla fine del XIX secolo le tecnologie hanno affrontato un progresso prima impensabile, ma mai l'uomo avrebbe potuto immaginare di avere la possibilità di comunicare, in qualsiasi momento e da qualsiasi luogo, con una persona lontana migliaia di chilometri. Così il mondo reale si è trasformato in un mondo digitale, rendendo tutto e tutti connessi. Ad oggi si sente parlare largamente di Internet of Things (o Internet delle cose o degli oggetti): la tecnologia si è evoluta talmente velocemente che spesso molti utilizzano dispositivi IoT senza neppure saperlo.

L'idea è che tutte le “cose” possano comunicare tra loro attraverso la rete Internet, scambiandosi delle informazioni e agendo in base a queste. Gli oggetti diventano intelligenti, capaci di interagire in maniera autonoma con gli altri dispositivi connessi alla rete e di compiere determinate azioni in seguito alla ricezione di specifici input o alla lettura di dati.

L'Internet of Things può essere visto come un sistema in cui tutti gli oggetti all'interno della rete di connessione hanno un loro ruolo specifico, e la loro presenza diventa necessaria al fine di raggiungere l'obiettivo finale. Grazie all'implementazione di sistemi di questo tipo si prevede di cambiare il modo di vivere quotidiano delle persone. Attività che ciascuno di noi compie ogni giorno, oppure azioni che dovremmo compiere ma di

cui ci dimentichiamo, potranno essere svolte dagli oggetti connessi alla rete. La comunicazione autonoma tra gli oggetti, che avverrà quindi senza l'intermediazione dell'uomo, avrà l'utilità di poter agevolare la vita di ogni giorno semplificando le problematiche che possono presentarsi in diversi contesti.

Gli ambiti applicativi possono essere vari e i più quotati riguardano i contesti Smart Home e Smart City. Nel primo caso è logico, per esempio, pensare di utilizzare la rete per connettere tra loro gli elettrodomestici presenti in casa. Nel secondo caso la connessione potrà riguardare invece tutti i dispositivi utili a monitorare il traffico sulle strade di una città. Nonostante l'IoT sembra dirigersi verso la formulazione di un mondo alquanto innovativo, più "semplice" dal punto di vista dello stile di vita, molte sono le controversie di cui si parla. I timori principali riguardano in particolare la sicurezza dei sistemi informatici utilizzati e la privacy degli utenti che faranno uso di questi oggetti per condividere informazioni personali.

L'Internet of Things trova applicazioni anche nell'ambito industriale, con l'obiettivo di creare una Smart Factory. Aziende capaci di avere bassi lead time, alte flessibilità, produzioni in batch ridotti e customizzazione avanzata del prodotto. Il tutto per offrire più valore al cliente. Al centro della rivoluzione vi è la presenza di strumenti IT, con l'assegnazione di una controparte virtuale ad ogni soggetto, oggetto o attività in un sistema cyber-fisici.

Il *primo capitolo* introduce il concetto di Industry 4.0 partendo da una base storica delle precedenti rivoluzioni industriali. In questo capitolo si fa un accenno al punto di partenza – Smart Factory - già precedentemente citata, sino a presentare i pilastri che sorreggono la rivoluzione industriale odierna, per poi introdurre il sistema MES, un nuovo software di gestione dei processi produttivi aziendali, presentandone gli obiettivi, vantaggi e svantaggi.

Nel *secondo capitolo* dell'elaborato si è realizzata una esposizione dell'Internet of Things, ricercando gli elementi caratterizzanti, partendo da una definizione precisa e accurata per non lasciare spazio a dubbi e inquadrare bene l'argomento cardine della tesi. Successivamente si sono esposte quelle che sono le tecnologie utilizzate e gli ambiti applicativi arrivando a dare la giusta importanza ad un'accurata gestione della grande quantità di dati presenti all'interno di una rete aziendale, da cui si possono trarre numerosi vantaggi. Quando si parla di dati che circolano da un dispositivo all'altro in una rete è di vitale importanza introdurre l'argomento della sicurezza e della privacy, quest'ultimi trattati in conclusione del primo capitolo.

Nel *terzo capitolo* si parla in maniera approfondita delle applicazioni dell'Internet of Things in ambito della gestione della Supply Chain, introducendo gli strumenti utilizzate per la localizzazione delle merci in lungo tutto il suo percorso e in fine è presente un breve accenno ai magazzini automatizzati e le tecnologie utilizzate, come sensori e carrelli AGV.

Capitolo 1 – Industry 4.0

“In Mercedes-Benz, parliamo di ‘Industria 4.0’ per descrivere la digitalizzazione dell’intera catena del valore: dalla progettazione alla vendita ed assistenza, passando per la produzione (da cui ha origine il termine) — Noi di Daimler non abbiamo dubbi sul fatto che la rivoluzione digitale cambierà radicalmente la nostra industria. Queste novità si applicano ai metodi con cui sviluppiamo, progettiamo e produciamo le nostre vetture.

Ma non solo: riguarderanno, infatti, anche il modo in cui entriamo in contatto con i clienti risultando inoltre evidenti nei nostri prodotti”.¹

1.1 Storia

Con Industry 4.0 si indica una nuova rivoluzione industriale, una fase storica nella quale vi è un aumento della produttività aziendale e soprattutto un cambiamento drastico nelle *tecnologie* utilizzate nei processi produttivi.

L’attuale rivoluzione industriale definita appunto Industria 4.0 non rappresenta l’unica rivoluzione subita dal mondo industriale nell’arco della storia passata ma possiamo identificare altre tre rivoluzioni, con tempistiche e connotazioni diverse. La *prima rivoluzione industriale* – viene collocata in Inghilterra nell’arco temporale che va dalla fine del Settecento fino alla metà dell’Ottocento. Ha inizio con l’introduzione delle macchine

¹Markus Schäfer, membro del Divisional board Mercedes-Benz Cars, manufacturing and supply chain management di Daimler.

a vapore e l'inizio dell'uso di strumenti produttivi meccanici. La produttività ha potuto quindi crescere impulsivamente. Invece, negli anni 70 del XIX secolo si colloca la *seconda rivoluzione industriale* caratterizzata dall'avvento di macchine operanti ad energia elettrica e da una prima forma di produzione in serie. Famosissimo è l'esempio di Ford che grazie alla regolamentazione del flusso di produzione riusciva a massimizzare l'output produttivo. La *terza rivoluzione industriale* viene associata all'avvento dell'elettronica e alla prima digitalizzazione della seconda metà del Novecento. In questa fase, grazie alle tecnologie digitali si ha la possibilità di creare macchine capaci di operazioni sempre più complete ed effettuate autonomamente. Si faceva così sempre più uso di macchine versatili a controllo numerico, robot, sistemi di trasporto flessibili.

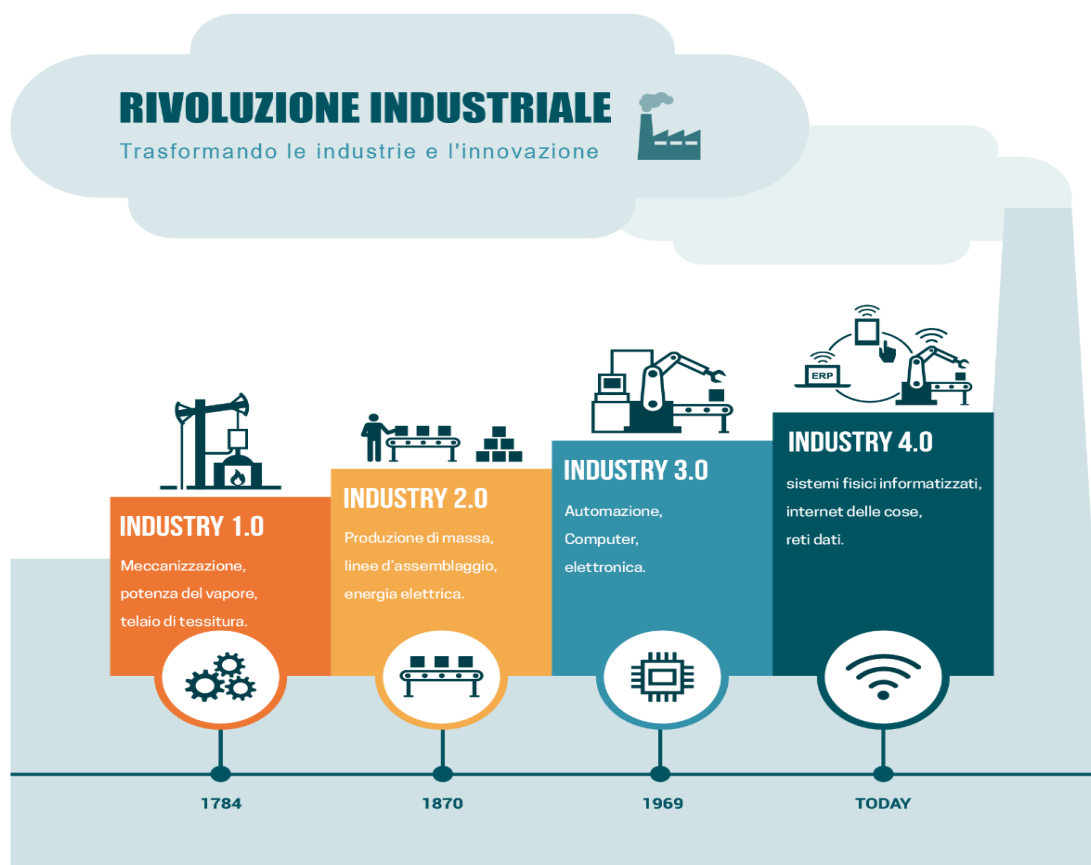


Figura 1: le 4 rivoluzioni industriali

1.2 Definizione ed origine del termine

Il termine Industria 4.0, o Industry 4.0, indica una tendenza dell'automazione industriale che integra alcune nuove tecnologie produttive per migliorare le condizioni di lavoro e aumentare la produttività e la qualità produttiva degli impianti.

Il termine è stato usato per la prima volta alla Fiera di Hannover nel 2011 in Germania. A ottobre 2012 un gruppo di lavoro dedicato all'Industria 4.0, presieduto da Siegfried Dais della multinazionale di ingegneria ed elettronica Robert Bosch GmbH e da Henning Kagermann della Acatech (Accademia tedesca delle Scienze e dell'Ingegneria) presentò al governo federale tedesco una serie di raccomandazioni per la sua implementazione. L'8 aprile 2013, all'annuale Fiera di Hannover, fu diffuso il report finale del gruppo di lavoro. Sempre più diffusa nel mondo scientifico e industriale è l'associazione tra industria 4.0 e "quarta rivoluzione industriale".

Perché 4.0?

La versione di un software viene rappresentata da un primo numero seguito da un punto che lo separa da altri numeri, nella formula "X.YY". Un software in via di sviluppo (non ancora rilasciato al pubblico) viene indicato con uno "0" antecedente il punto e dei numeri in progressione a destra del punto che indicano la versione del software, ad es: 0.34.

