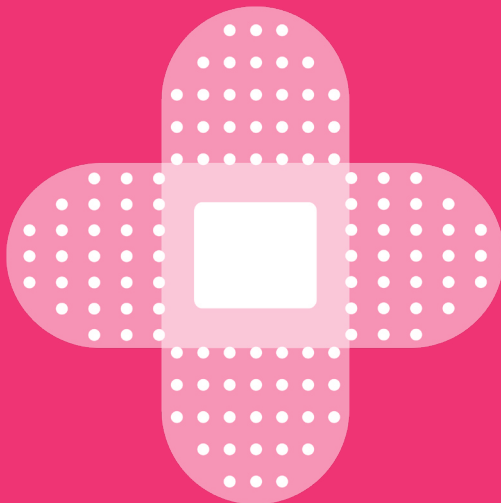




POLITECNICO
MILANO 1863

Corso di Laurea Magistrale in
Design & Engineering

Anno accademico **2017/2018**



**MediPlus, una
nuova interazione
delle strutture
sanitarie con l'IoT**

Relatore: **Lucia Rampino**

Co-tutor: **Giulio Sciarappa**

Elaborato di laurea di:

Sara Zimbardo

Matricola: **872906**

ABSTRACT

(ITA) Lo sviluppo e la diffusione delle tecnologie intelligenti stanno modificando radicalmente il modo di vivere delle persone, il mercato e le strategie adottate dalle aziende. In particolare, le società che operano nel settore sanitario stanno approcciando le sfide e le opportunità che l'integrazione di tali tecnologie comporta, posizionandosi all'interno del paradigma tecnologico che viene definito *Industrial Internet of Things* (IIoT).

Allo stato dell'arte, a sfruttare il potenziale dell'IIoT sono prevalentemente le aziende manifatturiere, le quali si avvalgono di sensori intelligenti connessi al *cloud* per monitorare da remoto i macchinari prodotti ed utilizzati all'interno delle strutture sanitarie. In questo modo, lo stato di salute degli *asset* e le loro *performance* sono controllate continuamente dal produttore.

Lo scopo di questa tesi è definire uno scenario in cui l'interazione con tali tecnologie è progettata e calibrata in base alle esigenze delle strutture sanitarie che decidono di investire in dispositivi medicali intelligenti. Infatti, l'acquisizione e la rielaborazione, in tempo reale e da remoto, dei dati relativi alle macchine non sono utili solo ai produttori, ma anche ai centri medici stessi, al fine di ridurre il *downtime* dei macchinari, ripianificare il *business plan* e migliorare la qualità dei servizi offerti ai pazienti. Queste informazioni sono consultabili e gestibili tramite un'interfaccia appositamente progettata.

A sostegno della tesi elaborata, è stata condotta un'ampia ricerca bibliografica. Da un punto di vista applicativo, il supporto della società Capgemini, leader nel settore della consulenza informatica e tecnologica, è stato indispensabile per capire a fondo le logiche di un'architettura IoT, sulla quale è stata sviluppata una *Proof of Concept*, analizzata e descritta in questo elaborato. Inoltre, è stato

fondamentale il coinvolgimento del Centro Medico Santagostino nella parte di ricerca sull'utente, per l'individuazione dei parametri utili da monitorare e, di conseguenza, per la definizione del nuovo scenario di applicazione delle tecnologie sopracitate.

(ENG) The development and diffusion of intelligent technologies are radically changing the way people live, the market and the strategies adopted by companies. In particular, companies operating in the health sector are approaching the challenges and opportunities that the integration of these technologies involves, positioning themselves within the technological paradigm that is defined as the Industrial Internet of Things (IIoT).

At the state of the art, exploiting the potential of the IIoT are mainly manufacturing companies, which use sensors connected to the cloud to remotely monitor the equipment produced and used within healthcare facilities. In this way, the health status of the assets and their performance are continuously monitored by the manufacturer.

4

The aim of this thesis is to define a scenario in which the interaction with these technologies is designed and calibrated according to the needs of the health structures that decide to invest on smart medical devices. In fact, the acquisition and the reprocessing, in real time and remotely, of the data related to the machines are not only useful to the producers, but also to the medical centers themselves, in order to reduce the downtime of the machines, reschedule the business plan and improve the quality of services offered to patients. This information can be consulted and managed through a specially designed interface.

In support of the dissertation, extensive bibliographic research was carried out. From an application point of view, the support of the Capgemini company, leader in the field of IT and technology consulting, was essential to fully understand the logic of an IoT architecture, on which a Proof of Concept was developed, analyzed and described in this thesis. Furthermore, the involvement of the Santagostino Medical Center in the user research part was fundamental, for the identification of the parameters to be monitored and, consequently, for the definition of the new scenario of application of the aforementioned technologies.

INDICE

Introduzione 11

PARTE 1 / RICERCA

Capitolo 1: Internet of Things: il nuovo paradigma tecnologico

1.1 IL CAMBIAMENTO E L'EVOLUZIONE DELLO SCENARIO: AL DI LÀ DEI LIMITI DELLE RETI TRADIZIONALI 17

1.1.1 Da Machine to Machine a Internet of Things 19

1.2 L'ARCHITETTURA DI UN SISTEMA IOT 21

1.2.1 Le tecnologie abilitanti 22

1.3 I SETTORI APPLICATIVI 28

1.3.1 Media & Entertainment 30

1.3.2 Retail: scaffali intelligenti 31

1.3.3 Industrial Manufacturing 31

1.3.4 Beni di consumo: intelligenza manifatturiera 32

1.3.5 Energy & Utilities: manutenzione degli asset di
produzione 32

1.3.6 Automotive 33

1.3.7 Veicoli connessi 33

1.3.8 Smart Appliances and Smart Home 35

Capitolo 2: Industrial Internet of Things: la nuova tecnologia al servizio delle aziende

2.1 LA QUARTA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE 41

2.1.1 Industria 4.0 42

2.1.1.1 IIoT: Industrial Internet of Things 45

2.1.2 Platform-as-a-Service	47
2.2 ALL'INTERNO DELLA SMART FACTORY	50
2.2.1 OEE: i parametri di misurazione dell'efficienza industriale	51
2.3 GESTIONE SMART DELLA MANUTENZIONE: UN POTENZIAMENTO DELL'OFFERTA DELLA SMART FACTORY	53
2.3.1 Digital Manufacturing: la tabella di marcia	53
2.3.2 Il corretto approccio alla Predictive Maintenance	55
2.3.3 Le basi dell'Asset Management Intelligente	56
2.3.4 Dalla manutenzione preventiva a quella preditti va	58

Capitolo 3: L'ascesa dell'IoT per il supporto di dispositivi medici

3.1 INTERNET OF MEDICAL THINGS	65
3.2 SOLUZIONI SANITARIE INTELLIGENTI: STATO DELL'ARTE	68
3.2.1 Servizi	68
3.2.2 Applicazioni	70
3.3 MANUTENZIONE PREDITTIVA NEL MEDICALE	72
3.4 BUSINESS CASE	75
3.4.1 Hitachi	75
3.4.2 Karvy Analytics	76
3.4.3 Philips	77
3.4.3.1 Aiming for Zero downtime	77
3.4.3.2 DoseWise	78
3.4.4 365mc e Microsoft Azure	80

Capitolo 4: Piattaforme IoT

4.1 PIATTAFORME A SUPPORTO DI INTERNET OF THINGS	87
4.1.1 IBM Watson	89

4.1.2 GE Predix	89
4.1.3 Microsoft Azure	89
4.1.4 Amazon Web Service	90
4.2 PTC: SOLUZIONI INNOVATIVE PER L'INDUSTRIA	91
4.2.1 Funzionalità della piattaforma ThingWorx	93
4.2.2 KEPServerEX	95
4.3 MANUFACTURING APP	97

PARTE 2 / SVILUPPO PROGETTO

Capitolo 5: Una Proof of Concept basata su una architettura IoT a servizio del settore medicale 103

5.1 LA PROPOSTA IoT DI CAPGEMINI 105

5.2 I COMPONENTI COINVOLTI 106

5.2.1 Raspberry PI 108

5.3 L'ARCHITETTURA DEL SISTEMA 110

5.3.1 Il ruolo della piattaforma ThingWorx 112

Capitolo 6: Un nuovo scenario per la manutenzione predittiva nel medicale

6.1 IL PUNTO DI VISTA CAPOVOLTO: DAL PRODUTTORE ALLA STRUTTURA SANITARIA 117

6.1.1 Big Data e Data Analytics negli ospedali 119

6.2 GLI STAKEHOLDER SANITARI: IL CASO CENTRO MEDICO SANTAGOSTINO 121

6.2.1 L'intervista all'ingegnere clinico 112

6.3 INSIGHTS 128

Capitolo 7: La progettazione dell'interfaccia

7.1 DASHBOARD: L'ELEMENTO CHIAVE DELLA HUMAN MACHINE INTERFACE	132
7.1.1 Pulsanti antipanico e interfacce di manutenzione preventiva	134
7.1.2 I 5 piani di Jesse James Garrett	135
7.1.3 Best practices	137
7.2 MEDIPLUS: LA USER EXPERIENCE NELLO SCENARIO D'USO	141
7.3 IL PROTOTIPO	155
7.4 I BENEFICI DI MEDIPLUS	159
7.5 LIMITI E SVILUPPI FUTURI	161
INDICE DELLE IMMAGINI	164

INTRODUZIONE

Il progetto presentato in questa tesi consiste nella definizione di una nuova applicazione delle tecnologie di Industrial Internet of Things da parte delle strutture sanitarie.

Il punto di partenza dello sviluppo della tesi è stata l'analisi di una Proof of Concept sviluppata all'interno di Capgemini, descritta dettagliatamente nel capitolo 5. La Proof of Concept (PoC) è stata realizzata con l'intento di presentare ai clienti che operano nel settore sanitario le funzionalità principali che tale tecnologia può offrire. Sostanzialmente, consiste nella definizione di un piccolo sistema IoT, la cui piattaforma di gestione è ThingWorx, sviluppata dalla società PTC, che è in grado di sviluppare e implementare rapidamente soluzioni intelligenti e connesse per l'Internet delle Cose. I sensori utilizzati nella PoC raccolgono una serie di dati provenienti dall'ambiente e il sistema restituisce questi dati all'utente tramite una dashboard.

11

Dalle ricerche svolte, si evince che tali soluzioni intelligenti sono già adottate soprattutto dalle aziende manifatturiere, il cui obiettivo è quello di monitorare da remoto la performance dei macchinari prodotti al fine di migliorare il servizio di manutenzione fornito ai clienti, agendo sulle macchine in maniera predittiva, cioè poco prima che il guasto avvenga.

Tramite questo studio, si vuole mostrare che ci sono le basi per ampliare l'utilizzo delle tecnologie intelligenti nel settore sanitario. Le ricerche e le interviste svolte presso il Centro Medico Santagostino hanno l'obiettivo di raccogliere *insights* ed informazioni utili al fine di definire un nuovo modello interattivo per le aziende sanitarie con la tecnologia sopracitata. Durante la fase di ricerca *on the field*, è stato utilizzato un prototipo *low-fi* realizzato dalla sottoscritta, con l'intento di spiegare le funzionalità basilari del progetto. Interagendo con il prototipo, le persone intervistate hanno potuto comprendere meglio il funzionamento e il potenziale dei servizi proposti, fornendo dei feedback utili sia alla progettazione del servizio, che al disegno dell'interfaccia.

E' stato così possibile delineare i benefici ottenibili dalle aziende sanitarie, sia da un punto di vista strategico, quindi sul piano dell'offerta ai pazienti, e sia da un punto di vista organizzativo del dipartimento di ingegneria clinica e asset management.

Lo scenario che si prospetta è avveniristico, non applicabile oggi. Infatti, l'integrazione di un'architettura IoT con i sistemi di asset già in uso nei centri medici non è immediata. Alcune realtà sono più all'avanguardia di altre, soprattutto quelle nate da poco e che hanno scelto di adottare una gestione smart degli asset utilizzati.

La tesi è divisa in due parti: nella prima, che consiste in 4 capitoli, si mostra tutta la ricerca svolta, analizzando dettagliatamente le tecnologie coinvolte, il mercato attuale e descrivendo la PoC realizzata da Capgemini. Nella seconda parte invece, costituita da 3 capitoli, si espone lo sviluppo del progetto, partendo dal racconto della fase di co-design con il Centro Medico Santagostino e concludendo con la descrizione del prototipo e il disegno dell'interfaccia.

/1

Internet of Things: il nuovo paradigma tecnologico

1.1 IL CAMBIAMENTO E L'EVOLUZIONE DELLO SCENARIO: AL DI LÀ DEI LIMITI DELLE RETI TRADIZIONALI

1.1.1 Da Machine to Machine a Internet of Things

1.2 L'ARCHITETTURA DI UN SISTEMA IOT

1.2.1 Le tecnologie abilitanti

1.3 I SETTORI APPLICATIVI

1.3.1 Media & Entertainment

1.3.2 Retail: scaffali intelligenti

1.3.3 Industrial Manufacturing

1.3.4 Beni di consumo: intelligenza manifatturiera

1.3.5 Energy & Utilities: manutenzione degli asset di
produzione

1.3.6 Automotive

1.3.7 Veicoli connessi

1.3.8 Smart Appliances and Smart Home

1.1 IL CAMBIAMENTO E L'EVOLUZIONE DELLO SCENARIO: AL DI LÀ DEI LIMITI DELLE RETI TRADIZIONALI

Oggi l'utilizzo di Internet è sempre più indispensabile per tutti, sia nella vita personale che in quella lavorativa. Diversi dispositivi come smartphone, sensori, computer portatili e altri oggetti intelligenti sono esempi di cose con cui interagiamo quotidianamente. Lo sviluppo esponenziale della comunicazione wireless genera un'innovazione in continua crescita nella connettività Internet e questo rende possibile una maggiore diffusione e fruizione di dispositivi di comunicazione senza un'infrastruttura fisica. Inoltre, lo sviluppo delle tecnologie ha consentito agli oggetti quotidiani di essere onnipresenti, intelligenti, potenti, collegabili, più piccoli, più economici e più facili da installare. Ciò ha aperto il sipario ad uno scenario avanguardistico nella società delle Information and Communication Technology (ITC): l'Internet of Things (IoT).

L'Internet of Things (IoT) è la rete di dispositivi fisici, veicoli, elettrodomestici e altri elementi incorporati con elettronica, software, sensori e attuatori, che consente a questi devices di connettersi e scambiare dati tra di loro, creando opportunità per un'integrazione diretta del mondo fisico in sistemi computerizzati, con conseguente miglioramento dell'efficienza, benefici economici e riduzione degli sforzi umani (Hassan, 2018).

L'IoT è considerato uno dei futuri pilastri dell'uso della rete e dovrebbe consentire operazioni intelligenti e comunicazioni avanzate di dispositivi, oggetti smart, sistemi e servizi (Abdul-Qawy et al. 2015). Il vero valore dell'IoT sta nella capacità di connettere una varietà di dispositivi eterogenei che differiscono nel design, nei sistemi, nei protocolli e nelle applicazioni. Queste entità sono in grado di comunicare e integrarsi tra loro per raccogliere, elaborare e scambiare dati attraverso applicazioni e sistemi di gestione che risiedono su data center o cloud di rete.

Ciò aiuta a svolgere operazioni complesse in modo cooperativo e a prendere decisioni in modo indipendente senza interventi umani

WHERE THE WIRELESS THINGS ARE - AND WHY

Most IoT smart devices aren't in your home or phone--they are in factories, businesses and health care.

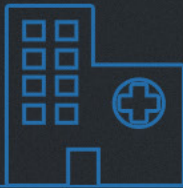
Why? Because smart objects give these major industries the vital data they need to track inventory, manage machines, increase efficiency, save costs and even save lives. By 2025, the total global worth of IoT technology could be as much as \$6.2 trillion -- most of that value from devices in health care (\$2.5 trillion) and manufacturing (\$2.3 trillion).

SOURCES: Strategy Analytics M2M Strategies advisory service, McKinsey Global Institute, NYTimes.com

40.2%



30.3%



8.3%



7.7%



4.1%



BUSINESS/ MANUFACTURING

Real-time analytics of supply chains and equipment, Robotic machinery

HEALTH CARE

Portable health monitoring, electronic recordkeeping, pharmaceutical safeguards

RETAIL

Inventory tracking, smartphone purchasing, anonymous analytics of consumer choices

SECURITY

Biometric and facial recognition locks, remote sensors

TRANSPORTATION

Self-parking cars, GPS locators, performance tracking

A SPECTRUM OF SMART STUFF

The IoT contains an enormous variety of connected objects, including:

TINY STUFF SMART DUST

Computers smaller than a grain of sand can be sprayed or injected almost anywhere -- to measure chemicals in the soil, or to diagnose problems in the human body.



ENORMOUS STUFF AN ENTIRE CITY

Fixed and mobile sensors dispersed throughout the city of Dublin are already creating a real-time picture of what's happening, and will help the city react quickly in times of crisis.



OLD STUFF

(Vermesan e Friess, 2013).

Nel prossimo futuro, il numero di cose connesse a Internet sarà molto più grande del numero di persone. Gli oggetti che circondano i nostri ambienti saranno collegati a Internet in una forma o nell'altra. Il mondo fisico e quello dell'ICT saranno integrati insieme, offrendo opportunità che vanno al di là dei limiti delle reti tradizionali. Lo scambio di informazioni non sarà più tra persone e non saranno più le persone stesse ad accedere alle informazioni: in realtà, saranno le macchine che parleranno con altre macchine per conto delle persone. Il lato più importante della visione IoT è il coinvolgimento di oggetti intelligenti. Questi, sono perfettamente connessi a Internet e dotati di funzionalità di intelligenza, calcolo, rilevamento, monitoraggio remoto e controllo (Tan e Wang, 2010).

◀ **[Fig.1]** Infografica Intel "A Guide To The Internet Of Things (IoT)"

1.1.1 Da Machine to Machine ad Internet of Things

La terminologia Machine to Machine (M2M) fa riferimento alle tecnologie che consentono ai dispositivi meccanici o elettronici di connettersi con altri dispositivi e di automatizzare la trasmissione e la misurazione dei dati utilizzando le reti wireless, ad esclusione di internet. Il componente chiave della comunicazione M2M è un piccolo modulo hardware incorporato in un dispositivo principale, che può essere un sensore, un sistema di monitoraggio, un'automobile o altro, che di solito deve comunicare con altri dispositivi nella rete. Nella comunicazione M2M, non è richiesto che gli oggetti coinvolti abbiano funzionalità come display per l'interfaccia perchè non è necessaria alcuna assistenza manuale o intervento umano per eseguire il processo di comunicazione e scambio di dati. Generalmente, l'IoT è più adottato nel mercato di consumo mentre M2M ha una connotazione industriale più forte. Nel senso più ampio dell'ICT, i due acronimi sono equivalenti e si riferiscono allo stesso paradigma. Infatti, IoT è il nuovo nome del concetto M2M, che si basa su reti basate su IP (Internet Protocol).

La tecnologia M2M è cresciuta in modo significativo e influenza ogni aspetto della nostra vita. Differenti settori industriali e aziendali

fanno un uso estremo delle comunicazioni M2M, in svariate applicazioni come ad esempio la manutenzione delle macchine, la misurazione, la sicurezza, il monitoraggio e il controllo a distanza, la supply chain e il tracciamento delle risorse. Anche l'utente finale beneficia di questa tecnologia in molte applicazioni, come i wearable design, la domotica e le auto intelligenti. Oggigiorno, l'IoT, che si basa su reti basate su IP, sarebbe in grado di ospitare una più ampia varietà di dispositivi eterogenei e oggetti intelligenti, gestire e analizzare una grande quantità di dati scambiati mantenendo una connettività scalabile e senza interruzioni [1].

[Fig.2] Schema riassuntivo delle differenze tra M2M e IoT

L'IoT crea reti di dispositivi eterogenei piuttosto che di dispositivi omogenei al fine di rendere le comunicazioni e l'automazione, per lo più in tutte le aree, più facili e raggiungibili.

M2M vs. IoT: What's the difference?

M2M	IoT
Machines	Sensors
Hardware-based	Software-based
Vertical applications	Horizontal applications
Deployed in a closed system	Connects to a larger network
Machines communicating with machines	Machines communicating with machines, humans with machines, machines with humans
Uses non-IP protocol	Uses IP protocols
Can use the cloud, but not required to	Uses the cloud
Machines use point-to-point communication, usually embedded in hardware	Devices use IP networks to communicate
Often one-way communication	Back and forth communication
Main purpose is to monitor and control	Multiple applications; multilevel communications
Operates via triggered responses based on an action	Can, but does not have to, operate on triggered responses
Limited integration options, devices must have complementary communication standards	Unlimited integration options, but requires software that manages communications/protocols
Structured data	Structured and unstructured data

1.2 L'ARCHITETTURA DI UN SISTEMA IOT

Un gran numero di sensori intelligenti sono utilizzati per monitorare le condizioni ambientali e inviare un segnale di allarme, per qualsiasi cambiamento, a un sistema di controllo. Tale meccanismo può essere adottato in diverse aree con scopi diversi come i sistemi di sorveglianza, l'assistenza sanitaria, l'automazione domestica, ecc.

Alla base del paradigma tecnologico che l'Internet delle Cose sta istituendo, l'oggetto, come entità coinvolta attivamente nelle dinamiche del sistema, deve essere identificabile, in grado di comunicare e in grado di interagire.

La complessità dell'IoT consiste nel raggiungere tali obiettivi, andando oltre l'uso tradizionale di Internet. Ciò può essere realizzabile integrando una serie di tecnologie chiave (es. RFID) con le reti basate su IP.

Per fare ciò, sono state identificate tre fasi principali:

- incorporare l'intelligenza negli oggetti in modo che possano agire automaticamente e autonomamente;
- rendere gli oggetti in grado di essere connessi ad altre cose;
- consentire l'interazione e lo scambio di informazioni tra queste cose.

L'intelligenza incorporata negli oggetti, indipendente dalla rete e non collegata a Internet, è una caratteristica fondamentale dell'IoT e già è stata vista in diversi dispositivi e applicazioni.

La maggior parte di questi oggetti sono alimentati a batteria e connessi in modalità wireless. Pertanto, questi dispositivi sono tipicamente incorporati con potenza, memoria e risorse di elaborazione limitate (Vermesan e Friess, 2013).

La rete IoT generalmente è ottimizzata per il risparmio energetico e opera in una varietà di vincoli lavorativi.



[Fig.3] Tado

tado° Smart AC

“Tado è fondamentalmente un telecomando intelligente montato a parete per la gestione dei condizionatori d'aria presenti in casa. Offre il controllo del raffreddamento connesso tramite un'app o l'utilizzo di automazioni georeferenziate che accendono e spengono l'AC quando si va e viene.”



[Fig.4] Ellipse

Ellipse by Lattice

“Ellipse è un lucchetto per bici intelligente che si collega al telefono per fornire accesso senza chiave, allarme antifurto, allarme incidente e condivisione bici.”



[Fig.5] August Smart Lock

August Smart Lock

“Blocca e sblocca la tua porta da qualsiasi luogo e dai ai tuoi ospiti le chiavi digitali sicure, tutto dal tuo telefono. August Smart Lock si sblocca automaticamente quando arrivi e ti blocca quando esci. Controlla il tuo Smart Lock con la tua voce usando Amazon Alexa o l'Assistente Google.”

1.2.1 Le tecnologie abilitanti

Identificazione

Ogni oggetto incluso nelle reti IoT deve essere identificato in modo univoco. Questo non solo per distinguere gli elementi del sistema IoT, le loro posizioni e le funzionalità, ma anche per monitorarli automaticamente e da remoto attraverso Internet. Sono molte le tecnologie utilizzate per raggiungere tali obiettivi, tra cui uID, URN, RFID e IPv6 (Gubbi et al., 2013). Di questi, prendiamo in considerazione soprattutto l'RFID.

RFID (Radio frequency identification) è una tecnologia di comunicazione wireless utilizzata per l'identificazione remota degli oggetti. Un piccolo microchip elettronico chiamato tag RFID viene incorporato in un oggetto (anche un animale o una persona) e agisce come un codice a barre con la funzione di identificare in modo univoco l'oggetto. Queste informazioni possono essere rintracciate in modo continuo e automatico attraverso l'utilizzo di un lettore RFID

da remoto. Il lettore può avviare una comunicazione con il tag RFID, utilizzando la frequenza radio che attiva il tag stesso. Il tag RFID risponde inviando l'ID e/o le altre informazioni memorizzate in base al segnale inviato.

Esistono tre tipi di tag RFID: tag passivi, attivi e semi-passivi. I tag RFID attivi dispongono di trasmettitori per la comunicazione. I tag RFID passivi, che sono la maggioranza, solitamente prelevano la potenza dal segnale trasmesso dal lettore. I tag semi-passivi hanno batterie per alimentare il microchip solo mentre raccolgono l'energia dal lettore. Il tag RFID è stato ampiamente utilizzato in diverse applicazioni dell'IoT come pedaggi elettronici, telerilevamento, produzione farmaceutica e laboratori ospedalieri (Lee e Lee, 2013).



Sensori incorporati

Con i recenti progressi nelle tecnologie sensoristiche, la WSN è stata migliorata sempre di più, acquisendo la capacità di lavorare in ambienti difficili e pericolosi. Con WSN (Wireless sensor network), ci si riferisce a un gruppo di sensori dispersi nello spazio e predisposti al monitoraggio e alla registrazione delle condizioni fisiche dell'ambiente e all'organizzazione dei dati raccolti. Le tecnologie WSN misurano condizioni ambientali come temperatura, suono, livelli di inquinamento, umidità, vento e così via.

In genere, WSN utilizza un gran numero di dispositivi con sensori incorporati che possono essere efficacemente integrati con la tecnologia RFID. Ottimizzando le dimensioni, il peso, il consumo energetico e i

[Fig.6] Carta di credito VISA con sensore RFID



[Fig.7] Sensore Libelium per gli incendi nei boschi. Monitoraggio dei gas di combustione e condizioni di incendio preventive per definire le zone di allarme.

costi dei dispositivi e apportando delle migliorie nelle comunicazioni wireless degli stessi, è stato possibile inglobare nel sistema IoT questi sensori intelligenti come tecnologia essenziale (Atzori et al, 2010).

Tali sensori intelligenti, che utilizzano il telerilevamento in tempo reale, consentono di raccogliere, analizzare, elaborare, condividere e distribuire, a sistemi centralizzati, una varietà notevole di informazioni e dati. Agiscono come ulteriore ponte tra il mondo fisico e quello digitale.

Protocolli e middleware

Ci si aspetta che i dispositivi IoT siano collegati tra loro e in grado di parlare in un modo o nell'altro. Un oggetto IoT deve essere in grado di comunicare con altri dispositivi: identificare il percorso corretto per la destinazione dei dati, comprendere i messaggi ricevuti e, di conseguenza, rispondere in modo appropriato. La mobilità nell'IoT è uno dei problemi principali. Un dispositivo mobile si sposta spesso da un luogo a un altro e, di conseguenza, richiede il corretto tracciamento dei dati e dell'ID. Tenendo conto di questo, è necessario definire un ampio insieme di standard e di protocolli [2].

Nella gestione della mobilità dei dati dal device fisico ad Internet, intervengono i cosiddetti Middleware Software. I Middleware sono software che fungono da ponte tra un sistema operativo o un database e le applicazioni, in particolare su una rete. Questi software sono essenziale in reti così vaste, le quali presentano diversi sistemi applicativi, diverse funzionalità e tipi di dati variabili. Il middleware garantisce l'interazione tra "Internet" e gli "oggetti" (Atzori et al., 2010). Funziona come un'interfaccia che consente alle varie applicazioni su sistemi eterogenei di comunicare facilmente e in modo trasparente tra loro.

Data Storages and Analysis basati su cloud

Le reti IoT producono una notevole quantità di dati. Questi dati devono essere raccolti, analizzati, elaborati e archiviati in modo intelligente per un monitoraggio più efficiente e sicuro. Alcune applicazioni IoT richiedono anche l'archiviazione di grandi quantità di dati, un'alta velocità di elaborazione per realizzarne il controllo in tempo reale e reti a banda larga ad alta velocità per il flusso di dati, audio o video. Tuttavia, è necessario sviluppare algoritmi intelligenti per dare un senso a tali grandi dati e gestire in modo

efficiente i requisiti delle applicazioni IoT. I dati raccolti o generati da un dispositivo possono essere archiviati in diversi modi. Possono essere raccolti su dispositivi esterni, (ad esempio utilizzando sistemi di memorizzazione come schede SD) o utilizzando nodi intermedi, ad esempio telefoni cellulari o direttamente sui nodi del computer. Oppure si può fare affidamento ad un sistema di controllo e raccolta dati più avanzato: il cloud computing (Gubbi et al., 2013). Il cloud computing, lo storage basato su cloud, fornisce i paradigmi di soluzione ideali per la gestione, la memorizzazione e l'elaborazione in tempo reale di dati così massicci provenienti da un numero imprevedibile di dispositivi.

I dati che vengono raccolti dai diversi dispositivi del sistema IoT sono depositati in cloud e, sempre tramite servizi basati su cloud, i dati possono essere integrati tra di loro. Il cloud computing offre la possibilità di accedere alle risorse condivise e alle infrastrutture comuni in modo diffuso e trasparente, offrendo servizi on-demand, attraverso la rete ed eseguendo operazioni che soddisfano esigenze mutevoli (Abdul-Qawy et al. 2015). Sono oggi disponibili numerosi servizi basati su Cloud dedicati alla memorizzazione di dati basati su sensori. Pachube, Nimbits, ThingSpeak e iDigi, per menzionarne alcuni.

[Fig.8]
Rappresentazione
concettuale del
cloud



Analizziamo più nel dettaglio Pachube. Pachube (oggi Xively) è stato uno dei primi fornitori di servizi di database on-line che consente di collegare i dati dei sensori al Web. Si tratta di una piattaforma di infrastruttura basata su cloud in tempo reale, che supporta il paradigma dell'Internet of Things. Più specificamente potrebbe essere descritta come un'infrastruttura scalabile che consente agli utenti di creare prodotti e servizi IoT e archiviare, condividere e scoprire dati in tempo reale relativi a sensori, dispositivi ed edifici in tutto il mondo. Le caratteristiche principali della piattaforma sono: gestione dei dati raccolti dal sensore sull'ambiente in tempo reale, grafici, monitoraggio e controllo di ambienti remoti. Una delle caratteristiche importanti di Pachube che ha facilitato la sua diffusione come servizio cloud IoT è che l'utilizzo di base è gratuito, si basa su un'API (Application Programming Interface: le librerie software disponibili in un certo linguaggio di programmazione) aperta e facilmente accessibile e ha un sito Web molto interattivo per la gestione dei dati dei sensori. Date le caratteristiche del Cloud Computing e la flessibilità dei servizi che possono essere sviluppati, gli utenti sono in grado di riorganizzare rapidamente e a basso costo le risorse dell'infrastruttura tecnologica. Consente agli utenti di accedere ai sistemi tramite un browser Web, indipendentemente dalla loro posizione o dal dispositivo utilizzato (ad es. telefoni cellulari).

La condivisione delle risorse tra un ampio pool di utenti consente così la centralizzazione delle infrastrutture con costi inferiori.

L'affidabilità migliora grazie all'uso di più siti ridondanti, il che rende il cloud computing adatto alla continuità aziendale e al disaster recovery; la sicurezza è migliorata, grazie alla centralizzazione dei dati; la sostenibilità avviene attraverso un migliore utilizzo delle risorse, con il risultato di sistemi più efficienti. Il concetto di utilizzo del Cloud Computing nel contesto della gestione delle informazioni sanitarie è relativamente nuovo, ma ha un grande potenziale. Questi contenuti saranno trattati nel dettaglio nei capitoli successivi, in cui si andrà ad analizzare sulle implicazioni ed applicazioni del sistema IoT in questo importante settore.

Un certo numero di piattaforme di Cloud Computing sono già disponibili per la gestione pervasiva dei dati degli utenti, sia gratuiti (ad esempio iCloud, Okeanos, Pithos e DropBox) che commerciali

(ad esempio, GoGrid, Amazon AWS e Rackspace). La maggior parte di essi, tuttavia, non fornisce un supporto sostanziale per gli sviluppatori, per creare applicazioni personalizzate e incorporare funzionalità di Cloud Computing, ad eccezione di Amazon AWS.

Hardware

I dispositivi IoT e gli oggetti intelligenti, qualunque essi siano (dispositivi elettronici di consumo, elettrodomestici, automobili intelligenti, sensori wireless o macchinari industriali), in genere sono costituiti da Hardware predisposti allo svolgimento di alcune funzioni, come la memoria, un'unità di elaborazione dei dati, alimentazione elettrica, capacità del ricetrasmisione, ecc.

1.3 I SETTORI APPLICATIVI

I progressi nel campo dell'IoT incentivano sempre più le applicazioni di tale tecnologia innovativa. L'utilizzo di sistemi IoT ha si è sempre più esteso alle industrie e alle organizzazioni del settore pubblico / privato, portando benefici in termini di tempo, risorse e sforzi. Vengono identificati tre domini principali delle applicazioni IoT: **industria, ambiente e società** (vedi Tabella 2). Questi campi sono collegati in modo coerente e correlati tra loro e non possono essere isolati. All'interno di ciascun dominio generale, è possibile identificare ulteriormente un numero sempre maggiore di applicazioni. I requisiti di base di queste applicazioni in tali domini sono spesso gli stessi con una differenza marginale a seconda delle funzionalità principali dell'applicazione. In questa sezione esamineremo brevemente alcune delle applicazioni comuni e ampiamente utilizzate dell'IoT.

Domain	Description	Indicative Examples
Industry	Activities involving in financial or commercial transactions between companies, organizations and other entities	Manufacturing, logistics, service sector, banking, financial governmental authorities, intermediaries, etc.
Environment	Activities regarding the protection, monitoring, and development of all natural resources	Agriculture & breeding, recycling, Environmental management services, energy management, etc.
Society	Activities/initiatives regarding the development and inclusion of societies, cities and people	Governmental services towards citizens and other society structures (epartecipatio), inclusion (e.g. aging, disabled people), etc.

