



DIPARTIMENTO DI IMPRESA E MANAGEMENT

CORSO DI LAUREA TRIENNALE IN
ECONOMIA E MANAGEMENT

CATTEDRA DI
TECNOLOGIE DIGITALI
E CAMBIAMENTI ORGANIZZATIVI E SOCIALI

LO SMART OBJECT TRACKING
NELL'ERA DELL'*INTERNET OF THINGS*
PROTOTIPAZIONE DI UNA *SMART LIBRARY* PRESSO IL LUISS LOFT

DOCENTE RELATORE

PROF. STEFANO ZA

LAUREANDO

FRANCESCO PAOLO CARAGIULO

MATR. 205831

ANNO ACCADEMICO
2018/2019

Ai miei nonni

RINGRAZIAMENTI

La redazione di queste parole rappresenta a tutti gli effetti la conclusione, a tratti simbolica, di un percorso di studi estremamente ricco ed emozionante. Il triennio universitario è stato per me occasione unica di crescita e maturazione. Culturale ed accademica in primo luogo, nella misura in cui ho adesso le conoscenze e gli strumenti analitici e critici per osservare e commentare la realtà, comprendendone in maniera puntuale e corretta i meccanismi di funzionamento. Ma anche crescita personale dal momento che, da fuori sede, mi sono ritrovato a confrontarmi per la prima volta con tante piccole e grandi faccende, attività e responsabilità della vita da adulti.

Il mio primo ringraziamento va al Prof. Stefano Za, con il quale ho avuto numerose volte il piacere di discutere di argomenti ed idee nuove ed innovative. Le sue lezioni e pubblicazioni, alle quali diverse sezioni di questo elaborato fanno ampiamente riferimento, sono state continuamente fonte di conoscenza e ragione di approfondimenti che spesso sono andati ben al di là dei *syllabi* dei suoi Corsi, di *Informatica e Tecnologie Digitali e Cambiamenti Organizzativi e Sociali*, a cui ho preso parte sempre con estremo interesse. Cosa, mi sento di dirlo, non sempre scontata. Vorrei altresì esprimere a lui la mia gratitudine e riconoscenza per aver accettato di seguirmi nello sviluppo di questa Tesi e delle conseguenti sperimentazioni.

Un grande ringraziamento va a tutta l'Università LUISS, il cui ambiente si è dimostrato dinamico, innovativo e foriero di incredibili opportunità. Ringrazio l'Ateneo che mi ha permesso di seguire un corso di studi di eccellenza, che fornisce gli spazi per sviluppare le passioni degli studenti e che ha creduto nella mia persona, consentendomi addirittura di tenere un corso di un semestre per mettere a disposizione dei colleghi i miei interessi e le mie conoscenze in materia di tecnologie innovative, come la Stampa 3D e l'Elettronica digitale.

A tal proposito, e per tante altre ragioni, ringrazio in particolare il team del LUISS Loft, nello specifico nella persona del Dott. Marco Lecher, la cui cortesia ed estrema disponibilità hanno permesso in questi anni un'interazione proficua relativamente a numerosi progetti ed iniziative, ultima quella descritta in questa trattazione.

Ringrazio i miei nonni Benedetto e Giuseppina, senza i quali tante cose nella mia vita sarebbero state solo ambizioni impossibili. Li ringrazio per gli sproni continui ad affrontare con coraggio le difficoltà, per assecondare i miei interessi e i miei progetti spesso "caotici", per l'orgoglio nei loro occhi ad ogni esame superato e per essermi accanto anche quando non tutto va per il verso giusto. Nella dialettica continua e spesso nello scontro, sono supporto, sostegno e modelli inarrivabili.

Ringrazio Mamma, per i suoi mille "Forza! Ci siamo quasi!" di questi anni e perché ogni giorno rende migliore la mia vita e quella di mio fratello Benedetto, da 18 anni compagno di viaggio imprescindibile.

Ringrazio mio zio Carlo e mia zia Rosalba, per la spensieratezza che riesce a dare anche alle giornate più uggiose. Ringrazio mio cugino Francesco, pioniere della famiglia nel mondo dell'Economia e primo della generazione a vincere con successo la sfida della Laurea, e le mie cugine Anna e Giusy: crescere è stato più bello con i vostri sorrisi e la vostra spontanea solarità.

Ringrazio così tutta la mia famiglia, che mi ha accompagnato in questo percorso. Sono fiero di tutti voi. Quando ci ritroviamo, a casa è sempre festa, qualsiasi giorno segni il calendario. Ognuno con i suoi modi, mi fate sentire amato.

Un ringraziamento speciale va a Myriam, entrata in punta di piedi nella mia vita in una sera d'inverno e che adesso ne è parte fondamentale. La ringrazio per esserci sempre, per supportarmi e sopportarmi ogni giorno, per sapere sempre come prendermi anche quando non ci riuscirebbe nessuno. In ogni tuo abbraccio, in ogni tuo bacio, c'è un po' di felicità.

Ringrazio Caterina, perché la sua voce non riempie solo i palcoscenici dei teatri dell'opera ma è anche dispensatrice di risate e simpatia, Costanza, che mi sento di dire è il mio alter-ego femminile, per i suoi consigli (e i rimproveri!) e le parole sempre adatte ad ogni situazione, e Maria Francesca, che parla tanto ma soprattutto sa ascoltare e sa sempre portare un sorriso. Grazie per le nostre mille chiacchierate, e per essere le migliori amiche che si possano desiderare nella vita.

Grazie ad Alessio, che più di ogni altro ha condiviso con me le fatiche, le preoccupazioni e le gioie di questi tre anni. Nel mare delle conoscenze universitarie, è diventato un amico come pochi. Non c'è argomento di cui non abbiamo parlato e non c'è miglior persona con cui lavorare e confrontarsi.