Quando viene rilasciato al pubblico solitamente si trova alla versione 1.0. Aggiornamenti successivi che vanno a risolvere piccoli problemi portano a far crescere il numero dopo il punto, ad esempio: "versione 1.1" se l'aggiornamento è sostanzialmente importante, o "versione 1.01" se l'aggiornamento è di minor rilevanza, magari risolutivo di piccoli problemi di programmazione o di sicurezza. Mentre quando viene

rilasciato un aggiornamento che cambia sostanzialmente dalla versione precedente allora si passa ad un incremento del numero prima del punto, riprendendo l'esempio precedente si avrebbe una versione "2.0". Per questo, facendo riferimento alle 3 rivoluzioni industriali già avvenute, si utilizza la dicitura "4.0" come se si trattasse della quarta versione di un software.

1.3 Il punto di partenza: una Smart Factory

L'industria 4.0 ha alla sua base una fabbrica smart, termine quest'ultimo che definisce la capacità di operare in modo intelligente, rapido ed astuto tramite l'integrazione profonda dei sistemi informatici nelle attività svolte. Se la concezione di Industry 4.0 varia a seconda del punto di vista e degli interessi dei soggetti considerati, la definizione comprensiva a cui si può far riferimento è la seguente:

"Una fabbrica intelligente è una soluzione produttiva che impiega processi produttivi così flessibili e adattivi da essere in grado di risolvere in modo dinamico e rapido i problemi che si possono presentare, andando a modificare le condizioni al contorno, in un mondo a complessità crescente. Questo particolare sistema è basato da una parte sull'automatizzazione, intesa come una combinazione di hardware, software e/o meccanica, che porta all'ottimizzazione della produzione nella forma della riduzione del lavoro necessario e dello spreco di risorse. D'altra parte, si vede nella prospettiva di collaborazione tra diversi partner industriali e non, dove l'intelligenza proviene dal realizzare

un'organizzazione dinamica" (Radziwon, Bilgerg, Bogers & Madsen, 2014).



Figura 2: Industry 4.0 e Smart Factory

La visione per il futuro è quindi quella di un'industria manifatturiera che sappia adattarsi agli eventi che possono accadere al suo interno in modo imprevisto, alle richieste del mercato e i fornitori. La sua capacità di adattarsi ad una produzione variabile permette di realizzare un prodotto con una forte personalizzazione per il cliente.

L'uso di tecnologie informatiche è l'elemento motore che abilita queste caratteristiche: l'integrazione della tecnologia nelle attività aziendali va in ogni punto della catena del valore, dal punto iniziale a quello finale. Il prodotto stesso è oggetto connesso, capace di scambiare dati nella sua catena di valore ed indirizzarla.

Il sistema si compone di una rete di oggetti, ognuno con un proprio potere decisionale decentralizzato, per mettere in atto la produzione. Il tutto porta vantaggi per l'azienda: si vogliono ottenere tempi ridotti di

sviluppo, un prodotto individualizzato secondo le richieste del cliente, consegnato in tempi relativamente contenuti e una maggiore attenzione all'utilizzo efficiente delle risorse, il tutto con una forte spinta all'innovazione tecnologica.

1.4 I 9 pilastri dell'Industry 4.0

Nove sono le tendenze tecnologiche che costituiscono gli elementi di cambiamento principali di Industry 4.0:

1. *Big Data e Analytics* - Nel contesto dell'Industria 4.0, la raccolta e la valutazione completa dei dati provenienti da molte e varie fonti diverse – apparecchiature e sistemi di produzione, nonché sistemi di gestione aziendale e dei clienti – diventeranno standard per supportare il processo decisionale in tempo reale.
2. *Robot autonomi* - I robot, prima o poi, interagiranno tra loro e lavoreranno in tutta sicurezza fianco a fianco con gli umani e impareranno da loro. Questi robot costeranno meno e avranno una gamma di funzionalità più ampia rispetto a quelle utilizzate oggi nell'industria.
3. *Simulazioni* - Le simulazioni saranno utilizzate più spesso nelle attività degli impianti per sfruttare i dati in tempo reale e rispecchiare la realtà in un modello virtuale, che può includere macchine, prodotti ed esseri umani. Ciò consentirà agli operatori di testare e ottimizzare le impostazioni della macchina per il prossimo prodotto in linea nel mondo virtuale prima del passaggio fisico, riducendo così i tempi di impostazione della macchina e aumentando la qualità.

4. *Sistema di integrazione verticale e orizzontale* - Con Industry 4.0, le aziende, i dipartimenti, le funzioni e le funzionalità diventeranno molto più coese, poiché le reti di integrazione dei dati universali e trasversali si evolvono e consentono la creazione di catene di valore veramente automatizzate.
5. *IoT industriale* - Industria 4.0 significa che più dispositivi, inclusi a volte anche i prodotti non finiti, saranno arricchiti con l'elaborazione dei dati integrata. Ciò consentirà ai dispositivi sul campo di comunicare e interagire tra loro e con più controller centralizzati, se necessario. Inoltre, decentrerà il processo di analisi dei dati e quello decisionale, consentendo risposte in tempo reale.
6. *Cybersecurity* - Con l'aumento della connettività e l'utilizzo di protocolli di comunicazione standard forniti dall'Industry 4.0, la necessità di proteggere i fondamentali sistemi industriali e le linee di produzione dalle minacce di cybersecurity è cresciuta drasticamente. Di conseguenza, sono necessarie comunicazioni sicure e affidabili nonché un'evoluta identità e gestione dell'accesso alle macchine e agli utilizzatori.
7. *Cloud* - Più imprese legate alla produzione richiederanno una maggiore condivisione dei dati tra i siti e i confini aziendali. Allo stesso tempo, le prestazioni delle tecnologie cloud miglioreranno, raggiungendo tempi di reazione di pochi millisecondi. Di conseguenza, i dati e le funzionalità della macchina verranno sempre più implementati nel cloud, consentendo ulteriori servizi basati sui dati per i sistemi di produzione.
8. *Additive manufacturing* - Le aziende hanno da poco cominciato a adottare la *Additive manufacturing*, come la stampa 3D, che

utilizzano principalmente per creare prototipi e produrre singoli componenti. Con l'Industry 4.0, questi metodi di additive manufacturing saranno ampiamente utilizzati per produrre piccoli lotti di prodotti personalizzati che offrono vantaggi di costruzione, come design complessi e leggeri.

9. *Realtà aumentata* - I sistemi basati sulla realtà aumentata supportano una varietà di servizi, come la selezione di parti nei magazzini e l'invio di istruzioni di riparazione su dispositivi mobili. Questi sistemi sono attualmente agli inizi, ma in futuro le aziende utilizzeranno più spesso le informazioni in tempo reale per migliorare le procedure decisionali e di lavoro.

Le aziende affrontano sfide formidabili nell'implementazione di queste nuove tecnologie. Per costruire e mantenere un ruolo guida nella corsa verso una completa adozione, hanno bisogno di ampliare e approfondire le loro conoscenze pratiche sulle tecnologie digitali e sui casi d'uso correlati, e quindi sviluppare e attuare strategie di produzione digitale su misura.

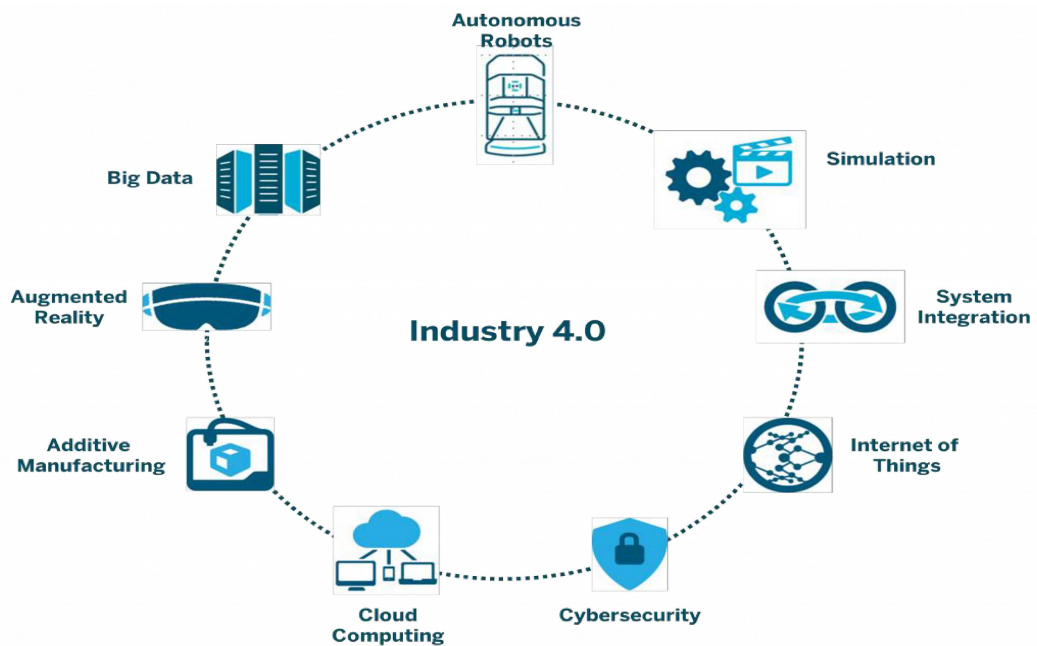


Figura 3: I 9 pilastri dell'Industry 4.0

1.5 Cyber-Physical System (CPS)

La chiave fondamentale dell'Industry 4.0 sono i *sistemi cyber-fisici* (CPS) cioè sistemi fisici connessi con i sistemi informatici, con la principale capacità di essere in grado di interagire con altri sistemi CPS. La collaborazione tra sistemi e con gli esseri umani sembra essere il nocciolo del paradigma Industry 4.0. Questo sistema integra le cosiddette "tre C": capacità computazionale, comunicazione e capacità di controllo.

Le strutture artificiali di calcolo e comunicazione, rappresentate dal prefisso "cyber", formano un sistema distribuito che interagisce direttamente e dinamicamente con il mondo reale che le circonda. Quindi, per ciascuna parte hardware (physical) dovrà essere creata una corrispondente parte software (cyber) che permetterà alle diverse componenti fisiche, di sistemi anche molto complessi, di scambiare informazioni sia tra di loro sia con gli utenti umani con l'obiettivo di monitorare, gestire e controllare i sistemi stessi. Ad ogni componente ed eventualmente ad un intero sistema, sarà possibile quindi associare quello che comunemente viene indicato come Digital Twin, letteralmente un "gemello digitale" da intendere come un'esatta rappresentazione "cyber" della corrispondente parte "physical".

L'approccio è rivoluzionario: disponendo di un'intelligenza decentrata, i sistemi cyber-fisici sono in grado di valutare situazioni e prendere decisioni autonomamente nonché di provvedere che gli altri sistemi cyber-fisici svolgano delle azioni, quando necessario. Questi comportamenti sono stati programmati e sono addirittura in grado di cambiare e di adattarsi.