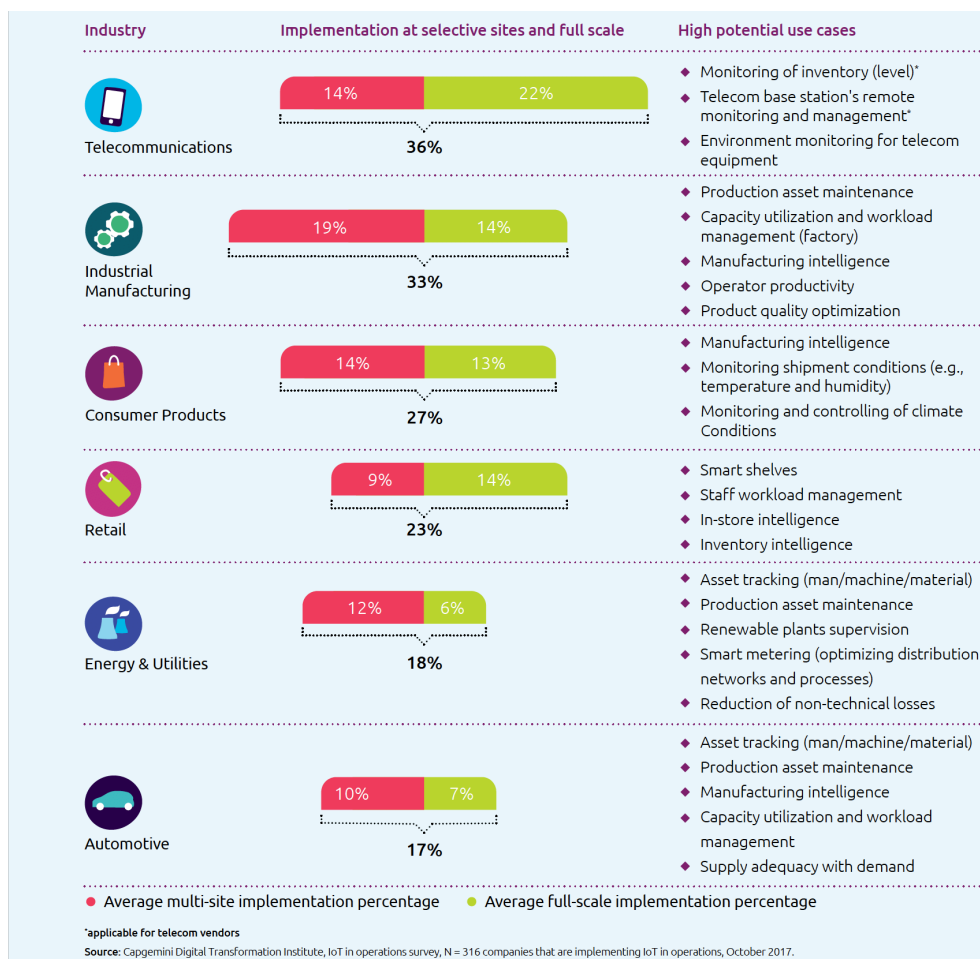
[Tab.1] Domini di applicazione IoT - Descrizione ed esempi (CERP-IoT)

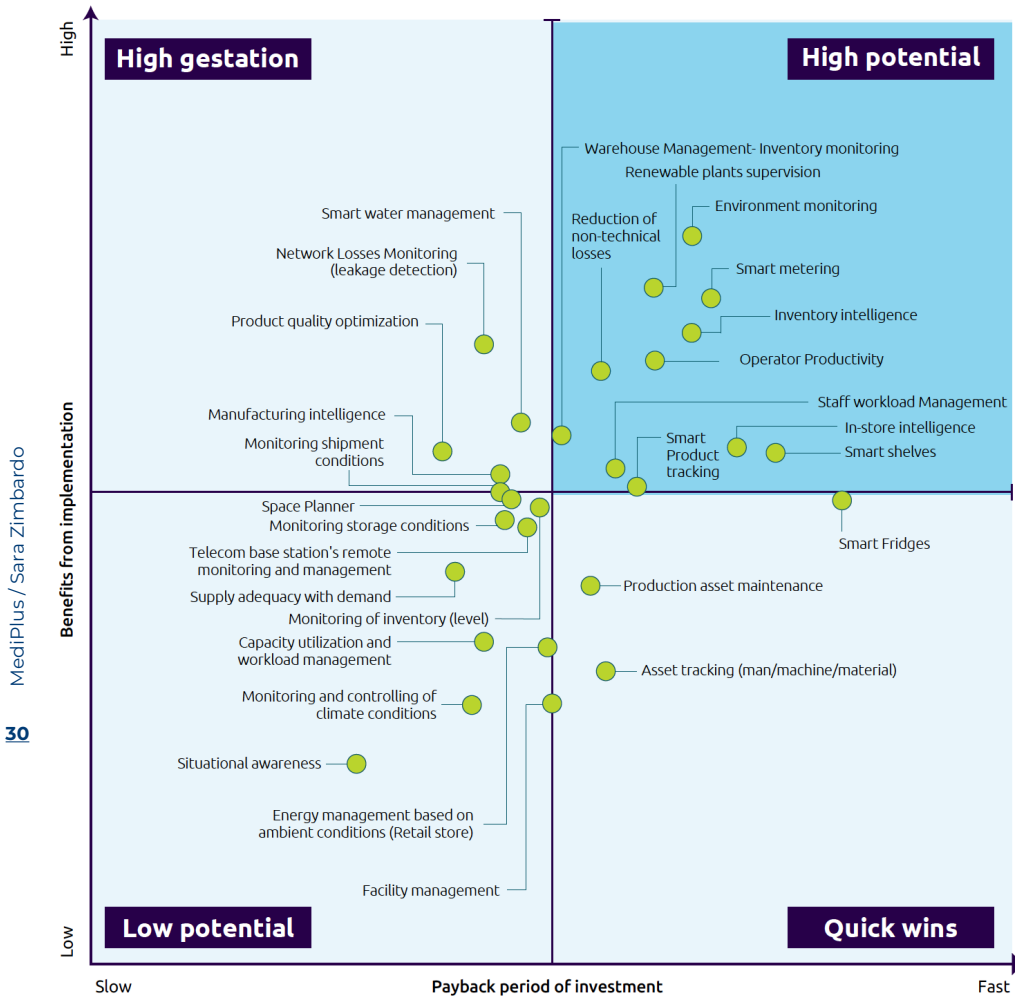
Sebbene il potenziale dell'IoT sia vasto, la sua esecuzione pratica rimane agli inizi. Di conseguenza, è difficile quantificare l'impatto futuro con precisione. International Data Corporation (IDC, 2017) stima che ci saranno **30 miliardi di dispositivi connessi sul mercato entro il 2020**. IDC stima inoltre che il valore economico dell'IoT si aggiri intorno a 1,46 trilioni di dollari nel 2020. Gartner prevede 20,8 miliardi di dispositivi connessi e 3 trilioni di valore economico durante lo stesso timeframe (Greenough, 2015).

Una cernita delle applicazioni più interessanti ed innovative dell'IoT nella vita di tutti i giorni viene descritta di seguito. La figura 9 elenca, nella colonna a destra, il grande potenziale che l'IoT può portare nei settori indicati. Si nota tuttavia come molte organizzazioni non si stiano concentrando su questo alto potenziale di sviluppo (Capgemini, 2017).

Nei paragrafi seguenti, vengono descritti più dettagliatamente alcuni di questi settori.

[Fig.9] Media percentuale di implementazione nei diversi settori industriali





[Fig.10] Distribuzione dei casi d'uso in base ai benefici e al periodo di ammortamento dell'investimento

1.3.1 Media & Entertainment

Sebbene la quantità e la qualità dei contenuti siano aumentate, la vera personalizzazione è rimasta indietro e molti consumatori continuano a soffrire del paradosso della scelta. Inoltre, un numero eccessivo di annunci irrilevanti e intrusivi su tutte queste piattaforme ha spinto i consumatori ad adottare sempre più la tecnologia di blocco degli annunci, il che mette a rischio ulteriori modelli di entrate già tese.

IoT può fornire soluzioni eleganti a questi problemi utilizzando i dati raccolti dai nuovi sensori per **migliorare la personalizzazione dei contenuti e della pubblicità**. I sensori possono misurare le reazioni personali a diversi tipi di programmi; possono registrare la frequenza e il tempo trascorso con il programma e il livello di attenzione rivolto. Le società di M&E possono anche utilizzare i dati per produrre una stima del contesto in cui il programma viene utilizzato. Conoscendo gli attributi specifici del proprietario del dispositivo, i sensori possono raccogliere dati aggiuntivi che consentiranno alle società di media di offrire esperienze e pubblicità personalizzate.

Ad esempio, utilizzando i dati raccolti tramite IoT sull'illuminazione ambientale, un battito cardiaco più lento e un cambiamento nei livelli di serotonina, gli inserzionisti possono pubblicare un annuncio sentimentale sui dispositivi degli utenti quando si avvicina all'ora di andare a dormire (Ernst and Young, 2016).

1.3.2 Retail: scaffali intelligenti

Un rivenditore medio perde circa il 4% delle vendite totali a causa di esaurimento scorte. Per affrontare questo problema, una catena di supermercati con sede negli Stati Uniti, Giant Eagle, ha distribuito scaffali intelligenti nei suoi negozi. Gli scaffali intelligenti hanno utilizzato sensori e dashboards per calcolare la durata dell'inventario e **inviare informazioni sui prodotti ai clienti sui loro telefoni cellulari**.

Di conseguenza, Giant Eagle ha ridotto i suoi due terzi del tempo di rifornimento esauriti (Johnston, 2017).

1.3.3 Industrial Manufacturing

Rolls-Royce, uno dei più grandi produttori di motori a reazione, utilizza l'IoT per aumentare l'efficienza del carburante dei loro motori, ottimizzare i percorsi di volo e migliorare la manutenzione. L'azienda utilizza le informazioni provenienti dai sensori montati all'interno del motore per tenere traccia della salute del motore, del controllo del traffico aereo, delle restrizioni del percorso e del consumo di carburante per diagnosticare potenziali guasti o anomalie operative

nei motori degli aeromobili. **L'azienda traccia e analizza le prestazioni del motore a metà volo, consentendole di effettuare una manutenzione proattiva.** Questo aiuta Rolls-Royce a ridurre non solo la frequenza di guasti imprevisti o gravi, ma anche a migliorare l'efficienza del motore e a ridurre il consumo di carburante (Microsoft, 2016).

1.3.4 Beni di consumo

Hershey, una delle principali società produttrici di cioccolato negli USA, ha aggiunto sensori IoT ai suoi stabilimenti di produzione di caramelle per migliorare l'efficienza produttiva. L'implementazione ha richiesto il retrofitting dei sensori su ciascun serbatoio di caramelle per valutare la temperatura. Utilizzando circa 60 milioni di punti dati dai sensori, la società è stata in grado di adattare le dimensioni dei propri prodotti alle linee guida per il dimensionamento legale. Complessivamente, ogni adeguamento dell'1% al ribasso per avvicinare i prodotti al peso preciso si traduce in un risparmio di \$500.000 in un lotto da 14.000 litri (Maddox, 2017).

1.3.5 Energy & Utilities: manutenzione degli asset di produzione

Royal Dutch Shell, una delle principali compagnie petrolifere, ha realizzato un ritorno di \$ 1 milione su un investimento di \$ 87.000 in una soluzione remota di monitoraggio e manutenzione degli asset basata su IoT. La società ha installato sensori in 80 campi petroliferi nell'Africa occidentale, che producono oltre 600.000 barili di petrolio al giorno. I sensori hanno reso possibile il monitoraggio remoto dell'output e delle prestazioni dell'operazioni svolte sui pozzi. Royal Dutch Shell ha annunciato un immediato risparmio economico derivante da visite in loco ridotte per la manutenzione delle attrezzature e tempi di inattività ridotti (Harvard Business School, 2016).

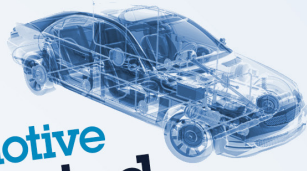
1.3.6 Automotive

Un importante operatore automobilistico tedesco utilizza i sensori IoT per monitorare macchine e robot di fabbrica. Nel suo stabilimento in Cina, ha sviluppato una piattaforma di analisi per supportare la manutenzione predittiva e l'ottimizzazione operativa. La fabbrica è stata avviata con un pilota per più di 200 robot e macchine per l'operazione di assemblaggio nella sua catena di montaggio finale e si prevede che aumenterà fino a oltre 600. A quel punto, l'iniziativa dovrebbe portare a risparmiare 300 ore che di inattività. Si prevede inoltre di risparmiare 700 ore di manutenzione ottimizzando le operazioni del dispositivo e aumentando la disponibilità (Capgemini, 2017).

1.3.7 Veicoli connessi

Grazie alla trasformazione dell'Internet of Things dell'industria automobilistica, la prossima generazione di automobili sarà caratterizzata dalla connettività. IBM, tramite l'integrazione nei veicoli della piattaforma IoT Watson, ha implementato le funzioni dei veicoli, i quali sono in grado di **rilevare i modelli di guida e comprendere le emozioni che potrebbero influenzare i conducenti**. I veicoli connessi possono così raccogliere, analizzare, memorizzare e agire sui dati tramite dei sensori. IBM IoT Connected Vehicle Insights è un'offerta veicolo-cloud che consente di conoscere l'ambiente oltre l'auto e aiuta a utilizzare le informazioni per stabilire una relazione con il conducente, non solo il veicolo. Poiché i conducenti sono 10 volte più inclini agli incidenti quando sono distratti dalle emozioni, l'auto riconosce il loro stato d'animo e riduce la possibilità di frenate violente, derive e incidenti. Le informazioni raccolte possono aiutare i veicoli a mantenerti più sicuro e migliorano l'esperienza di guida delle persone (Gyimesi, 2017).

#IBMAutomotive



IoT for automotive deconstructed

The next generation of connected cars will be built on high-performing and fully scalable platforms

The portfolio of use cases is practically limitless



Connected cars will be differentiated through business models that sustain new value streams

An IoT platform for growth includes:

Use Case Portfolio

- Designed to enable a nearly limitless set of potential use cases through V2x data interchange
- Enable use cases rapidly through a powerful recipe-based interface
- Contains sophisticated automotive use case solutions such as Advanced Driver Assistance Services (ADAS) and multi-layered, mapping technology that supports multiple vendors providing real time for autonomous driving

Vehicle to Cloud IoT Platform

- Deployed through cloud, hybrid cloud or as an on-premises solution
- Built on open standards supporting a range of industry protocols and integration with third party services
- A rich set of advanced analytical tools to handle data streaming, modeling, reporting along with image and natural language processing

Technology Infrastructure

- Secure two-way vehicle communications through a hybrid cloud that scales to tens of millions of vehicles across the globe
- Globally distributed cloud data centers that can be in compliance with consumer privacy laws that vary internationally
- Priced per vehicle to alleviate large up-front costs

By 2020, the connected car will be the

#1 connected application*

200 million

cars will be connected in 2015 and fully packed with sensor technologies**

By 2020, connected vehicles will produce

350MB of data per second***

The automotive experience transformed by the Internet of Things

To learn more about your automotive IoT future, visit <http://ibm.co/Auto2025>

*http://www.zinnovations.com/press-releases/ibm-announces-the-business-impact-of-connected-vehicles-could-be-worth-up-to-5-trillion-by-2020
**http://www.gartner.com/newsroom/id2707017/ibm-announces-the-business-impact-of-connected-vehicles-could-be-worth-up-to-5-trillion-by-2020
***http://www.ibm.com/press-releases/industry/industry-technology/data-streams-approach-connected-car-technological-advance



1.3.8 Smart Appliances and Smart Home

L'aumento del ruolo del Wi-Fi nell'automazione domestica è dovuto principalmente al fatto che alcuni dispositivi elettronici (TV, dispositivi mobili, condizionatori ecc.) hanno iniziato a diventare parte della rete IP domestica e all'aumento del tasso di adozione di dispositivi mobile computing (smartphone, tablet, ecc.). In questo stesso contesto, molte aziende stanno prendendo in considerazione la costruzione di piattaforme che integrano l'automazione degli edifici con intrattenimento, monitoraggio sanitario, monitoraggio energetico e monitoraggio dei sensori wireless negli ambienti domestici e degli edifici. All'interno di questo campo di ricerca, è rilevante lo sfruttamento del potenziale delle reti di sensori wireless (WSN) per facilitare la gestione intelligente dell'energia negli edifici, per aumentare il comfort delle persone e per ridurre al contempo la domanda di energia. L'uso di Internet insieme ai sistemi di gestione dell'energia offre anche l'opportunità di accedere ai sistemi di informazione e controllo di energia di un edificio da un laptop o uno smartphone collocati ovunque nel mondo (Rodríguez-Molina, 2013).

Bibliografia

- Abdul-Qawy A. S., Pramod P. J., Magesh E., Srinivasulu T., *The Internet of Things (IoT): An Overview*, International Journal of Engineering Research and Applications, Vol. 5, Issue 12, pp. 71-82, 2015
- Atzori L., Iera A., Morabito G., *The internet of things: A survey*, Computer Networks, Elsevier, vol. 54, no. 15, 2010
- Capgemini, *Unlocking the business value of IoT in operations*, 2017
- Ernst and Young, *Internet of Things. Human-machine interactions that unlock possibilities*, 2016
- Greenough J., *The 'Internet of Things' will be the world's most massive device market and save companies billions of dollars*, Business Insider, 2015
- Gubbi J., Buyya, R., Marusic, S. and Palaniswami, M., *Internet of things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions*, Future Generation Computer Systems, Elsevier, vol. 29, no. 7, 2013
- Gyimesi K., *Cars that care, chapter 1: The problem – drivers cause the most accidents*, IBM Automotive, 2017
- Harvard Business School, *The IoT and Big Data Will Transform Royal Dutch Shell*, 2016
- Hassan Q.F., *Internet of Things A to Z: Technologies and Applications*, John Wiley & Sons. pp. 41–4, 2018
- IDC, *Internet of Things Spending Forecast to Grow 17.9% in 2016 Led by Manufacturing, Transportation, and Utilities Investments, According to New IDC Spending Guide*, 2017
- Johnston P., *How Giant Eagle's technology experiments reduce losses from out-of-stocks*, Stores, 2017
- Lee I. and Lee K., *The internet of things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises*, Business Horizons, Elsevier, vol. 58, no. 4, 2015

Maddox T., *How Hershey used IoT to save \$500K for every 1% of improved efficiency*, 2017

Microsoft, *IoT reshapes transportation, whether driving down the street or flying at 30,000 feet*, 2016

Rodríguez-Molina, J., Martínez, J.-F., Castillejo, P., López, L., *Combining Wireless Sensor Networks and Semantic Middleware for an Internet of Things-Based Sportsman/ Woman Monitoring Application*, Sensors, 2013

Tan L. and Wang N., *Future internet: The internet of things*, 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering, 2010

Vermesan, O. and Friess, P., *Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems*, Aalborg, Denmark, River Publishers, 2013

Sitografia

[1] Gartner Inc., “Gartner says 4.9 billion connected things” will be in use in 2015,” <http://www.gartner.com/newsroom/id/29057> 17, Nov 2014.

[2] https://it.wikipedia.org/wiki/Internet_Protocol

/ 2

Industrial Internet of Things: la nuova tecnologia al servizio delle aziende

2.1 LA QUARTA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE

- 2.1.1 Industria 4.0
 - 2.1.1.1 IIoT: Industrial Internet of Things
- 2.1.2 Platform-as-a-Service

2.2 ALL'INTERNO DELLA SMART FACTORY

- 2.2.1 OEE: i parametri di misurazione dell'efficienza industriale

2.3 GESTIONE SMART DELLA MANUTENZIONE: UN POTENZIAMENTO DELL'OFFERTA DELLA SMART FACTORY

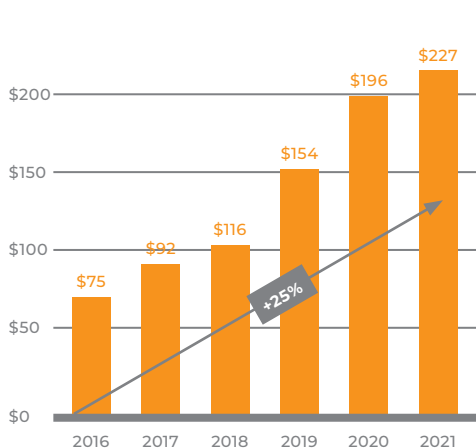
- 2.3.1 Digital Manufacturing: la tabella di marcia
- 2.3.2 Il corretto approccio alla Predictive Maintenance
- 2.3.3 Le basi dell'Asset Management Intelligente
- 2.3.4 Dalla manutenzione preventiva a quella predittiva

2.1 LA QUARTA RIVOLUZIONE INDUSTRIALE

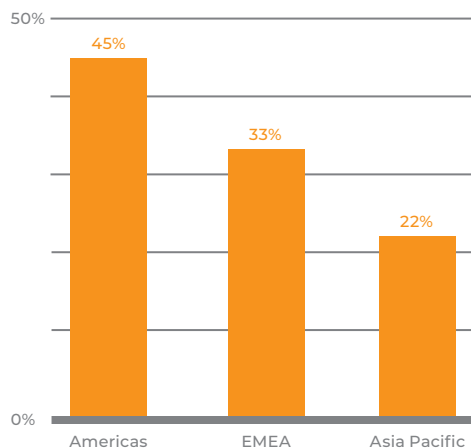
Il mondo industriale è stato modellato da una serie di cambiamenti tecnologici fondamentali negli ultimi 250 anni: macchina a vapore e ferrovie (1750-1830), elettricità e telefono (1880-1920), computer e Information Technology (1960-2000) e l'era attuale dell'Industrial Internet of Things (IIoT) e big data (2010-oggi). Ogni cambiamento tecnologico ha introdotto un'ondata di miglioramenti della produttività, accompagnata da rivoluzione sul fronte dei mercati, in cui alcuni leader industriali sono stati sostituiti dall'ingresso sul mercato di nuovi concorrenti agili (Mattox e Talya, 2016).

Il termine "Industrie 4.0", che rispecchia il paradigma tecnologico dell'IIoT, è stato introdotto nel 2011 dal gruppo della Industry-Science Research Alliance, per descrivere la diffusa integrazione delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione nella produzione industriale (Schuh et al., 2016).

Nate nell'industria e destinate all'industria, le soluzioni IoT influenzano il modo in cui le aziende progettano, producono, operano e forniscono servizi, oltre a ridefinire e ottimizzare i processi aziendali esistenti, accrescendone la value chain.



[Fig.12] Grafico crescita mercato IoT



[Fig.13] Impiego soluzioni IoT per aree geografiche

L'era attuale dell'industria digitale è caratterizzata da software sempre più potenti e da costi hardware sempre più bassi. Gli algoritmi predittivi odierni e le capacità di Machine Learning consentono l'attuazione di applicazioni che non erano possibili nemmeno cinque anni fa. Sulla base di numeri relativi all'adozione dell'IoT, alle tendenze economiche e demografiche e alla probabile evoluzione della tecnologia nei prossimi dieci anni, McKinsey stima che l'impatto economico delle applicazioni IoT potrebbe essere compreso tra \$ 3,9 trilioni e \$ 11,1 trilioni all'anno nel 2025 (McKinsey Global Institute, 2015). Lo scenario della digitalizzazione dell'industria che si apre davanti a noi non è opzionale, così come non lo era l'elettrificazione industriale nel secolo scorso.

Chi sta già adottando soluzioni IoT?

Le organizzazioni di tutto il mondo stanno comprendendo il potere dell'IoT e stanno sviluppando iniziative che utilizzano questa tecnologia per competere nell'economia globale. Mentre l'IoT sta avendo effetti importanti e diffusi in tutti i settori dei beni di consumo, sta avendo un impatto significativo sulle industrie manifatturiere. Ciò è particolarmente vero nelle Americhe, che attualmente stanno aprendo la strada con il 45% dell'attività industriale dell'IoT. Segue l'EMEA al 33% e l'Asia del Pacifico al 22% (Figura 13).

2.1.1 Industria 4.0

Le aziende che hanno intenzione di seguire il trend tecnologico imposto dall'IIoT, hanno bisogno di fare un grande sforzo, sia all'interno dell'azienda stessa che verso l'esterno. In tutto il mondo, le società lungimiranti e le industrie manifatturiere hanno fatto grandi passi avanti nel collegare i loro prodotti e apparecchi all'Industrial IoT. Ma riuscire ad avere successo nell'era IIoT richiede molto di più che la mera connettività tecnologica. Di fatto, l'avvento dell'IIoT è totalmente disruptive, richiede nuove capacità nella gestione dei rapporti diretti con i clienti, supportata da nuovi modelli operativi e di business progettati ad hoc. Ed è un cambiamento che sta avvenendo molto più velocemente di quanto la maggior parte delle aziende pensi. Le aziende manifatturiere e industriali devono riprogettare la loro strategia e cultura e adottare una filosofia di progettazione del prodotto radicalmente diversa.

Le aziende manifatturiere e industriali devono riprogettare la loro strategia e cultura e adottare una filosofia di progettazione del prodotto radicalmente diversa.

Questa nuova filosofia di design solleva ulteriori complessità.

Un'appliance progettata per sfruttare al massimo l'IIoT richiederà componenti diversi e quindi un nuovo Life Cycle Design.

Non è possibile definire delle tempistiche necessarie per attuare il totalmente cambiamento all'interno delle industrie ma in ogni caso è opportuno pensare che i tempi disponibili per la trasformazione IIoT siano più brevi di quanto si immagini. Questo perché Internet accelera le dinamiche del cambiamento (Chitkara, 2016).



[Fig.14] Elementi principali dell'Industria 4.0

2.1.1.1 Industrial Internet of Things

L'obiettivo di questa trasformazione è quello di creare una *learning and agile company*, in grado di adattarsi continuamente alle mutevoli condizioni del mercato e degli utenti, grazie all'uso delle tecnologie pertinenti, all'apprendimento organizzativo e ai processi decisionali che sfruttano l'alta qualità dei dati disponibile più rapidamente

Ad esempio, attraverso l'alta densità di dati raccolti dai sensori sulle esigenze degli utenti in real-time, le aziende possono integrare questi nuovi dati anche durante il processo di produzione di un prodotto, perché capaci di adattarsi alla nuova situazione. Di conseguenza, al cliente può essere fornito un prodotto su misura, in un periodo di tempo significativamente più breve e una qualità superiore.

In Acatech, viene descritta una metodologia rivolta alle aziende che hanno lo scopo di allinearsi ai nuovi canoni dell'IIoT. La metodologia è suddivisa in sei fasi, di seguito elencati e descritti (Schuh et al., 2016).

• Informatizzazione

L'informatizzazione, poiché fornisce le basi per la digitalizzazione.

In questa fase, diverse tecnologie informatiche vengono utilizzate separatamente l'una dall'altra all'interno dell'azienda.

L'informatizzazione è già avanzata nella maggior parte delle aziende e viene principalmente utilizzata per eseguire attività ripetitive in modo più efficiente.

Un esempio per la fase di computerizzazione sarebbe una fresatrice CNC. Sebbene sia in grado di lavorare pezzi con grande precisione grazie all'utilizzo del controllo numerico computerizzato, i dati CAD che descrivono nel dettaglio le azioni da eseguire spesso devono essere trasferiti manualmente alla fresatrice, in altre parole, la macchina non è collegata.

• Connettività

Nella fase di connettività, le applicazioni aziendali ampiamente utilizzate sono tutte collegate tra loro e rispecchiano i processi di core business dell'azienda.

• Visibilità

I sensori consentono di acquisire un elevato numero di dati sui processi dall'inizio alla fine. Il calo dei prezzi dei sensori e delle tecnologie di rete ha reso possibile la registrazione in tempo reale di informazioni sugli eventi e sugli stati in tutta l'azienda. L'integrazione digitale può

aiutare a monitorare e mostrare ciò che sta accadendo in azienda in un dato momento in modo che le decisioni gestionali possano essere basate su dati reali e in real-time.

- **Trasparenza**

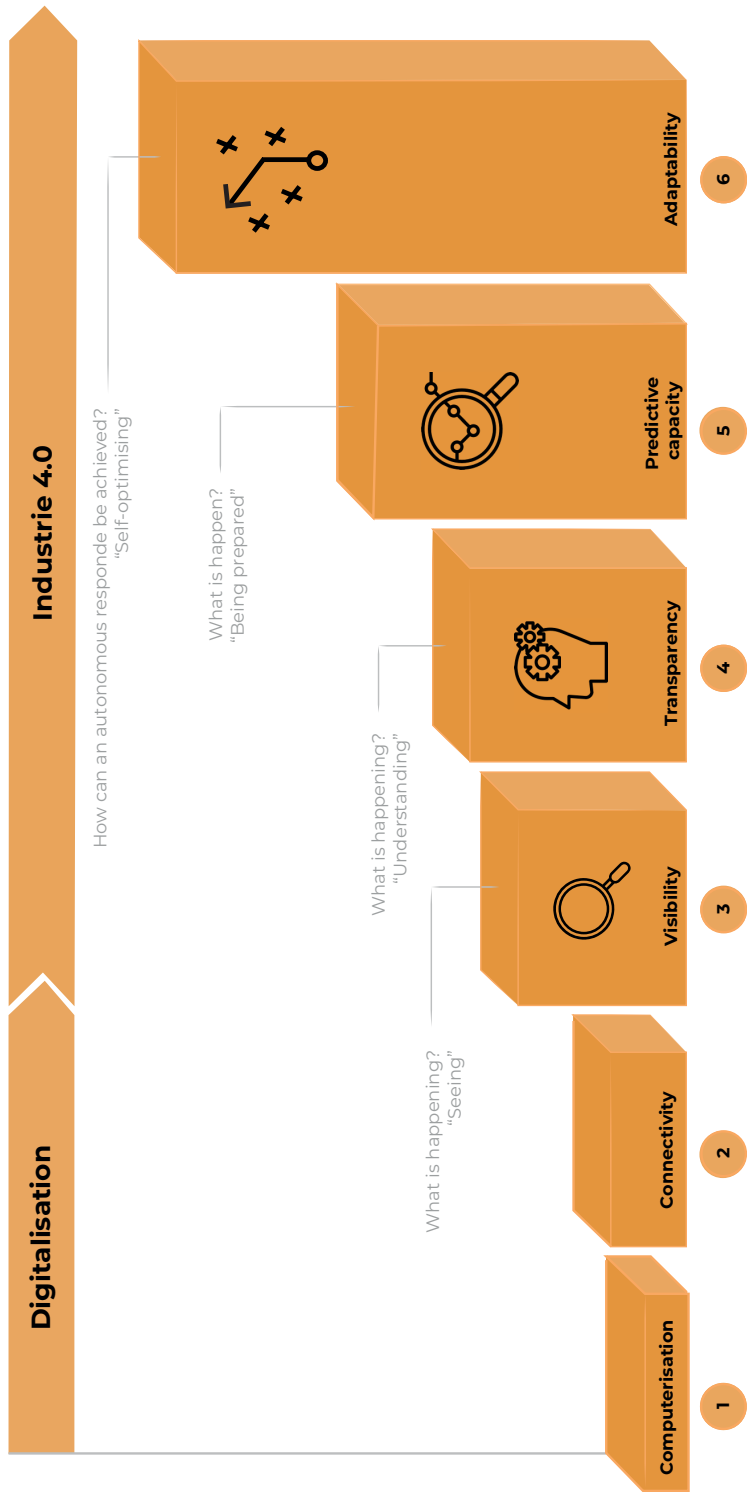
I dati acquisiti nella fase precedente devono essere analizzati e applicati, per supportare decisioni complesse e rapide.

- **Capacità predittiva**

Al compimento delle due fasi precedenti, le aziende sono in grado di simulare diversi scenari futuri e identificare quelli più probabili. Di conseguenza, le aziende sono in grado di anticipare gli sviluppi futuri in modo che possano prendere decisioni e attuare le misure appropriate in tempo utile. Ridurre il numero di eventi imprevisti, causati per esempio da interruzioni o variazione della pianificazione, consente operazioni più sicure e affidabili.

- **Adattabilità**

La capacità predittiva è un requisito fondamentale per le azioni automatizzate e il processo decisionale automatizzato. L'adattamento continuo consente a un'azienda di delegare determinate decisioni ai sistemi IT in modo che possa adattarsi a un ambiente aziendale in evoluzione il più rapidamente possibile.



[Fig.15] Fasi del percorso di sviluppo dell'Industria 4.0

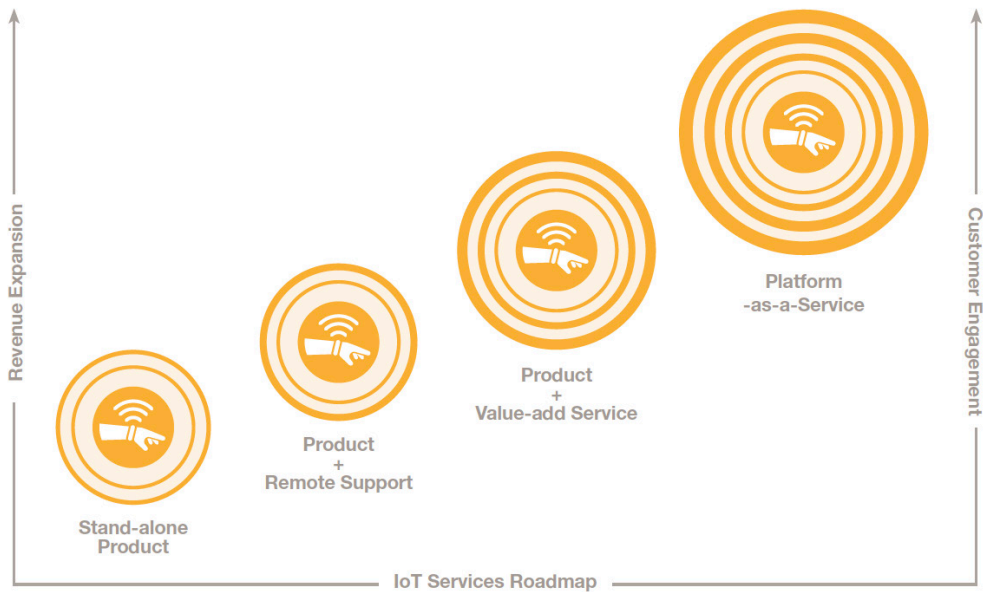
2.1.2 Platform-as-a-Service

L'agilità operativa e la previsione degli errori descritte finora, stanno dando la possibilità alle aziende di innovare anche il loro modello di business offrendo efficienza, produttività e praticamente tutto “come servizio”.

Immaginiamo lo scenario in cui un'azienda che produce unità di riscaldamento, ventilazione e climatizzazione (HVAC) per i consumatori abbia visto e abbracciato l'emergere di IIoT e abbia investito di conseguenza nello stabilire la connettività Internet per i sistemi HVAC che vende. E' possibile monitorare e gestire le prestazioni del sistema HVAC in remoto nelle case delle persone, rilevare perdite o guasti imminenti e avvisare i clienti di eventuali problemi. Ma la soddisfazione dei clienti per le offerte dell'azienda sembra diminuire piuttosto che aumentare. Perché? La risposta sta nelle mutevoli aspettative e richieste dei consumatori connessi di oggi, ma anche negli impatti pervasivi dell'IoT. Oltre allo studio sulla fattibilità della tecnologia, è altrettanto importante affrontare gli impatti comportamentali, che questa porta con sé (Chitkara, 2016). Sul fronte dei clienti, c'è una crescente a desiderare collegamenti diretti con le aziende che producono i prodotti e i servizi che utilizzano, eliminando i tradizionali “intermediari”. Questo profondo cambiamento comportamentale è evidente in tutta una serie di settori, dall'energia alle telecomunicazioni, dai media mainstream alla tecnologia. È uno dei principali fattori che spingono i produttori a spostarsi sul settore dei servizi: un cambiamento che comporta sempre più l'evoluzione delle offerte basate su prodotti e servizi attraverso la creazione di piattaforme web-based.