Un ringraziamento va alla mia compagnia teatrale, TeatrAmico, e specialmente a Rino, un uomo come pochi sul palco e nella vita, che ha creduto in me (e nelle mie tante proposte, spesso forse folli) e mi ha messo alla prova, permettendomi di lavorare alla regia di un grande spettacolo. E grazie a Giustina, che sa sempre come mettermi di fronte alla realtà delle mie emozioni.

Ringrazio il mio coinquilino Leo, i ragazzi della Residenza di Via Lisbona, Giordano, Luca, Sophie, Claudia, Giulia, Flavia e tutti gli amici di Mola di Bari e di Roma, artefici di infiniti bei ricordi.

Concludo ringraziando tutti coloro che, a vario titolo, sono stati parte di questi tre magnifici anni. Mi piace pensare che i legami che si sono creati, consolidati e rafforzati, possano durare una vita.

Francesco Paolo Caragiulo

Roma, 25 Settembre 2019

INDICE

RINGRAZIAMENTI	IV
PREFAZIONE	VII
CAPITOLO I LA RIVOLUZIONE DIGITALE	9
1.1 - DALL'HOMO SAPIENS ALL' <i>HOMO DIGITALIS</i>	9
1.2 - LA RIVOLUZIONE DEI DATI L'INDUSTRIA 4.0	13
1.3 - DAL WEB AGLI OGGETTI: L'INTERNET OF THINGS.....	18
1.4 – LO SMART OBJECTS TRACKING DA AMAZON ALLE <i>SMART LIBRARIES</i>	21
CAPITOLO II METODOLOGIE, MODELLI E TECNOLOGIE	23
2.1 - INTRODUZIONE AL PROGETTO DI SMART OBJECT TRACKING	23
2.2 - LA <i>DESIGN SCIENCE RESEARCH METHODOLOGY (DSRM)</i>	23
2.3 - IL BUSINESS PROCESS MODELLING.....	32
2.4 - LA TECNOLOGIA RFID.....	37
2.5 - ARDUINO	40
CAPITOLO III UN SISTEMA DI SMART BOOK TRACKING @ LUISS LOFT	42
3.1 - IDENTIFICAZIONE E MOTIVAZIONE DEL PROBLEMA	42
3.2 - DETERMINAZIONE DEGLI OBIETTIVI.....	43
3.3 - DESIGN E SVILUPPO DELL'ARTEFATTO	44
3.4 - DIMOSTRAZIONE	50
3.5 - VALUTAZIONE.....	52
3.6 - COMUNICAZIONE.....	53
CAPITOLO IV SVILUPPI FUTURI E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	54
4.1 - OLTRE IL PROTOTIPO IMPLEMENTAZIONE DEL SU LARGA SCALA.....	54
4.3 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	61
BIBLIOGRAFIA	LXIII
SITOGRAFIA PARZIALE	LXV

PREFAZIONE

Dalle comunicazioni personali alla scelta del posto dove andare a cena, dalla lettura delle ultime notizie al cinema e alla musica, passando per lo shopping, i trasporti, i pagamenti e il monitoraggio della propria salute fino ad arrivare, forse, addirittura alla creazione di ricordi ed emozioni: tutte le attività dell'Uomo, negli ultimi decenni, si sono intrinsecamente legate alla tecnologia digitale.

Una tecnologia che non può essere racchiusa, semplicisticamente, nell'idea di personal computer o di smartphone, ma che va invece percepita come ciò che rende possibile l'interazione senza latenze di persone, computer e oggetti, in un network di connessioni, *Internet*, che da strumento di scambio di informazioni testuali è diventato l'anima di un vero e proprio ecosistema in perenne evoluzione, a tratti imprevedibile, dove un'instancabile voglia di innovare è la chiave per la creazione di servizi, attività ed opportunità sempre nuovi, sempre più utili e redditizi.

Il mondo digitale, all'alba del 2020, è qualcosa di molto lontano dalla mera codificazione numerica che il termine originariamente voleva indicare (digitale, dall'inglese *digit*, ovvero "cifra, numero", a sua volta dal latino *digitus*, "dito", perché proprio con le dita si contano i numeri). La codificazione digitale, nata in codice binario per poter essere "compresa" dall'elettricità (0 = spento, 1 = acceso), ha creato negli anni una comunicazione istantanea, immediata e on demand, capace di assecondare, come nulla prima di essa, uno degli istinti primi dell'essere umano: l'essere, riprendendo Aristotele, un animale sociale. L'uomo esiste e si riconosce in una continua interconnessione con i suoi simili e, come ogni animale, vive e percepisce sensorialmente la realtà che lo circonda, elaborandola poi razionalmente. Ed è avendo ben chiara la natura dell'uomo che dobbiamo interpretare l'attuale tecnologia, una tecnologia "sensoriale", che come i suoi creatori si interfaccia con la realtà circostante, la interpreta e la sottopone alle proprie categorie.

Una tecnologia "intelligente" che, a suo modo, vive nel mondo e perennemente raccoglie, e spesso si tratta di una vera e propria estrazione (*mining*), una quantità immane di dati, nei modi più avanzati e nelle forme più varie, destinati ad essere immagazzinati (*stored*) in enormi database, che sempre più spesso assumono l'organizzazione logica, e logistica, di veri e propri magazzini organizzati (*Data Warehouse*), informazioni destinate ad essere

successivamente processate con il fine ultimo di creare altri dati, utili ad una miriade di attività e processi tra uomini e uomini (*people-to-people*), uomini e macchine (*people-to-machine*) o macchine e macchine (*machine-to-machine*) volti a migliorare ed efficientare sempre più le vite degli uomini, il sistema economico e la società nel suo complesso.