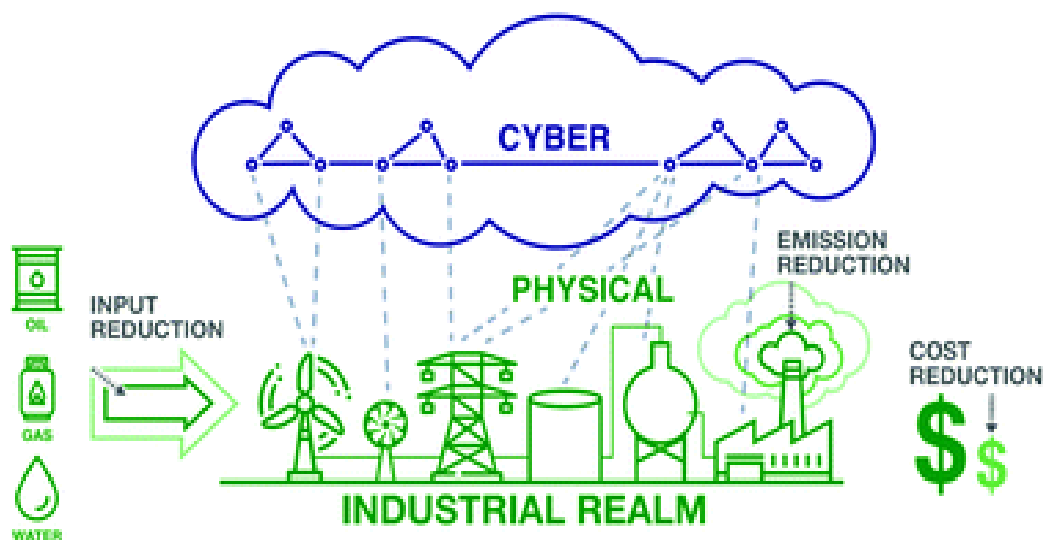


Figura 4: Cyber-Physical System

1.6 Piano nazionale Industria 4.0

Il Piano nazionale Industria 4.0 è un piano a supporto dei settori industriali nazionali, sviluppato dal Ministero dello Sviluppo Economico. Questo piano prevede misure concrete in base a tre principali linee guida: operare in una logica di neutralità tecnologica; intervenire con azioni orizzontali e non verticali o settoriali; agire su fattori abilitanti.

Le principali direttive che contraddistinguono il Piano Nazionale sono quattro e precisamente:

Investimenti innovativi – stimolare l’investimento privato nell’adozione delle tecnologie abilitanti dell’Industria 4.0 e aumentare le spese in ricerca, sviluppo e innovazione. Per quanto riguarda queste tipologie di investimenti sono previste una serie di agevolazioni con l’incremento dell’aliquota dell’iper-ammortamento al 250% e la proroga del super-ammortamento con aliquota al 140% ad eccezione dei veicoli che prevedono maggiorazione ridotta al 120%. Inoltre, il Piano contempla

detrazioni fiscali fino al 30% per investimenti fino a un milione per le start up e le PMI innovative.

Infrastrutture abilitanti – assicurare adeguate infrastrutture di rete, garantire la sicurezza e la protezione dei dati, collaborare alla definizione di standard di interoperabilità internazionali. Tra le iniziative in merito alle infrastrutture abilitanti troviamo investimenti per arrivare ad avere aziende coperte a 100 Mbps entro la fine del 2020.

Competenze e Ricerca – creare competenze e stimolare la ricerca mediante percorsi formativi ad hoc.

Awareness e Governance – diffondere a conoscenza, il potenziale e le applicazioni delle tecnologie Industria 4.0 e garantire una governance pubblico-privata per il raggiungimento degli obiettivi prefissati.

1.7 Il Sistema MES

Negli ultimi vent'anni è diventata sempre più importante la rilevazione delle informazioni legate al ciclo produttivo, da queste, infatti, è possibile derivare l'efficienza del sistema di produzione, i suoi punti critici e i costi che ne derivano. Con l'avvento di Industria 4.0 e dei finanziamenti stanziati dal Piano Nazionale Industria 4.0 molte aziende si sono avvicinate ai sistemi MES.

L'acronimo MES, Manufacturing Execution System, identifica una tipologia di software industriali che hanno il compito di gestire e controllare i processi produttivi aziendali, partendo dal rilascio degli ordini, seguendo tutte le attività di produzione fino al completamento del prodotto finito e il suo inserimento a magazzino.

Questo sistema ha come obiettivo il monitoraggio e il miglioramento delle performance elaborate dalla classe dirigente e amministrativa

dell'impresa. Dalla rilevazione dei dati riferiti al ciclo produttivo, si può dedurre l'efficienza (macchine e operatori) del processo di produzione e di conseguenza si è in grado di individuare in modo più specifico problematiche legate alla gestione del ciclo (tempi, logistica, movimentazioni, carico macchine, addestramento operatori, mancanza di manodopera) e all'ammontare dei costi.

Il MES non svolge solo l'importante compito di reperire informazioni ma può essere anche considerato un sistema di *supporto e controllo* della produzione perché si occupa di monitorare e comunicare i dati che caratterizzano sia le attività produttive sia quelle di supporto come manutenzione, inventario e qualità prodotti.

I primi sistemi di gestione della produzione sono stati gli MRP, Management Requirements Planning, dove i dati sull'avanzamento della produzione venivano inseriti manualmente volta per volta nel sistema, causando ritardi e incongruenze rilevanti ai fini della comunicazione con il sistema ERP. Questo causava una divulgazione delle informazioni imprecisa e inesatta in tutte le aree aziendali. Il MES svolge un importante ruolo di collegamento tra il livello decisionale dell'impresa, gestito dai sistemi ERP, e il livello operativo, costituito dalle attività di produzione, riuscendo a superare i limiti di un sistema MRP.

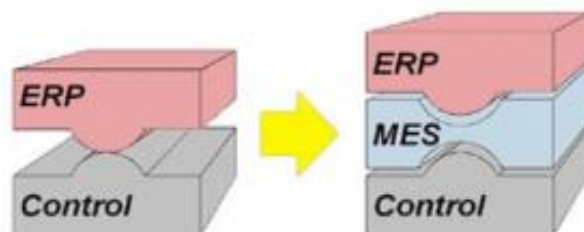


Figura 5: MES, collegamento tra livello decisionale e livello operativo

1.8 Obiettivi del MES

Gli obiettivi fondamentali che un sistema MES deve raggiungere sono:

- L'integrazione con il livello di business tramite lo scambio d'informazioni in tempo reale che riduce l'inesattezza e l'imprecisione dei dati trasmessi da un'area all'altra dell'azienda. Le modalità di scambio e la qualità delle informazioni incidono fortemente sull'efficienza generale dell'impresa;
- L'elaborazione di piani di produzione (PDP) attendibili e applicabili alla realtà dell'impresa tramite l'analisi della capacità e la presenza delle risorse (personale, materie prime, strumenti per la lavorazione) e tramite soprattutto il controllo delle attività di stabilimento, avendo chiari i cicli di produzione e i tempi di lavorazione per aggiornarli in caso di miglioramenti o modifiche nei processi. Questo continuo monitoraggio rende l'intero sistema produttivo più flessibile e reattivo ai cambiamenti;
- Il miglioramento delle performance a breve termine (controllo qualità, aumento dell'efficienza macchina e/o operatori, riduzione dei tempi ciclo) tramite l'elaborazione dei KPI2 stabiliti dall'azienda.

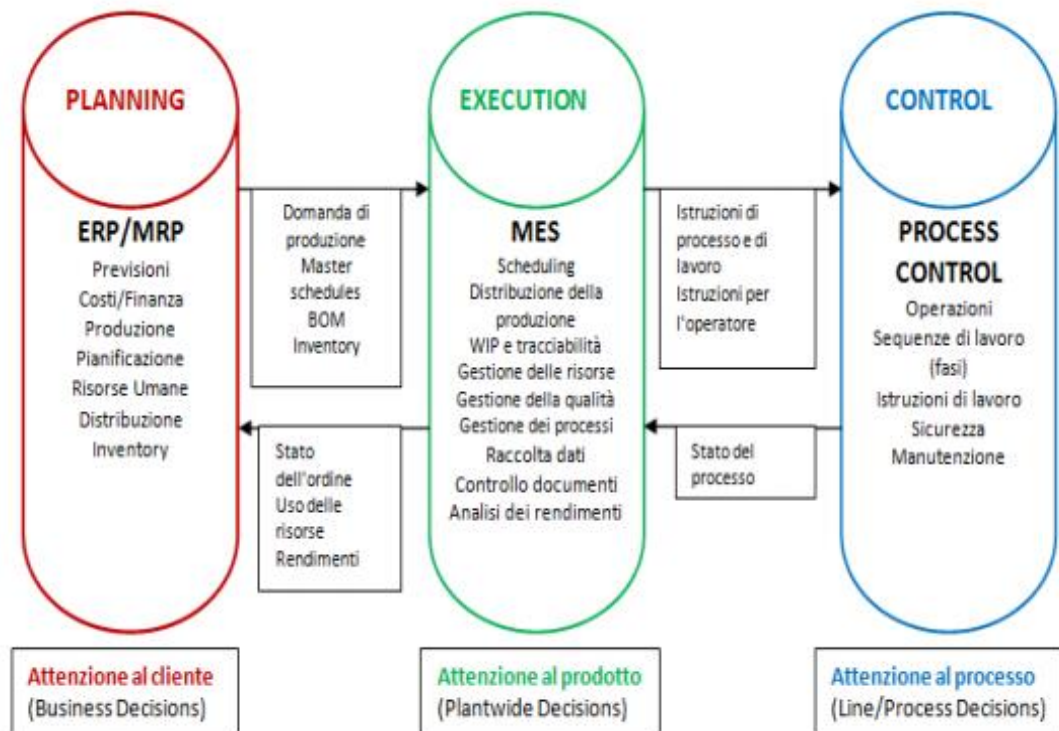


Figura 6: Attività che devono svolgere i sistemi di gestione

Si possono, inoltre, distinguere per un software MES dieci pilastri, che sono indicati dal modello internazionale MESA² e che corrispondono ai processi che il sistema deve saper gestire:

1. La pianificazione delle risorse di produzione.
2. La distribuzione della manodopera.
3. La gestione degli ordini e dei piani di produzione (PDP).

²Manufacturing Execution System Association, un'associazione di commercio che rappresenta gli sviluppatori e i venditori di sistemi MES e dei prodotti e servizi legati ad essi. Il MESA elabora e fornisce modelli che possano far convergere sotto un unico obiettivo le diverse figure presenti all'interno di un'azienda, in modo da migliorare la comprensione reciproca.