Il fatto è che la connettività Internet significa molto di più che collegare un'apparecchio digitalmente ai sistemi dell'azienda. Rappresenta anche un modo per avvicinarsi agli utenti finali come mai prima d'ora, creando un grado di coinvolgimento diretto del cliente e interazione che la maggior parte delle aziende manifatturiere non ha mai sperimentato.

C'è una crescente tendenza per i consumatori a desiderare collegamenti diretti con le aziende che producono i servizi che utilizzano, eliminando i tradizionali “intermediari”.



[Fig.16] Le aziende passano da offerte basate su prodotti a offerte basate su servizi, costruendo piattaforme.

Per mantenere i propri clienti felici e fedeli nel mondo IIoT, c'è bisogno di ripensare la Customer Experience in maniera idonea alle esigenze dell'azienda e dei clienti.

Immaginiamo una situazione in cui i sistemi di analisi predittiva dell'azienda produttrice attivano una spia di avvertenza sul sistema HVAC dell'utente, segnalando che sta per rompersi. Inevitabilmente, la risposta del cliente sarà: "Bene, mi hai avvertito in modo proattivo. Ma cosa devo fare adesso?" Se il problema può essere risolto in remoto, la risposta potrebbe essere "nulla". Ma a meno che il produttore non sia in grado di gestire, coinvolgere e rassicurare il cliente, l'effetto della connettività IIoT potrebbe essere quello di danneggiare la relazione anziché rafforzarla. A questo punto potrebbe essere opportuno che il responsabile del servizio effettui una chiamata al cliente pianificando una visita di manutenzione preventiva.

In conclusione possiamo affermare che l'IIoT apre nuove opportunità di business vendendo servizi a valore aggiunto come il monitoraggio remoto, la manutenzione e altri. La tecnologia IoT aiuta le aziende a migliorare i tempi di attività delle apparecchiature, ottimizzando le operazioni di assistenza sul campo con il monitoraggio predittivo e le funzionalità di servizio remoto (Bennett, 2016).

Tra i settori precedentemente analizzati, andremo ad investigare più a fondo quello sanitario, con particolare attenzione alla manutenzione preventiva. Ad esempio, Varian Medical Systems, produttore leader mondiale di sistemi integrati di terapia del cancro, ha utilizzato l'IoT per migliorare i tempi di attività del sistema grazie a servizi e risoluzioni più rapidi. Rendendo gli strumenti intelligenti e connessi, Varian ora può monitorare le prestazioni, prevedere e prevenire guasti ai prodotti, abilitare il servizio remoto e garantire che i tecnici in visita offrano un servizio più rapido. In definitiva, Varian ha ridotto il tempo delle riparazioni del 50% [1].

2.2 ALL'INTERNO DELLA SMART FACTORY

Le Smart Factories utilizzano l'industrial IoT per monitorare da remoto, e spesso automatizzare, alcuni processi fondamentali come la manutenzione, il controllo della qualità e l'ispezione delle materie prime. In questo schema sono mostrati alcuni casi d'uso IIoT comuni.



[Fig.17] Gestione intelligente dei processi industriale.

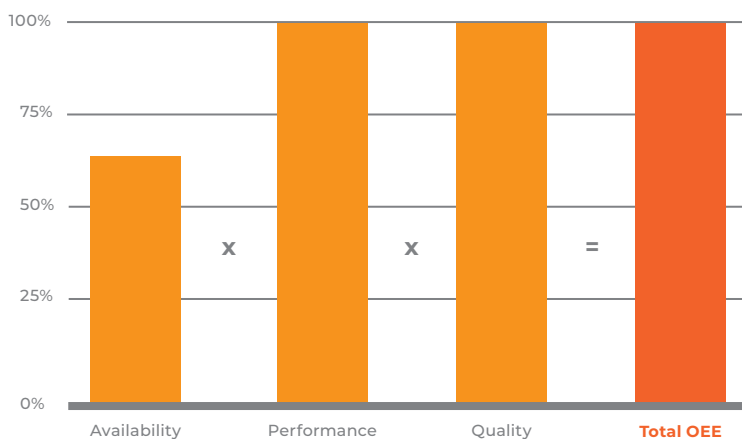
2.2.1 OEE: i parametri di misurazione dell'efficienza industriale

Come illustrato nella precedente infografica, l'industrial IoT ha diverse applicazioni in tutti i processi aziendali, individuando delle inefficienze come malfunzionamenti delle macchine, tempi di fermo e sprechi di energia.

Quindi, come possono le fabbriche misurare l'efficienza e identificare quali collegamenti devono essere ottimizzati? Molte aziende ed industrie utilizzano spesso la metrica OEE (Overall Equipment Effectiveness) per monitorare l'efficienza dei processi industriali, includendo macchine, persone e materiali. L'OEE conta 3 indicatori chiave di prestazione: la disponibilità delle risorse (vale a dire l'uptime della macchina), le loro prestazioni (ad esempio il runtime) e la qualità del loro output.

Anche se una fabbrica è in grado di raggiungere, ad esempio, prestazioni e qualità al 100%, se la disponibilità è in ritardo del 60% a causa di frequenti guasti o sostituzione dell'operatore, l'OEE complessivo non può mai superare il 60%, cioè non può superare il più debole di i 3 valori variabili.

Una fabbrica è efficiente tanto quanto il suo anello più debole.



[Fig.18] Grafico parametri OEE.

Ecco alcuni punti deboli di IIoT comuni all'interno di ogni segmento:

- **disponibilità delle risorse:** guasti, ritardi dell'operatore e cambio, mancanza di materie prime;
- **prestazioni:** velocità della macchina ridotta, operatori poco efficienti, altre interruzioni;
- **qualità output:** assiemi da rilavorare e scarti, materiale difettoso ricevuto dal fornitore, prodotti resi indietro a causa di difetti.

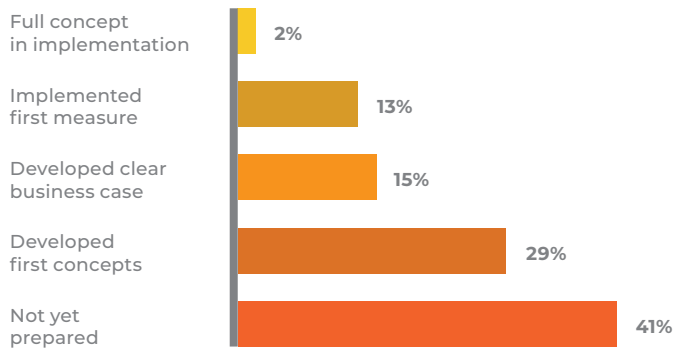
2.3 GESTIONE SMART DELLA MANUTENZIONE: UN POTENZIAMENTO DELL'OFFERTA DELLA SMART FACTORY

Uno dei settori in cui l'applicazione dell'IIoT può portare risultati significativi è quello sanitario. Come è stato descritto nel paragrafo 1.4.1., l'introduzione di sensori e tecnologie di monitoraggio intelligenti all'interno delle industrie agevola e incentiva la capacità predittiva delle aziende stesse. Nel settore sanitario, così come in molti altri, si è sempre cercato di effettuare una regolare manutenzione delle risorse al fine di evitare malfunzionamenti e guasti. Le tecniche di manutenzione si sono evolute nel tempo, anche grazie allo sviluppo delle tecnologie sopracitate. Nel tempo, dalla manutenzione preventiva si è passati a quella predittiva.

2.3.1 Digital Manufacturing: la tabella di marcia

Secondo un report di analisi di BCG (Boston Consulting Group), l'utilizzo di un insieme di tecnologie di Digital Manufacturing potrebbe contribuire a ridurre i costi di produzione dal 20% al 40% (escluse le materie prime). Le aziende manifatturiere, benché consapevoli dei vantaggi che le tecnologie di produzione digitale possono offrire, fanno fatica ad adottare e attuare in modo efficace tecnologie digitali. Secondo la stessa analisi di BCG, quasi la metà delle organizzazioni negli Stati Uniti non sono ancora preparate per l'arrivo di nuove tecnologie per il Digital Manufacturing (fig. 19).

Per le organizzazioni ad alta intensità di asset (asset: termine inglese che indica, in senso molto ampio, ogni entità materiale o immateriale suscettibile di valutazione economica per un certo soggetto [3]), il viaggio verso la Digital Manufacturing inizia selezionando un caso aziendale chiave, concettualizzandolo, eseguendo un caso pilota, analizzando i risultati e adattando l'obiettivo ad un modello scalabile.



[Fig.19] Disponibilità all'attuazione. Aziende Statunitensi

I dati delle apparecchiature e della macchina vengono acquisiti utilizzando vari sensori (la selezione del sensore si basa sul tipo di apparecchiatura) e comunicati in modo sicuro attraverso il middleware, che raccoglie, aggrega e fornisce un accesso sicuro per i dati industriali. I dati raccolti e archiviati delle apparecchiature vengono analizzati utilizzando algoritmi e modelli analitici adatti, per applicazioni come diagnostica predittiva e manutenzione, ottimizzazione dei parametri di processo delle apparecchiature e controllo della qualità. La scelta dei sensori, del protocollo di comunicazione, del middleware, del modello analitico influenzano la progettazione di un sistema di sicurezza completa e idonea all'integrazione con altri sistemi esistenti.

Conceptualize	Pilot	Scale	Manage
Select business case	Business case validation	Enterprise Architecture design	Identify possible extensible case
Define Roadmap	POC development	System integration	Broad base expertise
Assess Infrastructure needs	Analyze results for business case justification	Solution implementation and roll out	Refine business model
Identify risks and mitigations			

[Fig.20] I passaggi tipici che un'organizzazione dovrebbe seguire per intraprendere il loro viaggio digitale

2.3.2 Il corretto approccio alla Predictive Maintenance

La manutenzione predittiva affronta le principali sfide aziendali durante i processi di produzione, come guasti imprevisti delle macchine o mancanza di visibilità delle risorse, e offre i rendimenti più elevati. L'utilizzo della manutenzione predittiva, una volta implementata con successo, crea un'infrastruttura e una competenza sostanziale per ampliare l'impronta digitale all'interno dell'organizzazione.

Le attività con un elevato numero di asset perdono tempo e soldi in caso di guasti o malfunzionamenti delle apparecchiature. Inoltre, investono dei soldi ogni anno aderendo a programmi di manutenzione fissi e sostituendo le parti in anticipo. La manutenzione predittiva aiuta le aziende a passare dalla manutenzione programmata periodicamente, appunto quella preventiva, alla manutenzione basata sulle condizioni di ogni singolo asset.

La previsione dei guasti delle macchine consente di pianificare quando queste richiedono manutenzione, riducendo o eliminando i tempi di downtime non pianificati, estendendo i cicli di manutenzione e riducendo i costi. Una serie di industrie, tra cui discrete manufacturing, trasporto e logistica, aerodinamica e difesa, energia, assistenza sanitaria e molte altre, possono trarre beneficio dalla manutenzione predittiva. Naturalmente, le soluzioni devono essere adattate alle specifiche esigenze e applicazioni di ciascun settore.

Il degrado del macchinario, l'usura dei componenti e altri fattori invisibili agli operatori, hanno implicazioni dirette sulle finanze, la produttività e la reputazione dell'azienda. Altre sfide includono la difficoltà nel monitoraggio dello stato di salute delle attrezzature, una mancanza di visibilità delle risorse e una mancanza di standardizzazione nei processi di pianificazione della manutenzione efficiente. Alcuni fattori che influenzano lo stato del macchinario non sono visibili agli operatori, come ad esempio l'usura dei componenti (fig.20).

Tali guasti sono imprevedibili e possono essere evitati adottando tecniche di manutenzione avanzate che elaborano sistematicamente i dati dei macchinari generati in modo continuo. Ciò consente di comprendere le condizioni operative dell'apparecchiatura, permettendo in tal modo ai supervisori della manutenzione e ai supervisori del processo di prendere decisioni più consapevoli.

/ Predictive, Diagnostics and Maintenance

/ Predictive Quality Control

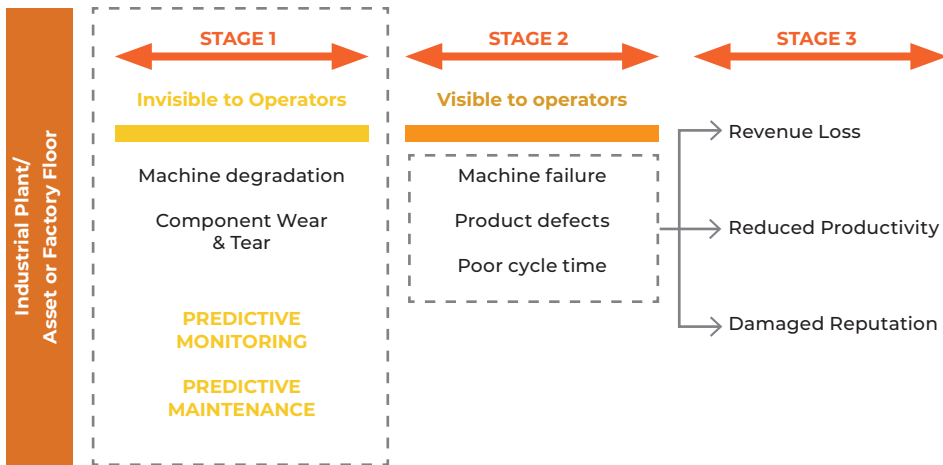
/ Energy Consumption Monitoring

/ Equipment Process Parameter Optimization

/ Asset Location Intelligence

/ Environment Compliance

[Fig.21] Funzioni aziendali in cui implementare soluzioni IoT.



[Fig.22] Fasi di processo: identificazione di guasti visibili e invisibili all'operatore.

2.3.3 Le basi dell'Asset Management Intelligente

L'approccio di manutenzione predittiva aiuta a monitorare e valutare la salute delle apparecchiature sulla base dell'analisi di vari parametri, tra cui temperatura, pressione, vibrazione e portata. Vari sistemi di data processing acquisiscono i dati delle apparecchiature in streaming, i quali vengono confrontati con i modelli di errore pre-identificati, già acquisiti e archiviati.

I processi di Machine Learning consentono al sistema di analizzare e archiviare i modelli di guasto (failure pattern) della macchina, i quali vengono appresi analizzando in modo iterativo i dati. Nel momento in cui si verifica una corrispondenza tra i dati delle apparecchiature in streaming con uno dei modelli di guasto precedentemente identificati, il sistema attiva allarmi e notifiche che indicano un deterioramento della salute della macchina e l'eventuale guasto delle apparecchiature.

• Journey

L'approccio di manutenzione predittiva varia da un settore all'altro e dipende in gran parte dai tipi di macchine e attrezzature specifiche del settore in uso. Di seguito viene descritto un processo strutturato per le organizzazioni per progettare la strategia di manutenzione predittiva (Dennis et al., 2017).

• Creazione di una lista dei macchinari disponibili in azienda

È essenziale disporre di un elenco principale di tutte le apparecchiature utilizzate in modo da accertare quali macchine richiedano un monitoraggio continuo senza interruzioni. L'elenco delle apparecchiature deve essere esaminato per completezza al fine di garantire che nessuna attrezzatura critica venga ignorata.

• Valutazione delle criticità delle macchine

Una volta che l'elenco delle apparecchiature è stato creato, il passo successivo è valutare quanto sia indispensabile l'apparecchiatura rispetto alle operazioni e alla manutenibilità complessive. Ci sono vari fattori che influenzano la valutazione della criticità della macchina. Tutti i fattori dovrebbero essere considerati collettivamente quando si valuta la criticità.

• Identificare i possibili macchinari da monitorare

Monitorare le apparecchiature con un'elevata criticità sarà meno vantaggioso se l'apparecchiatura non produce dati affidabili o di qualità o se l'apparecchiatura non è compatibile per essere adattata con le fonti di dati richieste. Di seguito sono riportati alcuni fattori critici che dovrebbero essere analizzati al momento di determinare la fattibilità dell'attrezzatura per il monitoraggio.

• Disponibilità dei dati della macchina

Il fattore chiave che determina se è possibile monitorare il macchinario è la disponibilità dei dati provenienti dalla stessa. Ciò significa che dovrebbero essere disponibili i dati storici delle apparecchiature o l'apparecchiatura dovrebbe avere la capacità di trasmettere dati per ricavare informazioni utili per il monitoraggio.

I dati estratti dovrebbero avere le seguenti caratteristiche:

- **affidabilità:** la capacità di produrre risultati stabili e coerenti rispetto alle successive iterazioni
- **accuratezza:** deve rappresentare l'esatta salute dell'apparecchiatura
- **networking:** la capacità di raccogliere dati dalle apparecchiature e condividerle con altre fonti per l'analisi

Se non esiste un meccanismo predefinito per acquisire i dati richiesti dall'apparecchiatura, è essenziale integrarle con fonti di dati esterne. Per valutare la fattibilità di aggiornare le apparecchiature con le fonti di dati richieste, devono essere considerati i seguenti fattori:

- **complicazioni di conformità e regolamentazione**
- **costo per l'aggiornamento della fonte di dati esterna**
- **compatibilità tecnologica**

Selezionare il modello analitico appropriato

Una volta individuate le apparecchiature critiche identificate per il monitoraggio a distanza e l'implementazione di tecniche di manutenzione preventiva, il passaggio chiave successivo consiste nella selezione di un modello analitico appropriato. La selezione del modello analitico dipende dal tipo di apparecchiatura, dalla modalità e dalla causa dell'errore, dal tipo di segnale e dal periodo di tempo di guasto. Un altro fattore chiave da prendere in considerazione durante la selezione di un modello analitico è il lasso di tempo che intercorre tra il momento in cui si verifica un sintomo e l'effettivo fallimento. Alcune apparecchiature tendono a fallire rapidamente; questi richiedono modelli analitici altamente agili per il monitoraggio. Dopo la scelta del modello analitico appropriato per il monitoraggio delle attrezzature critiche, la prossima sfida risiede nell'implementazione della soluzione predittiva.

2.3.4 Dalla manutenzione preventiva a quella predittiva

La manutenzione preventiva (PM) è un servizio pianificato, basato su intervalli di tempo per rilevare e prevenire potenziali guasti e prolungare la vita delle apparecchiature. Con la manutenzione preventiva si vuole evitare attività di manutenzione non pianificate. PM include verniciatura, lubrificazione, pulizia, regolazione e sostituzione di componenti minori per prolungare la durata di attrezzature e impianti [4].

Nelle aziende manifatturiere, la manutenzione preventiva è già popolare. Tuttavia, questo approccio di manutenzione basato sul tempo potrebbe non rispecchiare accuratamente l'utilizzo dell'apparecchio e potrebbe portare a riparazioni di manutenzione non necessarie, indipendentemente dallo stato reale delle apparecchiature o delle parti.

La manutenzione predittiva (PdM) è l'applicazione delle moderne tecniche analitiche per ridurre sia i costi di manutenzione che i tempi di fermo della produzione mediante l'identificazione tempestiva di guasti imminenti delle apparecchiature (ottenuti attraverso il monitoraggio delle modifiche). Il suo scopo è ridurre al minimo i guasti e il deprezzamento eccessivo.

Varie tecniche tra cui l'imaging termico a infrarossi e l'analisi delle vibrazioni possono essere utilizzate per prevedere i guasti. In questo modo, è possibile vedere letteralmente quali parti dell'apparecchiatura stanno effettivamente funzionando correttamente, che è un'informazione preziosa sia per i produttori che per i tecnici di assistenza sul campo. Con l'introduzione di macchine e impianti di produzione nell'Internet of Things, la manutenzione predittiva sta diventando sempre più importante. I sensori facilitano il monitoraggio dello stato delle macchine, dei sistemi di archiviazione cloud dei dati a fini diagnostici e di manutenzione.

Mediante il monitoraggio in tempo reale, il raccoglimento di un pool di dati completo e l'utilizzo di metodi analitici all'avanguardia, è possibile prevedere un malfunzionamento specifico della macchina con una probabilità del 70%. Ciò consente ai tecnici di effettuare una immediata assistenza sul campo per prevenire efficacemente guasti e ridurre i costi (Bughin et al. 2016).

Strategic Benefits

Revenue

Improved Yield due to increased equipment uptime



Operating Margin

Improved margin due to reduced maintenance cost



Asset Efficiency

Enhanced Efficiency due to increased equipment uptime



Market Position

High reputation due to perfect order fulfillment



Operational Benefits

Maintenance cost reduction by upto

25%



Breakdown elimination upto

70%



Downtime reduction by upto

50%



Scheduled repairs reduction by upto

12%



89% Overall Equipment Effectiveness (OEE) for Best-in-class Organizations ⁵.

[Fig.23] Vantaggi chiave che l'approccio di Predictive Maintenance porta all'organizzazione sono classificati come vantaggi strategici e operativi.

Bibliografia

Bennett J., *Why Integration is Critical to IoT Success*, Gartner Inc., 2016

Bughin J., Manyika J. e Woetzel J., *The Age Of Analytics: Competing In A Data-Driven World*, McKinsey Global Institute, 2016

Chitkara R., *The Industrial Internet of Things*, PWC, 2016

Dennis M., Velayudam C. e Subramanian A., *Using Predictive Maintenance of Industrial Assets: Your Starting Point to the Digital Manufacturing Journey*, Capgemini, rapporto interno, 2017

Mattox M., TalyaA. M., *GE's Digital Industrial Transformation Playbook*, General Electric, 2016

McKinsey Global Institute, *The internet of things: mapping the value beyond the hype*, McKinsey Company, 2015

Paquin R., *Asset Management: The changing landscape of Predictive Maintenance*, Aberdeen Research, 2014

Schuh G., Anderl R., Gausemeier J., Ten Hompel M., Wahlster W., *Industrie 4.0 Maturity Index Managing the Digital Transformation of Companies*, Acatech STUDY, 2016

Sirkin H. L., Zinser M. e Rose J., *Why Advanced Manufacturing Will Boost Productivity*, Boston Consulting Group, rapporto interno, 2015

Sitografia

[1] <https://www.varian.com/>

[2] <https://www.oee.com/>

[3] <https://www.investopedia.com/terms/a/asset.asp>

[4] <https://www.myodesie.com/wiki/index/returnEntry/id/2965>

/ 3

**L'ascesa dell'IoT
per il supporto di dispositivi medici**

3.1 INTERNET OF MEDICAL THINGS

3.2 SOLUZIONI SANITARIE INTELLIGENTI: STATO DELL'ARTE

3.2.1 Servizi

3.2.2 Applicazioni

3.3 MANUTENZIONE PREDITTIVA NEL MEDICALE

3.4 BUSINESS CASE

3.4.1 Hitachi

3.4.2 Karvy Analytics

3.4.3 Philips

3.4.3.1 Aiming for Zero downtime

3.4.3.2 DoseWise

3.4.4 365mc e Microsoft Azure

3.1 INTERNET OF MEDICAL THINGS

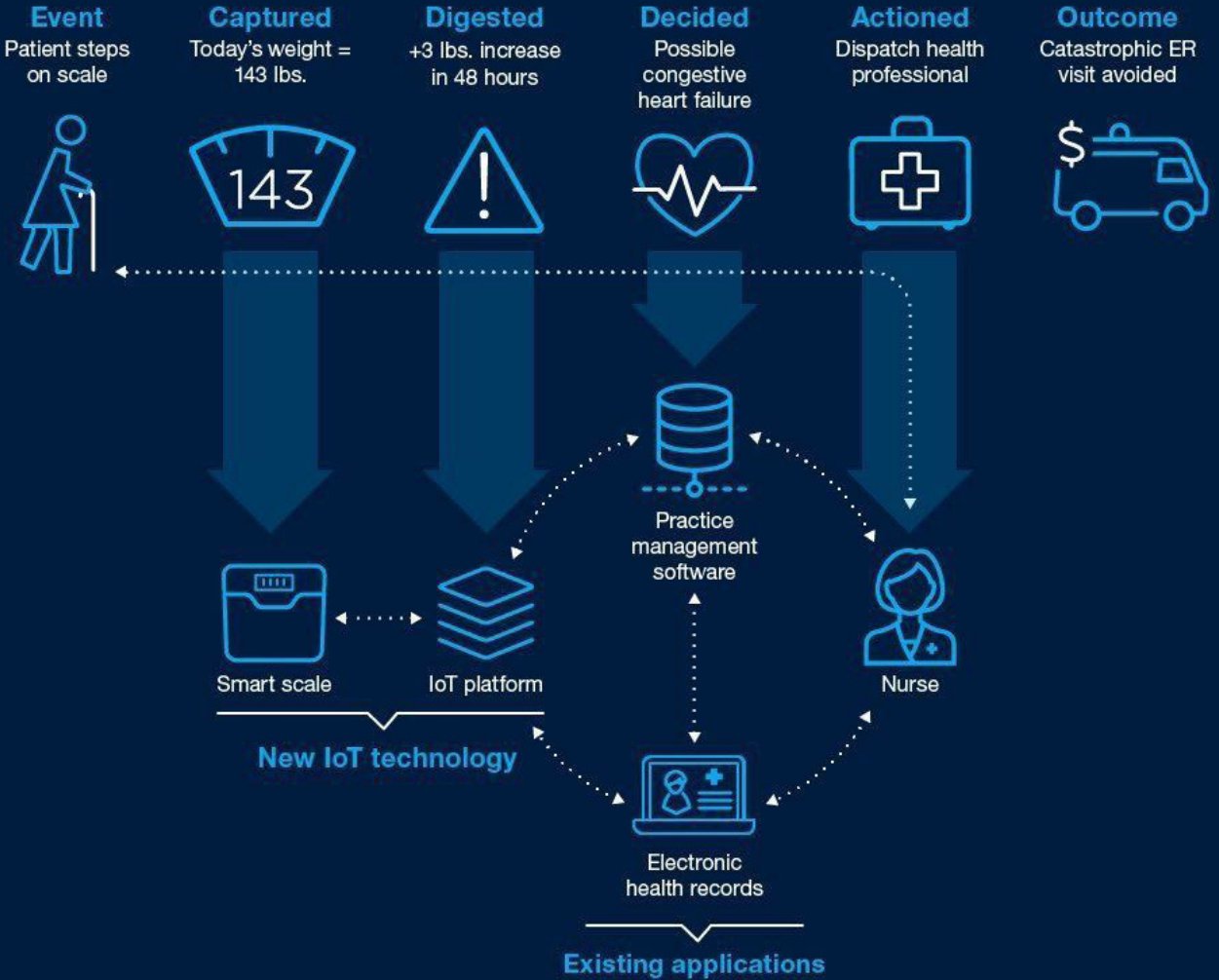
Uno dei settori che ha deciso di investire maggiormente nelle tecnologie intelligenti, è quello sanitario; infatti, l'Internet of Medical Things, è pronto a trasformare il modo in cui il settore sanitario aiuta le persone ad essere sane e a condurre un corretto stile di vita. Internet of Medical Things fa riferimento al sistema connesso di dispositivi medici e applicazioni che raccolgono dati che vengono poi forniti ai sistemi IT sanitari attraverso reti di computer online. L'IoMT può aiutare a monitorare, informare e notificare non solo i caregiver, ma fornire agli operatori sanitari dati reali per identificare i problemi prima che diventino critici.

Le cure mediche e l'assistenza sanitaria rappresentano una delle aree di applicazione più interessanti per l'IoT (Pang, 2013). Pertanto, vari dispositivi medici, sensori e dispositivi di diagnostica e imaging possono essere trasformati in dispositivi o oggetti intelligenti che costituiscono una parte fondamentale del sistema. Gateway, server medici e database di salute svolgono ruoli vitali nella creazione di un sistema sanitario connesso e nella fornitura di servizi sanitari on-demand agli stakeholders interessati. Ci si aspetta che i servizi sanitari basati su IoT riducano i costi, aumentino la qualità della vita e arricchiscano l'esperienza dell'utente (Vasanth e Sbert, 2014).

Dal punto di vista dei fornitori di servizi sanitari, l'IoT ha la capacità di ridurre i tempi di inattività dei dispositivi attraverso il monitoraggio remoto, usufruendo di tutte le sue potenzialità.

Un rapporto di Allied Market Research (2017) prevede che il mercato della sanità IoT raggiungerà \$ 136,8 miliardi in tutto il mondo entro il 2021. Oggi ci sono 3,7 milioni di dispositivi medici in uso che sono collegati e monitorano varie parti del corpo per informare i medici sulla salute dei pazienti.

IoT-Enabled Preventive Healthcare Saves Money – and Perhaps a Life



gartner.com/SmarterWithGartner

Source: Gartner (January 2018)

© 2018 Gartner, Inc. and/or its affiliates. All rights reserved. Gartner is a registered trademark of Gartner, Inc. or its affiliates. For more information, email info@gartner.com or visit gartner.com.

Gartner.

Come descritto nel capitolo precedente, il sistema IoT cerca principalmente di lavorare sulle reti di sensori wireless esistenti, sulle tecnologie dei dispositivi embedded e sul computing ubiquo. I sistemi IoT devono fornire i servizi a chiunque, in qualsiasi momento e ovunque. È necessaria dunque un'architettura di sistema idonea per implementare i sistemi sanitari in modo più efficiente e con minori costi. Per fare un esempio, prendiamo in considerazione l'activity tracker di FitBit, che rappresenta una delle applicazioni più comune di IoT nell'ambito sanitario. Le tecnologie wireless che solitamente vengono utilizzate per questa applicazione comprendono: sensori di monitoraggio e detecting dei dati sulla salute incorporati nel device; un dispositivo smart phone collegato al device; sistemi server per controllare e gestire le informazioni raccolte. I sensori, dopo aver ricavato i valori di input, li invieranno al server tramite lo smart phone. Il server elabora i dati e informa i pazienti. Questi sistemi di assistenza sanitaria aiutano i pazienti a prendere le decisioni suggerite dall'applicazione.

◀ [Fig.24] Gartner - Infografica IoT applicata ai settore medicale



[Fig.25] Fitbit Alta™ Fitness Wristband

3.2 SOLUZIONI SANITARIE INTELLIGENTI: STATO DELL'ARTE

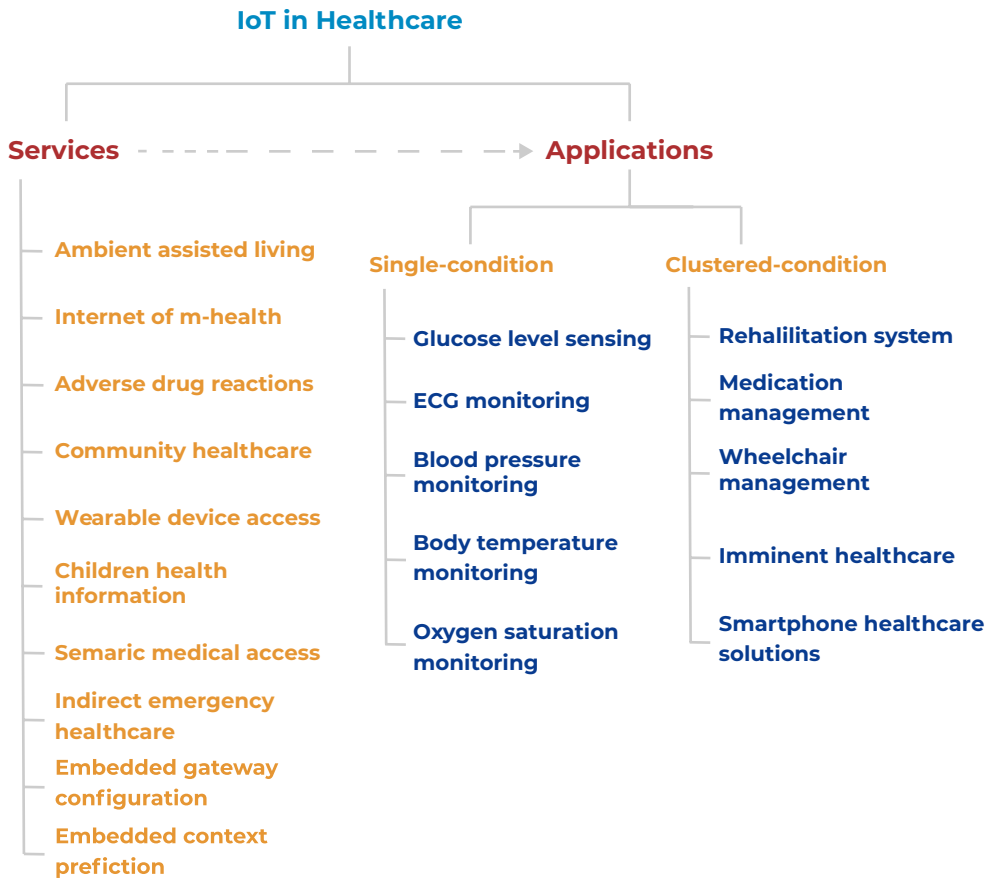
Recentemente, i dispositivi indossabili, come l'orologio da polso intelligente, bracciali e fasce per il corpo, sono ampiamente applicati per offrire assistenza sanitaria continua, come ad esempio il monitoraggio dei parametri fisiologici, il rilevamento della frequenza cardiaca per lo sforzo fatto durante l'allenamento o ancora il calcolo delle calorie bruciate in palestra. Questi oggetti intelligenti fanno tutti parte del panorama emergente della tecnologia indossabile. Negli ultimi anni, il potenziale dell'IoT ha attirato l'attenzione dei ricercatori per affrontare le sfide giornaliere del settore sanitario. I sistemi basati su IoT possono essere applicati a una serie diversificata di campi sanitari, tra cui la cura di pazienti pediatriche e anziani, la supervisione di malattie croniche e la diagnosi preventiva.

Per una migliore comprensione di questo ampio argomento, si può suddividere l'offerta dell'IoMT in due gruppi principali: servizi e applicazioni. La fig. 26 illustra questa categorizzazione, la quale è strutturata in base alle soluzioni sanitarie disponibili oggi utilizzando l'IoT. Questo elenco può essere facilmente migliorato aggiungendo servizi aggiuntivi con funzionalità distinte e numerose applicazioni che coprono soluzioni su specifiche malattie o gruppi di malattie.

3.2.1 Servizi

Nel contesto dell'assistenza sanitaria, non esiste una definizione standard dei servizi IoT ed inoltre, in alcuni casi, il servizio stesso viene svolto da una specifica applicazione.