In questa trattazione si indagherà il fenomeno, tutto di questo decennio, dell'“Internet delle cose”, l'*Internet of Things*, appunto. Sarà presa in considerazione dapprima una prospettiva storica, volta a ripercorrere l'evoluzione della tecnologia dalla nascita di Internet ai *Big Data*, al *Machine Learning* e al *Cloud* e *Cognitive Computing*, ci si soffermerà poi sul fenomeno IoT esaminando alcune delle tecnologie e piattaforme maggiormente utilizzate (nello specifico RFID e Arduino). Il fenomeno sarà poi declinato in una sperimentazione pratica, seguendo il modello di design elaborato da K. Peffers, T. Tuunanen, Marcus A. Rothenberger e S. Chatterjee, attraverso la progettazione di un sistema di “Smart Object Tracking”, ovvero identificazione e tracciamento intelligente di oggetti fisici, localizzato all'interno del Laboratory of Fabulous Things (LOFT) della Libera Università Internazionale degli Studi Sociali “Guido Carli”, presso la quale chi scrive si appresta a concludere un percorso di Laurea Triennale in Economia e Management.

L'idea alla base della sperimentazione presentata in questo elaborato nasce in primis da un personale interesse di chi scrive, tanto in ambito di programmazione quanto di prototipazione rapida di elettronica e robotica, la quale si è tra l'altro concretizzata in un corso in peer-learning dal titolo *Making with Arduino & 3D Printers* tenuto dal sottoscritto presso il LUISS LOFT nel secondo semestre dell'A.A. 2017 / 2018.

Il progetto si è meglio delineato in seguito ad una serie di illuminanti incontri e conversazioni in materia di nuove tecnologie e Internet of Things con il Professor Stefano Za e con il Dottor Marco Lecher, responsabile del LOFT.

CAPITOLO I | LA RIVOLUZIONE DIGITALE

1.1 - DALL'HOMO SAPIENS ALL'HOMO DIGITALIS

L'esistenza dell'Uomo ha da sempre quale elemento fondante la memoria, intesa come quel set di informazioni considerate valevoli di essere trasmesse alle generazioni successive, e diventati nel tempo patrimonio caratterizzante delle stesse società.

Le esigenze di trasmissione delle conoscenze, e successivamente delle competenze, hanno posto gli uomini davanti alla sfida di trovare un sistema per poter, in qualche modo, codificare e agilmente decodificare dapprima semplici attività pratiche, poi quantità numeriche ed in seguito idee e concetti. I dipinti rupestri raffiguranti le tecniche di caccia all'*uro* (un antenato dei nostri tori) dipinte a Lascaux oltre 17500 anni fa¹, sono diventate le tavolette commerciali sumere in cuneiforme del XXXI sec. a.C., poi i caratteri sillabici delle Lineari minoiche del XIII sec. a.C. per arrivare finalmente a quelli alfabetici fenici del XIV – XI sec. a.C. . Da questo alla codificazione digitale, il passaggio è stato relativamente breve.

Insieme ai linguaggi si sono evoluti i supporti di memorizzazione dei dati, dalla pietra alla carta, fino ad arrivare alla scrittura ottica dei CD e a quella magnetica dei moderni dischi a stato solido (*Solid State Disk*). Ad ogni *boost* evolutivo della tecnologia è corrisposto un aumento della velocità di scrittura delle informazioni, simultaneamente ad un incremento delle capacità di calcolo degli strumenti a disposizione: in “soli” 5000 anni si è passati dall'abaco ai sistemi computazionali quantistici, e tale progresso è stato condizione necessaria e al tempo stesso sufficiente per gettare le basi di quella che, senza troppe esitazioni, è stata definita Quarta Rivoluzione industriale² (Cfr. 1.2).

È opportuno, per poter comprendere a pieno l'impatto rivoluzionario delle attuali tecnologie digitali, fare un salto indietro alle origini di ciò che più di ogni altra cosa rende possibile parlare oggi di Rivoluzione Digitale: Internet.

¹ Holly Capelo, *Symbols from the Sky: Heavenly messages from the depths of prehistory may be encoded on the walls of caves throughout Europe*. in *Seed Magazine*, luglio 2010
merlynne6, *What the Lascaux Cave Paintings Tell Us About How Our Ancestors Understood the Stars*, su environmentalgraffiti.com, 2009.

² Con Prima Rivoluzione Industriale, ci si riferisce alle innovazioni, nella seconda metà del 1700, che seguirono l'introduzione della spoletta volante e della macchina a vapore. La seconda rivoluzione industriale viene fatta convenzionalmente partire dal 1870 con l'introduzione dell'energia elettrica, dei prodotti chimici e del petrolio. La Terza Rivoluzione Industriale è quella dell'elettronica, delle telecomunicazioni e dell'informatica, dal 1970 in poi.

Non è necessario andare troppo lontano, in realtà. Siamo in piena Guerra Fredda, dove blocco Atlantico e blocco Sovietico, ben consapevoli delle potenzialità devastanti per l'intera umanità di quegli armamenti atomici da poco sviluppati, scelgono di lanciarsi in una competizione decisamente meno distruttiva: quella della conquista dello spazio. Nel 1957 l'U.R.S.S. aveva lanciato in orbita lo Sputnik I e gli Stati Uniti non potevano essere da meno. Proprio per efficientare lo scambio di informazioni tra i diversi centri di ricerca sparsi per il paese, l'ARPA (*Advanced Research Project Agency*) intraprese lo sviluppo di un network di computer che potesse superare le criticità emerse dallo standard di comunicazione all'epoca in uso: la commutazione di circuito (*circuit switching*).