4. La raccolta manuale dei dati presi sul campo dagli operatori che dovranno essere analizzati e confrontati con i risultati e le performance obiettivo.
5. Il controllo dei dati e il collegamento con la tecnologia, tenendo in considerazione i parametri caratteristici delle macchine, ma anche le variabili riconducibili alla componente umana.
6. Il monitoraggio sugli avanzamenti di produzione: quantità, tempo, stato dell'ordine e rispetto delle scadenze.
7. Il controllo sulla qualità dei prodotti, sui versamenti a magazzino e sulle quantità a stock dei prodotti.
8. La tracciabilità dei prodotti finiti ma anche dei semilavorati (WIP) che permette, in caso di difetti e non conformità, di risalire più facilmente alla causa origine del problema e intervenire prontamente solo sulla parte interessata.
9. L'analisi dei tempi di inattività, andando a distinguere le attività produttive (cambio macchina, creazione di prove e prototipi, training) da quelle improduttive a non valore aggiunto (riparazioni, attrezzaggio macchina, selezione dei componenti, fermi guasto, pulizia del posto di lavoro, recupero materiale, movimentazione e trasporti, attesa componenti e polveri).
10. L'analisi delle performance produttive, confrontando i dati della produzione effettiva con quelli previsti nel piano di produzione.

1.9 Vantaggi e svantaggi del MES

Vantaggi:

- *Presenza di uno standard (ANSI/ISA-95):*

Lo standard descrive nello specifico le funzioni coinvolte, le caratteristiche principali e gli obiettivi generali che un sistema MES deve raggiungere. In questo modo si ottimizza: conformità, reattività, tracciabilità, metriche di qualità complessiva.

- *Aumenta la visibilità in tutta la rete di produzione:*

Carta, fogli di calcolo, database autonomi, sistemi di misurazione e sistemi SCADA non sono più in grado di fornire i dati necessari per guidare l'impresa manifatturiera di oggi. Il software MES sostituisce questi sistemi frammentati per connettere perfettamente l'ultimo piano e l'officina, creando un filo ininterrotto di dati critici in tutte le operazioni di produzione.

Il software MES offre: Analisi critica in tempo reale, come indicatori di prestazioni e qualità, visualizzati in un formato grafico altamente visivo che imita il processo; potenziamento dell'operatore con gli strumenti per reagire più velocemente quando sorgono problemi; benchmarking di macchine, linee di produzione, cicli di produzione, impianti e miglioramento delle unità.

- *Riduci i costi operativi:*

MES consente un maggiore controllo su tutti gli input di produzione:

- Costo del lavoro diretto: il MES monitora le macchine e il progresso del lavoro e allerta l'operatore solo quando necessario così da minimizzare il tempo di inattività

dell'operatore stesso, risparmiando sui costi diretti del lavoro;

- Costo del lavoro indiretto: i dati delle operazioni vengono raccolti automaticamente dalle macchine e dalle attrezzature, migliorando la precisione e risparmiando tempo da parte dell'operatore;
 - Costi dei materiali: il controllo del processo in tempo reale ottimizza la quantità di materiale utilizzato per soddisfare le specifiche; nel frattempo il conteggio della produzione in tempo reale può impedire la produzione eccessiva;
 - Costi energetici: monitoraggio automatizzato costante del consumo energetico da parte di tutte le apparecchiature dell'impianto aiutano rapidamente a identificare i guasti e a guidare l'ottimizzazione dell'utilizzo delle apparecchiature.
- *Promuovi l'efficienza:*

Il MES supporta i piani di miglioramento delle prestazioni:

- Produzione e utilizzo delle risorse: con dati precisi sui tempi di fermo quando, dove e per quanto tempo - miglioramento della macchina / linea / impianto prestazione;
- Cambiamenti: MES avvisa il personale quando un lavoro è quasi completato; con il software MES è possibile una migliore pianificazione e reazione ad eventi non pianificati come carenza di materiale o guasto dell'attrezzatura;
- Tempo ciclo: il software MES tiene traccia dell'OEE (dall'inglese Overall Equipment Effectiveness - efficacia complessiva delle apparecchiature), consentendo al personale operativo di concentrarsi sul tempo ciclo

dell'attività, apportando miglioramenti basate su informazioni accurate.

- *Migliora l'agilità e la flessibilità:*

Il MES aumenta la competitività attraverso la visibilità in tempo reale delle operazioni di produzione:

- Introduzione veloce di nuovi prodotti (NPI - Fastest new product introduction);
- Integrazione più agevole di nuovi processi, stabilimenti e personale;
- Maggiore integrazione con la catena di fornitura.

- *Standardizzare le operazioni e applicare le migliori pratiche:*

Il software MES fornisce una base per il benchmarking e il miglioramento nell'industria manifatturiera: routing e flussi di lavoro impongono il processo e garantiscono il controllo; l'integrazione del MES con macchine e attrezzature rimuove la necessità di raccogliere manualmente i dati, aumentando la precisione e la sicurezza; I dashboard mostrano le prestazioni in tempo reale di turni, linee di produzione e piante.

Svantaggi:

- Questi sistemi sono altamente personalizzati per ogni azienda e non adattabili ad altre situazioni. Per questo motivo i tempi di sviluppo e progettazione sono lunghi e i costi più elevati.
- I dati che vengono raccolti dal sistema MES devono essere affidabili e corrispondenti alla realtà per essere utili al miglioramento del processo produttivo.

L'introduzione e l'implementazione del Manufacturing Execution System all'interno di un'azienda potrebbe comportare un cambiamento radicale delle politiche di produzione e un diverso procedimento di lavorazione e riconoscimento prodotti per gli operatori. Questo potrebbe causare una difficoltà di inserimento del sistema, periodi di formazione per operatori e impiegati e un iniziale rallentamento delle attività.

Capitolo 2 – *Internet of Things (IoT)*

“L’obiettivo dell’Internet delle cose è far sì che il mondo elettronico tracci una mappa di quello reale, dando un’identità elettronica alle cose e ai luoghi dell’ambiente fisico.”³

2.1 Definizione

Con Internet of Things - letteralmente “Internet delle cose” - si indica la connessione fra tutti gli oggetti grazie alla tecnologia digitale, quindi la capacità degli oggetti di essere connessi e di poter scambiare dati e informazioni fra di loro. Obiettivi di questi dispositivi sono raccogliere dati e informazioni, dare comandi e controllare particolari attività.

Un oggetto per essere definito “oggetto connesso” deve possedere un indirizzo IP che ne consenta l’identificazione univoca sulla rete e deve possedere la capacità di scambiare dati attraverso la rete stessa senza bisogno dell’intervento umano. Gli oggetti connessi nel mondo attraverso questa nuova tecnologia sono ormai svariati miliardi influenzando positivamente nuovi ambiti lavorativi e l’economia. Occorre considerare che questo fenomeno è presente da molto più tempo rispetto al momento in cui è stata coniata questa definizione. Da alcuni studi sull’Internet delle cose emerge come molti italiani non sappiano cosa sia realmente l’Internet of Things, pur avendo con sé dispositivi IoT che si basano su questa nuova tecnologia (ad esempio orologi che ti indicano quante calorie bruci e associano i tuoi movimenti ad una scheda su internet dove vengono

³Sean Dodson, 16 ottobre 2008, *The net shapes up to get physical*, *The Guardian*)

registrati i passi che hai percorso, calorie bruciate, e così via...).

L'Internet delle cose associa il tema di Internet con gli oggetti reali della vita di tutti i giorni, oggetti e dispositivi che saranno sempre più connessi e che stanno dando vita a una rete ancora più fitta di presenza sul territorio e in tutti gli ambienti che necessitano di controllo, automazione e rilevamento.

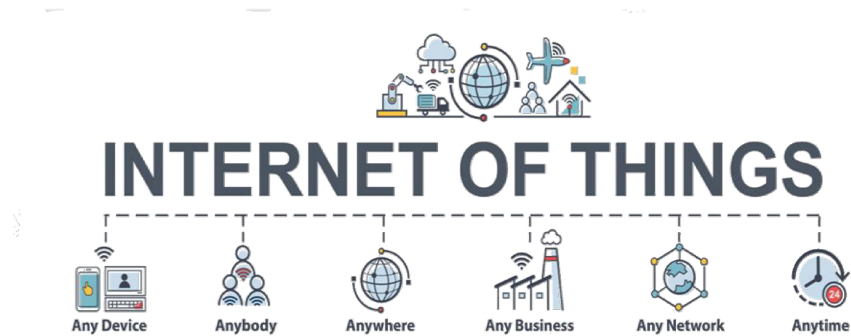


Figura 7: Internet of Things: che cos'è?

2.2 Come nasce l'IoT

L'origine dell'espressione "Internet of Things" è attribuita a Kevin Ashton, cofondatore di Auto-ID Center, che l'ha utilizzata durante una presentazione per Procter & Gamble, nel 1999.

All'epoca Kevin Ashton svolgeva il ruolo di Assistant brand manager dell'azienda e si accorse che alcuni prodotti molto popolari di P&G non erano mai disponibili in circa il 40% dei negozi. Cercando di indagare sui motivi ha compreso che il problema dipendeva dai sistemi informativi dei negozi che avevano dei dati molto approssimativi sullo *stato dei propri magazzini*: poiché i dati sui prodotti venivano inseriti dai dipendenti, in maniera manuale tramite scansione del codice a barre, spesso si verificavano degli errori. Da qui si è compresa la necessità di far

raccogliere dati a computer o macchinari per poter superare i limiti legati a eventuali errori umani.

Da allora si è assistito al grande sviluppo di Internet e alla connessione in rete di miliardi di persone in tutto il mondo, dapprima attraverso l'uso dei computer e più recentemente attraverso device mobili (come smartphone e tablet). Questa rivoluzione della comunicazione si sta ora evolvendo dalle persone alle cose.

Nel 2008-2009 nasce ufficialmente l'Internet of Things, non solo come ideologia ma come reale interconnessione tra internet e gli oggetti, e di conseguenza, tra le persone.

Nel 2011 viene lasciato pubblicamente il nuovo protocollo Internet Ipv6, in successione all'Ipv4, che amplia i servizi offerti dalla rete e semplifica la gestione degli indirizzi IP.

Nel 2014 Google acquista la start up Nest che sviluppa il termostato Intelligente.

Nel 2015 molte delle grandi aziende che offrono servizi Cloud mettono a disposizione piattaforme per sviluppare l'IoT.

2.3 Architettura dell'IoT

I dispositivi, anche detti "microcontroller", sempre più connessi, ma dotati di risorse limitate, hanno continuamente bisogno di dialogare fra di loro in maniera sincronizzata, secondo protocolli ben precisi. Raccolgono dati mediante i sensori, li memorizzano in strutture dati, generalmente nel Cloud, dove vengono analizzati e ne vengono ricavate informazioni che vengono reimmesse nel mondo reale ad utilizzo degli umani secondo gli

obiettivi del progettista. Diventano messaggi push su mobile app, grafici su browser, Qr code.

L'intero ecosistema di oggetti Hardware/Software che fa parte di un progetto IoT è basato su un'architettura composta da elementi assemblati fra di loro con maestria ed esperienza. Non può esistere una sola architettura nel mondo Internet of Things. Macroscopicamente bisognerà tener conto di:

- oggetti hardware
- protocolli di comunicazione
- servizi cloud
- applicazioni software

Gli oggetti hardware possono essere: a *corto raggio* - comunicano in rete attraverso Bluetooth o via cavo e quindi necessitano di gateway/hub per la connessione in Internet; a *lungo raggio* - si collegano in Internet in modo autonomo perché possiedono SIM.