Quindi un servizio sanitario è in qualche modo di natura generica e ha come caratteristica principale quella di essere un elemento fondamentale per un insieme di soluzioni o applicazioni. Si deve notare inoltre che i protocolli necessari per i framework IoT possono richiedere piccole modifiche per un corretto funzionamento negli scenari sanitari.



[Fig.26] Categorizzazione servizi e applicazioni IoT

Di seguito vengono elencati alcuni tipi di servizi sanitari IoT di particolare interesse. In fig. 26, un elenco più esaustivo mostra altri esempi di servizi sanitari che descrivono lo stato dell'arte.

• Ambient Assisted Living

Con il termini Ambient Assisted Living (AAL) si fa riferimento ad una piattaforma IoT implementata con intelligenza artificiale che mira a creare migliori condizioni di vita per gli anziani e i disabili. L'obiettivo è quello di favorire l'emergere di prodotti, servizi e sistemi innovativi basati su tecnologie ICT al fine di aumentare la qualità della vita di persone anziane nella comunità e al lavoro, incentivandone la partecipazione alla vita sociale e riducendo i costi dell'assistenza sanitaria [1]. L'architettura IoT pensata per questa tipologia di servizio è stata ampliata integrando algoritmi basati sulle conoscenze

mediche per individuare i problemi che affliggono le persone anziane con oggetti intelligenti, per facilitare la comunicazione tra i diversi stakeholder (Dohr et al., 2010).

• Adverse Drug Reaction

Una reazione avversa al farmaco (ADR) è una lesione causata dall'assunzione di un farmaco. Le ADR possono verificarsi dopo una singola dose o una somministrazione prolungata di un farmaco o il risultato della combinazione di due o più farmaci.

Attraverso dispositivi di lettura dei codici a barre, si può rintracciare la composizione del farmaco che il paziente deve assumere. Con l'aiuto di un sistema informativo farmaceutico intelligente, questa informazione viene esaminata per rilevare se il farmaco è compatibile con il suo profilo allergenico e con la cartella clinica elettronica (Jara et al. 2010).

• Children Health Information

Un servizio IoT chiamato Children Health Information (CHI) è stato introdotto per aumentare la consapevolezza sulla salute dei bambini con problemi di natura fisica, emotiva o comportamentale e per rispondere a questa esigenza in modo efficace. Attraverso l'educazione, il divertimento e la responsabilizzazione dei bambini ospedalizzati si può incoraggiare i bambini ad acquisire buone abitudini nutrizionali con l'aiuto dei loro insegnanti e genitori (Vazquez-Briseno et al., 2012).

3.2.2 Applicazioni

Di fianco ai servizi IoT, le applicazioni IoT meritano altrettanta attenzione. Mentre i servizi determinano tutto il processo di fruizioni dell'offerta e quindi includono nella loro journey anche le applicazioni, queste ultime sono utilizzate direttamente dagli utenti e dai pazienti. Pertanto, i servizi sono incentrati su tutto il processo, mentre le applicazioni sono incentrate sull'utente.

• Sistema di riabilitazione

La medicina fisica e riabilitativa, che mira a migliorare e ripristinare le funzioni e la qualità della vita di chi ha qualche disabilità, rappresenta

un ramo molto importante della medicina. L'IoT ha il potenziale per migliorare i sistemi di riabilitazione, al fine di mitigare i problemi legati all'invecchiamento della popolazione e alla carenza di esperti sanitari.

- **Wheelchair**

Molti ricercatori hanno lavorato per sviluppare sedie a rotelle intelligenti con automazione completa per le persone disabili. L'IoT ha il potenziale per accelerare il ritmo del lavoro. Un esempio degno di nota dello sviluppo di sedie a rotelle basate su IoT è la sedia a rotelle collegata progettata dal dipartimento IoT di Intel [2]. Questo progetto mostra che gli "oggetti" standard possono evolvere in macchine connesse guidate dai dati. Infatti la sedia a rotelle sviluppata da Intel è in grado di monitorare i dati vitali dell'individuo seduto sulla sedia stessa e raccoglie dati sull'ambiente circostante.

3.3 MANUTENZIONE PREDITTIVA NEL MEDICALE

[Fig.27]
Illustrazione

La capacità delle macchine di predire i propri fallimenti sta trasformando il modo in cui i produttori affrontano l'efficienza della fabbrica e la longevità delle apparecchiature. Nel paragrafo 1.4.3, sono state descritte le diverse tipologie di manutenzione effettuate negli anni, il cui sviluppo rispecchia il progredire delle tecnologie a disposizione nei diversi periodi storici.

Nel tentativo di mostrarsi competitivi sul mercato manifatturiero, le aziende si muniscono di macchine intelligenti e connesse tra di loro, auspicando guadagni in termini di produttività e risparmi sui costi. Inoltre massimizzare l'efficacia delle apparecchiature attraverso la manutenzione predittiva non solo è un'azione innovativa, ma essenziale. Per le aziende che operano ancora in modalità reattiva o quelle che utilizzano un approccio unicamente preventivo, raggiungere uno stato di previsione non è un processo lineare ma anzi è un viaggio iterativo che richiede tempo, sforzi e enormi quantità di dati.



L'applicazione di un modello di manutenzione predittivo richiede enormi quantità di dati, raccolti nel tempo. Il primo passo di questo percorso è capire cosa sta succedendo in fabbrica e iniziare a creare

la cronologia della macchina. Acquisendo, integrando e analizzando i dati della macchina tramite i sensori, gli operatori ottengono una visibilità comprensiva sulle prestazioni della macchina e sono in grado di determinarne le prestazioni future. I modelli di manutenzione reattiva e preventiva consentono solo il monitoraggio, gli avvisi e gli aggiornamenti di stato quando l'apparecchiatura non funziona correttamente. Il software di manutenzione predittiva prevede il fallimento delle risorse, consentendo alle organizzazioni di rimuovere un pezzo dell'attrezzatura prima che fallisca. Inoltre, la manutenzione predittiva è in grado di stimare quando tale macchina avrà esito negativo, consentendo ai produttori di intraprendere azioni correttive, evitare guasti e migliorare la produttività e l'affidabilità della macchina (Capgemini, 2017).

Le aziende sanitarie sono sottoposte a una notevole pressione per mantenere un alto livello di soddisfazione del cliente a costi inferiori. Per questo motivo, i aziende produttrici di dispositivi medici sono sempre alla ricerca di nuovi modi per differenziare i propri servizi e l'Internet of Things offre loro questa occasione. I dispositivi medici connessi possono essere utilizzati per molti scopi, dal consentire ai medici di essere mobili, al monitoraggio della salute del paziente. In un'ottica di Industrial Internet of Things, incorporando sensori e hardware sui dispositivi medici, i produttori possono monitorare lo stato delle apparecchiature per migliorare l'efficienza delle operazioni, aumentando così i margini di profitto e accrescendo la soddisfazione dei clienti riducendo i tempi in cui le apparecchiature non vengono utilizzate (Doukas e Maglogiannis, 2012). I sensori possono registrare qualsiasi cosa, da condizioni ambientali, ad eventi avversi o guasti, consentendo alle società sanitarie più all'avanguardia di adottare un modello di manutenzione predittiva (Florin e Srivastava, 2015).

Un recente rapporto Markets and Markets [3], stima che il mercato di manutenzione predittiva dovrebbe aumentare del 28% fino al 2021, il che potrebbe a sua volta influire sull'impiego di tecnologie IoT nell'ambito sanitario.

Le organizzazioni sanitarie si stanno muovendo maggiormente verso l'infrastruttura IT basata su cloud, per automatizzare meglio i processi. Gli autori di report hanno scoperto che la richiesta di sensori IoT è guidata dalla maggiore mobilità dei medici e dalle aspettative dei pazienti, i quali si aspettano che la tecnologia utilizzata nella loro assistenza sanitaria sia paragonabile a quella che usano nelle loro vite private.

Inoltre, secondo quanto riportato da O'Dowd le grandi aziende sanitarie arrivano ad avere fino a 80.000 dispositivi medici connessi che comunicano con la rete in qualsiasi momento (O'Dowd, 2017).

L'esigenza è quella di creare un'infrastruttura estremamente affidabile.

3.4 BUSINESS CASE

Per mantenere e migliorare la qualità della vita, è essenziale fornire servizi sanitari su misura per i singoli, assicurare una gestione efficiente delle cure e creare sistemi di assistenza sanitaria sociale sostenibili. I progressi nelle tecnologie mediche non saranno sufficienti per raggiungere questi obiettivi. Saranno necessari l'integrazione di tecnologie informatiche avanzate, la digitalizzazione delle informazioni sui comportamenti delle persone e sullo stato degli smart objects e sarà richiesta anche l'integrazione dell'intelligenza artificiale, dell'analisi dei dati avanzata e di tecnologie di controllo. Per questi motivi, l'assistenza sanitaria è un elemento vitale per sostenere il progredire della società, oltre ad altri settori come l'energia, l'acqua e i trasporti che sono essenziali per la vita. Di seguito alcuni Business Case di rilevante importanza sull'integrazione di tecnologie intelligenti nel settore sanitario.

3.4.1 Hitachi

Hitachi, una multinazionale giapponese altamente diversificata che gestisce undici segmenti di business tra cui sistemi IT e telecomunicazioni, infrastrutture sociali, servizi finanziari e altri, in collaborazione con professionisti e medici, ha sviluppato prodotti e servizi al fine di migliorare la qualità e l'efficienza dell'assistenza sanitaria offerta.

In particolare, il rilevamento dei guasti per i sistemi di risonanza magnetica Magnetic Resonance Imaging (MRI) è uno dei problemi affrontati dal settore sanitario di Hitachi.

La previsione di guasti da parte di operatori umani richiede competenze avanzate e il numero limitato di esperti non può monitorare tutti i sistemi di risonanza magnetica presenti al mondo. Hitachi ha analizzato i dati dei sensori di tre anni su 100 sistemi MRI e ha creato un meccanismo per indagare le cause che portano a guasti dei dispositivi,

classificando e analizzando le enormi quantità di dati accumulati dai sensori. Successivamente è stato utilizzato il Machine Learning per ottenere il rilevamento tempestivo di anomalie e cambiamenti nello stato che portano a guasti.

Attraverso questo processo, è stato completato il servizio di manutenzione predittiva. Segni di guasto imminente possono essere rilevati diversi mesi prima che si verifichi un'interruzione ed è stata resa possibile la manutenzione programmata prima che i sistemi siano guasti. Di conseguenza, i tempi di fermo (i sistemi a tempo non possono essere utilizzati) a causa di guasti sono stati ridotti del 16,3%.

Esistono molti servizi IoT / M2M che collegano le macchine ad Internet e consentono alle persone di monitorarle da remoto [4].

3.4.2 Karvy Analytics

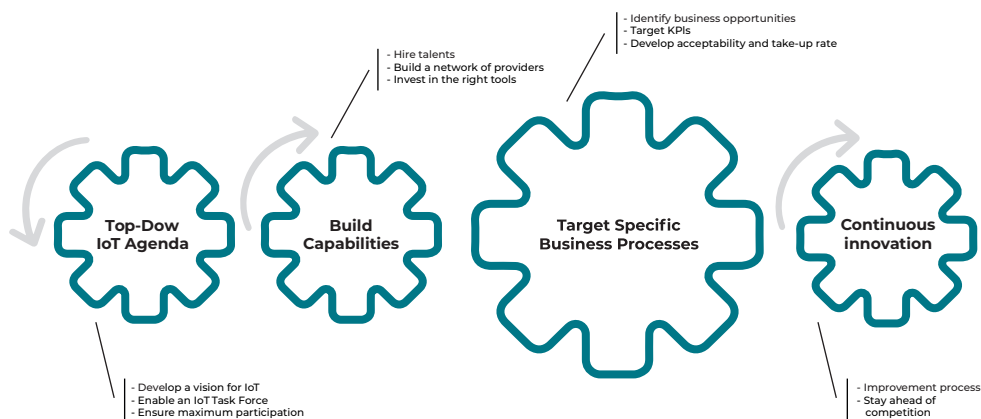
In un contesto competitivo in cui i produttori di dispositivi medici fanno fatica a far crescere i loro margini di profitto, sviluppare nuove linee di business e massimizzare la soddisfazione del cliente, le nuove offerte di servizi generano nuove e differenziate aziende. L'offerta di Predictive Maintenance proposta da Karvy Analytics utilizza un algoritmo avanzato di Machine Learning per analizzare i dati dei sensori incorporati nei dispositivi per prevedere con precisione quando, dove e quale tipo di errore è probabile che si verifichi. Con queste informazioni, la vita utile rimanente di ogni dato dispositivo è sempre nota; i programmi di manutenzione, i costi e le risorse sono ottimizzati per la specifica quantità di dispositivi e la soddisfazione del cliente è migliorata (Florin e Srivastava, 2015).

[Fig.28]



3.4.2 Karvy Analytics

In un contesto competitivo in cui i produttori di dispositivi medici fanno fatica a far crescere i loro margini di profitto, sviluppare nuove linee di business e massimizzare la soddisfazione del cliente, le nuove offerte di servizi generano nuove e differenziate aziende. L'offerta di Predictive Maintenance proposta da Karvy Analytics utilizza un algoritmo avanzato di Machine Learning per analizzare i dati dei sensori incorporati nei dispositivi per prevedere con precisione quando, dove e quale tipo di errore è probabile che si verifichi. Con queste informazioni, la vita utile rimanente di ogni dato dispositivo è sempre nota; i programmi di manutenzione, i costi e le risorse sono ottimizzati per la specifica quantità di dispositivi e la soddisfazione del cliente è migliorata (Florin e Srivastava, 2015).



[Fig.29] Come introdurre una strategia IoT e adattare la soluzione di Karvy alla specifica organizzazione

3.4.3 Philips

3.4.3.1 Aiming for Zero downtime

Philips e-Alert, il modo proattivo e basato sui sensori per monitorare i sistemi di imaging di risonanza magnetica, è stato recentemente premiato nel gennaio del 2017, come “soluzione IOT più innovativa” ai World Communication Awards. Questa soluzione innovativa monitora continuamente le prestazioni del sistema MRI e genera avvisi tramite messaggistica mobile.

I World Communication Awards sono riconosciuti come i premi più prestigiosi nel settore delle telecomunicazioni globali, evidenziando l'innovazione e le prestazioni del settore. Lo scopo di Philips è quello

di aiutare gli utenti MRI a raggiungere i loro obiettivi di uptime. Infatti, Philips e-Alert può aiutare le organizzazioni sanitarie a migliorare l'efficienza e la qualità dell'assistenza ai pazienti. Quando si identificano le condizioni che potrebbero contribuire ai tempi di inattività futuri, emette un avviso automatico che consente di intraprendere azioni proattive che potrebbero aiutare a prevenire un futuro evento di inattività non pianificato.

Per consentire ai sistemi di risonanza magnetica di fornire un servizio di alta qualità, efficienza e tempi di operatività necessari agli ospedali e ai pazienti, fattori critici quali, ad esempio, la fornitura di acqua refrigerata, il livello di elio e l'umidità devono essere controllati e calibrati correttamente. Mantenere il bilanciamento ideale di queste dinamiche ambientali è fondamentale per ottenere prestazioni ottimali del sistema. Philips e-Alert informa immediatamente l'ospedale e Philips quando qualcosa non funziona, in modo che possano rispondere in modo proattivo in caso di problemi.

Philips mira a ridurre i tempi di fermo imprevisti delle apparecchiature mediche, concentrandosi sulla manutenzione preventiva e proattiva piuttosto che sulla manutenzione reattiva. Philips prevede che entro il 2018 un macchinario di servizio su cinque sarà monitorato preventivamente [5].

3.4.3.2 Philips DoseWise

Gestire in modo efficiente le dosi di radiazioni durante le procedure cliniche, significa contribuire a rendere possibile una riduzione generale dell'esposizione alle radiazioni per i pazienti e il personale. Lo scopo di Philips DoseWise è quello di creare un programma di sicurezza contro le radiazioni negli ambienti ospedalieri.

Stabilire un efficace programma di gestione della dose di radiazioni richiede un cambiamento nella cultura organizzativa, così come strumenti e collaborazione. La registrazione e l'analisi dei dati e l'educazione del paziente sulla consapevolezza delle radiazioni sono la chiave del successo.

Philips collabora con i consulenti di West Physics, che utilizzerà i dati del portale DoseWise o di altri software di monitoraggio per ottimizzare le dosi di radiazioni utilizzando la loro expertise nella dosimetria del paziente [6].

► **[Fig.30]** Philips Ingenia Elition 3T MRI Scanner



“

I servizi remoti, guidati dall'analisi dei big data che consente di risolvere i problemi delle apparecchiature prima di influire sul flusso di lavoro o sulla disponibilità, potrebbero in definitiva eliminare completamente i tempi di inattività non pianificati.

— Francis Willems, Senior Marketing Communications Manager
Philips Customer Services



[Fig.31] Analisi dei dati provenienti dal sensore presente nella cannula che drena il grasso e cattura il movimento del chirurgo.

3.4.4 365mc e Microsoft Azure

365mc è il più noto istituto di assistenza per l'obesità negli USA e fornisce trattamenti dietetici e liposuzione per i pazienti. Nel recente, 365mc ha combinato la tecnologia di intelligenza artificiale con la liposuzione, realizzando il sistema M.A.I.L., Motion capture and Artificial Intelligence assisted Liposuction System. Il sistema M.A.I.L di 365mc sfrutta la tecnologia IoT per raccogliere i dati dal sensore presente nella cannula che drena il grasso e cattura il movimento del chirurgo e utilizza la tecnologia di Machine Learning per modellare e analizzare i dati raccolti dalla chirurgia. I dati raccolti vengono analizzati da Microsoft Azure Machine Learning. 365mc ha migliorato notevolmente l'accuratezza e la sicurezza della liposuzione attraverso questo sistema.

La liposuzione è un intervento chirurgico che rimuove il grasso dal corpo umano con la cannula, un tubo che può essere inserito nel corpo. L'estrazione del grasso è una procedura molto complessa. La cannula dovrebbe raggiungere precisamente il tessuto adiposo tra

pelle e muscoli. Quando la cannula viene iniettata più profondamente, può danneggiare il tessuto muscolare. In questo modo il grasso può essere rimosso in modo non uniforme o causare necrosi cutanea.

365mc utilizza una speciale cannula con sensore che legge l'attività delle mani del chirurgo in tempo reale durante la procedura di liposuzione. Il sensore per le coordinate nello spazio, l'accelerometro e il giroscopio rilevano correttamente la traccia di cannula. 180.000 dati possono essere creati per un intervento chirurgico, poiché un movimento di cannula produce 9 tipi di dati - la cannula si muove 20.000 volte al massimo per un'operazione [7]. La soluzione IoT di Microsoft Azure memorizza e perfeziona miliardi di dati senza perdite, trasformando decine di migliaia di movimenti del chirurgo in modelli di analisi e distingue le azioni imprecise. Grazie ai dati analizzati da Microsoft Azure tramite il Machine Learning, i chirurghi possono verificare l'accuratezza della chirurgia subito dopo l'operazione e confrontare il risultato con i dati.

Bibliografia

Allied Market Research, *World Telemedicine Market - Opportunities and Forecasts, 2017-2023*, 2017

Capgemini, *Fast Digital 4 Discrete Industries: Predictive Maintenance in a Box*, rapporto interno, 2017

Dohr A., Modre-Opsrian R., Drobits M., Hayn D. and Schreier G., *The Internet of Things for ambient assisted living*, 7° International Conference Information Technology, 2010

Doukas C. e Maglogiannis I., *Bringing IoT and Cloud Computing towards Pervasive Healthcare*, rapporto interno, 2012

Florin C. e Srivastava A., *MedTech Prognostic IoT: Predictive Maintenance for Medical Devices*, Karvy Analytics, 2015

Jara A. J., Belchi F. J., Alcolea A. F., Santa J., Zamora-Izquierdo M. A. and Gomez-Skarmeta A. F., *A pharmaceutical intelligent information system to detect allergies and adverse drugs reactions based on Internet of Things*, IEEE International Conference Pervasive Computer Community Workshops 2010

O'Dowd E., *Considerations for Deploying Healthcare Wireless Networks*, Hitinfrastructure, 2017

Pang Z., *Technologies and architectures of the Internet-of-Things (IoT) for health and well-being*, Inst. Technol., Stockholm, Sweden, 2013

Vasanth K. e Sbert J., *Creating solutions for health through technology innovation*, Texas Instruments, 2014

Vazquez-Briseno M., Navarro-Cota C., Nieto-Hipolito J. I., Jimenez-Garcia E. e Sanchez-Lopez J. D., *A proposal for using the Internet of Things concept to increase children's health awareness*, International Conference on Electronics, Communications and Computer, 2012

Sitografia

[1] <http://www.aal-europe.eu/about/objectives/>

[2] <https://blogs.intel.com/iot/2014/09/09/intel-iot-wheelchair-featured-idf14-opening-keynote/>

[3] <https://www.prnewswire.com/news-releases/predictive-maintenance-market-worth-49040-million-usd-by-2021-615861114.html>

[4] <http://www.hitachi-medical-systems.it/>

[5] <https://www.usa.philips.com/healthcare/resources/landing/aiming-for-zero>

[6] <https://www.usa.philips.com/healthcare/clinical-solutions/dosewise>

[7] <https://www.businesswire.com/news/home/20171018005647/en/365mc-Unveils-Worlds-AI-assisted-Liposuction-System-M.A.I.L>

/ 4

Piattaforme IoT

4.1 PIATTAFORME A SUPPORTO DI INTERNET OF THINGS

- 4.1.1 IBM Watson
- 4.1.2 GE Predix
- 4.1.3 Microsoft Azure
- 4.1.4 Amazon Web Service

4.2 PTC: SOLUZIONI INNOVATIVE PER L'INDUSTRIA

- 4.2.1 Funzionalità della piattaforma ThingWorx
- 4.2.2 KEPServerEX

4.3 MANUFACTURING APP

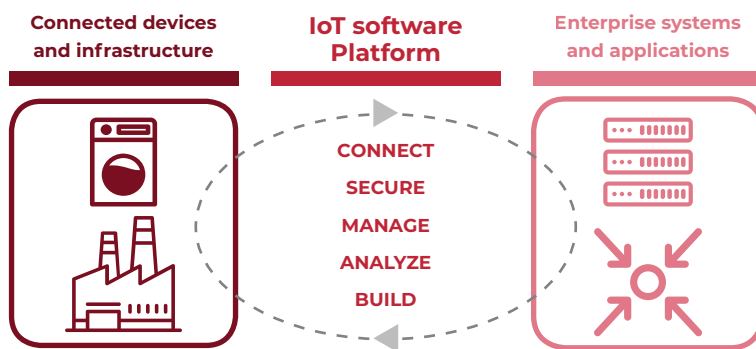
4.1 PIATTAFORME A SUPPORTO DI INTERNET OF THINGS

Per creare un'infrastruttura IIoT, come abbiamo visto, è necessario sviluppare una soluzione che semplifichi il processo di connessione, controllo e acquisizione di informazioni dai prodotti e dalle applicazioni coinvolti nel sistema.

Da qui nascono le cosiddette piattaforme IoT, che sono definite come *“software che si connettono e gestiscono i dispositivi e le infrastrutture intelligenti per integrare i dati operativi e il controllo nei processi aziendali e dei clienti”* (Pelino et al., 2016).

Le piattaforme IoT offrono un ampio spettro di funzioni che consentono alle singole parte dell'impalcatura di operare in maniera idonea e sicura. Tra queste, le più importanti sono:

- **connettività**: creare e gestire il collegamento dal dispositivo a Internet;
- **sicurezza**: proteggere i dispositivi, i dati e l'identità IoT dall'intrusione di parti non autorizzate;
- **gestione**: controllare l'andamento, la manutenzione e il funzionamento dei dispositivi IoT collegati;
- **analisi**: ricavare insight pertinenti dai dati ottenuti ed effettuare azioni tempestive;
- **costruire**: creare applicazioni ed integrarle con il sistema aziendale.

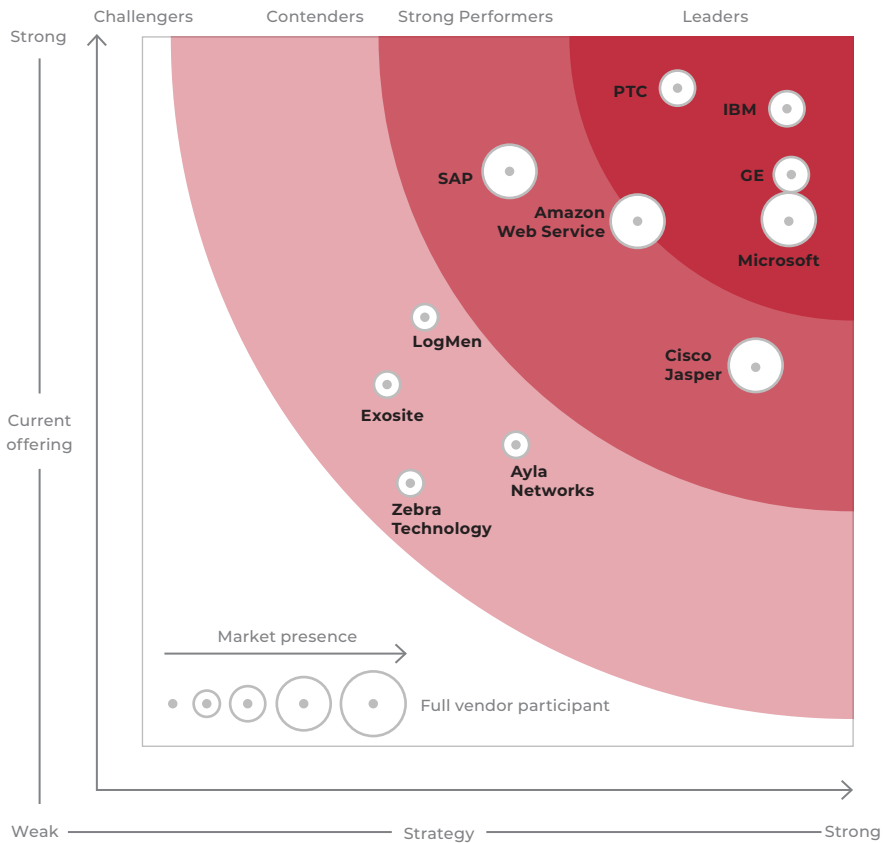


[Fig.32] Le piattaforme IoT integrano gli Edge Device con i sistemi delle imprese.

Queste diverse funzioni verranno trattate più nel dettaglio nei seguenti capitoli, in cui si andrà ad analizzare in maniera più approfondita il funzionamento della piattaforma ThingWorx, sviluppata da PTC.

Le piattaforme software IoT fanno parte di un ecosistema complesso, diversificato e in rapida evoluzione.

Sono molte le società fornitrici di piattaforme IoT dalle quali i clienti possono acquistare direttamente queste soluzioni. Forrester ha identificato i provider più potenti del mercato e li ha analizzati in base a numerosi criteri. Nel report edito da Forrester (Pelino, 2016), è possibile consultare le ricerche svolte da Forrester. Forrester ha identificato PTC come una delle società più promettenti in ambito tecnologico.



[Fig.33] Confronto dei fornitori di piattaforme IoT realizzato dal tool Forrester Wave

4.1.1 IBM Watson

Sono diverse le funzionalità di questa piattaforma, tra cui realtà aumentata, capacità cognitive, blockchain, edge analytics, strumenti di analisi e altri. Con un forte impegno per gli standard open source e un solido ecosistema di partner globali, IBM è ben posizionata per la leadership di mercato. Tuttavia, secondo alcuni clienti, IBM Watson non è ben integrato con i motori di analisi e la terminologia IBM è confusa e difficile da decifrare [1].



[Fig.34] Logo IBM Watson

4.1.2 GE Predix

La piattaforma Predix sviluppata da General Electric, leader nel mercato industriale, si presta principalmente ad applicazioni IoT industriali. Predix presenta delle funzionalità digitali più avanzate che consentono ai clienti di migliorare le performance degli asset. Infatti è possibile progettare apparecchiature come turbine eoliche o motori aerei utilizzando modelli digitale ad alta fedeltà. Le aree da migliorare riguardano lo sviluppo di soluzioni dell'IoT che vanno al di là della gestione delle prestazioni degli asset [2].



[Fig.35] Logo GE Predix

4.1.3 Microsoft Azure

L'offerta di Microsoft Azure comprende soluzioni preconfigurate per la manutenzione predittiva e il monitoraggio remoto per aiutare i clienti a implementare le soluzioni IoT in modo efficiente. Azure utilizza gli hub di notifica, Machine Learning e Stream Analytics per acquisire informazioni dalle risorse connesse [3].



[Fig.36] Logo Microsoft Azure

4.1.4 Amazon Web Service

La piattaforma AWS IoT è un servizio gestito che fornisce servizi di connessione e di importazione dati progettati per supportare soluzioni IoT scalabili sul servizio cloud di AWS. La piattaforma accelera notevolmente le distribuzioni batch: infatti la registrazione Just-In-Time incorporata nel sistema consente ai clienti di autenticare un dispositivo token ad un'autorità certificata ed applicare tale certificazione a un gruppo di dispositivi senza doverli autenticare a loro volta [4].

[Fig.37] Logo
Microsoft Azure



4.2 PTC: SOLUZIONI INNOVATIVE PER L'INDUSTRIA

Tra le piattaforme IoT elencate nel report di Forrester, in questa tesi si analizzerà più nello specifico ThingWorx, sviluppata da PTC. ThingWorx infatti è la piattaforma utilizzata per l'infrastruttura IoT della Proof of Concept dettagliatamente descritta nel capitolo successivo.

PTC (Parametric Technology Corporation) è una società di software e servizi informatici fondata nel 1985 e con sede a Boston che sviluppa piattaforme tecnologiche e soluzioni per aiutare le aziende a progettare, produrre, utilizzare e fornire assistenza per un mondo intelligente e connesso. PTC fornisce software di modellazione CAD parametrici, commercializza prodotti e servizi Internet of things e piattaforme di realtà aumentata (AR) [5].

Con i suoi servizi, PTC aiuta le aziende a ricavare valore dalla convergenza del mondo fisico con quello digitale attraverso IoT, AR, 3D Printing, Digital Twin e Industrie 4.0., per guidare il futuro dell'innovazione. Il risultato che PTC sta ottenendo è la creazione di modelli aziendali completamente nuovi basati sulle tecnologie interconnesse.

“ Due volte, negli ultimi cinquanta anni, la tecnologia dell'informazione ha radicalmente ridisegnato la concorrenza e la strategia; l'Internet of Things, o IoT, è la terza ondata della competizione guidata dall'IT.

— Prof. Michael Porter & Jim Heppelmann
Harvard Business Review



Computer-Aided Design (CAD)

The industry standard for product design and development software for parametric modeling, simulation/analysis, and product documentation.



Smart Manufacturing / Industrie 4.0

Continuously improve your operational performance and flexibility through digital manufacturing, real-time intelligence and predictive analytics.



Internet of Things (IoT)

Industry-leading industrial innovation platform that is designed to rapidly deliver IIoT applications and Augmented Reality (AR) experiences that unlock the value of the converged digital and physical worlds.



Computer-Aided Design (CAD)

The industry standard for product design and development software for parametric modeling, simulation/analysis, and product documentation.



Smart Manufacturing / Industrie 4.0

Continuously improve your operational performance and flexibility through digital manufacturing, real-time intelligence and predictive analytics.



Internet of Things (IoT)

Industry-leading industrial innovation platform that is designed to rapidly deliver IIoT applications and Augmented Reality (AR) experiences that unlock the value of the converged digital and physical worlds.

Nel novembre 2016, Forrester Research, nel rapporto Forrester Wave (Polino, 2016), ha nominato PTC come leader tra le società che sviluppano piattaforme software Internet of Things (IoT). Forrester ha classificato la piattaforma ThingWorx® di PTC con i punteggi più alti. Le piattaforme software IoT di PTC e altri dieci fornitori sono stati valutati su una vasta gamma di criteri. Secondo Forrester, queste piattaforme *“aiutano a semplificare l’implementazione, la gestione, l’operatività tramite l’acquisizione delle informazioni dai dispositivi connessi abilitati a IoT.”*

4.2.1 ThingWorx: le funzionalità della piattaforma PTC

ThingWorx è una piattaforma che consente agli sviluppatori di creare ed eseguire applicazioni machine-to-machine intelligenti basate su IoT. ThingWorx semplifica lo sviluppo e la distribuzione di potenti soluzioni IoT, aumentando in questo modo il valore di business delle aziende. Attraverso la piattaforma, è possibile gestire l’intero ciclo di vita del sistema IoT industriale, controllando e monitorando i dispositivi connessi ed eseguendo un’accurata analisi dei dati. Inoltre ThingWorx consente la creazione e la distribuzione della soluzione web o mobile, dando la possibilità di sviluppare anche la User Interface. Gli strumenti di analisi incorporati consentono di sbloccare rapidamente informazioni strategiche che possono essere visualizzate in dashboard o eseguite in tempo reale [6].



[Fig.38] Logo ThingWorx

• **Connectivity**

Nel mondo dello sviluppo di applicazioni IoT, la connettività fa riferimento all’infrastruttura e ai protocolli che consentono il collegamento dei dispositivi al cloud o alla rete. **I dispositivi Edge gestiscono l’interfaccia tra il mondo fisico e il cloud.**

• **Analyze**

Le tecnologie AI e Machine Learning utilizzate in ThingWorx Analytics automatizzano gran parte dei complessi processi analitici. I processi analitici sono coinvolti nella creazione di informazioni basate sui dati ricavati dal sistema IIoT. Grazie all’acquisizione di questi

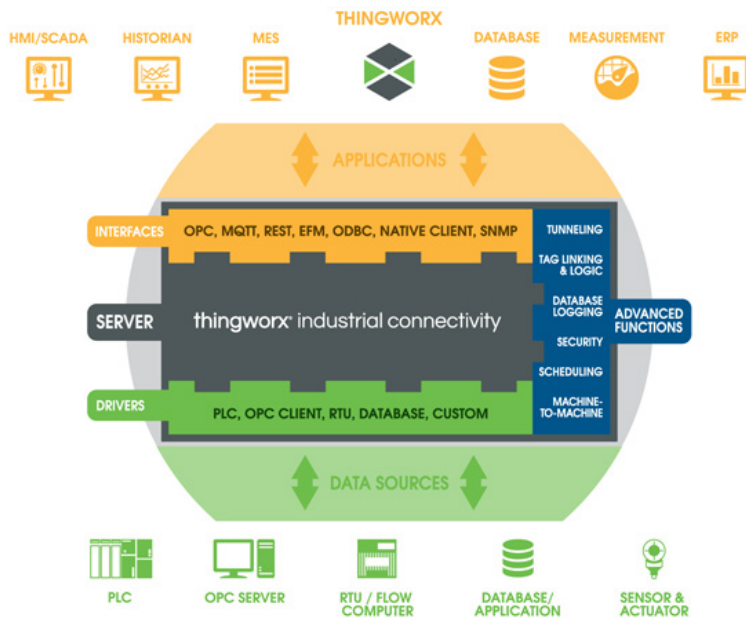
dati, ThingWorx è in grado di simulare il comportamento di prodotti fisici nel mondo digitale ed è anche in grado, attraverso l'utilizzo di algoritmi di analisi predittiva, di costruire un modello di rilevamento di anomalie in tempo reale monitorando attraverso i sensori l'andamento delle apparecchiature.