In un sistema a commutazione di circuito si realizza una linea diretta tra l'origine e la destinazione della trasmissione risultante dall'instradamento (fisico, mediante dei ponti di cavi) della connessione tra diverse stazioni intermedie (*nodes*) collocate a breve distanza l'una dall'altra. Il limite più evidente di tale tecnologia era rappresentato dal fatto che, qualora una delle stazioni per un qualsiasi motivo fosse fuori servizio, la connessione sarebbe stata immediatamente interrotta. Al tempo stesso la creazione di una *direct line* tra due interlocutori rendeva impossibile un utilizzo simultaneo della rete da parte di più utenti. Per esemplificare la situazione, Robert W. Taylor, che per ARPA lavorava a diversi progetti collocati in tre istituti diversi, utilizzava per comunicare tre terminali ad hoc, uno per ogni istituto.³ Inoltre, lo spettro, sempre più o meno incombente, di una guerra nucleare sollecitava a pensare ad un mezzo di comunicazione che potesse resistere anche ad un attacco atomico. E così, pochi mesi dopo che Neil Armstrong e Buzz Aldrin avevano toccato il suolo lunare (sancendo la vittoria degli Stati Uniti nella "Guerra dello Spazio"), il 5 dicembre 1969 nasceva ARPANET (*Advanced Research Projects Agency NETWORK*), il primo vero archetipo dell'attuale Internet.

ARPANET utilizzava una tecnologia ben diversa dalla commutazione di circuito, che si sarebbe rivelata rivoluzionaria: la commutazione di pacchetto. Il presupposto alla base di tale sistema prevede la scomposizione dei dati in diverse parti di dimensione standardizzata, i pacchetti appunto, i quali vengono instradati singolarmente e, almeno in teoria, indipendentemente lungo la rete seguendo la rotta più veloce, per poi essere ricomposti a destinazione. In ARPANET, l'instradamento (*Routing*) avveniva grazie a dei minicomputer che, ricevuti i dati, li scomponavano in blocchi ai quali si aggiungeva un'intestazione indicante mittente e destinatario, e li inviavano al nodo successivo che in modo totalmente indipendente dal precedente

³ S. Za, *Internet of Things*, LUISS University Press, Roma, 2018, p. 12 e <http://partners.nytimes.com/library/tech/99/12/biz-tech/articles/122099outlook-bobb.html>

instradava il contenuto ricevuto verso un nuovo router via via fino alla destinazione finale. Per di più, da protocollo, ogni router confermava la ricezione del pacchetto prima di re-instradarlo: si ponevano così le basi di quello che nel decennio successivo sarebbe diventato il protocollo di comunicazione TCP/IP, tutt'oggi in uso.

Il protocollo TCP/IP, sviluppato dalla DARPA (la nuova denominazione dell'ARPA, dove D sta per *Defense*) è la risultante dell'utilizzo congiunto del TCP e dell'IP (giunti ormai alla 4ª versione) e si poneva di diventare lo standard in un contesto in cui l'innovazione rappresentata da ARPANET (che, ricordiamolo, connetteva alcune delle più prestigiose università del Paese) era stata seguita ben presto da una miriade di altre reti e da un proliferare di protocolli di comunicazione che per interfacciarsi tra loro necessitavano di *gateway* di conversione ad hoc.

Le qualità vincenti del TCP/IP erano proprio l'affidabilità, data dalla conferma a più livelli della trasmissione della ricezione del messaggio e l'efficienza di instradamento garantita dal protocollo IP, il quale associava ad ogni connessione fisica di accesso ad una rete un indirizzo composto da 32 bit. Per rendere più agevole la lettura di un indirizzo IP, i 32 bit furono accoppiati in 4 bytes (un byte è composto da 8 bit) andando a formare un indirizzo a 4 cifre separate da un punto del tipo 192.168.0.1, dove il valore massimo di ogni cifra è 255⁴.

Nella seconda metà degli anni Settanta, e poi negli anni Ottanta, questa "rete di reti" cresceva ad un ritmo esponenziale e diventava un contesto sempre più appetibile per sviluppare nuove idee e contenuti, e ci volle ben poco perché il termine utilizzato per designarla, *Internetwork*, diventasse semplicemente *Internet*.

Con l'introduzione del DNS (*Domain Name System*), servizio che permetteva l'utilizzo di nomi alfanumerici in luogo degli indirizzi IP numerici (il primo registrato fu *symbolics.com*), l'accesso alla rete divenne sempre più *user friendly* e contemporaneamente (grazie ai personal computer per i privati, sviluppati, tra gli altri, da Hewlett-Packard, IBM e Apple, e ai nascenti servizi ISP - *Internet Service Provider*) Internet, da rete che connetteva università e grandi imprese, iniziò ad entrare nelle case.

I tempi erano ormai maturi per una diffusione su larga scala. La rete dei primi anni Novanta era letteralmente una Babele di lingue e linguaggi. I numerosi servizi offerti dai provider, in primis le *e-mail*, necessitavano ognuno di un

⁴ Essendo il bit basato sul codice binario, esso può avere valore 0 o 1, la massima misura che un byte può assumere, ovvero 1111, equivale in decimale a 255.

software dedicato, per altro diverso per ciascun sistema operativo. Pertanto, com'era stato per il TCP, si rivelò nuovamente necessario definire degli standard che non solo potessero uniformare il contenuto presente in rete, ma potessero dare anche a chiunque la possibilità di aggiungervene di nuovo, in modo che fosse fruibile agevolmente da tutti. Oltre al problema, per nulla secondario, di facilitare la ricerca dei contenuti e la navigazione in un ambiente caotico e per nulla strutturato.