Di recente Vodafone ha sviluppato un nuovo protocollo NB-IoT (Narrowband per l'IoT) studiato per offrire un ampio raggio di copertura ma imponendo bassi consumi ai componenti radio dei dispositivi collegati alla rete. La rete di Vodafone prevede trasmissioni alla frequenza di 800 MHz, con la possibilità di raggiungere oggetti smart collocati anche all'interno di edifici e nel sottosuolo. Le prime applicazioni indicate riguardano soprattutto l'ambito Smart City, ad esempio il collegamento con i contatori delle utility o i parchimetri. Narrowband IoT (o NB-IoT) è infatti una tecnologia di connessione a banda stretta che opera in bande soggette a licenza e può essere implementata nelle reti mobili esistenti,

garantendo in questo modo un avvio più veloce delle reti rispetto ad altre soluzioni.

Il *cloud computing* è un modello per abilitare, tramite la rete, l'accesso diffuso, agevole e a richiesta, ad un insieme condiviso e configurabile di risorse di elaborazione (ad esempio reti, server, memoria, applicazioni e servizi) che possono essere acquisite e rilasciate rapidamente e con minimo sforzo di gestione o di interazione con il fornitore di servizi. Uno dei motivi del collegamento stretto tra il cloud computing e l'IoT dipende dal fatto che la tecnologia dei dispositivi intelligenti è ancora nella sua fase pionieristica e largamente sviluppata da imprese *innovative born in the cloud*. L'aspetto principale che rende così interessante il connubio cloud-IoT è sicuramente la quantità di dati che l'IoT è in grado di generare; dati che possono essere analizzati al fine di trarre conclusioni rilevanti sugli utenti, le tendenze del mercato e così via. Ed è qui che l'IoT viene naturalmente sorretto dalla potenza e la flessibilità del cloud. Tra gli oggetti fisici e gli utenti finali è presente una Piattaforma IoT che ha il ruolo di comunicare con gli oggetti e con i software informativi aziendali, gestire le modalità di invio dei dati e di memorizzazione degli stessi, utilizzare algoritmi per estrarre conoscenza dai dati.

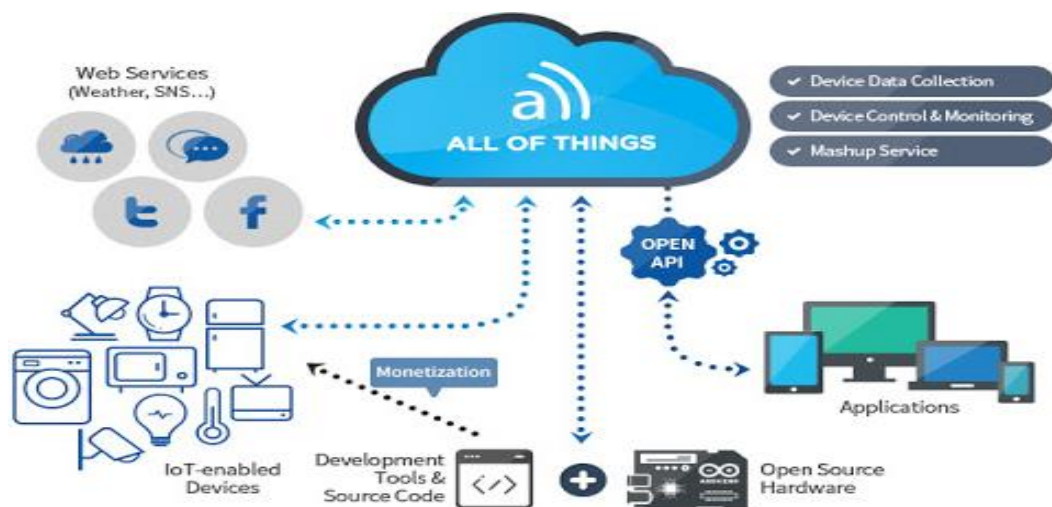


Figura 8: Architettura IoT Client - Server - Cloud

2.4 Big Data

Oggi, grazie all'avvento di internet e dell'IoT, è possibile raccogliere un'esorbitante quantità di dati. Le nostre azioni quotidiane creano dati che possono essere memorizzati e analizzati. Inoltre, qualsiasi oggetto connesso alla rete, sia esse internet o una rete interna, produce dei dati.

Con *Big Data* si intende il fenomeno di memorizzazione, gestione e analisi di grandi quantità di dati. Tutti questi dati possono derivare dall'interno dell'azienda o anche dall'esterno. I principali dati interni all'azienda sono rappresentati dagli archivi e registri, documenti scambiati tra l'azienda e il cliente, informazioni varie su fornitori e ovviamente informazioni sulla contabilità dell'azienda stessa. Mentre i principali dati provenienti dall'esterno sono quelli dal Web come dati economici, censimenti, dati governativi e Social media.

La definizione didattica di Big Data passa anche attraverso una classificazione della tipologia di dati che in ambito informatico viene fatta attraverso l'analisi delle 3V, che nel corso del tempo sono diventate 4V e 5V (Hu, Wen, Chua, Li, 2014)⁴:

1. *Volume*. Si trova già intrinsecamente nel nome, Big Data implica infatti un enorme volume di dati. Citando solo Facebook: ogni minuto vengono generati 3,2 milioni di like e 510.000 commenti.
2. *Varietà*. Un'altra importante caratteristica che contraddistingue i Big Data è la loro eterogeneità garantita sia dalla coesistenza di diverse fonti di dati sia dalla presenza di dati strutturati e destrutturati.

⁴Hu H., Wen Y., Chua T., Li X., 2014, Toward Scalable Systems for Big Data Analytics: A Technology Tutorial, IEEE Xplore Digital Library, Vol. 2, pp 652-687.

Oggi i dati non sono più rappresentati solo da fogli di calcolo e database, ma anche da moltissime altre forme come e-mail, foto, video, dati di monitoraggio e audio.

3. *Velocità*. La mole di dati che viene creata ogni istante da un processo aziendale, dalle linee di produzione, dal web offre la possibilità di ottenere un vantaggio competitivo se si riesce a gestire al meglio la velocità, in modo da avere una comprensione in tempo reale del dato.
4. *Veridicità*. La veridicità e l'affidabilità dei dati sono caratteristiche imprescindibili e rappresentano un punto cruciale nell'analisi degli stessi. È necessario quindi utilizzare tecniche per il bilanciamento e la pulizia dei dati.
5. *Valore*. Fondamentale diventa capire come estrarre valore dai dati raccolti. I metodi sono molteplici e passano anche per la monetizzazione⁵ degli stessi (Witkowski, 2017)⁶.

Un'attenzione maggiore ai dati ed una loro buona gestione può portare nuove opportunità per le aziende come una miglior conoscenza del comportamento dei clienti, migliori decisioni manageriali, innovazione e una migliore gestione dei rischi. È importante però sottolineare che bisogna saper gestire tutta questa mole di dati: troppi dati creano un sovraccarico di informazioni, l'organizzazione e l'archiviazione può

⁵La monetizzazione dei dati consiste nella vendita e nello scambio dei dati ovvero nella capacità di sfruttare il valore dei dati per generare nuovi prodotti o servizi.

⁶Witkowski K., Internet of Things, Big Data, Industry 4.0- Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management, 7th International Conference on Engineering, Project, and Production Management, Procedia Engineering (2017) 763-769.

diventare problematica e costosa se si sopravvaluta la mole di dati necessaria, inoltre, spesso le compagnie non sanno come sfruttare tutti questi dati per creare nuova conoscenza. Il vantaggio maggiore lo si ottiene quando vengono utilizzati algoritmi di intelligenza artificiale e machine learning⁵ in grado di eseguire contemporaneamente sia la fase di analisi ed apprendimento, sia la fase decisionale.

Grazie all'utilizzo di simili algoritmi di analisi è possibile agire per ridurre al minimo gli sprechi, gli stop produttivi degli impianti e individuare successive criticità attraverso la ricerca di pattern di dati ricorrenti.

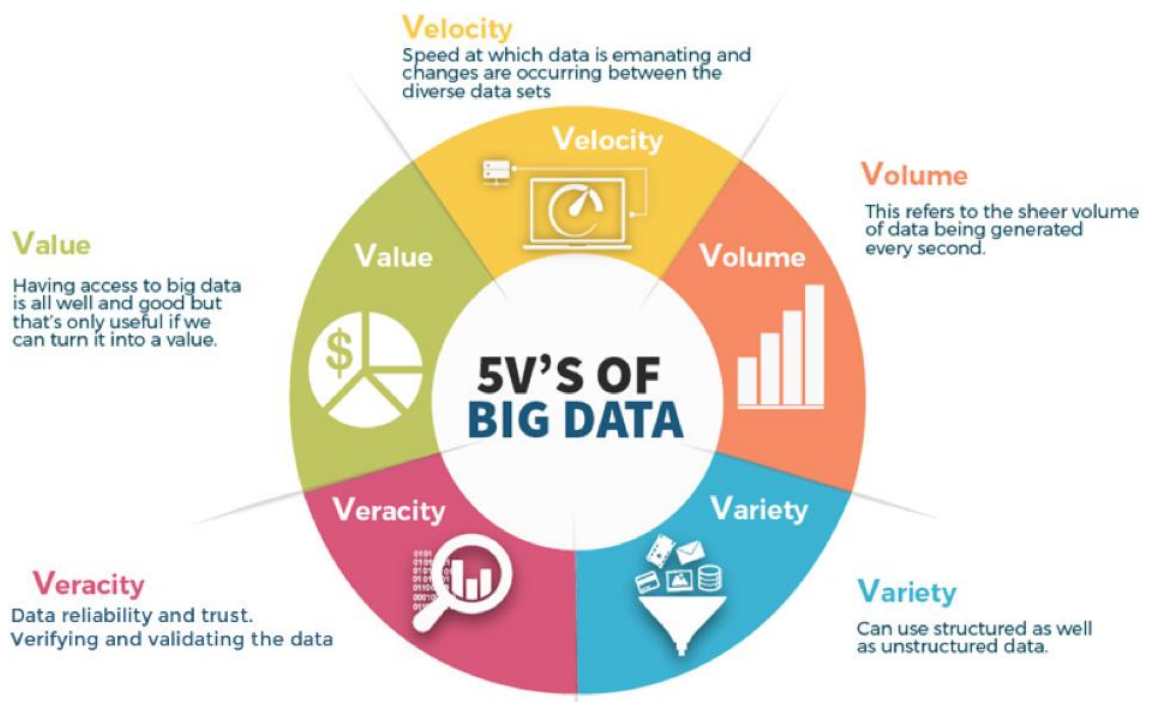


Figura 9: Le cinque V

2.5 Ambiti applicativi

Applicazioni dell'internet delle cose possono essere individuate nella:

- Domotica - ovvero la tecnologia applicata alle case, per gestire ad esempio frigoriferi, lavatrici, il telefono, etc.
- Robotica - ovvero ingegneria e tecnologia che permettono ai robot di "prendere vita", ovvero di far fare ai robot compiti oggi svolti dagli esseri umani.
- Avionica - ovvero la tecnologia applicata agli aeromobili ed al pilotaggio, come ad esempio sistemi di comunicazione sugli aerei, autopilota, etc.
- Industria automobilistica - che studia nuove applicazioni per le auto, come ad esempio tergicristalli intelligenti che si attivano da soli quando inizia a piovere, fino ad arrivare ad automobili "intelligenti", le smart car, ovvero capaci di guidare da sole ed assistere il guidatore, come sta tentando di fare Apple, ma anche Google.
- Industria Biomedicale - ovvero l'IoT applicato alla medicina, come la gestione remota dei pazienti, fino ad arrivare ad interventi chirurgici fatti a distanza.
- Telemetria - che si occupa di sviluppare la trasmissione di dati ed informazioni

A livello aziendale le applicazioni più interessanti sono:

- *Smart Manufacturing o Industria 4.0*

Lo Smart Manufacturing è stato certamente uno dei precursori del mondo IoT. Applicazioni IoT sono attive da tanti anni, da ben prima che si iniziasse a parlare di Internet delle cose. Oggi questo

settore è uno dei più maturi e unisce tematiche legate all'automazione con tematiche legate al mondo della robotica. Lo Smart Manufacturing si sovrappone con il mondo dell'Industry 4.0, vale a dire con una vera e propria politica di sviluppo per estendere l'introduzione del digitale nel mondo dell'industria che è nata in Germania con il fenomeno industrie 4.0 e che ha trovato un suo corrispettivo negli stati uniti con il fenomeno della fabbrica digitale. L'Industry 4.0 è una vera e propria realtà tanto che nel nostro Paese rappresenta un business pari a un miliardo e 200 milioni di euro nel corso del 2015, dai dati della ricerca dell'Osservatorio Smart Manufacturing della School of Management del Politecnico di Milano e che evidenzia anche come questo mercato stia crescendo a un ritmo del 20% e rappresenti una spinta concreta nei confronti del Made in Italy.

- *Smart Logistics*

Soluzioni per la tracciabilità di filiera, la protezione del brand e il monitoraggio della catena del freddo, per la sicurezza in poli logistici complessi e per la gestione delle flotte (tracciabilità del mezzo e delle sue condizioni).

- *Smart Asset Management*

Gestione in remoto di asset di valore, ad esempio dispositivi elettro biomedicali, vending machine, ai fini di rilevazione di guasti e manomissioni, localizzazione, tracciabilità e gestione inventariale.

- *Smart factory*

Implementazione di nuove logiche di gestione della produzione grazie all'uso di macchine sensibili al contesto in cui operano, in

grado di rilevare informazioni in tempo reale, comunicare tra loro e prendere decisioni.

IoT and Industry 4.0

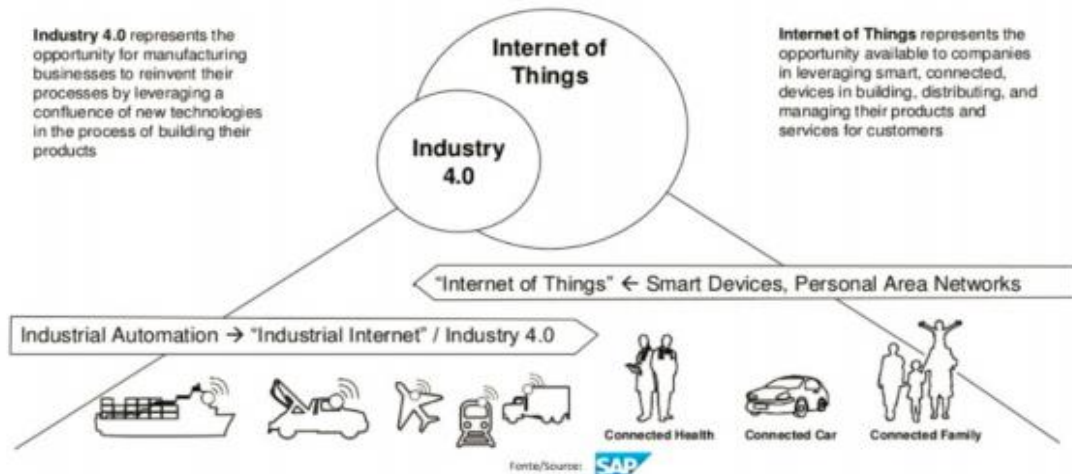


Figura 10: IoT e Industria, sap.com

2.6 Il successo dell'IoT

Le tecnologie più avanzate tra cui quelle che entrano nelle nostre case, guidano le nostre auto e monitorano il nostro corpo tendono a conversare con noi attraverso interfacce naturali. Non è cioè sufficiente che la tecnologia funzioni, questa deve rientrare nelle abitudini culturali delle persone, idealmente finendo per diventare parte della quotidianità.

La differenza tra l'essere performante e l'essere adottata dagli utenti è determinante per il fallimento o il successo di una tecnologia e questa differenza è lo spazio in cui il design può dare il suo contributo migliore. Per districarsi tra le tecnologie e portare innovazione nella propria azienda e verso il mercato, la prima regola da seguire è quella di effettuare una

traslazione di linguaggio. Con questo ultimo termine si intende che le tecnologie non vanno comparate o descritte in termini di *standard di trasmissione, gigabyte di memoria o teraflops*. In tempi recenti, questa operazione di traslazione del linguaggio è stata realizzata in modo mirabile da Steve Jobs il giorno del lancio del primo iPod. Apple non ha inventato lo standard di compressione della musica Mp3 né è stata la prima a introdurre sul mercato un lettore musicale digitale tascabile. Ma le innovazioni radicali che sono state lanciate con l'iPod sono state: il *clickwheel*, rotellina touch che permetteva di scorrere rapidamente le liste testuali su un piccolo display; un metodo di acquisto, in modo legale, della musica sul dispositivo stesso.

L'iPod, quindi, era un prodotto per la musica che parlava in termini di brani e non di memoria, scevro da ogni linguaggio tecnico.

2.7 Internet of Things in Italia

6,2 miliardi di euro: è il valore del mercato italiano dell'Internet of Things nel 2019 secondo i dati della Ricerca dell'Osservatorio Internet of Things 2020 della School of Management del Politecnico di Milano.

Tale risultato evidenzia una crescita di *1,2 miliardi rispetto all'anno precedente* il che rappresenta un *+24% sul 2018*, ossia un tasso di incremento allineato a quello dei principali paesi occidentali (dove oscilla fra il *+20%* e il *+25%*).

“L'Internet of Things in Italia – ha dichiarato Giulio Salvadori, direttore dell'Osservatorio Internet of Things – continua a crescere a ritmi sostenuti in tutti i segmenti di mercato, con incrementi particolarmente significativi nelle soluzioni per la casa intelligente, l'Industria 4.0 e la Smart City. La

crescita è trainata dalle nuove tecnologie di comunicazione e dai servizi abilitati dagli oggetti connessi, segno di un mercato che cresce in maturità oltre che in termini di fatturato. Al tempo stesso, prosegue l'evoluzione tecnologica: si espandono le reti di comunicazione LPWA (Low Power Wide Area) a cui si affiancano sempre più use case e sperimentazioni abilitate dal 5G, in grado di abilitare nuove opportunità di mercato, sia in contesti consumer sia business o relativi alla PA"⁷.

Secondo l'Osservatorio Internet of Things, l'aumento del giro d'affari è trainato sia dalle applicazioni più consolidate che sfruttano la "tradizionale" connettività cellulare (3,2 miliardi di euro, +14%) sia da quelle che utilizzano altre tecnologie di comunicazione (3 miliardi, +36%). Una forte spinta viene anche dalla componente dei servizi abilitati dagli oggetti connessi, che registra un +28% e raggiunge un valore di 2,3 miliardi di euro, segno di una crescente maturità del mercato.

I segmenti con la crescita più significativa sono la Smart home (530 milioni, +40%), trainata in particolare dal boom degli assistenti vocali (come l'Echo Dot di Amazon o Google Home che in Italia hanno raggiunto i 95 milioni di euro), la Smart factory (350 milioni, +40%), che negli ultimi tre anni ha beneficiato degli incentivi previsti dal Piano Nazionale Industria 4.0, e la Smart city (520 milioni, +32%), che ha visto crescere il numero di progetti avviati da Comuni italiani e la nascita di nuove iniziative e collaborazioni fra pubblico e privato.

In linea con la media di mercato è invece la crescita delle soluzioni di Smart logistics (525 milioni, +26%), utilizzate per la gestione delle flotte

⁷Giulio Salvadori, direttore dell'Osservatorio Internet of Things del Politecnico di Milano, 7 aprile 2020

aziendali e di antifurti satellitari, delle applicazioni di Smart asset management in contesti diversi dalle utility (330 milioni, +22%), concentrate sul monitoraggio di macchine per il gioco d'azzardo, ascensori e distributori automatici, e della Smart agriculture (120 milioni, +20%), dedicata perlopiù al monitoraggio di mezzi e terreni agricoli.



Figura 11: IoT in Italia

2.8 Privacy e sicurezza

Nonostante le tante opportunità offerte da questa tecnologia, una così profonda interconnessione può rappresentare anche un pericolo per la sicurezza. Infatti, i dispositivi IOT sono il principale target degli attacchi hacker, prima ancora dei server di posta elettronica, come riportato in un report del 2018 di F5 Labs.

Spesso si firmano contratti con aziende che offrono prodotti IoT senza rendersi conto che si sta autorizzando l'utilizzo dei propri dati per scopi commerciali di terzi. Lo scenario legislativo è ancora molto indefinito, a livello europeo le due direttive da monitorare sono ePrivacy Regulation ed European Data Protection Regulation.

Altro problema legato al mondo IoT è la sicurezza: non solo le aziende che raccolgono dati da miliardi di dispositivi devono essere in grado di proteggere tali dati dall'accesso non autorizzato, ma devono anche affrontare nuove categorie di rischio che l'Internet of Things può introdurre. Un'estensione del mondo IT crea molte più opportunità di attacchi informatici che devono essere gestiti. Router casalinghi, smart tv e frigoriferi sono l'ultima frontiera degli attacchi cyber criminali.

La prima campagna malevola, che ha trovato nell'IoT il proprio driver, ha visto partire da 100.000 oggetti di uso quotidiano oltre 750.000 e-mail infette. L'attacco, rilevato da Proofpoint, un provider che opera nel campo della sicurezza "as a service", si è verificato tra il 23 dicembre 2013 e il 6 gennaio 2014 ed è avvenuto con delle vere e proprie ondate di e-mail malevole destinate a imprese e a privati di tutto il mondo. Questa notizia, che in breve ha fatto il giro del globo, ha gettato qualche ombra sull'utilizzo degli strumenti intelligenti. In particolare, se si pensa che questi dispositivi sono destinati a crescere più di quattro volte rispetto al numero dei computer connessi, l'emergere di un loro punto debole in termini di sicurezza può avere forti ripercussioni sul business e sugli obiettivi aziendali.