• Build

ThingWorx fornisce strumenti di GUI (Graphical User Interface) che consentono di passare al concept alla realtà e di creare rapidamente una Proof of Concept. Tramite la funzione di Mashup Builder è possibile progettare e creare applicazioni IoT.

• Experience

È possibile creare e progettare esperienze coinvolgenti per mobile, web e per la realtà aumentata, utilizzando una vasta libreria di widget drag-and-drop preconfigurati.



[Fig.39]
Schema di
funzionamento
di ThingWorx

• Manage

ThingWorx offre un'ampia gamma di strumenti e funzionalità che consentono di gestire in modo efficiente i sistemi, le applicazioni e i dispositivi connessi alla piattaforma. Attraverso le Manufacturing App è possibile monitorare le prestazioni del sistema e la comunicazione con i dispositivi connessi. ThingWorx consente l'accesso remoto, i

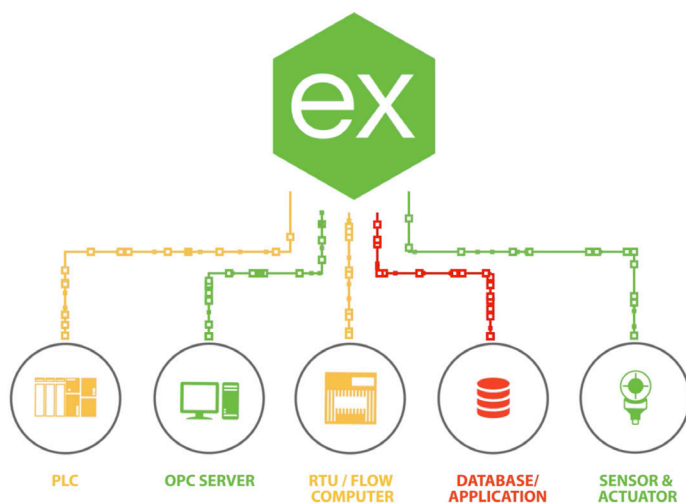
trasferimenti di file, gli aggiornamenti del software, la registrazione, la risoluzione dei problemi e altro.

- **Secure**

ThingWorx offre molteplici opzioni di autenticazione per aumentare la sicurezza del sistema IoT, integrando una serie di funzionalità di sicurezza che possono essere utilizzate nel processo di sviluppo.

4.2.2 KEPServerEX

KEPServerEX è una piattaforma di connettività che sfrutta i protocolli di comunicazione OPC e IT-centric per fornire un'unica fonte di dati industriali automatizzati a tutte le tue applicazioni. Questa piattaforma funge da Industrial Gateway delle infrastrutture IIoT realizzate con ThingWorx. Consente la connessione tra diverse applicazioni e macchinari, dai sistemi di controllo degli impianti ai sistemi di informativi delle aziende.. La piattaforma è sviluppata e testata per soddisfare le esigenze prestazionali, affidabilità e facilità d'uso degli utenti [7].



[Fig. 40] Servizi offerti da KEPServerEX

4.3 MANUFACTURING APP

Le Manufacturing App di ThingWorx® offrono una visualizzazione dei dati in tempo reale per migliorare le performance nelle aziende. Possono essere installate e configurate in meno di un'ora, senza alcun impatto sulla produzione e sono completamente web-enabled e accessibili tramite qualsiasi browser.

Le Manufacturing App consentono di collegare dispositivi e macchinari dell'azienda diversi tra di loro per avere una visibilità in tempo reale sullo stato della produzione, sulla connettività dei dati, sui problemi di manutenzione, sull'efficienza operativa, sulla qualità del prodotto e altro. Queste App realizzate da PTC si collegano a tutte le istanze di KEPServerEX e altri server OPC (Open Platform Communications) per fornire le informazioni sopracitate alla persona addetta, consentendo loro di prendere decisioni data-driven relative a determinati servizi.

Utilizzando le Manufacturing App del sistema, i tecnici di controllo vengono immediatamente avvisati quando un PLC (programmable logic controller) o un dispositivo smettono di comunicare ed è possibile risolvere il problema in remoto. I responsabili della produzione possono monitorare lo stato della produzione in tempo reale, le prestazioni della linea e della macchina, e apportare aggiustamenti proattivi per raggiungere gli obiettivi di produzione giornalieri definiti. Uno dei vantaggi principali per i tecnici di manutenzione, consiste nel visualizzare su tutte le risorse della fabbrica su un'unica schermata e possono prevenire in modo proattivo i tempi di fermo macchina.

Le App di produzione ThingWorx sono user-friendly e sono state costruite per superare l'ostacolo della comunicazione tra i ruoli presenti in fabbrica.

Control Advisor

Consente ai tecnici di controllo di visualizzare, monitorare e risolvere in remoto i problemi relativi ai dati industriali e la connettività della macchina in tempo reale e fornisce una notifica immediata degli errori di comunicazione dei dati.



Production Advisor

Pensato per i responsabili degli impianti, è progettato per superare le sfide legate alla latenza dei dati delle prestazioni e alla scarsa visibilità dello stato della linea e della macchina. Fornisce visibilità in tempo reale degli indicatori chiave di prestazione quali disponibilità, qualità e OEE (Overall Equipment Effectiveness).

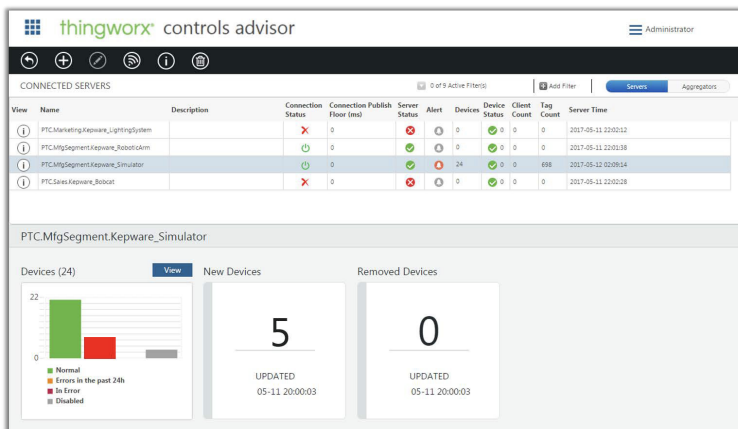


Asset Advisor

Destinato ai professionisti della manutenzione, fornisce un rilevamento delle anomalie in tempo reale e un monitoraggio basato sulle condizioni, in modo che possano prendere decisioni più informate e correggere proattivamente potenziali problemi prima che incidano sulla produzione.

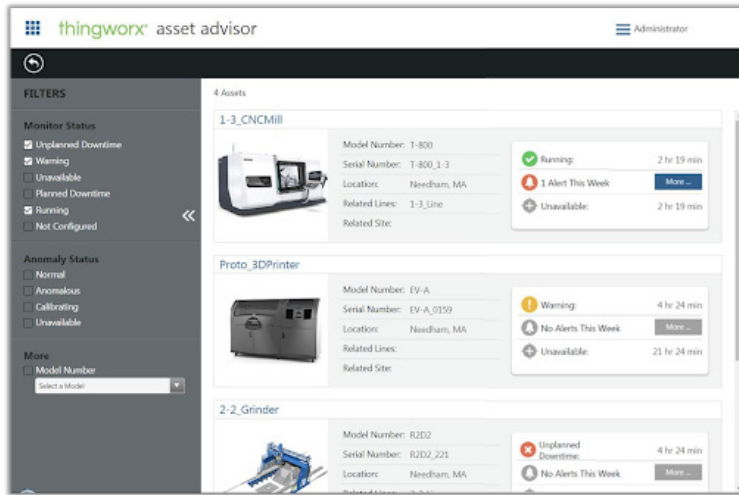


ThingWorx Asset Advisor fornisce una vista di tutte le risorse in gioco, includendo informazioni sul loro stato e sulle anomalie e mostrando gli avvisi rilevati.



[Fig.41]
Schermata di Control Advisor presente nelle Manufacturing App di ThingWorx

ThingWorx Control Advisor permette di vedere lo stato di tutte le installazioni di Server OPC in una singola pagina web.



[Fig.42] Schermata di Asset Advisor presente nelle Manufacturing App di ThingWorx

Bibliografia

Pelino M., Hewitt A., Voce C., Maxim M., Gillett F. E., Hammond J. S., Caputo M., e Lynch D., *The Forrester Wave™: IoT Software Platforms, Q4 2016. The 11 Providers That Matter Most And How They Stack Up*, Forrester Research, 2016

Sitografia

[1] <https://www.ibm.com/watson/>

[2] <https://www.ge.com/digital/iiot-platform>

[3] <https://azure.microsoft.com/en-us/>

[4] <https://aws.amazon.com/it/>

[5] [https://en.wikipedia.org/wiki/PTC_\(software_company\)](https://en.wikipedia.org/wiki/PTC_(software_company))

[6] <https://developer.thingworx.com/platform/connect>

[7] <https://www.kepware.com/en-us/products/kepserverex/>

/ 5

Una Proof of Concept basata su una architettura IoT a servizio del settore medicale

5.1 LA PROPOSTA IoT DI CAPGEMINI

5.2 I COMPONENTI COINVOLTI

5.2.1 Raspberry PI

5.3 L'ARCHITETTURA DEL SISTEMA

5.3.1 Il ruolo della piattaforma ThingWorx



Prevediamo che l'IoT consenta agli ospedali del futuro di essere basati quasi esclusivamente nel cloud. Il mercato della sanità digitale potrebbe vedere fino a \$ 32,4 miliardi di ricavi a breve termine.

— Goldman Sachs, 2015

Per i professionisti dell'Information Technology e per i produttori di dispositivi medici professionali intelligenti, la scelta è chiara: essere disruptive oppure essere disrupted. Le innovazioni tecnologiche ampiamente esposte nei capitoli precedenti stanno causando e causeranno in futuro delle notevoli mutazioni del mercato. La scarsa capacità di adattamento a queste mutazioni da parte delle grandi aziende partecipanti al settore sanitario può portare alla loro esclusione dalle logiche di mercato delle innovazioni dominanti, e dunque be disrupted. Occorre quindi riallineare gli incentivi e i modelli di business, in modo da perseguire con determinazione le opportunità offerte da tali tecnologie, concentrando le risorse in settori con elevate aspettative di crescita e cavalcando l'onda dell'innovazione disruptive.

La value chain dell'assistenza sanitaria per il paziente viene riformulata per essere più collaborativa e basata sui risultati. Allo stesso tempo, i produttori di dispositivi medici stanno ripensando la loro strategia, come esposto nel capitolo 3, passando da una gestione passiva della qualità ad una proattiva, operando con il supporto di metodologie e strumenti utili a percepire anticipatamente i problemi, le tendenze o i cambiamenti dei macchinari, al fine di pianificare le azioni opportune in tempo.

Le aziende leader cercano un nuovo approccio per gestire le complesse sfide di fattibilità ed interazione che i sistemi IoT oggi lanciano. Le risorse interne richieste coprono molti campi: ingegneristico, di produzione, di qualità e di servizio. Idealmente, le nuove soluzioni

e proposte dovrebbero accelerare la diffusione di dispositivi medici di nuova generazione che siano sicuri, estensibili e resilienti al cambiamento. Migliorare la qualità delle prestazioni, ridurre i costi e raccogliere analizzare i dati sono alcuni tra i principali obiettivi da raggiungere (PTC, 2017).

Il successo richiede la capacità di sviluppare rapidamente dispositivi robusti, sicuri e pronti a partecipare a reti sanitarie in rapida evoluzione. In questo capitolo viene presentata una Proof of Concept (PoC) sviluppata da Capgemini, basata sulla piattaforma IoT ThingWorx progettata da PTC, a supporto della fattibilità tecnica di tali sistemi.

5.1 LA PROPOSTA IoT DI CAPGEMINI

Leader globale nei servizi di consulenza, tecnologia e outsourcing, Capgemini crea e fornisce soluzioni aziendali, tecnologiche e digitali che soddisfano le esigenze dei propri clienti, consentendo loro di raggiungere l'innovazione e di essere competitivi sul mercato.

Capgemini propone una Proof of Concept relativa al settore sanitario, il cui scopo è presentare le funzionalità di ThingWorx, piattaforma IoT in grado di sviluppare e implementare rapidamente soluzioni intelligenti e connesse per l'Internet delle cose. Infatti, tramite ThingWorx è possibile rintracciare, monitorare e controllare diversi dispositivi medici. ThingWorx offre potenti funzionalità di analisi predittive automatizzate, tra cui la rilevazione in tempo reale di modelli e anomalie. Le utility e le applicazioni pronte all'uso ThingWorx consentono di tenere traccia delle informazioni su clienti e risorse e di definire, eseguire e monitorare i processi aziendali.

[Fig.43] Logo Capgemini



5.2 I COMPONENTI COINVOLTI

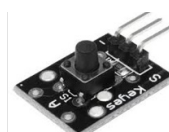
Su ThingWorx è possibile organizzare un'architettura IoT per interagire con diversi sensori connessi a Raspberry PI, cioè un piccolo computer a scheda singola.

I **dispositivi di input** (sensori) sono utilizzati per fornire dati e segnali di controllo a un sistema che raccoglie ed elabora delle informazioni. I sensori che possono essere collegati al Raspberry PI sono diversi, tra cui: sensori di temperatura e umidità (DHT11) (fig. 44), sensori di pressione (ad esempio pulsanti) (fig.45).

Un **dispositivo di output** (trasduttore) è un qualsiasi componente hardware del computer che converte le informazioni generate elettronicamente in una forma leggibile dall'uomo, come testo, grafica, audio e video. I trasduttori possono essere ad esempio un relè (fig 46) per abilitare dispositivi elettrici e i LED (fig.47).



[Fig.44] Sensore di temperatura e umidità



[Fig.45] Sensore di pressione

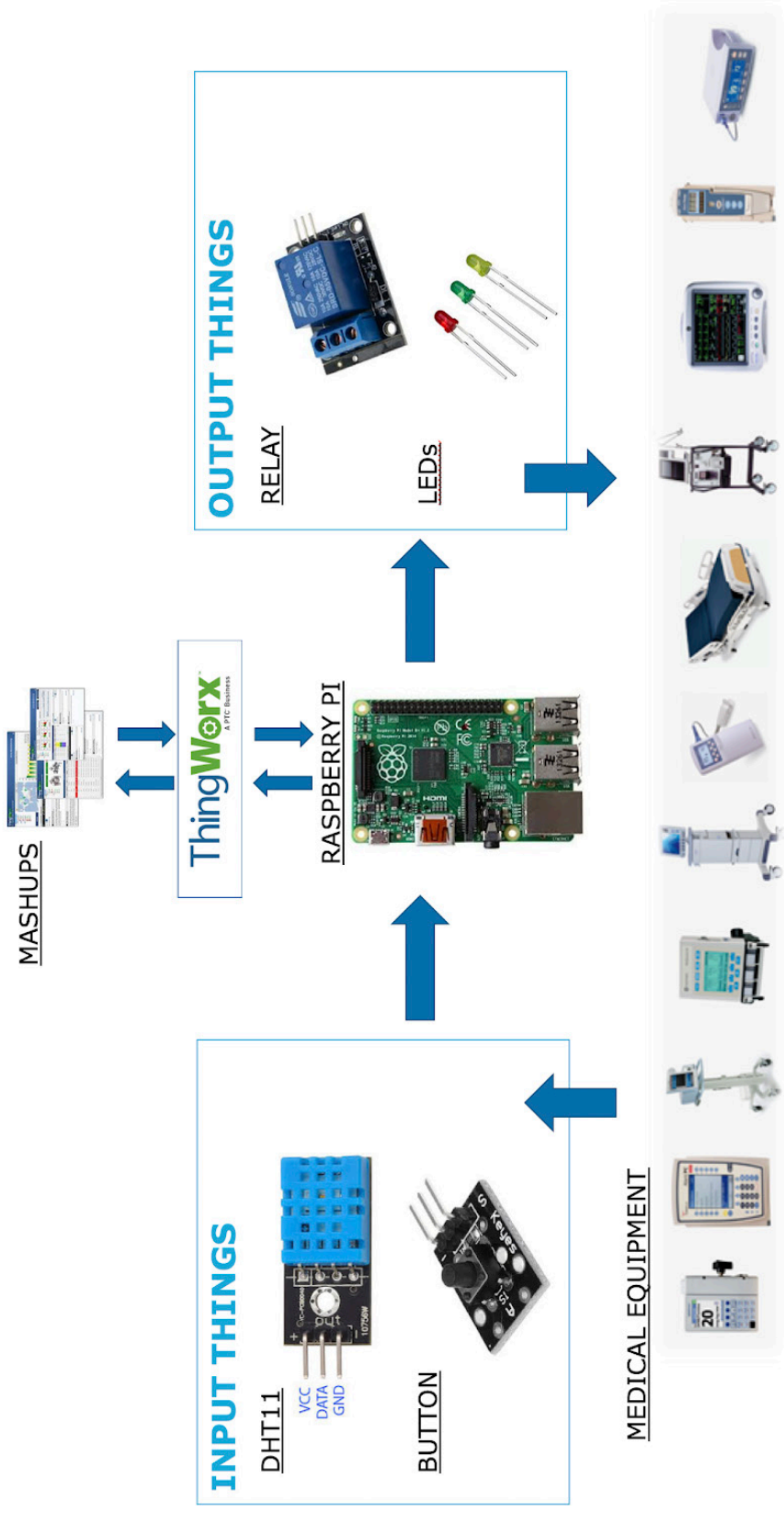


[Fig.46] Relè



[Fig.47] LED

► [Fig.48] Schema esemplificativo degli elementi costituenti la PoC.



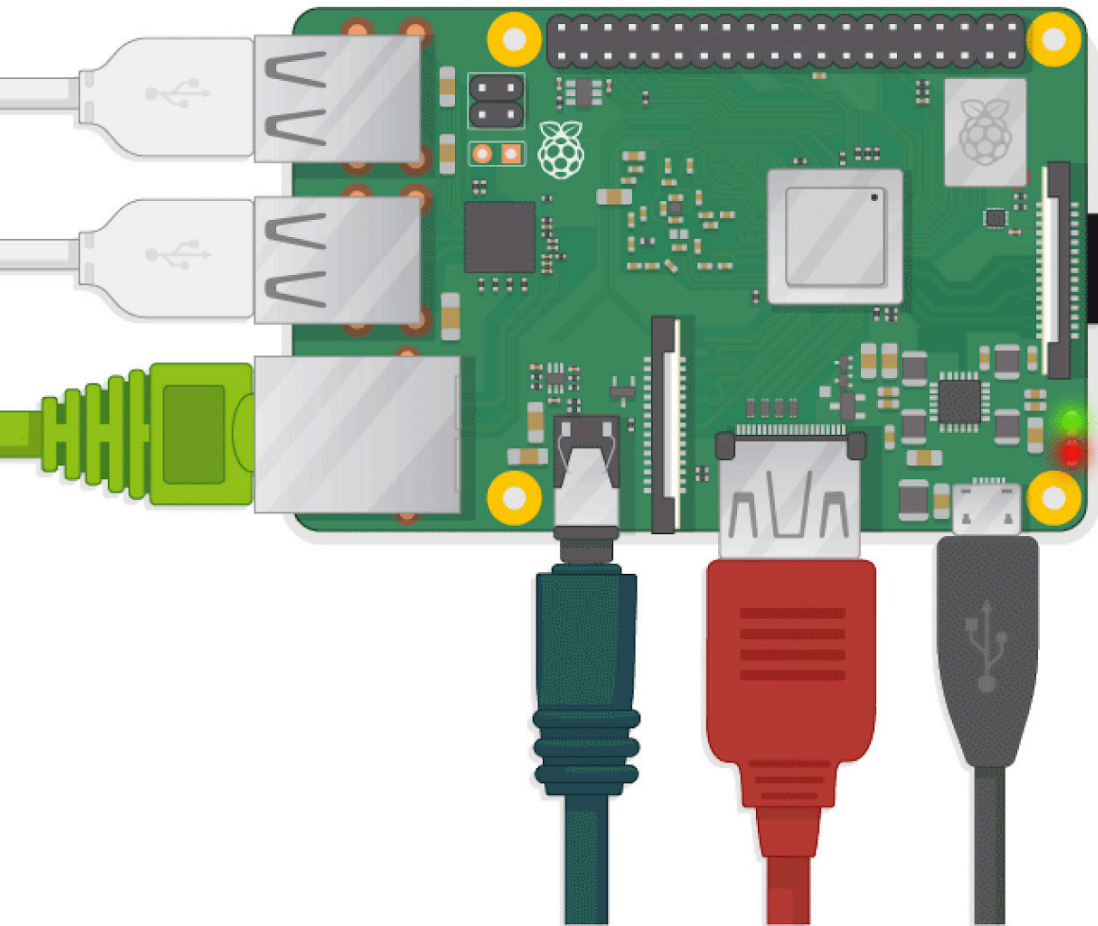
5.2.1 Raspberry Pi

I Raspberry Pi sono dei piccoli computer single-board sviluppati nel Regno Unito dalla Raspberry Pi Foundation per promuovere l'insegnamento dell'informatica di base nelle scuole e nei paesi in via di sviluppo. Secondo la Raspberry Pi Foundation, più di 5 milioni di Raspberry Pis sono stati venduti entro febbraio 2015, rendendolo il computer britannico più venduto. Nel marzo 2018, le vendite hanno raggiunto 19 milioni (Tung, 2017).

Il Raspberry Pi si adatta allo scopo di ridurre i costi dei dispositivi IoT fornendo una piattaforma di calcolo economica: infatti il costo del Raspberry Pi 3 Modello B+, cioè l'ultimo prodotto della gamma Raspberry Pi3, è pari a 37,55 € [1].

I sensori supportati comprendono quelli di temperatura, umidità, movimento, accelerometro e altri ed è possibile associare i dati a ThingWorx.

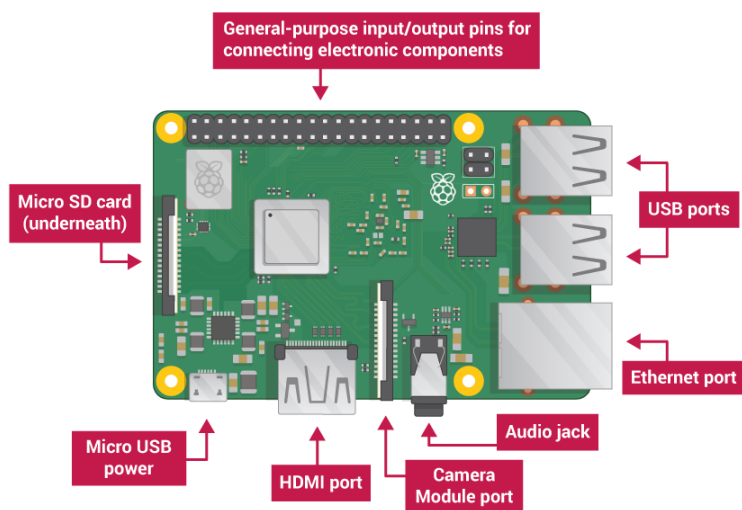
I Raspberry Pi non non includono periferiche, per tanto componenti come tastiere e mouse devono essere collegati attraverso le interfacce hardware (fig. 50).



Le interfacce hardware presenti sul Raspberry sono le seguenti:

- **Porte USB:** sono utilizzate per collegare mouse e tastiera. È anche possibile collegare altri componenti, ad esempio un'unità USB;
- **Slot per scheda SD:** sede del sistema operativo e i dei file;
- **Porta Ethernet:** utilizzata per collegare Raspberry Pi a una rete tramite cavo. Il Raspberry Pi può anche connettersi a una rete tramite wireless;
- **Jack audio:** per collegare cuffie o altoparlanti;
- **Porta HDMI:** è qui che si collega il monitor (o il proiettore) che si sta utilizzando per visualizzare l'output dal Raspberry Pi. Se il monitor ha altoparlanti, può anche essere usato per ascoltare il suono;
- **Connettore di alimentazione micro USB:** per collegare un alimentatore. Dovrebbe sempre essere collegato per ultimo, dopo tutti gli altri componenti;
- **Porte GPIO:** consentono di collegare componenti elettronici quali LED e pulsanti al Raspberry Pi.

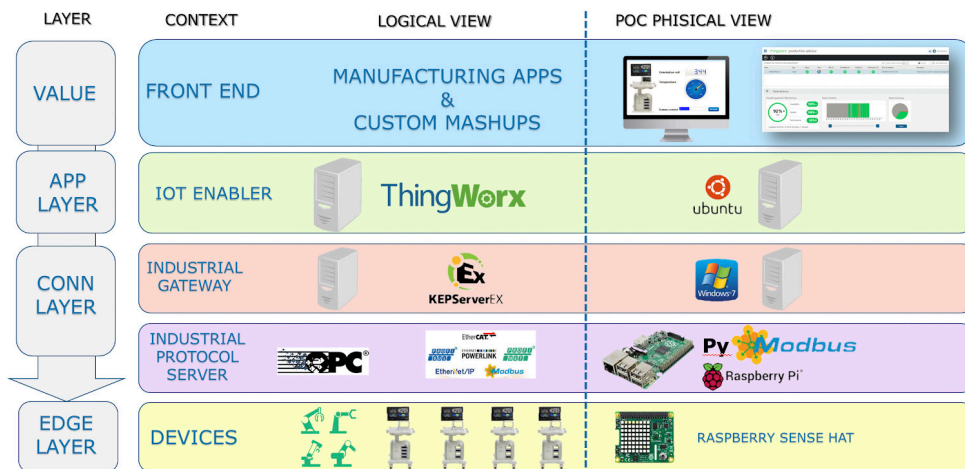
[Fig.50] Illustrazione interfacce hardware del Raspberry Pi 3



5.3 L'ARCHITETTURA DI SISTEMA

Il Raspberry Pi in sé non ha un sistema operativo ma ne può supportare di diversi, come OSMC, OpenELEC, WindowsIoT Core e RISC OS. Il sistema operativo sviluppato dalla Raspberry Pi Foundation è Raspbian, che consiste in una versione di Linux costruita appositamente per il Raspberry Pi, ed è quella utilizzata per la PoC proposta.

Il dispositivo Edge (dispositivo IoT da monitorare) può comunicare con ThingWorx tramite un Edge Micro Server (EMS), che può inviare e ricevere pacchetti HTTP contenenti dati JSON (API RESTful). PTC consiglia di lavorare con l'EMS utilizzando LSR (Lua Script Resource), un gestore di processi che consente di creare oggetti virtuali sull'EMS. La funzione di Edge Micro Serve in questa PoC viene svolta dal Raspberry Pi, che è in grado di fornire il ruolo di qualsiasi componente all'interno della LAN client o della LAN del dispositivo.



[Fig.51] Schema architettura PoC layer by layer

1° Layer: Interfaccia utente finale

L'utente vede attraverso una dashboard i dati raccolti dai device IoT.

2° Layer: ThingWorx IoT Enabler

Piattaforma tramite la quale viene modellato il sistema IoT. Viene progettata anche l'interfaccia che permette di personalizzare la dashboard che gli utenti visualizzeranno. I valori mostrati sulla dashboard variano in tempo reale non appena i sensori collegati ai device vengono sollecitati.

3° Layer: KEPServerEX - gateway per tutti i dispositivi IoT (Master)

Un gateway industriale è un tipo di gateway appositamente progettato per applicazioni industriali e applicazioni IoT. Come ogni gateway che opera ai margini della rete, i gateway industriali connettono dispositivi e risorse nell'ambiente di rete locale con risorse remote situate su un'altra rete o nel cloud. Come gateway periferici, i gateway industriali possono collegare sistemi che utilizzano diversi protocolli di rete, fornendo l'elaborazione a bordo per proteggere, filtrare e gestire flussi di dati complessi [2].

KEPServerEX è fornito da PTC.

4° Layer: ModBus Master: raccoglie e richiede specifiche ai dispositivi collegati (modbus slave)

Modbus è un protocollo di comunicazione seriale pubblicato nel 1979 ed ora è uno standard de facto comunemente disponibile per il collegamento di dispositivi elettronici industriali, detti modbus slave. Modbus consente la comunicazione tra molti dispositivi collegati alla stessa rete, ad esempio un sistema che misura la temperatura e l'umidità e comunica i risultati a un computer. Il Modbus viene spesso utilizzato per collegare un computer di supervisione con delle unità terminali remote (RTU: remote terminal unit).

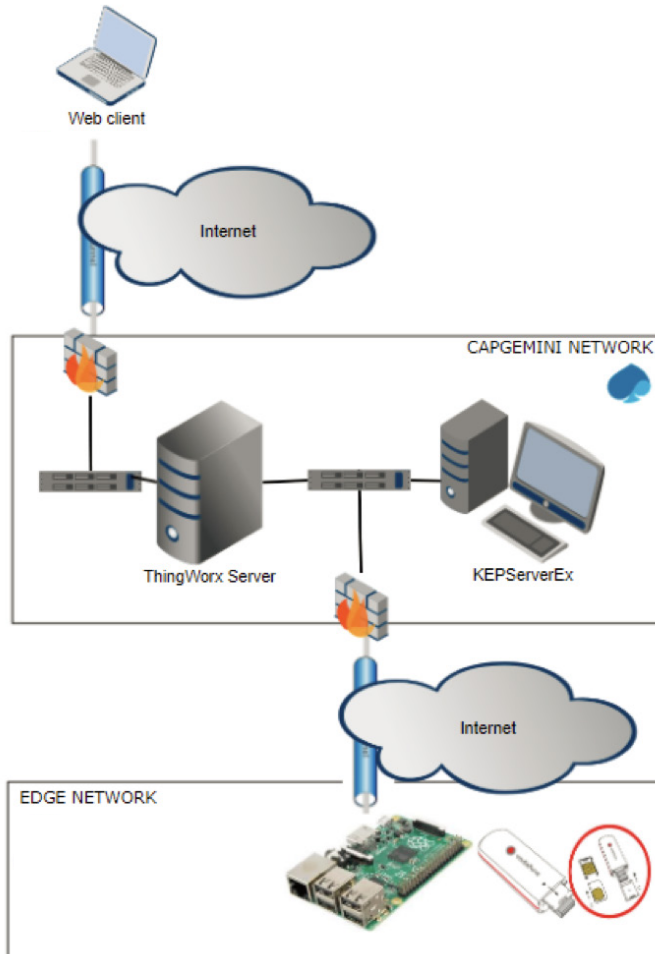
5° Layer: device

Microcontrollori, microcomputer, PCL ecc. connessi alla rete locale tramite interfaccia seriale (protocollo RTU/ASCII) o ethernet (TCP). Tutti questi dispositivi sono considerati modbus slave, cioè possono sia inviare che ricevere informazioni dal modbus master.

5.3.1 Il ruolo di ThingWorx

La piattaforma IoT ThingWorx è una piattaforma tecnologica pronta per l'azienda che consente di sviluppare e implementare rapidamente soluzioni intelligenti e connesse per l'Internet degli oggetti nel settore medicale. Con la piattaforma di sviluppo IoT ThingWorx, i team possono prototipare, creare, testare e implementare in modo efficiente soluzioni di ingegneria medicale connesse e pronte all'uso.

ThingWorx è progettato per l'interoperabilità, fondamentale nel mondo sempre più collaborativo e in rete dei sistemi sanitari. Ciò consente di fornire valore nelle reti di assistenza sanitaria a più livelli, evitando allo stesso tempo interruzioni, rischi e costi di un approccio "rip-and-replace".



[Fig.52] Schema del sistema IoT realizzato per la PoC

Bibliografia

PTC, *Awareness Unlocks Potential, Explore PTC Solutions for Medical Device Manufacturers*, rapporto interno, 2017

Tung L., *Raspberry Pi: 14 million sold, 10 million made in the UK*, ZDNet, 2017

Sitografia

[1] <https://www.kubii.it/raspberry-pi/2119-raspberry-pi-3-modelo-b-1-gb-713179640259.html?src=raspberrypi>

[2] <https://www.logicsupply.com/explore/glossary/industrial-gateway/>

/ 6

**Un nuovo scenario per la
manutenzione predittiva nel medicale**

**6.1 IL PUNTO DI VISTA CAPOVOLTO: DAL PRODUTTORE
ALLA STRUTTURA SANITARIA**

6.1.1 Big Data e Data Analytics negli ospedali

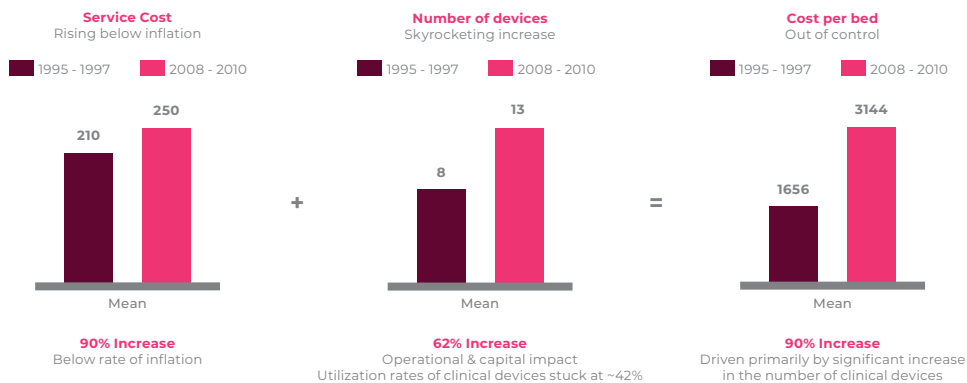
**6.2 GLI STAKEHOLDER SANITARI: IL CASO
CENTRO MEDICO SANTAGOSTINO**

6.2.1 L'intervista all'ingegnere clinico

6.3 INSIGHTS

6.1 IL PUNTO DI VISTA CAPOVOLTO: DAL PRODUTTORE ALLA STRUTTURA SANITARIA

Negli ultimi anni, il numero di risorse per struttura è aumentato in modo sproporzionato rispetto al costo dei servizi, con conseguenti aumenti dei costi di utilizzo e gestione degli asset. Tuttavia, la maggior parte dei dati sulle apparecchiature vengono gestiti attraverso l'utilizzo di sistemi elettronici e manuali che rendono difficile il calcolo del costo e del valore reale delle risorse di un ospedale (GE Healthcare, 2017). Le ricerche esposte in questo capitolo, sia bibliografiche che presso il Centro Medico Santagostino, confermano il fatto che le tecnologie intelligenti possono essere applicate anche all'interno delle strutture sanitarie al fine di migliorare il processo logistico ed organizzativo che coinvolge chi si occupa di asset e clinical management. Infatti, la gestione smart delle risorse non è utile solo alle aziende che forniscono i macchinari, come descritto precedentemente, ma può portare dei benefici significativi anche alle aziende sanitarie, sia da un punto di vista operativo che finanziario.