La soluzione giunse dal CERN, da Tim Berners Lee, il quale stava elaborando un sistema per poter catalogare tutte le reti progettuali e informatiche create nel tempo tra i vari ricercatori. Si voleva realizzare un *environment* nel quale, digitando il nome di una persona o di un progetto (*query*), apparisse tutto il materiale presente nel network correlato a tale parola. Berners Lee ritenne che sarebbe stato più opportuno realizzare qualcosa di altamente dinamico piuttosto che un sistema di stoccaggio di informazioni simile ad un database statico, quel qualcosa era l'*hypertext*.

Il concetto di *hypertext* di per sé non fu una novità: era stato sviluppato negli anni Sessanta, e permetteva il collegamento tramite parole cliccabili (*hyperlink*) ad altri contenuti presenti sulla stessa macchina in locale; la vera innovazione fu l'implementazione nell'infrastruttura di Internet degli *hyperlink*, trattando di fatto l'intera rete come se fosse uno spazio unico. Occorreva però conoscere il nome della risorsa e l'indirizzo della macchina che la ospitava. Lo standard per identificare i diversi indirizzi prese il nome di URL (*Uniform Resource Locator*) il quale, in una stringa, riportava il protocollo di comunicazione, l'host del contenuto ed il percorso tra le cartelle (*directories*) al suo interno.

Il sistema sviluppato da Tim Berners Lee introdusse inoltre quelli che sarebbero diventati gli elementi caratterizzanti di Internet: il protocollo http (*HyperText Transfer Protocol*) e il linguaggio HTML (*HyperText Markup Language*), che permetteva di scrivere agevolmente le pagine presenti in uno spazio che Berners Lee amava definire *web*. Egli inoltre sviluppò un'applicazione che agevolasse il dialogo tra utenti (*client*) e *host* (*server*) e che si può considerare l'archetipo degli odierni Browser. Il progetto prese il nome di World Wide Web, abbreviato in *www* o *w3*, che, come la Storia ha dimostrato, ebbe parecchia fortuna.

Nei decenni successivi, il World Wide Web ha continuato inesorabile la propria evoluzione: all'HTML si sono aggiunti nuovi linguaggi, in primis il PHP (acronimo ricorsivo che sta per *PHP Hypertext Preprocessor*) e il CSS (*Cascading Style Sheets*), e si è permessa l'implementazione di linguaggi di programmazione prima utilizzati solo per il software offline, tra cui Python e soprattutto Java (nella variante Javascript). Ciò ha dato la possibilità agli sviluppatori di creare pagine

che dall'essere estremamente statiche (Web 1.0) sono diventate via via sempre più dinamiche e graficamente accattivanti (Web 2.0) fino ad adattare, dal 2010 in poi, automaticamente i contenuti all'utente basandosi sulle sue abitudini e preferenze (Web 3.0).

La diffusione su scala mondiale di Internet (4,39 miliardi di utenti Internet a gennaio 2019, con un aumento di 366 milioni (9%) rispetto a gennaio 2018⁵), ha stravolto radicalmente le abitudini, gli stili di vita, il modo di comunicare, di fare business, di pensare. Si è in presenza di una vera e propria Rivoluzione Digitale, che rende quello che fino agli anni Novanta-Duemila era stato Homo Sapiens, un *Homo Digitalis*⁶.

È questo il contesto, dinamico, in perenne evoluzione, che pone le premesse di quella che è stata definita Quarta Rivoluzione Industriale⁷, o, se si preferisce, Industria 4.0.

1.2 - LA RIVOLUZIONE DEI DATI | L'INDUSTRIA 4.0

Quando si parla di Quarta Rivoluzione Industriale si fa riferimento ad una serie di innovazioni e sviluppi tecnologici tendenti all'automatizzazione e all'automazione dei processi industriali (ma non solo) fortemente incentrata su tecnologie basate su *Big Data*, *Machine Learning*, *Cloud Computing* e *Internet of Things*.

La dicitura deriva dall'iniziativa europea Industry 4.0⁸, a sua volta un'estensione di un piano del governo tedesco, concretizzatosi alla fine del 2013, che prevedeva investimenti consistenti, nello specifico in ricerca e sviluppo, volti a migliorare il sistema produttivo tedesco e, di conseguenza, dell'Eurozona.

Nell'ambito delle imprese, quindi, questo processo di trasformazione ha portato alla creazione dapprima di strumenti di monitoraggio *intelligenti*, tanto della produzione quanto della performance, e poi di sistemi decisionali quasi completamente autonomi. Ciò si va a sommare all'automazione (in primis realizzata mediante la robotica) sviluppata nei decenni precedenti e già largamente implementata nell'industria (un esempio su tutti: la filiera *automotive*) e permette alle aziende un continuo controllo real-time dei processi, permettendo di intervenire tempestivamente dovunque vi siano margini di ottimizzazione. E non solo: mediante sensori di ogni tipo, i cui dati

⁵ Secondo il Digital Global Report, <https://p.widencdn.net/kqy7ii/Digital2019-Report-en>

⁶ Cfr. Daniel Cohen, *I tempi sono cambiati*, Codice Edizioni, Torino, 2018

⁷ Osservatorio Industria 4.0, su https://www.osservatori.net/it_it/osservatori/industria-4.0

⁸ http://luigidcapra.altervista.org/it/Fabbrica_40/Origini_del_termine_Industrie_4.0.html

sono processati sofisticati sistemi computazionali, si è in grado di fare in modo che le inefficienze siano automaticamente rilevate, e quindi corrette, dal sistema informatico.

Dall'innovazione di processo, con relativa facilità, si è passati a quella di prodotto, implementando larga parte di queste tecnologie, con diversi gradi di sofisticazione, dapprima nei servizi digitali (*Internet of Services*) e successivamente negli oggetti fisici (*Internet of Things*)⁹.

È opportuna a questo punto una breve analisi di questa *Era 4.0* prendendo in considerazione l'elemento che è letteralmente il combustibile delle tecnologie succitate: i dati.