Per i cyber criminali il mondo Internet of Things rappresenta un florido ambiente, ricco di dispositivi scarsamente protetti in cui possono

liberamente muoversi grazie a furti d'identità e infiltrazione nei sistemi IT aziendali. Molti di questi dispositivi sono poco protetti e i consumatori non hanno in pratica strumenti per rilevare o correggere le infezioni. Inoltre, quando l'IoT è utilizzato per controllare le attività fisiche, che si tratti dell'impianto di trattamento dell'acqua o delle automobili, le conseguenze connesse a una violazione della sicurezza si estendono oltre il rilascio non autorizzato delle informazioni, esse potrebbero addirittura causare danni fisici.

2.9 Come mettere in sicurezza i dispositivi IoT

Ecco alcune delle tecnologie e sistemi che saranno e che dovranno essere utilizzate per rafforzare la sicurezza degli oggetti sempre connessi dell'Internet of Things.

- *Sicurezza della rete informatica.* Le imprese dovranno fortificare il proprio network IT, soprattutto tenendo in mente che a breve le connessioni internet, man mano che aumenterà il numero dei device IoT, sarà quasi interamente wireless, e dunque più facile per gli hacker da violare.
- *Accesso.* Uno dei principali problemi che preoccupa molto gli esperti in cybersecurity è che le imprese non si curano di impostare password o sistemi di autenticazione complessi agli oggetti dell'Internet delle Cose. Spesso sono commessi degli errori gravi, come ad esempio lasciare le credenziali di accesso presenti di default. È importante garantire l'accesso, con sistemi di protezione elevati, solo alle persone autorizzate.
- *Criptazione.* Tra i metodi più efficaci per difendere i device IoT c'è sicuramente la crittografia. Per proteggere la trasmissione dei dati

tra le varie macchine aziendali connesse, l'intera rete informatica dovrà necessariamente essere cifrata.

- *Analisi dei dati.* Come anticipato, gli oggetti sempre connessi permettono alle imprese di raccogliere grosse mole di informazioni, conosciuti anche con il nome di Big Data. Se correttamente esaminati, tutti questi dati possono permettere all'azienda di effettuare delle analisi predittive, ossia di ipotizzare e simulare, grazie all'intelligenza artificiale, futuri attacchi informatici.
- *Protezione delle interfacce API.* Per accedere ai dispositivi, non solo a quelli dell'Internet of Things, è necessario utilizzare un'interfaccia grafica, chiamata API. È molto importante che le imprese siano in grado di rafforzarle, utilizzando tecniche crittografiche e impedendo così all'accesso a soggetti estranei.
- *Aggiornamenti.* Gli aggiornamenti di sicurezza sono una delle principali armi in mano alle aziende per proteggere gli oggetti sempre connessi dell'Internet of Things. Gli hacker sono abili, infatti, a individuare e a sfruttare falle nei dispositivi per assestare i loro colpi.
- *Canali laterali.* Gli hacker possono sfruttare anche i cosiddetti canali laterali per sferrare i loro attacchi. Invece di cercare di intercettare il trasferimento dei dati, puntano a risalire alle chiavi crittografiche analizzando ad esempio il consumo energetico o il suono elettromagnetico della macchina.

Capitolo 3 – *Applicazioni dell'IoT nella gestione della supply chain*

3.1 Cos'è il Supply Chain Management

Con questo capitolo ho voluto approfondire i campi di applicazione dell'Internet of Things nel mondo dell'industria e dei processi, più nel dettaglio questo capitolo analizzerà come e quali strumenti vengono utilizzati nella gestione della Supply Chain.

Nel 1982, i primi a parlare di Supply Chain Management furono due studiosi, Oliver e Webber, che lo definirono come una tecnica di riduzione delle scorte in aziende facenti parte la stessa filiera. Il termine supply chain management si utilizzava per parlare della gestione del magazzino e delle scorte all'interno di una supply chain.

In ogni caso il concetto riguarda la gestione di tutta la catena di distribuzione, con particolare riferimento alla logistica e al rapporto con i fornitori. Si basa soprattutto sulla previsione, programmazione e coordinamento del flusso delle merci.

Infine, per mettere chiarezza, nel 2007 "The Council of SCM Professionals" ha definito che il Supply Chain Management "comprende la pianificazione e la gestione di tutte le attività coinvolte nella ricerca, nella fornitura, nella conversione e nella gestione delle attività logistiche. Include, inoltre, la coordinazione, l'integrazione e la collaborazione con i partner della supply chain, che possono essere fornitori, intermediari, fornitori di servizi, e clienti. In poche parole, il SCM integra e coordina la supply chain e la gestione dei rapporti tra i vari attori della supply chain stessa". Nello specifico la catena di distribuzione si compone di nove

attività, secondo un ben preciso ordine: marketing, rapporti con i fornitori, approvvigionamenti, gestione e stoccaggio delle scorte delle materie prime, produzione, gestione e stoccaggio dei prodotti finiti, gestione degli ordini di acquisto, gestione delle consegne, logistica di restituzione dei resi.

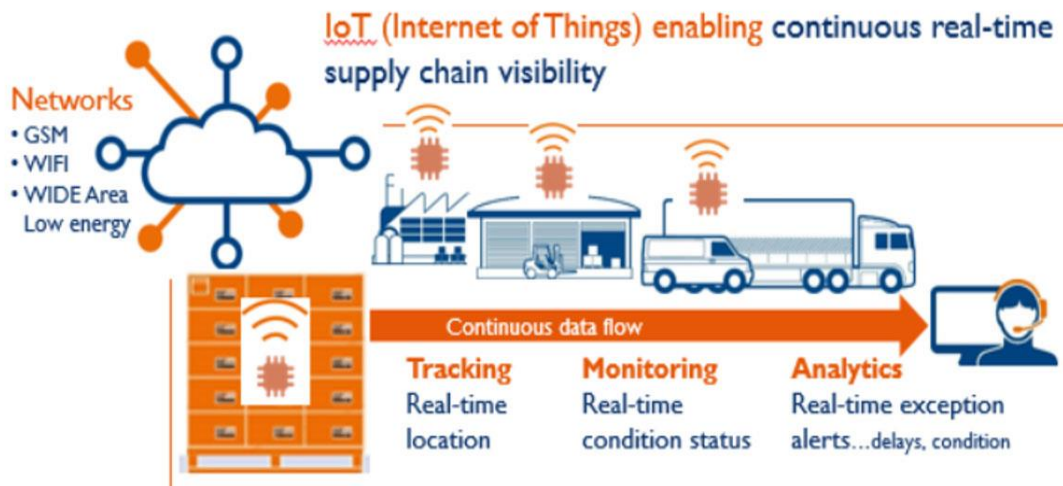


Figura 12: Supply chain and IoT

3.2 IoT nel processo di Supply Chain Management

Utilizzare strumenti IoT migliora significativamente la gestione della Supply Chain in termini di riduzione dei costi, aumento dell'accuratezza dell'inventario e permettendo la tracciabilità della merce.

Per capire al meglio le possibili applicazioni degli strumenti IoT nel processo di SCM si può analizzare il modello SCOR che divide il processo in: Plan, Source, Make, Deliver, Return and Enable.

Le tecnologie IoT possono essere divise su quattro livelli: il primo livello comprende tutto quello che ha che vedere con la raccolta dati utilizzando oggetti e sensori RFID, un secondo livello che prevede la trasmissione dei dati raccolti tramite una rete, il terzo e quarto che prevedono un processo

di servizio e di interfaccia, generalmente compresi sullo stesso livello. Alcuni studi hanno dimostrato come sia possibile combinare le varie tecnologie IoT all'interno dei processi di SC, una prima applicazione e data dalla possibilità di combinare i tag RFID per la localizzazione dei prodotti all'interno del processo e la tecnologia GPS per tracciare gli stessi all'esterno così da poter monitorare le merci ovunque e in qualsiasi momento.

Il secondo step, secondo SCOR, è il processo di Sourcing: attività attraverso la quale le imprese acquisiscono materiali e servizi. Per una supply chain efficiente è necessaria una pianificazione strategica di tutte e attività di approvvigionamento comprese nel processo. Tra queste decisioni strategiche troviamo quelle che riguardano l'In-House e l'Outsourcing, che prevedono la selezione dei fornitori e la gestione delle spese. L'utilizzo di strumenti IoT, in questo contesto, consente la virtualizzazione della catena di approvvigionamento, un controllo virtuale consente all'acquirente di tracciare e rintracciare le merci mentre si muovono lungo la catena di fornitura, consentendo di effettuare controlli avanzati di qualità e pianificazione.

Sono stati proposti alcuni modelli che prevedono l'integrazione dei dati raccolti durante tutto il percorso con la pianificazione strategica degli assortimenti. L'utilizzo di queste tecnologie offre una maggiore flessibilità alle politiche adottate dall'azienda, è stato stimato inoltre che il costo derivante dall'utilizzo di queste tecnologie impatto solo in minima parte sul costo unitario di acquisto.

Il terzo step, secondo SCOR, è il Make. Le questioni di sicurezza sono la ragione principale per l'adozione di nuovi strumenti tecnologici, che vadano ad implementare le strutture organizzative delle aziende. La

disponibilità di tecnologie di archiviazione quali, sensori, controllers, analytics software, Big Data e cloud computing, offrono la possibilità di creare una struttura più intelligente ed efficiente. Una produzione Smart consente di prendere più velocemente decisioni e di operare in modo più efficiente grazie alla visibilità della fabbrica e della SC basata sulla trasmissione dei dati in tempo reale. Le aree che possono essere migliorate dall'applicazione di strumenti IoT comprendono: la visibilità della fabbrica, la SC integrata, la pianificazione e programmazione della produzione e la manutenzione proattiva.

La funzione di delivery è uno dei compiti principali della logistica. La logistica comporta la pianificazione e il controllo del flusso e dello stoccaggio di beni e servizi. La funzione di Delivery nella SC riguarda il magazzino, la gestione degli ordini e dell'inventario e il trasporto. Alcuni studi hanno dimostrato la possibilità di utilizzo dei dispositivi di IoT all'interno della gestione, con vantaggio visibile sia dal punto di vista del tempo della consegna che sui costi, dato dall'integrazione tra le nuove tecnologie e la gestione degli ordini. Un'area di interesse è quella della qualità della logistica (QLC – quality controlled logistic), l'utilizzo di nuove tecnologie consente un controllo in istantaneo sulla qualità dei prodotti che si muovono lungo la catena di fornitura. Alcuni studi hanno dimostrato come l'applicazione dell'IoT per la visualizzazione end to-end, consenta un monitoraggio in tempo reale sui prodotti e la possibilità di intervenire in modo tempestivo sulle decisioni da prendere, andando a ridurre i ritardi nelle consegne inoltre come l'IoT possa contribuire alla condivisione delle informazioni consentendo la sincronizzazione tra produzione e trasporto.