[Fig.53] Grafici che mostrano l'aumento del numero di risorse per struttura

6.1.1 Big data e data analytics negli ospedali

Le risorse, nell'ambiente sanitario, rappresentano una spesa significativa per qualsiasi organizzazione, seconda solo al costo del lavoro, in base a quanto riportato da AHRA (Association for Medical Imaging Management) [1]. La gestione delle risorse cliniche per migliaia di dispositivi è un ostacolo comune che le organizzazioni sanitarie stanno cercando di superare. I tempi di inattività delle apparecchiature (*downtime*) dovuti a requisiti di assistenza, risorse cliniche fuori luogo o perse e possono causare colli di bottiglia nel flusso dei pazienti, con un impatto sulla qualità dell'assistenza, sulla produttività dei dipendenti e sulle prestazioni finanziarie.

Altrettanto importante, la gestione delle risorse comporta l'ottimizzazione dei costi e delle prestazioni. Un approccio gestionale basato sui dati delle risorse cliniche offre tre vantaggi fondamentali per aiutare gli asset manager a raggiungere una gestione dei macchinari più fluida.

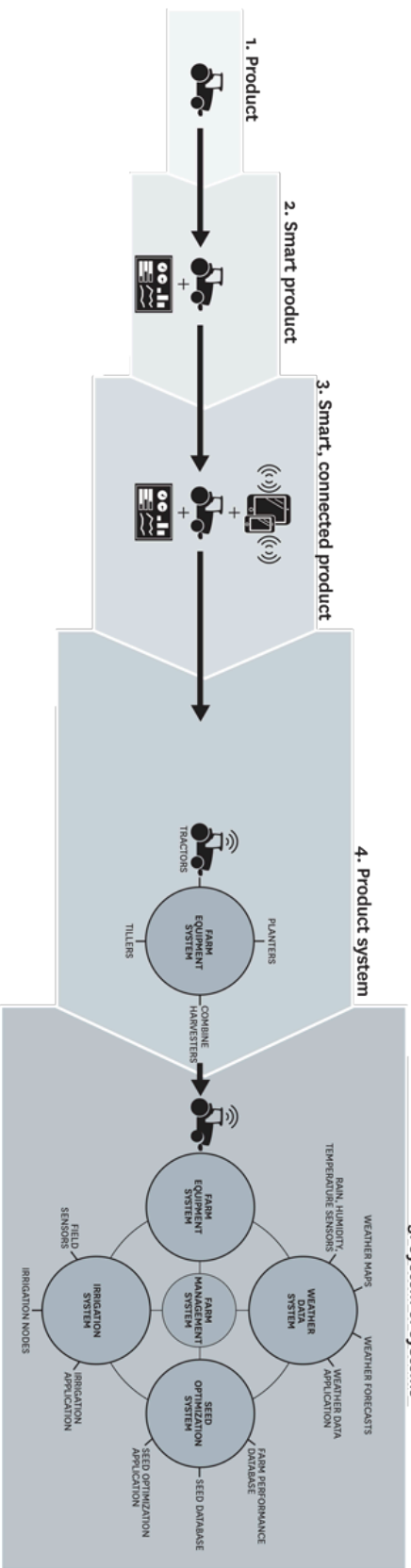
Gli obiettivi da raggiungere sono:

- **Ottimizzazione della disponibilità degli asset**
- **Migliorare la gestione degli ordini di lavoro**
- **Fornire business intelligence per la pianificazione delle risorse**
- **Controllo dei costi**
- **Requisiti operativi quali supporto: sicurezza delle informazioni, business continuity, gestione della configurazione e gestione delle modifiche**

Le organizzazioni devono adottare una strategia proattiva, che li aiuti a prevedere il fallimento delle attività e ad adottare le azioni appropriate per una migliore gestione delle risorse.

Ipotizziamo il caso in cui un paziente arrivi in un grande ospedale necessiti di una TAC (Tomografia Assiale Computerizzata) immediata. Appena prima della scansione, tuttavia, il medico scopre che uno dei macchinari per eseguire la TAC è sottoposto alla manutenzione annuale. Di conseguenza, il paziente deve essere indirizzato a un altro scanner con dei pazienti già in coda, alcuni dei quali potevano aver aspettato o essere stati riassegnati ai macchinari, appena i loro medici erano stati informati della manutenzione programmata.

► **[Fig.54]** Le piattaforme IoT integrano gli Edge Device con i sistemi delle imprese.



Oltre a garantire la prontezza delle apparecchiature, in questo esempio di *imaging*, la gestione del flusso dei pazienti è una competenza fondamentale per le organizzazioni sanitarie, in quanto soggiorni prolungati possono aumentare i costi per l'organizzazione.

Un benchmarking con le precedenti prestazioni delle apparecchiature è un passo necessario per migliorare la prontezza delle risorse; sebbene, il benchmarking accurato richiede un set di dati affidabile per supportarlo. Il benchmarking intelligente aiuta anche le strutture sanitarie a identificare importanti modelli di utilizzo stagionale dei dispositivi e a definire delle strategie specifiche. Ad esempio, durante la stagione influenzale, un ospedale può prendere in considerazione l'aumento della disponibilità di pompe per infusione. Allineando i piani di manutenzione preventiva con i flussi storici dei censimenti dei pazienti, chi ha in carico la gestione delle risorse diventa un partecipante importante nella pianificazione strategica (Philips, 2016).

Inoltre, con audit incombenti e cambiamenti periodici nei regolamenti, i sistemi di gestione degli asset possono aiutare le organizzazioni sanitarie a soddisfare più facilmente le linee guida e a rispettare gli standard.

Nel 2015, gli amministratori delegati degli ospedali hanno classificato le sfide finanziarie come il problema principale delle loro organizzazioni. La sicurezza e la qualità dei pazienti sono al secondo posto, seguite dai mandati governativi (ACHE, 2018).

Dati intelligenti, come l'andamento dei costi dei servizi, l'età delle apparecchiature e i benchmark di utilizzo delle apparecchiature, offrono approfondimenti ai dirigenti nella pianificazione del capitale. Gli strumenti di gestione delle risorse cliniche forniscono report e dashboard personalizzabili che possono contribuire a colmare il divario di comunicazione tra coloro che svolgono la manutenzione, gli ingegneri clinici e gli stessi amministratori delegati.

6.2 GLI STAKEHOLDER SANITARI: IL CASO CENTRO MEDICO SANTAGOSTINO

Una parte fondamentale di questo studio è stata la ricerca sul campo svolta presso il Centro Medico Santagostino, necessaria per conferire forma e contenuti al progetto. Il Centro Medico Santagostino consiste in un network completo di cliniche specializzate. Fondato nel 2009, il Centro Medico Santagostino è stato creato per soddisfare le crescenti esigenze dei pazienti fornendo una medicina specialistica di alto livello ma accessibile, che occupa anche le aree scoperte del SSN (Servizio Sanitario Nazionale) - come odontoiatria, psicoterapia, logopedia e altri - dove l'offerta è quasi esclusivamente privata e costosa [2].



[Fig.55] Logo del Centro Medico Santagostino

È stato possibile incontrare in un primo momento il responsabile dell'ingegneria clinica, per capire come avviene attualmente la gestione delle risorse e come può essere migliorata introducendo il monitoraggio in tempo reale e da remoto degli asset. Successivamente è stato fondamentale l'intervento di uno specialista di prodotto sugli ecografi, per conoscere meglio alcune specifiche tecniche sul dispositivo in questione, usato come caso studio durante la progettazione dell'interfaccia.

Dopo aver intervistato il responsabile di ingegneria clinica e aver visitato uno dei centri, sono stati raccolti gli insight e i feedback necessari per delineare i requisiti funzionali della nuova piattaforma di gestione degli asset. Combinando queste informazioni con le altre ottenute tramite lo studio delle fonti citate nei capitoli precedenti, si giunge alla definizione del nuovo scenario d'uso delle tecnologie di monitoraggio intelligente.

6.2.1 L'intervista all'ingegnere clinico

L'Ingegneria Clinica, per definizione, si occupa dell'aspetto gestionale e strategico delle tecnologie biomediche (apparecchiature elettromedicali, software dispositivo medico, dispositivi medici diagnostici in vitro) per tutto il loro ciclo di vita (capitolati, valutazioni, acquisto, collaudi, gestione, manutenzione, dismissione), garantendone l'uso sicuro, appropriato, vantaggioso dal punto di vista economico e tecnologicamente aggiornato [2].

Il Centro Medico Santagostino conta, al dicembre 2018, 18 sedi in Italia, prevedendo di espandersi ulteriormente in futuro. A capo dell'ingegneria clinica di tutti i centri si trovano due figure, che si occupano di gestire l'organizzazione degli asset, dal rapporto con i fornitori a quello con i responsabili delle sedi. Di queste figure, è stato intervistato Andrea Crippa, che lavoro presso come ingegnere clinico presso il Centro Medico Santagostino da 2 anni.

Intervista

Quanti macchinari conta il Centro Medico Santagostino?

Circa tra i 4000 e i 5000 su tutte le 18 sedi.

Quali sono i macchinari maggiormente soggetti a manutenzione? Quali i più difettosi?

Il macchinario su cui si interviene di più è il riunito odontoiatrico. Soggetto a molti sforzi meccanici e stress interni. Si rompe molto frequentemente. Soprattutto la faretra, che viene spesso spostata durante l'operazione di igiene dentale del paziente. La faretra è infatti l'unità su cui sono montati diversi strumenti odontoiatrici, come la siringa aria/acqua, turbina, manipoli. La faretra è collegata ad una pulsantiera attraverso la quale l'odontoiatra può gestire tutte le funzioni del riunito e ad una pedaliera che consente di attivare e regolare la potenza degli strumenti rotanti.

Come viene gestita attualmente la manutenzione?

Periodicamente? Appena si verifica un guasto?

Periodicamente viene effettuata la manutenzione preventiva su tutti i dispositivi, con frequenze diverse a seconda della famiglia tassonomica di appartenenza. Durante la manutenzione periodica si effettuano delle prove strumentali per verificare le condizioni d'uso dell'apparecchiatura e la calibrazione dei parametri, i quali, nel caso fossero fuori tolleranza, si riportano in quelle previste. Su richiesta,

possono essere emessi due certificati di taratura, il primo precedente, il secondo conseguente le operazioni di calibrazione.

Quando invece si verifica un guasto non previsto, dipendentemente l'entità del guasto l'intervento viene definito di primo o di secondo livello. L'assistenza di primo livello consiste in interventi di piccola entità effettuati sul luogo, che possono essere eseguiti da chi non possiede particolari competenze di manutenzione, come il medico stesso. Ad esempio, se una sonda dell'ecografo non funziona, si può provare in un primo momento a staccare e riattaccare la presa, azione svolta frequentemente dal medico.

L'assistenza di secondo livello invece consiste in interventi di una certa entità effettuati da operatori formati appositamente per la riparazione dei guasti. Ad esempio, se si buca la sonda dell'ecografo, devono intervenire i manutentori del fornitore di quel dato macchinario, che eseguano un lavoro più impegnativo ma con operazioni comunque standard.



[Fig.56] Riunito odontoiatrico

[Fig.57] Ecografo con sonde ai lati



Assistenza di primo livello: come vengono formati i medici?

La formazione dei medici non è obbligatoria, viene effettuata nel momento in cui loro esprimono questa volontà. Se lo stesso danno ricorre con una frequenza elevata, solitamente sono i medici a richiedere al personale formato (come gli ingegneri clinici, gli specialisti di prodotto o gli altri operatori) di mostrargli come intervenire.

Sarebbe ideale se, prima dell'apertura di un nuovo centro, quando le sale sono già allestite, i responsabili delle sedi facessero delle sessioni ai medici spiegando il funzionamento dei macchinari e come intervenire un caso di guasto di primo livello. Tuttavia la formazione dei medici non è obbligatoria ma su richiesta.

Come avviene il flusso di intervento sul macchinario quando si verifica un guasto di secondo livello.

Quando è necessario effettuare un'assistenza di secondo livello poiché è stato rilevato un guasto su un dispositivo, viene avvertito il responsabile della sede. Quest'ultimo, valuta l'entità del guasto e decide se è il caso di aprire un ticket nell'area "Elettromedicali" tramite la piattaforma di HelpDesk adottata dall'azienda. A questo

punto, il ticket è visibile all'ingegneria clinica. I responsabili delle diverse sedi hanno a loro disposizione i contatti dei fornitori, cosicché, se lo ritengono opportuno, possono contattare direttamente loro i manutentori. Se invece hanno dei dubbi sull'entità del guasto, chiedono un aiuto agli ingegneri clinici, i quali, se riescono a risolvere il problema chiudono il ticket, altrimenti si rivolgono ai fornitori, che interverranno in sede il prima possibile.

Se prendessimo un macchinario specifico come caso studio, magari ecografo, che downtime medio ha al giorno/mese/anno?

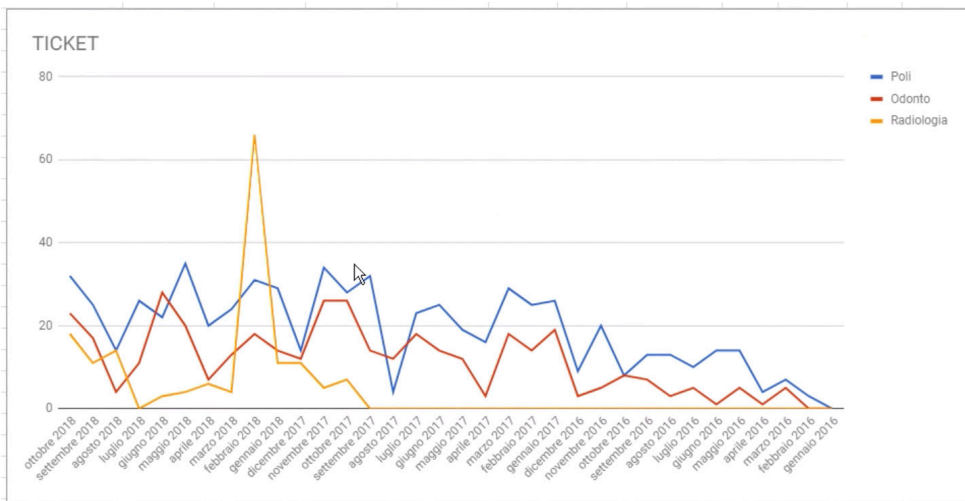
Non riusciamo a calcolare con precisione il downtime dei macchinari poiché non sono monitorati i tempi di accensione e spegnimento. Potenzialmente, un macchinario come l'ecografo deve essere utilizzabile dall'orario di apertura degli ambulatori (7,30 del mattino) fino alla chiusura, che varia in base alla sede. L'ecografo è un dispositivo che non è molto spesso fuori uso poiché, diversamente dal riunito odontoiatrico, non rivela guasti frequenti. Quando i medici si danno il cambio in sala, è loro compito spegnere e riaccendere ogni volta il macchinario.

I medici spesso richiedono di comprare dei nuovi ecografi perché il numero di quelli presenti in sede non è sufficiente. Attualmente ne abbiamo circa 35 in totale. Ma l'utilizzo dell'ecografo non è mai saturo, cioè i tempi di inattività del macchinario sono piuttosto alti. Qua sussiste un problema di agendazione: il numero di ecografi sarebbe sufficiente se l'orario delle visite fosse gestito correttamente. Infatti, durante alcune visite, ad esempio quelle ginecologiche, l'ecografo non viene utilizzato sebbene sia presente in sala. Se si riuscisse a sapere in tempo reale se un preciso macchinario viene utilizzato, la gestione dei macchinari stessi può avvenire in maniera più proficua e così ridurre il downtime.

Lo stato di salute dei macchinari dipende da vari fattori, alcuni dei quali sono visibili e notabili dagli operatori (difetti del prodotto, guasto operativo e bassi tempi ciclo) e altri no (degradazione del macchinario, usura e logoramento dei componenti interni). Attualmente, riuscite a monitorare quelli non visibili agli operatori? Se sì, come?

No, non disponiamo di tecnologie intelligenti che monitorano l'andamento dei macchinari, gli stress a cui alcune parti interne sono sottoposte o lo stato di salute dei motori. Attualmente non è possibile

neanche conoscere gli OEE dei singoli macchinari in tempo reale; riusciamo a fare delle stime solo dopo aver effettuato le manutenzioni periodiche e quelle straordinarie, in relazione alla frequenza con cui accadono e alla quantità di ticket aperti per ogni dispositivo. Se potessi decidere cosa monitorare, vorrei conoscere in tempo reale quando un macchinario è utilizzato e per quanto tempo. In questo modo, il beneficio sarebbe duplice: da una parte, si potrebbe risolvere il problema di agenziazione e dall'altra, si possono stimare con precisione i consumi elettrici dei dispositivi. Attualmente infatti, al di là della scheda tecnica dei singoli macchinari che ci suggerisce il loro consumo nominale, non sappiamo effettivamente quanto consumano i singoli dispositivi e quali sono quelli che consumano di più in relazione al loro tempo di utilizzo. L'ammontare dei costi del consumo elettrico è relativo a tutta la struttura sanitaria, non c'è modo di conoscere il costo per stanza, per categoria tassonomica o il costo di una singola visita.



[Fig.58] Numero di ticket aperti al Santagostino dussivisi per categoria, in un dato lasso temporale

Come avviene la manutenzione una volta scaduta la garanzia?

Solitamente la garanzia di un elettromedicale dura dai 12 ai 24 mesi; oltre a quella, è possibile stipulare altri contratti di manutenzione che permettono di estendere la garanzia o di effettuare la sostituzione e la riparazione di parti anche dopo la fine del contratto di garanzia rilasciato dalla casa madre.

Come vengono raccolti i documenti relativi ai macchinari e come vengono archiviati?

In una prima fase, sono raccolti manualmente e trasferiti su un file excel. Periodicamente vengono archiviati sulla piattaforma di HelpDesk.

6.3 INSIGHT

Insight: lato operativo

Agendazione



Conoscendo quando, per quanto tempo e per quali scopo viene effettuato l'utilizzo dei macchinari, è possibile gestire meglio gli orari delle visite dei medici, al fine di ottimizzare il rapporto risorse elettromedicali-visite programmate. Inoltre in questo modo si cerca di utilizzare quanto più possibile i macchinari, riducendone il tempo di inattività.

Gestione flusso pazienti



Ricollegandoci a quanto affermato sopra, allo stesso modo le visite dei pazienti possono essere gestite per tipologia di visita da effettuare, fornendo sempre le risorse necessarie ed evitando tempo di attesa.

Monitoring dei device da remoto



L'installazione di sensori consentirebbe di ottenere dati relativi ai macchinari in tempo reale e anche da remoto. Questo faciliterebbe molto il flusso di gestione e monitoring delle risorse che viene effettuato dagli ingegneri clinici.

Immediatezza situazione di allarme



Il monitoraggio intelligente consentirebbe di conoscere tempestivamente uno stato di allarme inaspettato e intervenire adeguatamente.

Rilevamento posizione oggetti smarriti



Anche nelle aziende sanitarie vengono smarriti quotidianamente degli strumenti e attrezzi da lavoro, come ad esempio i manipoli del riunito odontoiatrico. Installando un tag RFID sarebbe possibile rilevare la loro posizione.

Manutenzione predittiva

Una gestione intelligente degli asset consentirebbe di pianificare meglio di interventi di manutenzione, anticipando l'arrivo di un guasto o evitando che questo avvenga. Analizzando i dati raccolti e tramite le tecnologie di Machine Learning, è possibile conoscere gli andamenti delle prestazioni e capire quando qualcosa non sta funzionando correttamente rispetto ai valori previsti.



Insight: lato finanziario

Riduzione tempi di downtime

Riducendo i tempi di fermo dei macchinari significa ottimizzare il loro utilizzo e dunque migliorare l'efficienza dei servizi e aumentare i guadagni.



Conoscenza di consumi

Conoscendo i consumi dei singoli dispositivi, è possibile conoscere il costo esatto di una visita, quali sono le famiglie di prodotti più usati e quali consumano di più in relazione al tempo di impiego. In questo modo, la struttura sanitaria può gestire meglio il piano strategico e finanziario.



Riduzione costo di manutenzione

Prevedere il guasto significa minimizzare il danno, e ridurre i costi necessari alla risoluzione del problema.



Bibliografia

ACHE (American College of Healthcare Execution), rapporto interno: *Survey: Healthcare Finance, Governmental Mandates, Personnel Shortages Cited by CEOs as Top Issues Confronting Hospitals in 2017*, Chicago, 2017

GE Healthcare, rapporto interno: *Asset Performance Management. Helping your equipment perform better for you*, General Electric Company, 2017

Philips, rapporto interno: *An integrated solution for effective asset management*, Koninklijke Philips N.V. , 2016

Sitografia

[1] http://www.ahra.org/AHRA/Products/Publications/Imaging_Performance_Research/AHRA/MemberResources/HAB_Imaging_Performance_Partnership.aspx

[2] <https://www.cmsantagostino.it>

/ 7

**MediPlus: la progettazione
dell'interfaccia**

**7.1 DASHBOARD: L'ELEMENTO CHIAVE DELLA HUMAN
MACHINE INTERFACE**

- 7.1.1 Pulsanti antipanico e interfacce di manutenzione preventiva
- 7.1.2 I 5 piani di Jesse James Garrett
- 7.1.3 Best practices

**7.2 MEDIPLUS: LA USER EXPERIENCE NELLO SCENARIO
D'USO**

7.3 IL PROTOTIPO

7.4 I BENEFICI DI MEDIPLUS

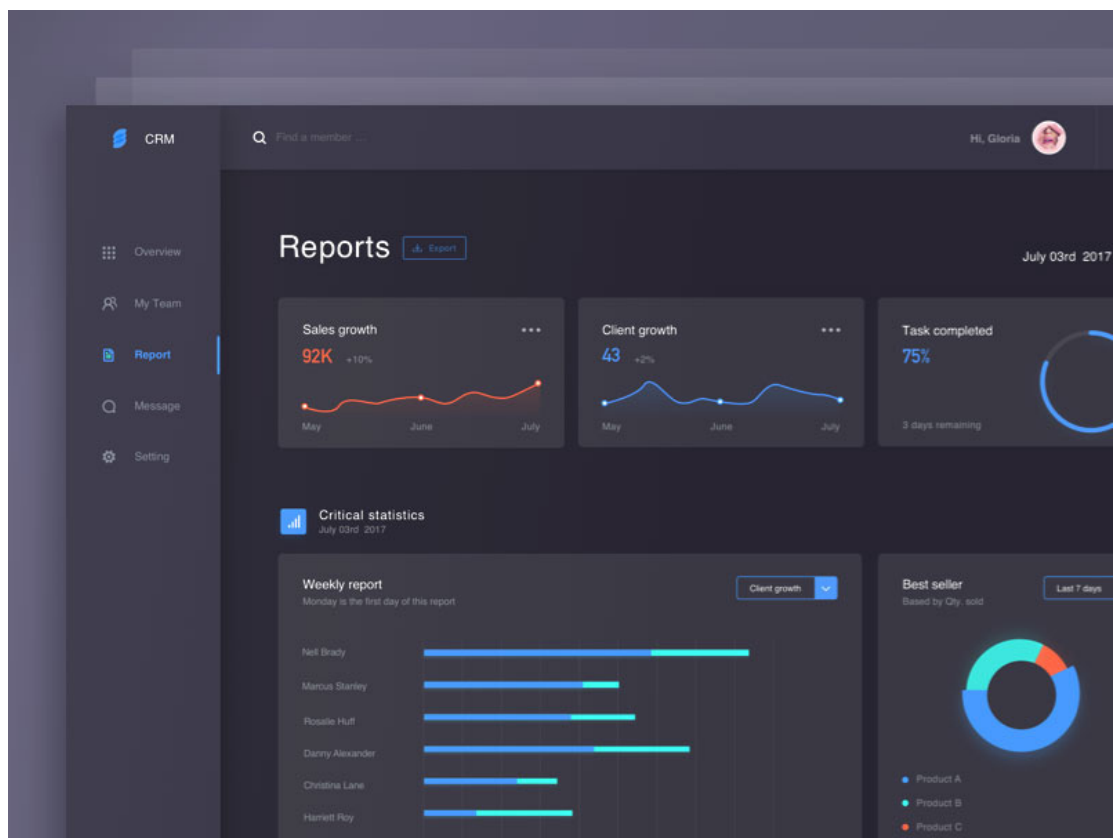
7.5 LIMITI E SVILUPPI FUTURI

7.1 DASHBOARD: L'ELEMENTO CHIAVE DELLA HUMAN MACHINE INTERFACE

Per l'Internet of Things, o qualsiasi sistema di controllo, il Dashboard è il componente chiave HMI (Human-Machine Interface) che organizza e presenta le informazioni relative al nostro dispositivo fisico su un display, che sia un computer o un dispositivo mobile. Tramite l'interazione con i Dashboard, gli utenti e gli operatori possono (a distanza) monitorare e controllare risorse e processi specifici, avendo così sempre una vista d'insieme dell'andamento del sistema.

Attraverso i dashboard è possibile monitorare e controllare le risorse fisiche che fanno parte dell'infrastruttura IoT. Come già accennato precedentemente, l'Internet of Things utilizza dispositivi di input/output e sensori incorporati nelle apparecchiature per raccogliere i

[Fig. 60]
Esempio di
Dashboard



dati, i quali vengono trasmessi ad un computer e poi visualizzati sulla dashboard. Generalmente, un dashboard relativo ad un sistema IoT è composto dai seguenti strumenti: grafici, interruttori di controllo, mappe, tabelle e innumerevoli. Sono utilizzati da aziende e privati. L'impiego di una soluzione IoT all'interno di un'azienda consente alle persone e ai dispositivi coinvolti di interagire in maniera molto più dinamica e immediata con l'intero sistema. La caratteristica principale dei dati raccolti è quella di essere ubiqui. Di conseguenza, anche i punti di interazione con il sistema, e dunque le interfacce, avranno come peculiarità l'accessibilità costante, da chiunque e in qualsiasi momento.

Mentre l'uso del dashboard per visualizzare le statistiche aziendali è una cosa abbastanza comune e assodata, rendere i dati prontamente disponibili per dipendenti, dirigenti e clienti allo stesso tempo è una novità.

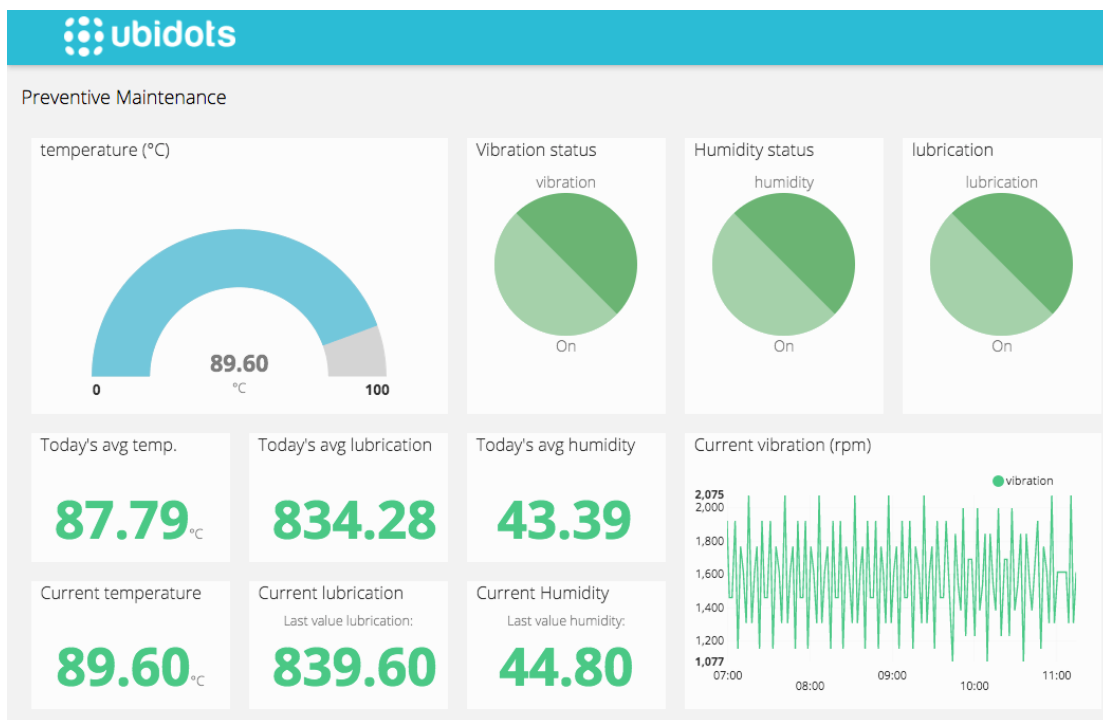
Le aziende stanno adottando soluzioni IoT per raccogliere i dati in cloud e per migliorare l'efficienza operativa e la sicurezza dei lavoratori: i dispositivi intelligenti legati al sistema consentono di trasmettere questi dati a clienti o fornitori per una maggiore trasparenza del prodotto. In questo scenario, gli utenti finali hanno accesso a specifiche dashboard IoT che presentano dati relativi allo stato del sistema in esame.

7.1.1 Pulsanti antipanico e interfacce di manutenzione preventiva

È stato stimato che il vero costo di un guasto macchina è compreso tra quattro e quindici volte i costi di manutenzione preventiva. Con l'implementazione di sensori intelligenti incorporati su parti di macchine e linee di produzione, gli operatori di sistema possono fare affidamento sulla dashboard, che proietta i dati per conoscere immediatamente lo stato di una macchina (temperatura, pressione, lubrificanti o frequenza di vibrazione) e consultare esattamente l'andamento di una macchina o un sistema in esecuzione [1].

Ad esempio, con l'IoT, se la pressione di un serbatoio supera la soglia massima predefinita, la valvola intelligente incorporata potrebbe aprirsi automaticamente e rilasciare la pressione e ridurre la minaccia di esplosione del serbatoio. Per dare all'operatore un chiaro segnale di

pericolo, i cosiddetti Digital Panic Button e i sistemi di allarme sono diventati comuni nei dashboard IoT per tenere informati i dipendenti e le macchine che operano in sicurezza [2].



7.1.2 I 5 piani di Jesse James Garret

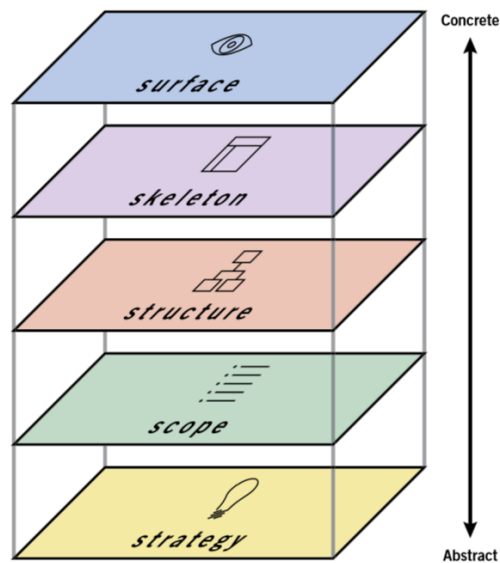
Per lo sviluppo dell'interfaccia della POC introdotta nel capitolo precedente, il software utilizzato è sempre ThingWorx. Come definito nel paragrafo 4.2.3, ThingWorx fornisce strumenti di GUI (Graphical User Interface) che consentono di realizzare il design della dashboard. Prima di entrare nello specifico dell'interfaccia progettata per la POC, si analizzano alcuni principi relativi alla User Experience a cui fa riferimento la piattaforma sviluppata da PTC.

Il modo in cui una persona interagisce con un'interfaccia è il risultato di una serie di decisioni che il progettista ha preso in merito alle diverse funzioni, che possono essere distribuite su cinque piani. Questi cinque piani - strategia, ambito, struttura, scheletro e

[Fig.61]
Esempio di Dashboard sulla manutenzione preventiva

superficie - forniscono un quadro concettuale per parlare dei problemi dell'esperienza utente e degli strumenti utilizzati per risolverli. Su ogni piano, dal basso verso l'alto, i problemi da affrontare diventano un po' meno astratti e un po' più concreti. Ogni piano dipende dai piani sottostanti. Quindi, la superficie dipende dallo scheletro, che dipende dalla struttura, che dipende dall'ambito, che dipende dalla strategia. Quando le scelte prese su un determinato piano non sono allineate con quelle sopra e sotto, i progetti presentano delle incoerenze e l'interfaccia non garantisce un'esperienza utente fluida e gradevole. Questa dipendenza significa che le decisioni sul piano strategico avranno una sorta di "effetto a catena" (fig. 63) (Garrett J., 2011).

[Fig. 62] Schema dei 5 piani di Garrett



Strategia

Su questo piano si definisce il motivo per cui il prodotto, l'applicazione o il sito sono progettati, quali sono gli utenti, perché le persone sono disposte a usarlo e perché ne hanno bisogno. L'obiettivo qui è definire le esigenze dell'utente e gli obiettivi aziendali.

Ambito

Definizione dei requisiti funzionali e di contenuto. I requisiti dovrebbero soddisfare ed essere allineati con gli obiettivi strategici.

- **Requisiti funzionali:** sono i requisiti relativi alle funzioni o alle funzionalità del prodotto, al modo in cui le funzioni interagiscono

tra loro. Queste funzionalità sono ciò di cui l'utente ha bisogno per raggiungere gli obiettivi.

- **Requisiti del contenuto:** sono le informazioni di cui abbiamo bisogno per fornire il valore. Informazioni come testo, immagini, audio, video, ecc. Senza definire il contenuto, non abbiamo idea delle dimensioni o del tempo richiesto per completare il progetto.

Struttura

Questo piano è diviso in due componenti, Interaction Design & Information Architecture.

- **Interaction Design:** in base ai requisiti funzionali, definisce come l'utente può interagire con il prodotto e come si comporta il sistema in risposta alle interazioni dell'utente.

- **Architettura dell'informazione:** dati i requisiti del contenuto, definisce la disposizione degli elementi di contenuto, come sono organizzati, per facilitare la comprensione umana.