È estremamente difficile avere contezza, anche solo in termini di immaginazione, della mole di dati che circolano nel mondo digitale: tanto dati consapevoli e generati dagli utenti (si pensi alle attività sui social network, o alle e-mail) quanto, e soprattutto, dati inconsapevoli: vere e proprie *tracce digitali* lasciate in continuazione dagli internauti e dagli utilizzatori dei servizi tanto fisici quanto immateriali.

Per dare un'idea dell'immane mole di dati generati in un minuto di navigazione in rete nel mondo, si riporta l'infografica realizzata da DOMO¹⁰ dal titolo *Data Never Sleeps 6.0*.

⁹ Cfr. 1.3

¹⁰ <https://www.socialmediatoday.com/news/how-much-data-is-generated-every-minute-infographic-1/525692/>

Si stima che per il 2020 ogni persona genererà, ogni minuto, 1.7 MB di dati, ovvero quasi un GB all'anno (l'equivalente di un video da 10 minuti in alta definizione) che, moltiplicato per la popolazione mondiale¹¹ danno l'esorbitante cifra di quasi 7000 Exabytes¹².

Una maggiore consapevolezza dei numeri permette adesso di interfacciarsi con il fenomeno *Big Data*, avendone meglio presenti le dimensioni.

È difficile dare una definizione puntuale di *Big Data*, ma in via tendenziale si tratta di enormi set di dati, che è necessario raccogliere, immagazzinare e successivamente processare la cui elaborazione, in tempi ragionevoli, non sarebbe possibile con i tradizionali sistemi computazionali.

Per tale motivo, la società di consulenza McKinsey & Company, definisce i *BD* come la nuova frontiera dell'innovazione, della concorrenza e della produttività.

È possibile però caratterizzare il fenomeno riferendosi al modello di Douglas Laney, il quale attribuisce ai *Big Data* quattro caratteristiche: le *c.d. Quattro V dei Big Data*:

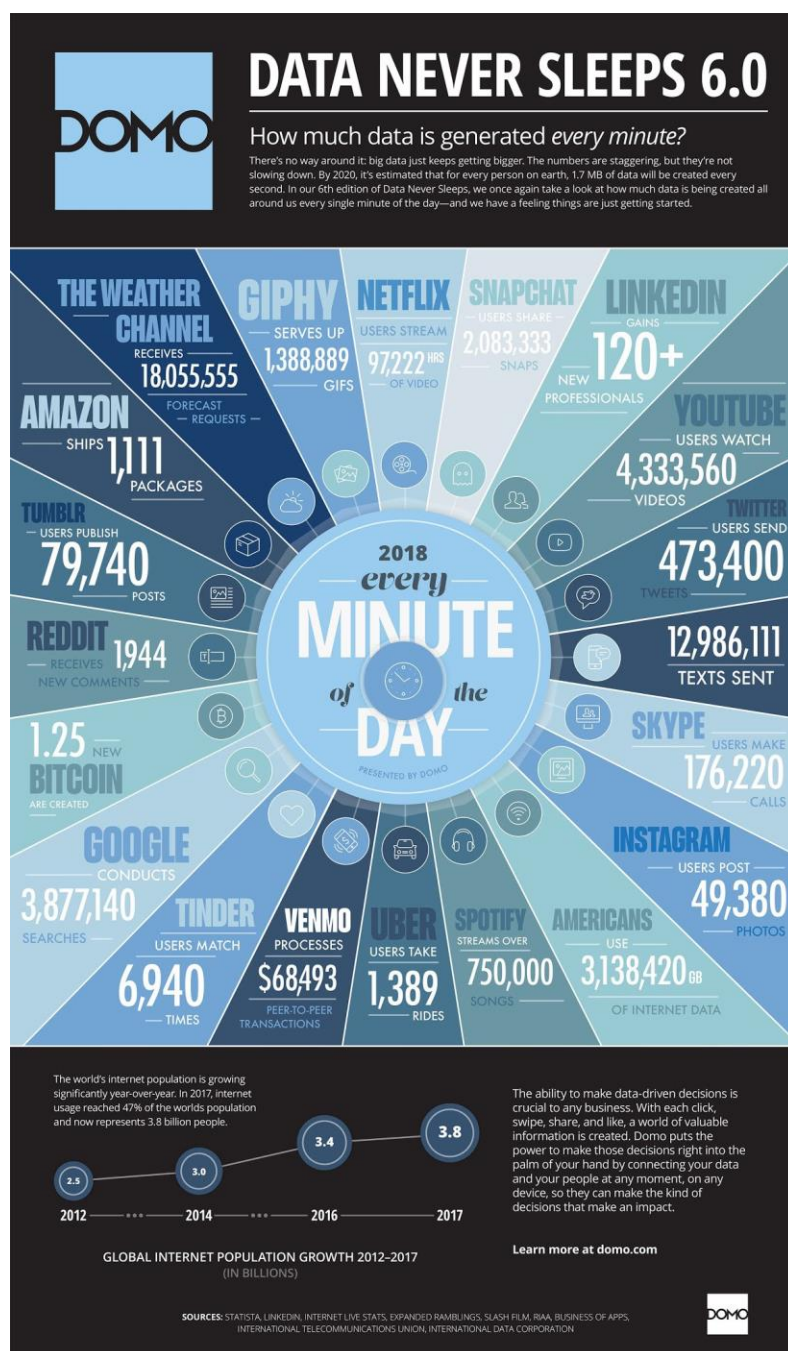


Figura 1. Data Never Sleeps 6.0 by Domo. Dati aggiornati a Luglio 2018

¹¹ 7,7 miliardi a Marzo 2019 secondo Worldometers, <http://www.worldometers.info/it/>

¹² 1 Exabyte = 10¹⁸ bytes

- **Volume:** ovvero la quantità dei dati generati ogni secondo.
- **Varietà:** si riferisce alla tipologia dei dati, estremamente eterogenei per origine e composizione. Funzionalmente agli scopi di questo elaborato, è interessante distinguere per macrocategorie tali informazioni.