Prima ancora dell'avvento dell'IoT alcuni studiosi, Thierry et al., avevano elaborato come l'inserimento di sensori all'interno dei prodotti potesse migliorarne la gestione durante tutto il loro ciclo di vita. Oggi con l'introduzione della tecnologia RFID come questo sia possibile e come posso aiutare anche dal punto di vista della *reverse logistic*. Implementando questo processo con l'utilizzo di strumenti di IoT e possibile acquistare informazioni dall'utilizzo che il consumatore finale fa del prodotto, e trasferendo i dati per implementare la catena di approvvigionamento. È stata proposta la creazione di una piattaforma digitale che monitori e implementi lo scambio di informazioni per una migliore gestione dei rifiuti dovuti ai resi. Attraverso una gestione Smart di questo processo sarà possibile inoltre come visto anche negli altri processi ridurre sia i costi aziendali che i tempi.

3.3 L'IoT per la localizzazione delle merci nella Supply chain

Punto focale del SCM è l'accessibilità ai dati di avanzamento delle merci lungo le varie fasi della filiera.

L'ecosistema della logistica è composto di molte componenti e da molte parti in movimento continuo. Le merci si spostano dal produttore ai fornitori al centro di distribuzione, fino ad arrivare al rivenditore e a cliente finale. Ottenere informazioni sulle quantità in transito, le quantità in stock e le esigenze di produzione e approvvigionamento è cruciale.

Proprio in questo ambito entra in gioco la tecnologia dell'Internet of Things, che permette l'identificazione e memorizzazione automatica di informazioni inerenti agli oggetti, fornendo automaticamente dati sull'identità e la posizione GPS delle merci.

Questi elementi permettono a chi si occupa di Supply Chain Management di ottenere informazioni su tutto il percorso che un prodotto attraversa, dalla produzione fino all'arrivo in negozio. Dati preziosi che permettono di automatizzare l'intero sistema logistico ottimizzando le rotte, riducendo lo spreco di tempo ed ottenendo stime sempre più precise sui tempi di consegna delle merci.

Altre caratteristiche peculiari dell'internet delle cose si prestano particolarmente al mondo del SCM, come ad esempio la possibilità di controllo della temperatura, fattore che incide sulla qualità di molte delle merci trasportate.

Per poter applicare queste tecnologie è sufficiente utilizzare pallet dotati di chip RFID (che ricordiamo essere molto economici) ed installare un dispositivo integrato nel veicolo di trasporto.

I dati verranno automaticamente inviati in cloud e quindi elaborati per trasformarli in informazioni. A seconda delle esigenze si potranno quindi monitorare non solo la posizione del pallet, ma anche altre informazioni come le condizioni meteo attraversate, dati sul traffico e sulla velocità media di transito. Una volta elaborati, i dati risultano a disposizione di tutte le fasi della filiera creando un sistema di conoscenza condivisa. Ogni operazione sarà in grado di prendere decisioni consapevoli sulla produzione o l'approvvigionamento.

Tutto questo si traduce nell'evoluzione della catena di fornitura da un *sistema reattivo*, ossia che reagisce con la produzione e l'approvvigionamento solo dopo che si sono verificati ordini o esaurimento delle scorte, ad un *sistema proattivo*, in grado di prevedere i fabbisogni di merce organizzando la filiera in modo più efficiente e garantendo miglior continuità al sistema.

Esempi di applicazione di quanto detto possono essere: identificare i colli di bottiglia ed i tempi morti nelle fasi di trasporto. Conoscere anticipatamente gli ingorghi del traffico per anticipare le spedizioni. Ottenere informazioni sulle condizioni meteo lungo il viaggio. Risparmiare sui costi del carburante. Ottimizzare i percorsi di flotta attraverso il monitoraggio delle condizioni del traffico. Garantire la stabilità della temperatura. Monitorare la catena del freddo. Gestire stock di magazzino. Monitorare l'inventario per evitare l'esaurimento scorte.

Tutte soluzioni che permettono di conoscere le problematiche di prodotto in tempo per trovare una soluzione.

3.4 Sensori IoT e nuovi sistemi di movimentazione

La logistica di magazzino, grazie all'avvento delle nuove tecnologie smart e dell'Industry 4.0, è cambiata radicalmente: rulli trasportatori, robot che maneggiano e spostano oggetti, sistemi a raggi laser, sensori, etichette che racchiudono chip, computer e software che controllano e muovono tutto e tutti. Il magazzino non è più un luogo statico e passivo ma è diventato un luogo popolato da oggetti che raccolgono, inviano, ricevono e analizzano dati, creando giorno dopo giorno una conoscenza utile per capire se il meccanismo sia perfetto o difettoso.

Di automazione della logistica magazzino si parla in realtà da molti anni (tutto è cominciato decenni fa con i primi sistemi di movimentazione automatica teleguidati), però solo recentemente le tecnologie robotiche si sono fuse con l'informatica, con sistemi di analisi e reti di trasporto dati.

I principali strumenti e sistemi di movimentazione della logistica di magazzino "4.0" sono:

- *AGV*: Un Automatic Guided Vehicle è un veicolo a guida autonoma o automatica, cioè un robot mobile che segue dei marcatori che possono essere fili, magneti a pavimento o riferimenti laser. Questi veicoli sono sempre più utilizzati in ambito industriale per spostare materiali dall'impianto di produzione al magazzino, o per gestire l'immagazzinamento in modo più efficiente e con meno rischi per il personale.
- *Trasloelevatore*: Trasloelevatore è un particolare robot a tre assi utilizzato in ogni magazzino intensivo o magazzino automatico, con altezze superiori ai 12 metri. La velocità di traslazione varia da 2 m/s fino a 4,2 m/s con accelerazioni fino a 0,5 m/s² con velocità di sollevamento che al massimo arrivano a 1 m/s, ma più spesso si attestano intorno a 0,5 m/s. Trasportano 1 o 2 unità di carico (spesso pallet di tipo euro1) per volta. Le unità di carico possono anche essere di dimensioni personalizzate.
- *Sensori IoT*: I sensori contribuiscono alla sicurezza del magazzino e del personale. Quelli perimetrali e di movimento funzionano da antiurto, mentre i sensori wireless possono essere inseriti in piccoli dispositivi ricevitori, che si collegano a smartphone e bracciali smart (che sono a tutti gli effetti degli oggetti IoT, connessi tramite rete WiFi, rete mobile o Bluetooth). La logistica magazzino passa quindi anche dai sensori wireless, utili ad esempio per registrare le attività dei magazzinieri, assicurare la loro corretta distribuzione tra i reparti e controllare i loro livelli di stanchezza.
- *Wearable Technologies*: Dispositivi indossabili come quelli da polso, che rilevano il battito cardiaco o i passi fatti, possono essere uno strumento di tutela della sicurezza del personale. Quelli da indossare come

occhiali, cioè i visori di realtà aumentata, possono impartire istruzioni (tramite immagini sovrainpresse o video) e dare supporto in alcune procedure. Il tutto funziona in tempo reale e può essere associato a comunicazioni audio o video via VoIP.

- *RFID*: Oggetto ormai comune nella logistica di molti magazzini, le etichette RFID (Radio Frequency Identification) stanno diventando sempre più sofisticate. Composti da un microchip, un'antenna e un oggetto fisico che li contiene (di plastica, carta o altro), i tag usano le onde radio per ricevere e inviare informazioni. I dati vengono poi acquisiti dal software di gestione del magazzino per finalità varie.



Figura 13: Magazzino automatizzato Amazon

Conclusione

Questa tesi ha avuto lo scopo di presentare l'introduzione dell'Internet of Things cercando di evidenziare come questo faccia parte di un processo di cambiamento verso una digitalizzazione aziendale. Ma come abbiamo visto, l'Internet of Things non fa parte solo della sfera industriale con l'introduzione di nuove tecnologie connesse, ma sta incidendo in maniera strutturale su molti aspetti della nostra vita presente e futura e che ottimizzerà progressivamente i metodi organizzativi e l'utilizzo delle risorse, partendo dal *tempo*, risorsa più che preziosa, da utilizzare con maggior attenzione in un mondo sempre più complesso.

I benefici di questi dispositivi sono sicuramente molteplici: ottimizzazione dei processi, allungamento della vita media dei macchinari, minori costi di trasferte dal cliente (grazie alla gestione remota), reporting più accurati, alerting real-time (per esempio nella gestione della catena del freddo), risparmio energetico, minor impatto sul customer-care (per esempio grazie alla tele-assistenza), possibilità di fornire nuovi servizi, abilitazione di nuovi modelli di business (per esempio offerte personalizzate).

Questa evoluzione tecnologia è già in atto ma spesso le piccole e medie imprese italiane preferiscono ancora affidarsi a vecchie e ormai obsolete tecnologie ormai superate solo per portare avanti la tradizione aziendale. Stile di pensiero spesso accompagnato da una scarsa conoscenza e informazione in merito ai benefici che si avrebbero introducendo nuove tecnologie. Quindi risulta importante sensibilizzare sempre di più le imprese all'utilizzo di queste nuove tecnologie.

Bibliografia

Michele Stecca, *Introduzione all'IoT: scenari applicative e tecnologie*, febbraio 2017, CUOA Business School

Atzori, L.; Iera, A.; Morabito, G. (2010). *The Internet of Things: A survey*. In *Computer Networks*, pp. 2787-2805.

Leandro Agrò, 2017, *Internet of Humans*, Milano, I: Egea

Hugh Boyes, Bil Hallaq, Joe Cunningham, Tim Watson, *The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework*, Cyber Security Centre, WMG, University of Warwick, Coventry, CV4 7AL, UK

Beltrametti L., Guarnacci N., Intini N., La Forgia C., 2017, *La Fabbrica Connessa La manifattura italiana (attra)verso Industria 4.0*, Guerini e Associati

Lee J, Bagheri B, Kao HA, *A cyber-physical systems architecture for Industry4.0 based manufacturing systems*, Manuf Lett 2015; pp. 18-23

Meyer H., Fuchs F., Thiesl K., *Manufacturing Execution Systems (MES): Optimal design, planning, and deployment*, first ed., McGraw-Hill Professional, New York, 2009

Sitografia

Cos'è l'IoT? <https://www.internet4things.it>

Storia dell'IoT <https://www.insidemarketing.it/glossario/definizione/internet-of-things/>

Strumenti dell'IoT <https://www.zerounoweb.it/analytics/come-e-con-quali-strumenti-realizzare-linternet-of-things/>

IoT in Italia <https://www.osservatori.net/it/ricerche/osservatori-attivi/internet-of-things>

Industry 4.0 <https://www.sciencedirect.com>

9 pilastri Industry 4.0 <https://www.innovami.news/>

Cyber-Physical System <https://www.industriaitaliana.it/nel-cuore-dell-industry-4-0-i-cyber-physical-systems/>

Sistemi MES https://it.wikipedia.org/wiki/Manufacturing_Execution_System

Vantaggi e svantaggi di un sistema MES <https://www.entersoftware.it/mes-manufacturing-execution-system-software/v>

Supply Chain Management <https://www.digital4.biz/supply-chain/supply-chain-trends/supply-chain-management-cose-e-perche-e-importante-per-le-aziende/>

IoT nella Supply Chain <https://www.tiot.it/campi-di-applicazione-iot/liot-per-il-supply-chain-management/>