Scheletro

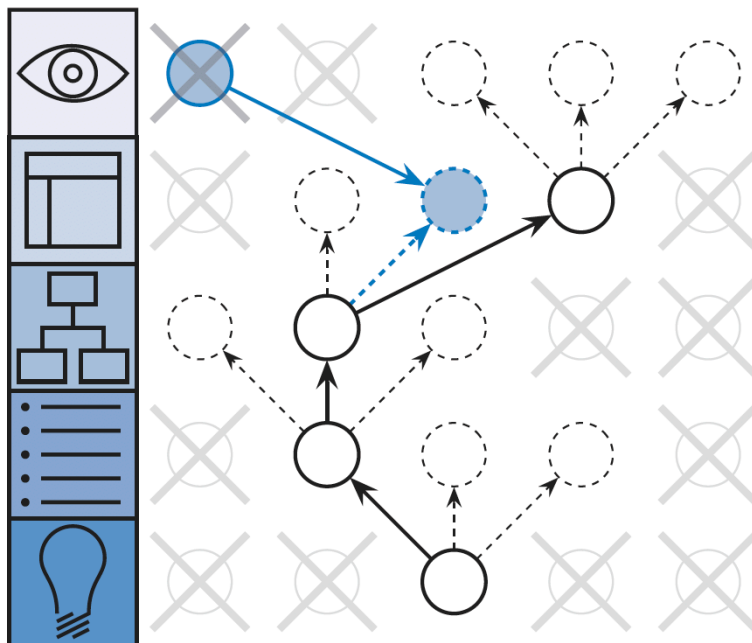
Su questo piano si determina la forma visiva sullo schermo, la presentazione e la disposizione di tutti gli elementi che ci fanno interagire con le funzionalità del sistema che esiste sull'interfaccia. Inoltre, definisce come l'utente si muove attraverso le informazioni e come queste vengono presentate per renderle efficaci, chiare, ovvie. Uno strumento molto diffuso ed utile in questa fase sono i wireframe.

Superficie

È il risultato di tutte le decisioni prese fino a questo punto. Determina come sarà il prodotto, include la scelta del layout, la tipografia, i colori, ecc.

7.1.3 Best practices

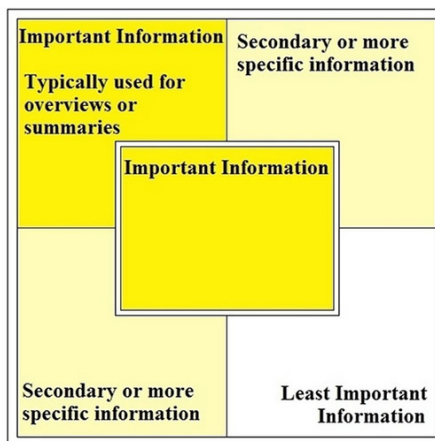
Per definire la struttura e lo scheletro della dashboard proposta per la POC descritta nel capitolo precedente, sono state seguite delle linee guida applicate a molte interfacce digitali [3].



[Fig. 63] Effetto a catena dei 5 piani di Garrett

Layout

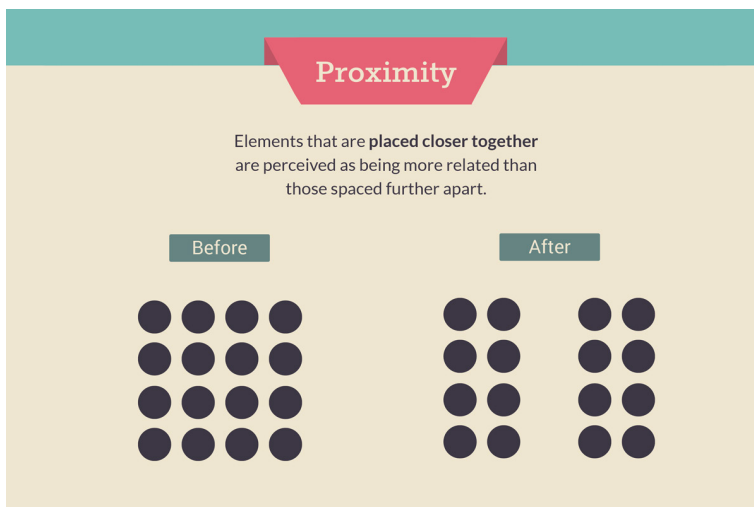
Il layout della dashboard è definito in base ai contenuti che si devono mostrare e alla loro importanza. Tendenzialmente, le informazioni più importanti dovrebbero essere collocate nell'angolo in alto a sinistra o al centro del design del dashboard (a seconda del tipo di informazioni che si sta visualizzando). Le informazioni secondarie dovrebbero risiedere in alto a destra o in basso a sinistra, mentre le informazioni meno importanti dovrebbero essere nella parte in basso a destra dello schermo.



[Fig. 64] Distribuzione dei contenuti in base alla loro importanza

Prossimità

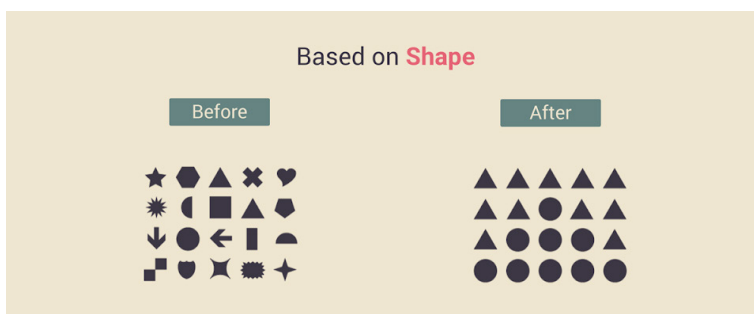
Secondo la Gestalt, la legge di prossimità afferma che gli esseri umani percepiscono gli oggetti che si trovano fisicamente uno accanto all'altro come raggruppati. Viceversa, gli elementi distanti sono visti come dissociati e non correlati. Questo dovrebbe essere un principio guida quando si decide dove posizionare ciascun elemento del dashboard, anche all'interno di una sezione del layout.



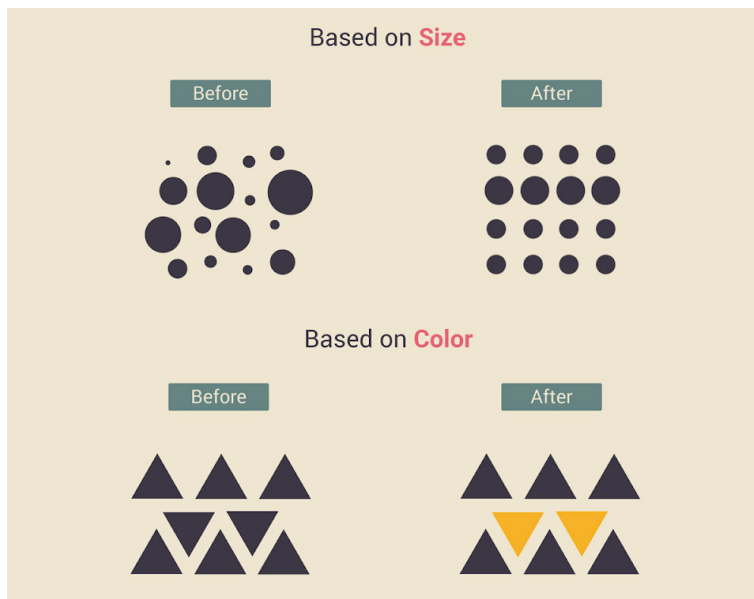
[Fig. 65]
Spiegazione grafica della legge della prossimità della Gestalt

Similarità

Gli utenti percepiranno anche oggetti simili (per colori, forme, dimensioni o orientamento) raggruppati, anche se non si trovano fisicamente l'uno vicino all'altro. Questo fenomeno è spiegato attraverso la legge della similarità che, come la legge di prossimità, è un altro principio di raggruppamento della Gestalt.



[Fig. 66]
Spiegazione grafica della legge della similarità della Gestalt



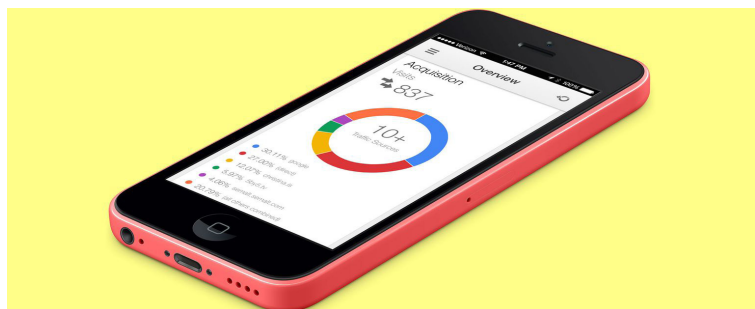
Rimuovere eventuali rappresentazioni inutili

Una buona dashboard non dovrebbe contenere testo non necessario o grafiche ed immagini superflue. E' necessario rimuovere qualsiasi disordine e ridondanza dalla dashboard, sfruttando elementi come lo spazio bianco e le funzioni di allineamento e raggruppamento per aiutare a collegare visivamente le informazioni correlate.

Fornire una panoramica e consentire agli utenti di eseguire di scavare a fondo nei dati

Una dashboard funzionante dovrebbe essere come un giornale di qualità: l'utente dovrebbe essere in grado di avere una buona idea delle cose più importanti semplicemente dando un'occhiata alla prima pagina. Se l'utente vuole saperne di più, può approfondire la sua conoscenza navigando ulteriormente l'interfaccia.

[Fig. 67] Il dashboard di Google Analytics fa un buon lavoro fornendo una panoramica con più dati sottostanti.



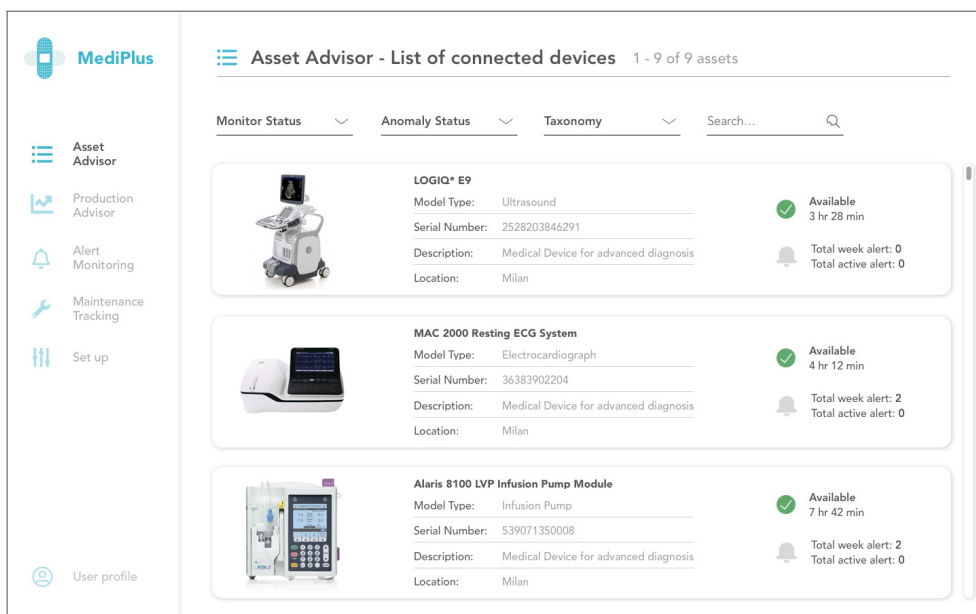
7.2 MEDIPLUS: LA USER EXPERIENCE NELLO SCENARIO D'USO

Le ricerche svolte, sia quelle bibliografiche che quelle presso il centro medico Sant'Agostino, contribuiscono alla definizione dei requisiti funzionali da implementare nell'interfaccia pensata per far interagire chi si occupa di asset management all'interno delle aziende sanitarie con i sistemi di Smart monitoring dei macchinari.

In questo modo nasce MediPlus, un'applicativo utile ad una gestione più fluida e immediata delle risorse, che facilita il ruolo dell'asset manager e gli consente di avere un'overview sullo stato di salute dei macchinari in tempo reale.

Le **top navigation** di MediPlus sono 5, mappate in una colonna fissa a sinistra dello schermo. In alto è sempre posizionato l'header con l'inserimento di eventuali tab di navigazione nel caso ci siano delle sottosezioni delle voci principali.

[Fig. 68] Landing page di Asset Advisor

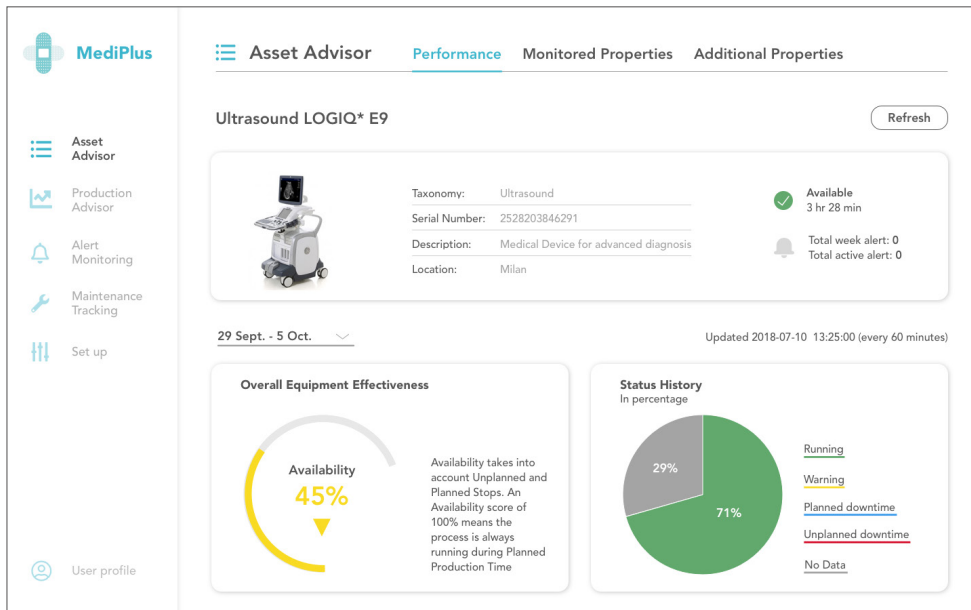


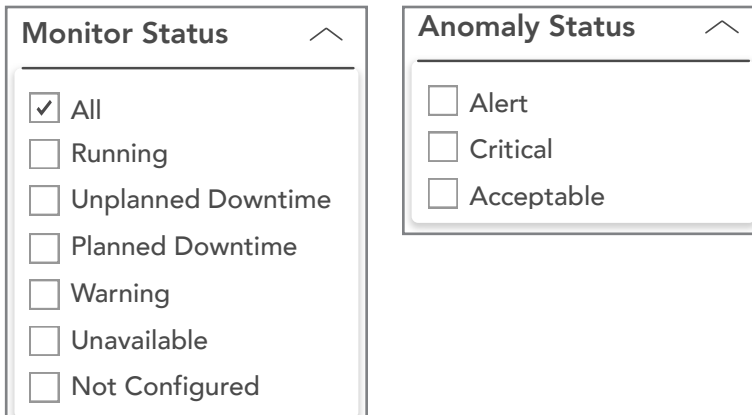
Nella sezione **Asset Advisor**, è presente una lista di tutti i dispositivi intelligenti connessi al sistema. Di ogni dispositivo vengono mostrate alcune proprietà e caratteristiche principali, necessarie per identificare il macchinario velocemente. In questa sezione abbiamo informazioni relative ad un dato macchinario in tempo reale, per analizzarne l'andamento durante l'uso. Sotto l'header sono posizionati i filtri, in questo caso sono tre: *Monitor Status*, *Anomaly Status* e *Taxonomy*. Questi filtri sono ricorrenti anche nelle altre navigazioni.

Con *Monitor Status* si vuole descrivere lo stato di funzionamento del dispositivo in quel momento.

- *Running*: se sta lavorando correttamente
- *Unplanned Downtime*: se è in fermo a causa di un guasto non previsto ,
- *Planned Downtime*: se è in fermo in maniera pianificata, ad esempio quando viene effettuata la manutenzione periodica
- *Warning*: uno dei parametri monitorati è in stato d'allarme poiché i valori sono fuori range
- *Unavailable*: spento
- *Not Configured*: ancora non connesso al sistema

[Fig. 69] Asset Advisor - Performance





[Fig. 70] Asset Advisor - Filtri

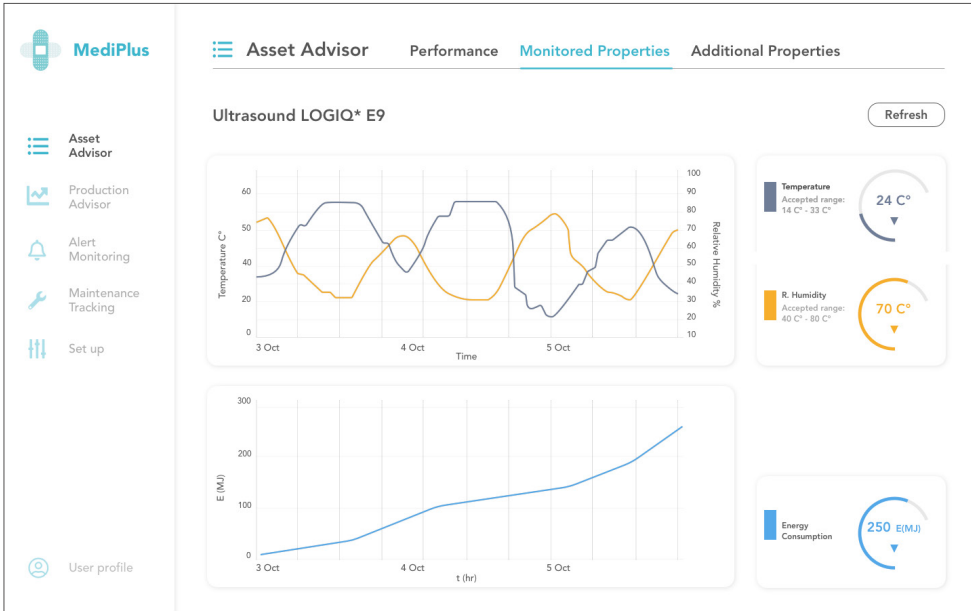
Il filtro *Anomaly Status* serve per raggruppare i dispositivi in base allo stato relativo le proprietà monitorare, quindi se si presenta una situazione di allarme nel caso in cui i valori non rientrassero nei range predefiniti.

Il filtro *Taxonomy*, raggruppa i device in categorie omogenee di prodotti destinati ad effettuare un intervento diagnostico terapeutico simile. Le categorie sono delineate dalla *Classificazione Nazionale dei Dispositivi medici*, consultabile su internet [4].

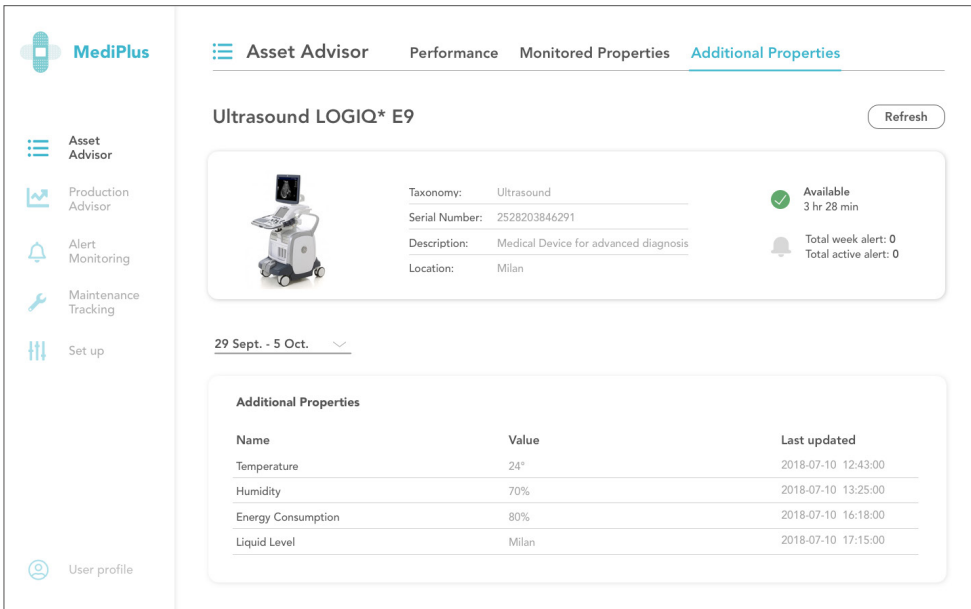
Una volta selezionato una dispositivo della lista, nell'header appariranno anche delle tab di navigazione e l'utente atterra nella prima, cioè *Performance*. In questa sezione sono visibili i parametri di OEE e un grafico più dettagliato dello stato di funzionamento del macchinario, con la possibilità di filtrare le informazioni per periodo.

In *Monitored Properties*, si hanno i grafici relativi alle proprietà del dispositivo che vengono monitorate in tempo reale dai sensori installati. Nel caso in cui un valore esca dal range indicato, l'interfaccia restituisce subito un feedback all'utente, facendo apparire un'icona di alert in rosso.

Nel tab *Additional Properties* sono elencate tutte le altre proprietà della macchina.



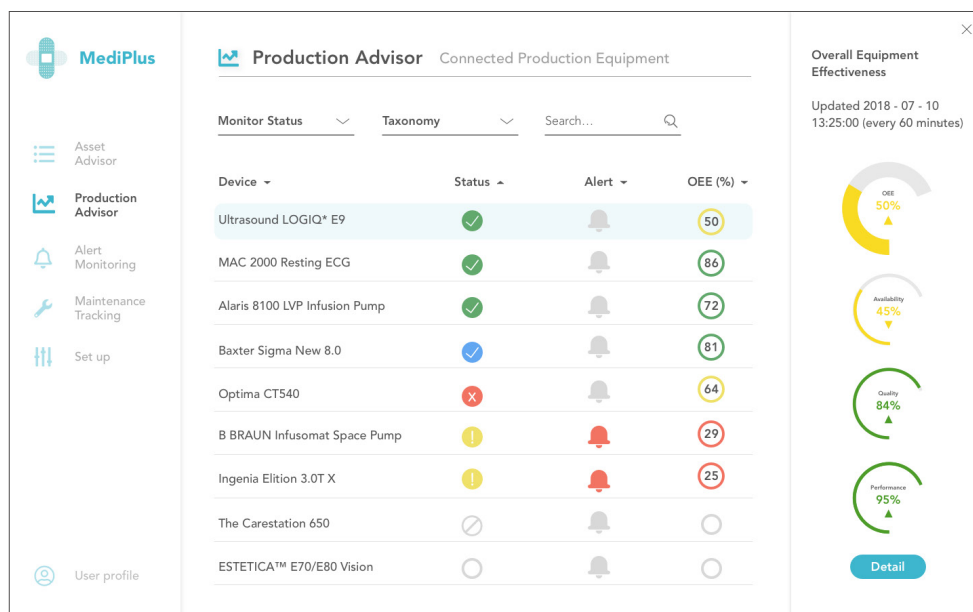
[Fig. 71] Asset Advisor - Monitored Properties



[Fig. 72] Asset Advisor - Additional Properties

Nella sezione **Production Advisor** abbiamo un'overview generale sull'andamento dei macchinari in un dato lasso temporale. Per questo motivo vengono qui presi in considerazione soprattutto i parametri di OEE e i KPI stabiliti, dati ottenibili solo analizzando le proprietà di un macchinario su un periodo di tempo. Nella schermata iniziale di questa sezione abbiamo sempre una lista dei dispositivi connessi, alcuni filtri e tra gli indici di tabella appare la voce OEE. Cliccando su un macchinario si apre a destra una finestra che mostra più nel dettaglio i valori di Availability, Quality e Performance. Nel dettaglio del macchinario, è anche possibile comparare i valori dei KPI raggiunti e degli OEE tra due diversi periodi.

[Fig. 73]
Landing page di Production Advisor

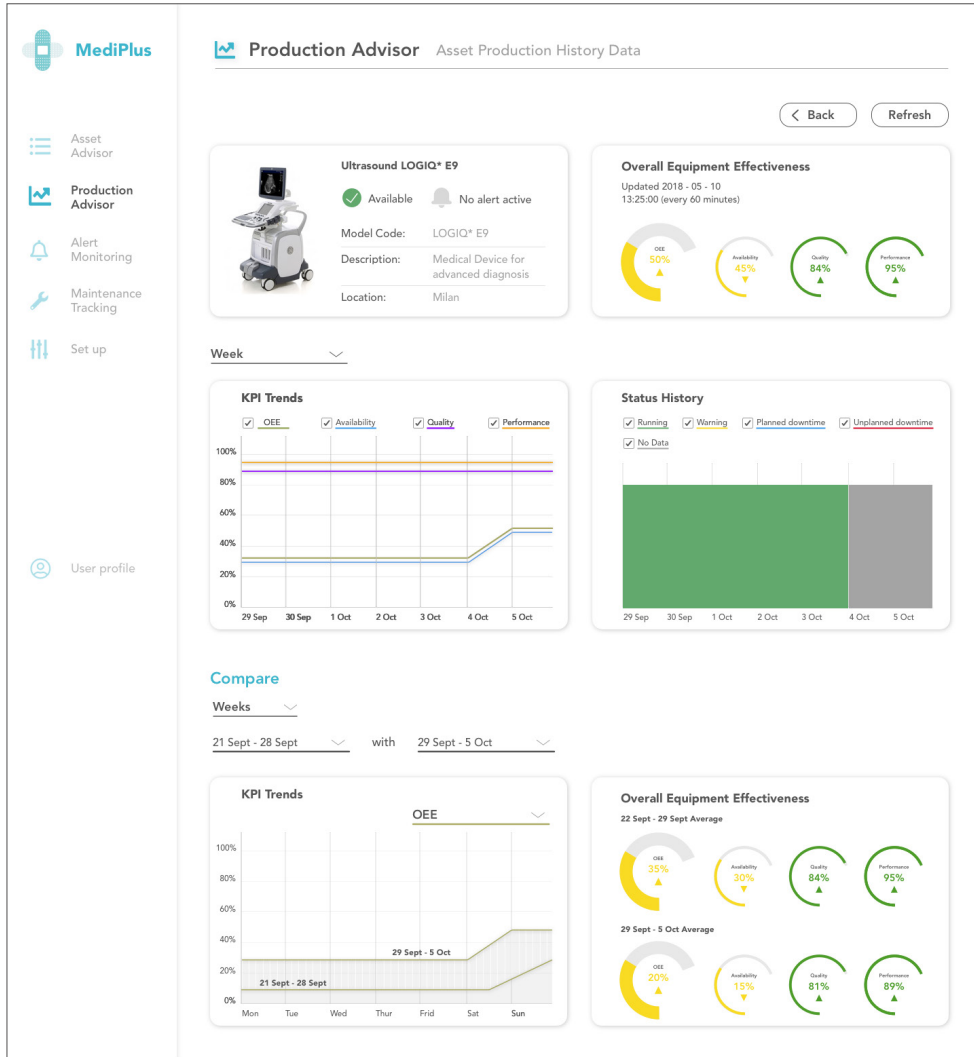


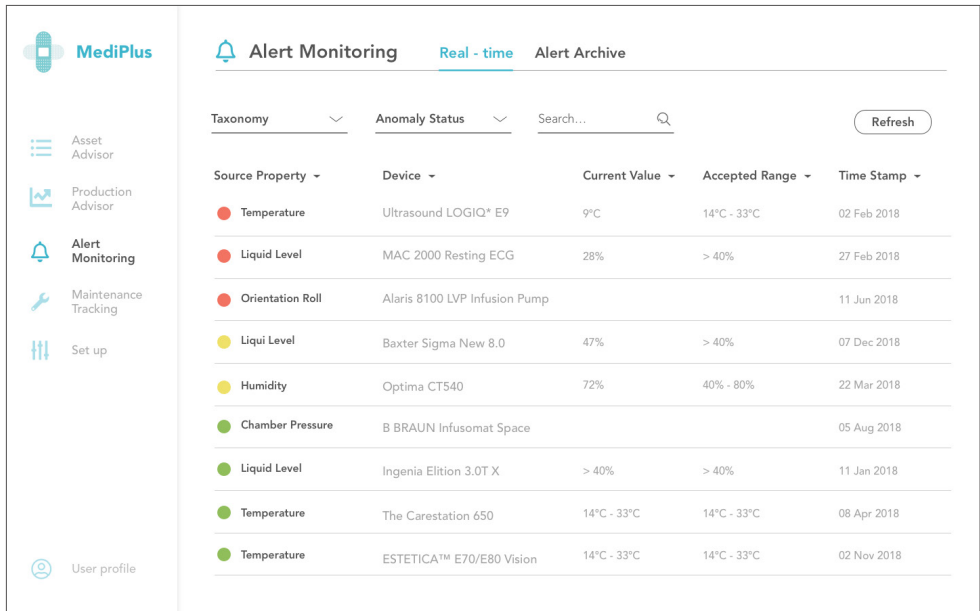
In **Alert Monitoring** sono presenti due tab di navigazione: Real-time e Alert Archive.

In *Real-time*, è possibile monitorare tutti i valori provenienti dai sensori installati sui macchinari al fine di analizzare determinate proprietà, come ad esempio la temperatura di un componente, il consumo elettrico del macchinario, il corretto orientamento di un componente particolarmente delicato e altre. E' possibile filtrare gli elementi in base al grado di anomalia presente. Le proprietà con l'icona rossa sono quelle critiche poiché il valore attuale è fuori range; quelle con l'icona gialla presentano un valore critico ma ancora accettabile; quelle con l'icona verde un valore accettabile.

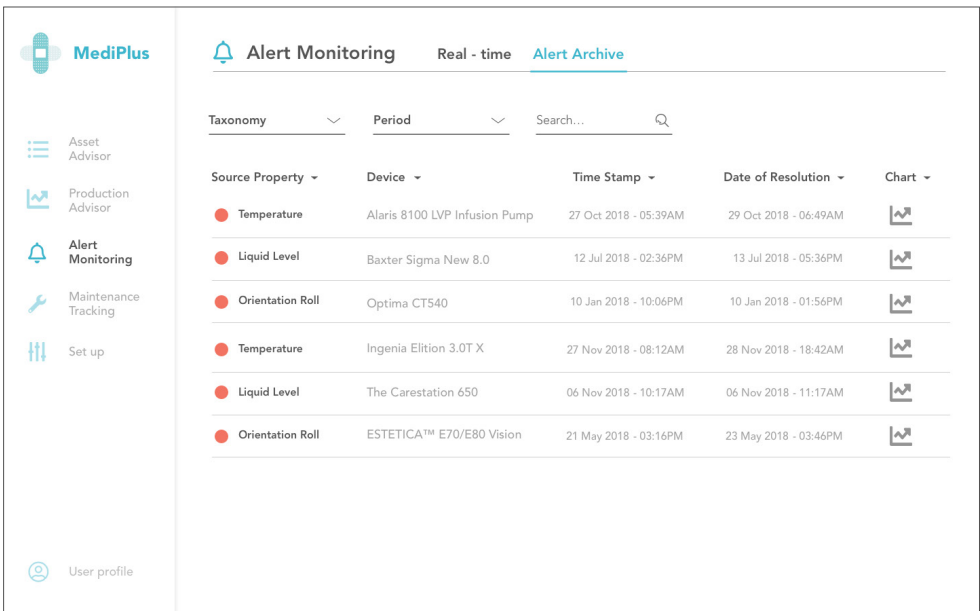
In *Alert Archive* invece è possibile accedere allo storico degli alert che si sono verificati in passato. Vengono fornite informazioni sulla data in cui il problema si è verificato e sulla data di risoluzione. E' inoltre possibile consultare il grafico della proprietà che mostra il valore che non rientrava tra quelli accettati.

[Fig. 74]
Production
Advisor -
dettaglio





[Fig. 75] Alert Monitoring - Real-time



[Fig. 76] Alert Monitoring - Alert Archive

[Fig. 77]
Landing page
di Maintenance
Tracking

Per ogni situazione di alert, è stato generato un ticket, gestito tramite MediPlus, nella sezione **Maintenance Tracking**. In questa sezione è possibile consultare uno storico della manutenzione periodica e di quella straordinaria su ogni dispositivo. Dopo aver selezionato un macchinario, di fianco l'header appariranno due tab di navigazione, *Scheduled M.* e *Tickets*. Nella prima, è possibile consultare quando sono state svolte le manutenzioni periodiche e scaricare i report relativi.

Nel tab *Tickets* è presente la lista degli interventi straordinari effettuati su un dispositivo in seguito all'insorgere di una problema non previsto. E' possibile in questa sezione aprire un ticket, chiuderlo o modificarlo, a seconda della funzione dell'utente che effettua il log sulla piattaforma.

Taxonomy	Period	Manufacturer	Search...
Device	N° of Tickets	Date of last inspection	Manufacturer
Ultrasound LOGIQ* E9	13	05 Jan 2018	GE Healthcare
MAC 2000 Resting ECG	11	20 Nov 2018	GE Healthcare
Alaris 8100 LVP Infusion Pump	8	22 Jul 2018	CareFusion
Baxter Sigma New 8.0	8	07 Nov 2018	Baxter
Optima CT540	7	18 Mar 2018	GE Healthcare
B BRAUN Infusomat Space Pump	5	10 Aug 2018	B. Braun
Ingenia Elition 3.0T X	4	11 Oct 2018	Koninklijke Philips
The Carestation 650	4	05 Jul 2018	GE Healthcare
ESTETICA™ E70/E80 Vision	2	27 Apr 2018	KaVo Dental

MediPlus Maintenance Tracking **Scheduled M.** Tickets

Ultrasound LOGIQ* E9
 N° of Inspections: 4
 2018-03-10
 GE Healthcare

Period	Search...		
Action	Date	Operator	Report
Control deck and transducer check	19 Dec 2018	New	
Wiring and plug check	20 Jul 2018	In Progress	
Filters and fan cleaning	25 Aug 2018	In Progress	
Endocavity probe cleaning	04 May 2018	Closed	

User profile

[Fig. 78] Maintenance Tracking - Scheduled M.