In termini qualitativi è possibile parlare di dati strutturati, semi-strutturati e non strutturati, esemplificabili rispettivamente in una tabella, un atto notarile (dotato di frasi fisse e una componente di testo variabile) e il log di una chat.

In termini di origine si possono invece distinguere:

- Dati *human-generated*, in particolare quelli provenienti dalle piattaforme social, come Facebook o Twitter.
 - Dati *machine-generated*, specialmente originati da sensori tra cui GPS, NFC o RFID, fondamentali per il mondo dell'IoT.
- **Velocità:** non è solo la velocità di generazione dei dati, ma anche la necessità che essi giungano ai sistemi di computing in real-time in modo da potervi effettuare delle analisi immediatamente.
 - **Veridicità:** rappresenta una misura dell'attendibilità dei dati e della loro rispondenza con la realtà effettiva.

A queste quattro V ne è stata aggiunta una quinta, che è quella del **Valore**, la quale indica la capacità dei dati raccolti e processati (con notevole dispendio economico) di creare valore per il business che se ne serve.

La potenza hardware necessaria per il *Big Data Management*, difficilmente è erogabile da una sola piattaforma server, pertanto la maggior parte dei sistemi è distribuita su una rete di macchine (comunque ad altissima potenza).

Parlare di risorse distribuite in una rete apre la strada al fenomeno del *Cloud Computing*, ovvero, secondo Gartner¹³, quel paradigma computazionale dove le funzionalità Hardware e Software (IT) sono fornite come un servizio scalabile ed erogabile *on demand* a diversi utenti o clienti. Un tale sistema di calcolo offre un grande vantaggio, soprattutto in termini di flessibilità, nel poter variare quasi in tempo reale le caratteristiche software e hardware della composizione virtuale utilizzata in base alle proprie esigenze. Non secondario è anche l'aspetto dei costi: i servizi di *Cloud Computing* sono assimilabili ad un noleggio scalabile di computer estremamente performanti, il cui prezzo è sicuramente inferiore (e di gran lunga) alla spesa necessaria per acquistare ed

¹³ <https://www.gartner.com/it-glossary/cloud-computing>

impiantare, nella propria realtà aziendale, un'infrastruttura dotata della potenza richiesta.

Le tre tipologie fondamentali di *Cloud Computing Services* sono:

- **SaaS** (*Software as a Service*): permette al fruitore di utilizzare applicazioni e programmi installati su un server o una macchina in remoto.
- **PaaS** (*Platform as a Service*): consiste nella possibilità di utilizzare una suite di servizi, applicativi o librerie, spesso utilizzati per il *software development*, es. Microsoft Azure.
- **IaaS** (*Infrastructure as a Service*): Oltre alle risorse in remoto tipiche di SaaS e PaaS, offre la possibilità di utilizzare, su richiesta dell'utente nel momento in cui ne necessitasse, risorse hardware di computing e storage.

Esaminato il sistema di computing a livello hardware, è interessante capire come i dati vengano materialmente elaborati ed interpretati.

La definizione di un *ruleset* per l'elaborazione dati è spesso un'operazione estremamente complessa, la cui soluzione può arrivare magari soltanto attraverso tentativi ed errori che, nella maggior parte dei casi, rappresentano un costo in termini di sprechi di tempo e di risorse.

All'ingrato compito dell'individuazione di tali modalità di lettura e analisi, sopperisce una delle branche più affascinanti della storia della *Computer Science*: quella delle Intelligenze Artificiali, e nello specifico del *Machine Learning*. Tale disciplina si occupa della scrittura di algoritmi che non utilizzano l'approccio tradizionale.

Un algoritmo tradizionale è una serie di istruzioni che permettono, ricevuto un input, di ottenere deterministicamente un risultato. Un algoritmo di elevazione a potenza, ad esempio, dati come input la base e l'esponente, moltiplica per sé stessa la base tante volte quant'è il valore dell'esponente. L'algoritmo non va confuso con il programma, che è invece la codificazione, in un determinato linguaggio di programmazione, delle istruzioni contenute nell'algoritmo.

Il *Machine Learning* interviene laddove definire un algoritmo risulta estremamente difficile, o addirittura impossibile. Semplificando, un processo di ML si basa su una serie di ripetute iterazioni su un set di dati da analizzare (tramite una c.d. Rete Neurale, dal funzionamento analogico a quello di un Cervello) volta ad individuare o a perfezionare, spesso attraverso meccanismi di *trial and error*, la soluzione a determinati problemi legati ai dati stessi.

Non ci si concentra più, quindi, sul risultato dell'algoritmo, ma sull'algoritmo stesso.

È facile immaginare quali possano essere le potenzialità intrinseche di una tale tecnologia, tendente di per sé ad auto perfezionarsi con l'“esperienza”, che spaziano dalla profilazione degli utenti di un sito di e-commerce come può essere Amazon, all'indicizzazione dei contenuti presenti su un server (o sull'intero *World Wide Web*, si pensi a Google), alla creazione di “intelligenze” androidi che imparano dagli umani circostanti per emulazione.

Si tratta senza ombra di dubbio di un terreno ancora estremamente inesplorato e certamente destinato a far parlare di sé negli anni a venire.