MediPlus Maintenance Tracking **Scheduled M.** Tickets

Ultrasound LOGIQ* E9 + Add
 N° of Tickets: 13
 2018-03-10
 GE Healthcare

Period	Ticket Priority	Status	Search...	
Problem	Open Date	Status	Priority	Report
PC temperature is too high	19 Dec 2018	New	High	
The probe has come off	20 Jul 2018	In Progress	Medium	
Lcd has broken	25 Aug 2018	In Progress	Medium	
Does not turn on	04 May 2018	Closed	High	
Does not get the input from the probe	23 Sep 2018	Closed	High	
Is a wheel is detached	25 Apr 2018	Closed	Low	
Can't access network	01 Dec 2018	Closed	Low	

User profile

[Fig. 79] Maintenance Tracking - Tickets

MediPlus

Maintenance Tracking Scheduled M. Tickets

Ultrasound LOGIQ* E9

N° of Tickets: 13
2018-03-10
GE Healthcare

< Back

PC temperature is too high

Dates

Open Date	1st Response Date	Last Update	Close Date
19 Dec 2018	-	-	-

Details

Created by	Location	Department	Priority
Mario Rossi	Milano Castaldi	Ecography and physiotherapy	High

Request

Cool down the machine

Request detail

The temperature has increased all at once and now the machine is in alert status

User profile

[Fig. 80]
Maintenance
Tracking - Tickets
dettaglio

In **Set up** è possibile controllare e modificare le informazioni generali dei dispositivi ed effettuare la registrazione di un nuovo device. Per la registrazione, è necessario installare prima il dispositivo nella sede di utilizzo e il fornitore dove provvedere alla registrazione di tale dispositivo sul proprio portale, ed esporre le API del dispositivo sul cloud ed autorizzare l'azienda sanitaria alla lettura delle API.

Dalla piattaforma MediPlus, per rintracciare il macchinario installato, è necessario specificare in quale sede si trovi e definirne il fornitore. A quel punto, proprio come avviene la configurazione di un dispositivo smart all'interno delle nostre case, la piattaforma ti rimanda al portale del fornitore in cui è necessario effettuare il log-in. In questo modo, è possibile collegare il dispositivo, già registrato, alla piattaforma. A quel punto, sulla piattaforma MediPlus, si avrà automaticamente un resoconto delle informazioni del macchinario, raggruppate sotto 4 tab diversi: *General Info*, *Status*, *Properties* e *Performance Metric*.

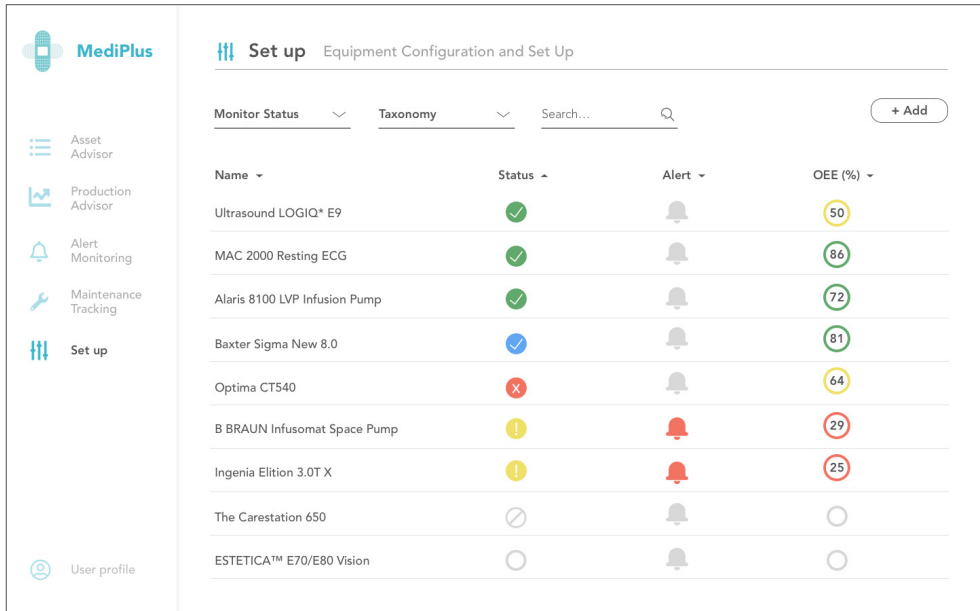
In *General Info*, abbiamo i dati generali del macchinario, informazioni sul fornitore, sull'acquisto e sulla garanzia;

In *Status*, abbiamo la leggenda relativa agli stati di funzionamento del macchinario; è possibile definire la frase associata ad ogni stato, che sarà poi mostrata sull'interfaccia nelle schede di Asset Advisor e Production Advisor;

In *Properties*, sono elencate tutte le proprietà del dispositivo monitorate attraverso i sensori. E' possibile qua modificare il range di valori accettabile e consultare il grafico in tempo reale.

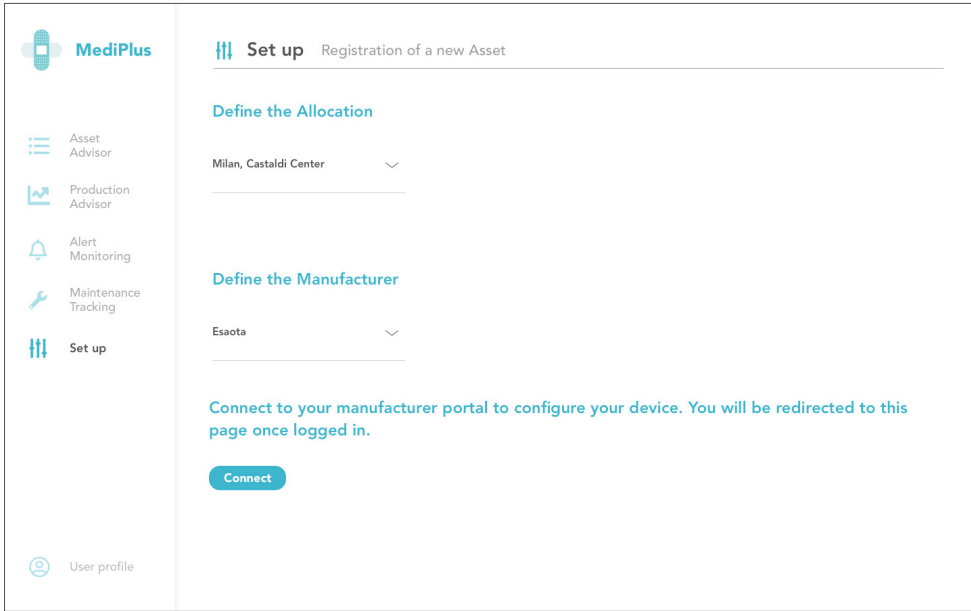
In *Performance Metric* invece è possibile modificare il range di percentuali che definiscono se i parametri di OEE sono in stato di alert, critico e accettabile.

[Fig. 81] Landing page di Set up

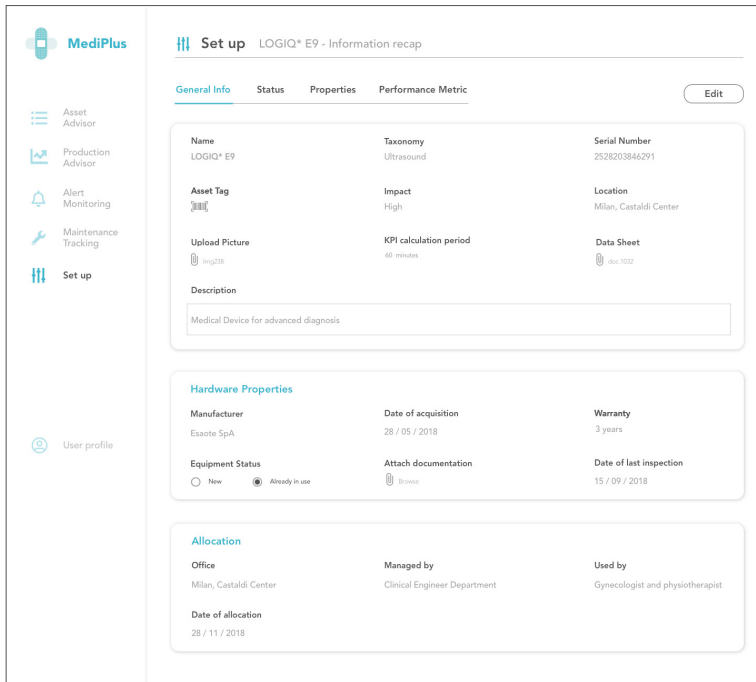


The screenshot shows the 'Set up' page in the MediPlus interface. The page title is 'Set up Equipment Configuration and Set Up'. On the left, there is a navigation menu with options: Asset Advisor, Production Advisor, Alert Monitoring, Maintenance Tracking, Set up (selected), and User profile. The main content area features a table with columns: Name, Status, Alert, and OEE (%). The table lists several pieces of equipment with their respective status icons (green checkmark, blue checkmark, red X, yellow exclamation mark, or grey circle) and alert icons (bell or red bell). The OEE percentage is displayed in a colored circle: green for acceptable, yellow for alert, and red for critical.

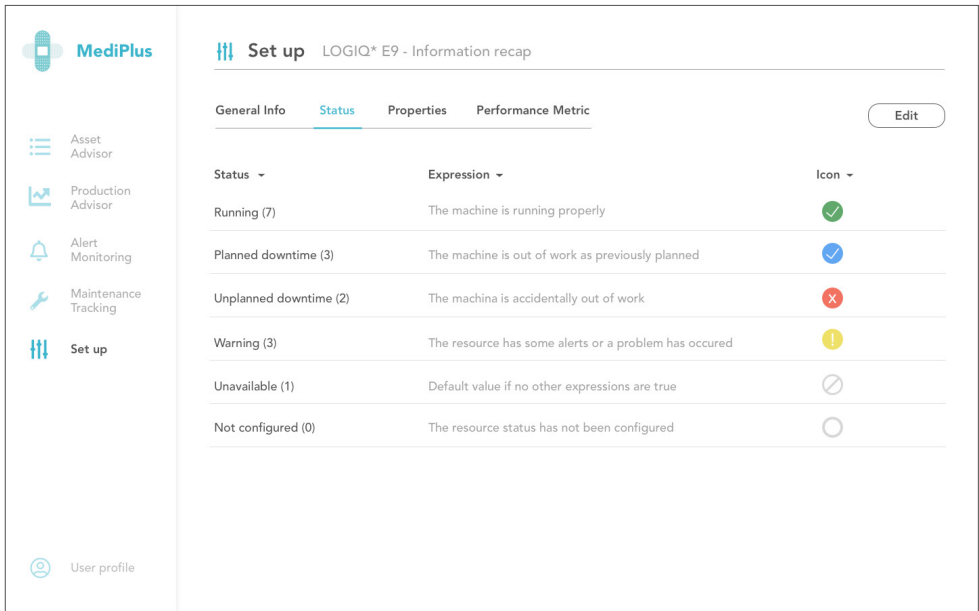
Name	Status	Alert	OEE (%)
Ultrasound LOGIQ* E9	✓	🔔	50
MAC 2000 Resting ECG	✓	🔔	86
Alaris 8100 LVP Infusion Pump	✓	🔔	72
Baxter Sigma New 8.0	✓	🔔	81
Optima CT540	✗	🔔	64
B BRAUN Infusomat Space Pump	!	🔔	29
Ingenia Elition 3.0T X	!	🔔	25
The Carestation 650	○	🔔	○
ESTETICA™ E70/E80 Vision	○	🔔	○



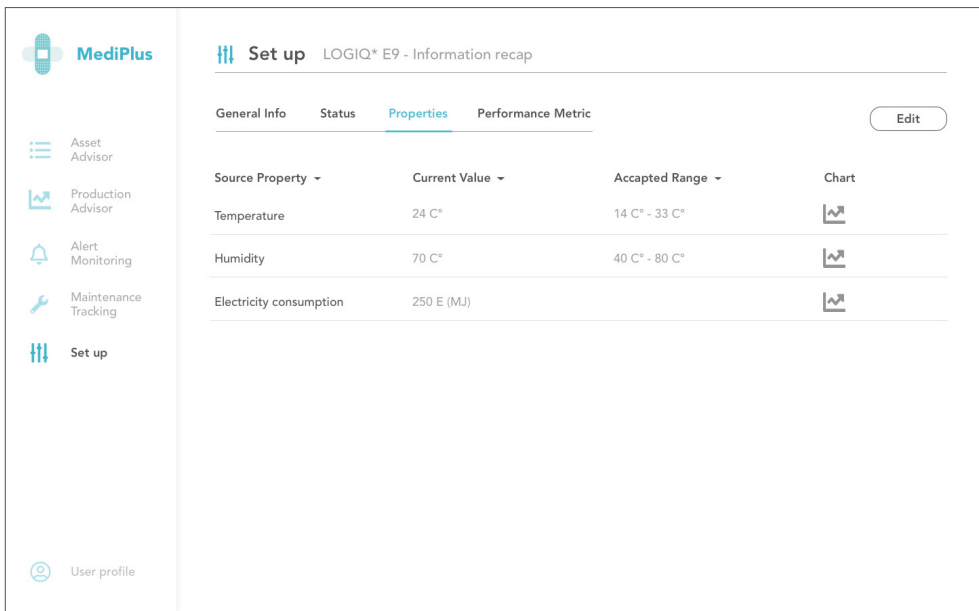
[Fig. 82] Set up - Configurazione dispositivo



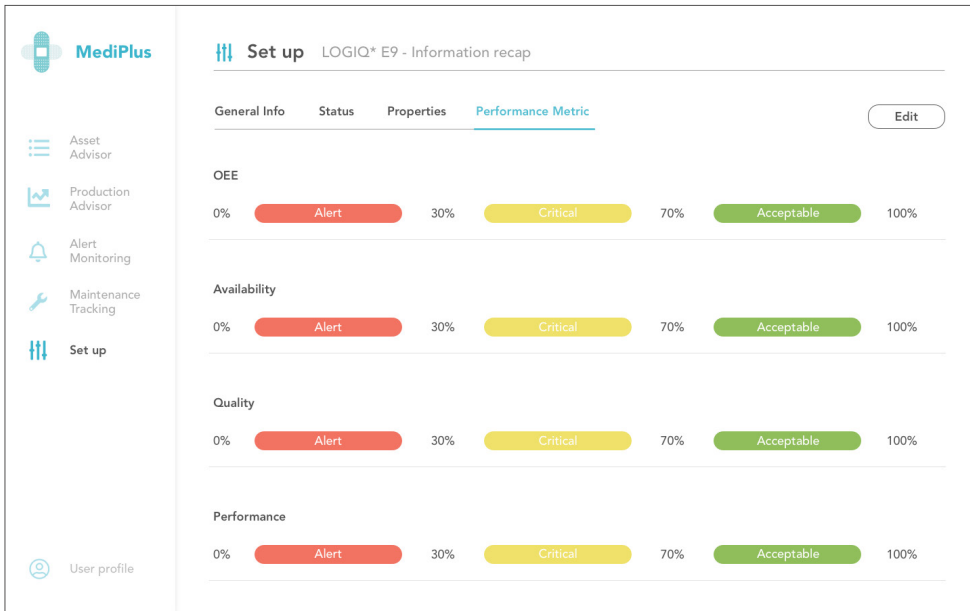
[Fig. 83] Set up - General info



[Fig. 84] Set up - Status



[Fig. 85] Set up - Properties



[Fig. 86] Set up - Performance Metric

7.3 IL PROTOTIPO

Al fine di fare spigare meglio il funzionamento dell'architettura IoT applicata ad un sistema di Asset Management aziendale, è stato realizzato un prototipo funzionante che mostrare come, una volta che il sistema registra un valore fuori range, le informazioni sull'interfaccia cambiano e quindi come l'utente finale interagisce con il sistema. Il prototipo è stato utile in fase di ricerca per capire il funzionamento tecnico del sistema e come progettare la user experience dell'utente.

Il prototipo è stato realizzato utilizzando un raspberry Pi3 e un sensore di temperatura - umidità. I valori provenienti dai sensori sono quelli mostrati nella tab *Monitored Properties*, nella sezione *Asset Advisor*.

7.3.1 Livello front-end

Nel prototipo proposto la dashboard è un sito, il quale è esposto da un web server. In informatica un web server è un'applicazione software che, in esecuzione su un server (in questo caso il raspberry), è in grado di gestire le richieste di trasferimento di pagine web di un browser. La comunicazione tra server e browser avviene tramite il protocollo HTTP, o eventualmente la versione sicura HTTPS. Dunque, la dashboard progettata può essere visualizzata su un qualsiasi browser. Il raspberry e un altro computer ad esso collegato costituiscono una LAN. Il web server che espone il sito è situato su raspberry e può essere raggiunto dai browser di tutti i dispositivi collegati alla stessa LAN, tramite l'indirizzo IP. Lo sviluppo front end denota la parte visibile all'utente e con cui egli può interagire, e cioè l'interfaccia utente. Il layer front end

della dashboard è scritto principalmente in 3 linguaggi: html, css e javascript.

HTML

È stato sviluppato nei primissimi anni novanta del XX secolo da Tim Berners-Lee al CERN di Ginevra, per la formattazione e l'impaginazione di documenti ipertestuali disponibili nel web 1.0: ti dice cosa c'è nella pagina, ad esempio testi, immagini e tabelle.

CSS

È un linguaggio che permette di definire la formattazione di documenti HTML, XHTML e XML, ad esempio i siti web e le relative pagine web: ti dice come mostrare gli elementi nella pagina e ti permette di scegliere colori, dimensioni e posizioni.

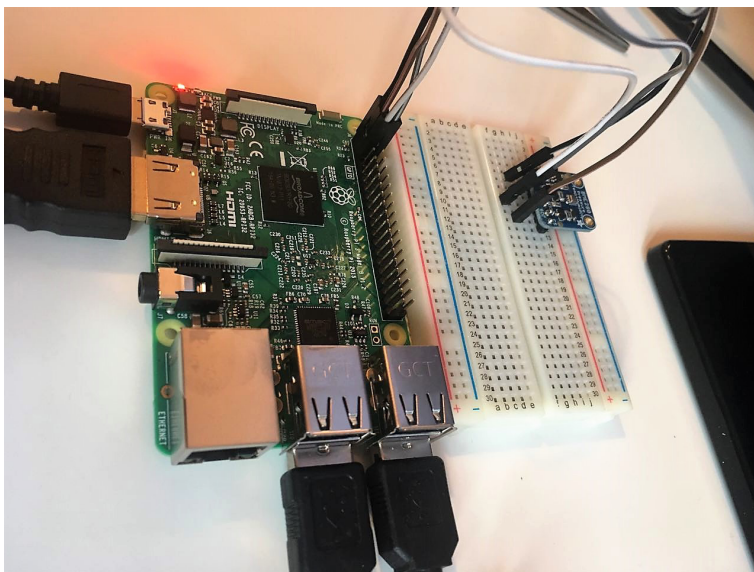
JAVASCRIPT

È stato il primo linguaggio di scripting web, permette alla pagina di reagire ai click degli utenti: con questo strumento puoi creare gallery, animazioni, o mostrare dati estrapolati da altri siti.

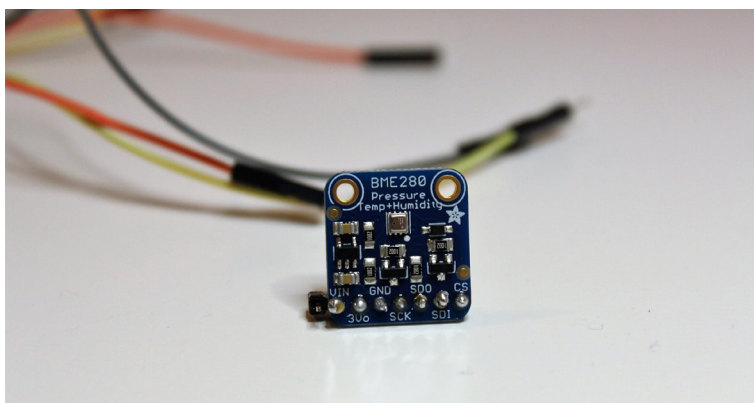
7.3.2 Livello back-end

La programmazione backend permette l'effettivo funzionamento delle interazioni che avvengono a livello frontend. Il linguaggio utilizzato in questo prototipo è Python, il quale da un lato si interfaccia con i sensori raccogliendo i dati relativi, e dall'altro espone delle API Rest con gli output raccolti. I servizi esposti da Python vengono contattati dalla dashboard. Python supporta diversi paradigmi di programmazione ed offre una tipizzazione dinamica forte. È fornito di una ricca libreria built-in, è comodo ma anche semplice da usare e imparare. Python, nelle intenzioni del suo creatore Guido van Rossum, è nato per essere un linguaggio immediatamente intuibile.

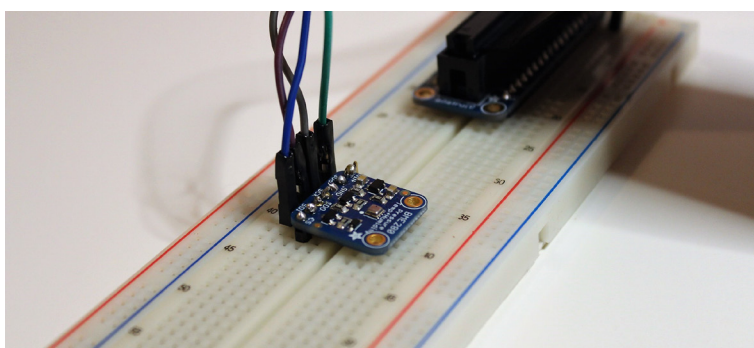
Le librerie dei sensori vengono rilasciate prevalentemente dai creatori dei sensori, servono per far comunicare questi ultimi con i Python. Le librerie, una volta importate in Python, consentono al linguaggio di interfacciarsi con i sensori. Nel caso dei sensori utilizzati in questo prototipo, è possibile trovare le rispettive librerie sui siti dei fornitori.



[Fig. 87] Foto del prototipo

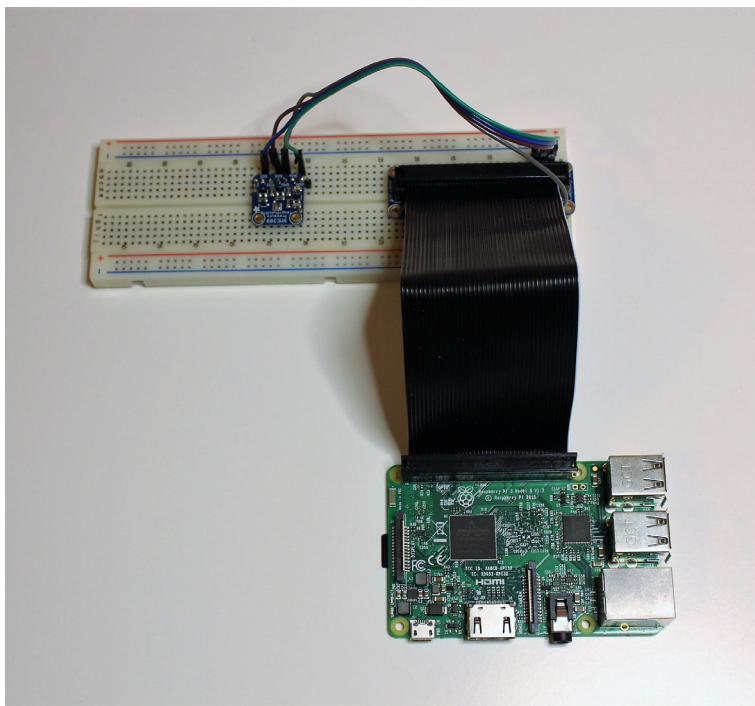


[Fig. 88] Foto del prototipo



[Fig. 89] Foto del prototipo

[Fig. 90] Foto del prototipo



7.4 I BENEFICI DI MEDIPLUS

I vantaggi che derivano dall'introduzione di una piattaforma come MediPlus all'interno delle logiche manageriali delle aziende, non vertono unicamente su una gestione più fluida e immediata degli asset. Infatti, la comunicazione e la condivisione dei dati relativi all'equipment riguardano anche le persone coinvolte nella gestione patrimoniale, aiutano nell'identificazione dei colli di bottiglia del processo, ad analizzare le prestazioni per lo sviluppo di pratiche all'avanguardia e a finalizzare la standardizzazione dei processi dei report tra diverse aree manageriale dell'azienda. Tutto ciò consente di migliorare l'offerta verso i clienti. Tra i benefici principali, elenchiamo:

- **Lato clinico:** accesso a risorse maggiormente affidabili con tempi di fermo ridotti;
- **Lato operativo:** aumento dell'efficienza, della produttività e dell'efficacia delle risorse grazie ai dati raccolti ed elaborati da un unico sistema;
- **Lato finanziario:** inferiore impatto finanziario delle spese amministrative e della manutenzione non programmata;
- **Lato tecnico:** facilitazione accesso ai dati e reporting sugli asset;
- **Crescita ed espansione:** user-intelligence basata sui dati per definire la pianificazione del capitale e gli investimenti futuri;
- La **visibilità delle risorse** presenti in tutto il sistema fa sì che le decisioni aziendali siano basate su dati con metriche prestazionali ben definite;
- Migliore qualità delle attività e costi di manutenzione ridotti

- Standardizzazione dei processi aziendali tra unità
- Monitoraggio semplificata sulla conformità degli asset
- La presenza di basi solide per l'analisi avanzata dei dati consente di rilevare in maniera predittiva il *failure* delle risorse

La soluzione MediPlus offre una visione integrata sulle risorse e sulle loro prestazioni, necessaria per prolungare la vita utile di un bene, consentendo un miglior monitoraggio e una gestione più efficiente delle risorse chiave che sono fondamentali per il successo aziendale. Attraverso una GUI intuitiva e fluida, MediPlus è progettata per fornire un'analisi completa degli asset sui tempi di inattività, sui trend dei consumi, sulla performance, sulla qualità e sui KPI di asset health predefiniti dall'azienda. Attraverso la dashboard è possibile controllare in tempo reale lo stato di inattività, riportato in ore, e la performance degli asset. Riducendo il downtime dei macchinari, migliorandone tutti i parametri OEE, si possono eseguire più visite ai pazienti e dunque il servizio e l'offerta della struttura sanitaria ai propri utenti migliora.

7.5 LIMITI E SVILUPPI FUTURI

MediPlus consente di vivere un'esperienza fluida e immediata a chi necessita di avere sotto controllo diversi asset all'interno di un'azienda. Le funzioni che una piattaforma di Smart Asset Management può svolgere possono essere molteplici.

Per questa tesi sono state sviluppate le schermate relative alle azioni principali che deve compiere l'asset manager, e dunque il monitoraggio da remoto e in tempo reale dei dispositivi, una dashboard che consenta di generare dei grafici di report relativi alle proprietà e allo stato di funzionamento dei macchinari e la gestione dei ticket. Sarebbe interessante e utile andare a mappare anche quella parte di flusso operativo che riguarda l'integrazione dei macchinari (non necessariamente intelligenti) già in uso presso un'azienda con MediPlus. In quel caso, ed esempio, potrebbe esserci una schermata che consenta di importare dei documenti relativi alla storia passata del macchinario, in modo tale da consentire l'integrazione dei dati già esistenti sulla piattaforma. Si potrebbero aggiungere delle funzioni che consentano di archiviare documenti e report anche dei macchinari non connessi. Questa funzione va di pari passo con un fattore molto importante, di cui si deve tenere sempre conto quando si vuole progettare un nuovo servizio fondato su una tecnologia disruptive come quella IoT, che è quello *dell'integrazione*. Infatti, implementare l'utilizzo di tecnologie intelligenti all'interno di un sistema articolato e grande come quello delle aziende sanitarie non è immediato. Si tratta infatti di un cambiamento estremamente complesso a cui dare inizio e da organizzare, che oltre ai vantaggi elencati nei paragrafi precedenti, comporta anche una serie di sfide che se non opportunamente affrontate possono generare delle criticità. L'azienda che decide di adottare queste soluzioni deve essere pronta ad investire dei capitali piuttosto ingenti e pianificare correttamente la nuova strategia aziendale, nel caso descritto sarà una strategia tutta orientata al dato. Deve essere anche correttamente progettato il momento in cui si

decide di avvalersi di tali tecnologie; se all'inizio di una nuova attività aziendale, allora si presuppone che tutti gli asset che si utilizzeranno siano smart; se invece si decidono di integrare ad una realtà aziendale già consolidata e con delle risorse non connesse, il processo è più lento e complicato. Infatti alcuni macchinari possono essere resi intelligenti in un secondo momento, installando dei sensori poco invasivi che non vadano a compromettere il loro funzionamento e soprattutto che non causino danni al dispositivo. Tuttavia si devono prendere in considerazione dinamiche che riguardano la garanzia, i protocolli, la configurazione e la compatibilità con il resto del sistema.

Investire sull'Internet of Things significa creare un ecosistema, all'interno del quale convergono competenze, culture e piattaforme digitali. È una scelta strategica che presuppone una vera e propria trasformazione culturale delle aziende.

Bibliografia

Garrett Jesse James, *The Elements of User Experience*, New Riders Publishing, 2011

Sitografia

[1] <https://blog.matthews.com.au/real-cost-unreliable-equipment/>

[2] <https://ubidots.com/blog/iot-dashboards/>

[3] <https://www.datapine.com/blog/dashboard-design-principles-and-best-practices/>

[4] http://www.salute.gov.it/portale/temi/p2_6.jsp?id=328&area=dispositivi-medici&menu=classificazione

Indice delle immagini

Fig. 1: <https://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/images/iot/guide-to-iot-infographic.png>

Fig. 2: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/machine-to-machine-M2M>

Fig. 3: <https://www.tado.com/en/>

Fig. 4: <https://lattis.io/>

Fig. 5: <https://august.com/>

Fig. 6: <https://solidgeargroup.com/aplicaciones-con-tecnologia-rfid?lang=es>

Fig. 7: <http://www.libelium.com/>

Fig. 8: <http://ibgsoftware.com/stick-with-your-concept-but-do-your-homework/>

Fig. 9 e 10: Capgemini, Unlocking the business value of IoT in operations, rapporto interno, 2017

Fig. 11: <https://www.ibmbigdatahub.com/infographic/iot-automotive-deconstructed>

Fig. 12 e 13: PTC, The State of the Industrial Internet of Things 2017, rapporto interno, 2017

Fig. 14: <http://www.parma.federmanager.it/industria-4-0-capitale-umano-impnditori-manger-insieme-limpresa-del-futuro/>

Fig. 15: Schuh G., Anderl R., Gausemeier J., Ten Hompel M., Wahlster W., Industrie 4.0 Maturity Index Managing the Digital Transformation of Companies, acatech STUDY, 2016

Fig. 16: Chitkara R., The Industrial Internet of Things, PWC, 2016

Fig. 17 e 18: illustrazioni elaborate dall'autore

Fig. 19, 20, 21, 22 e 23: Dennis M., Velayudam C. e Subramanian A.,

Using Predictive Maintenance of Industrial Assets: Your Starting Point to the Digital Manufacturing Journey, Capgemini, rapporto interno, 2017

Fig. 24: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/iot-integration-questions/>

Fig. 25: <https://www.fitbit.com/it/alta>

Fig. 26: Doukas C. e Maglogiannis I., Bringing IoT and Cloud Computing towards Pervasive Healthcare, 2012

Fig. 27: <https://hitinfrastructure.com/features/considerations-for-deploying-healthcare-wireless-networks>

Fig. 28: http://social-innovation.hitachi/en/case_studies/mri_predictive_maintenance/index.html?WT.ac=LoBn

Fig. 29: Florin C. e Srivastava A., MedTech Prognostic IoT: Predictive Maintenance for Medical Devices, Karvy Analytics, 2015

Fig. 30: <https://www.medgadget.com/2018/03/philips-ingenia-elition-3t-mri-scanner-unveiled.html>

Fig. 31: https://mms.businesswire.com/media/20171018005647/en/619213/5/%5BCaption%5D_Artificial_Intelligence-assisted_liposuction_technology_20171017.jpg?download=1

Fig. 32:
<https://www.f3nws.com/news/internet-of-things-in-the-enterprise-the-state-of-play-zdnet-YdJfuB>

Fig. 33: Pelino M., Hewitt A., Voce C., Maxim M., Gillett F. E., Hammond J. S., Caputo M., e Lynch D., The Forrester Wave™: IoT Software Platforms, Q4 2016. The 11 Providers That Matter Most And How They Stack Up, Forrester Research, 2016

Fig. 34: <https://www.ibm.com/watson/index.html>

Fig. 35: <https://www.ge.com/digital/iiot-platform>

Fig. 36: <https://azure.microsoft.com/en-us/>

Fig. 37: <https://aws.amazon.com/it/>

Fig. 38: <https://developer.thingworx.com/en>

Fig. 39: <https://developer.thingworx.com/resources/guides/thingworx-industrial-connectivity-guide>

Fig. 40: https://www.engineering.com/IOT/ArticleID/14746/KEPServerEX-Version-6-1-Offers-Enhanced-IIoT-Capabilities.aspx?e_src=relart

Fig. 41: https://www.ptc.com/-/media/Files/PDFs/Manufacturing/J9104-ThingWorx-Controls-Advisor-DS_EN_v1d.pdf?la=en&hash=AF906BE442334416D417A933DE7617231FA7F499

Fig. 42: <https://www.ptc.com/en/products/service-lifecycle-management/thingworx-asset-advisor>

Fig. 43: <https://www.capgemini.com/it-it/news/capgemini-guarda-al-futuro-con-una-nuova-brand-identity/>

Fig. 44: <https://core-electronics.com.au/dht11-temperature-and-relative-humidity-sensor-module.html>

Fig. 45: <https://www.robotstore.it/Kit-di-sensori-e-moduli-37in1-per-Arduino-e-Raspberry-Pi>

Fig. 46: <https://www.futurashop.it/modulo-1-rel%C3%A8-5-vdc-10a-montato-2846-relay1ch>

Fig. 47: <https://www.reichelt.de/led-5-mm-bedrahtet-gelb-20-mcd-60-led-5mm-st-ge-p6825.html>

Fig. 48: illustrazione elaborata dall'autore

Fig. 49: <https://projects.raspberrypi.org/en/projects/raspberry-pi-getting-started>

Fig. 50: <https://projects.raspberrypi.org/en/projects/raspberry-pi-getting-started/3>

Fig. 51 e 52: illustrazioni elaborate dall'autore

Fig. 53: GE Healthcare, rapporto interno: Asset Performance Management. Helping your equipment perform better for you, 2017, General Electric Company

Fig. 54:

Fig. 55: <https://cmsantagostino.it/>

Fig. 56: <http://usdontics.weebly.com/dental-chair-model-st-d307-upgraded.html>

Fig. 57: <http://www.medicalexpo.com/prod/samsung/product-70129-804322.html>

Fig. 58: illustrazione fornita dal Centro Medico Santagostino

Fig. 59: illustrazione elaborata dall'autore

Fig. 60: <https://medium.muz.li/dashboard-inspiration-2017-504b37887f34>

Fig. 61: <https://ubidots.com/blog/iot-dashboards/>

Fig. 62 e 63: Garrett Jesse James, The Elements of User Experience, New Riders Publishing, 2011

Fig. 64, 65 e 66: <https://usabilitygeek.com/dashboard-design-user-experience-guidelines/>

Fig. 67: <https://mashable.com/category/google-analytics/?europe=true>

Fig. 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87: illustrazioni elaborate dall'autore