Big Data, Cloud Computing e Machine Learning permettono di comprendere meglio in quanti e quali modi è (e sarà) possibile sfruttare le infinite potenzialità della Rete, ma, sebbene fino a qui ci si sia focalizzati su una dimensione prettamente digitale, è facile intuire come queste tecnologie possano essere applicate ad una dimensione decisamente meno eterea, aprendo un nuovo spettro di opportunità legate all'interfacciarsi degli strumenti tipici del Web con il mondo degli oggetti.

1.3 - DAL WEB AGLI OGGETTI: L'INTERNET OF THINGS

Con *Internet of Things* si intendono quegli oggetti e dispositivi dotati di una serie di sensori e attuatori che permettono loro di interpretare e codificare in digitale informazioni sull'ambiente circostante e comunicare con altri attori (dispositivi come server o smartphone) tramite Internet.

Si tratta di una tecnologia di comunicazione Machine to Machine (M2M), la cui invenzione è in realtà quasi simultanea alla nascita di Internet stesso, che si è poi evoluta e solo negli ultimi anni sta mostrando a pieno il suo vero potenziale: uno sviluppo sempre maggiore di dispositivi IoT sta portando allo scambio continuo e in incremento di dati tra sistemi nei più disparati ambiti applicativi, con il vantaggio principale di efficientare i processi a cui fanno capo, portando conseguentemente ad un abbassamento dei costi.

Il processo evolutivo dell'IoT è forse ancora più sorprendente di quello del Web e ha fatto sì che si passasse da semplici dispositivi smart, grazie ad una propria elettronica stand-alone, ad una vera e propria rete nella quale vengono

raccolti e aggregati dati che è possibile poi processare con tecniche di computing avanzato, specialmente di machine learning, in modo da avere una sempre maggiore “conoscenza” dell'ambiente circostante e poter quindi eseguire operazioni automatizzate, riducendo al minimo l'intervento dell'uomo.

I sistemi M2M erano conosciuti già ai tempi di ARPANET, e fondamentalmente si trattava di comunicazioni real-time che permettevano di avviare automazioni quando veniva rilevato, in uno dei dispositivi o dei sensori connessi, un determinato evento, o stato. Ciò che fondamentalmente mancava era la consapevolezza di ciò che si poteva realizzare con i dati raccolti dai sistemi, specie se aggregati ed interpolati ad altri provenienti da ambienti diversi.

L'aggregazione dei dati permette infatti, tramite algoritmi neurali, la scoperta di correlazioni che, se fossero significative e costanti, consentirebbero la realizzazione di regressioni e previsioni più o meno accurate: un esempio particolarmente valevole di Rete IoT a livello globale è quella rappresentata dai network di monitoraggio meteorologico, per esempio per la previsione degli impatti degli uragani. Centinaia, se non migliaia, di stazioni di rilevamento in tempo reale trasmettono ogni minuto ad un server informazioni riguardanti temperatura, pressione atmosferica, velocità del vento ed altri parametri, che, aggregati alle serie storiche, permettono di calcolare in maniera particolarmente precisa la traiettoria delle masse d'aria nelle ore successive. Come già si accennava parlando di Machine Learning, il meccanismo è iterativo e si perfeziona nel tempo.

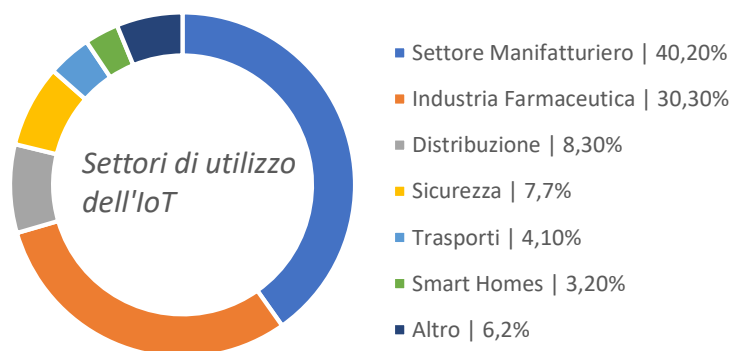
Da quanto detto, si evince la *sensorialità* di questi dispositivi intelligenti (*smart devices*). Ancora una volta, un'analogia con la biologia si rivela particolarmente calzante; i sistemi IoT vanno considerati a tutti gli effetti al pari degli organismi viventi, i quali sono dotati di recettori sensoriali che permettono loro di acquisire gli stimoli esterni (o interni), che tramite impulsi nervosi vengono trasmessi al cervello che li elabora e reagisce di conseguenza.

I sensori di cui sono dotati gli smart devices hanno potenzialmente molte più capacità di quelli biologici, essendo in grado di rilevare e digitalizzare informazioni quali: tensione elettrica, intensità luminosa, temperatura, presenza di cariche magnetiche, presenza di determinate molecole nell'aria e via discorrendo, offrendo quindi una gamma potenzialmente infinita di applicabilità.

Si considereranno, di seguito alcuni dati a proposito della dimensione del fenomeno e dei principali settori di impiego delle tecnologie IoT¹⁴.

A inizio 2019, nel mondo sono stati censiti 26.66 miliardi di dispositivi IoT, quasi duplicandosi rispetto al 2015 (15.42 miliardi). Già nel 2008 i dispositivi IoT avevano superato la popolazione mondiale. Com'è facile intuire, il numero di tali *devices* cresce di ora in ora, ad un ritmo esponenziale: si prevede che nel 2025 ce ne saranno oltre 75 miliardi. Per dare una migliore idea del ritmo di incremento della popolazione IoT, 127 dispositivi vengono connessi ad Internet ogni secondo.

Il settore principale nel quale si utilizzano servizi di IoT, come già si accennava parlando di *Industry 4.0*, è quello della produzione manifatturiera, che utilizza i dispositivi IoT per controllare macchinari robotizzati, fornire informazioni diagnostiche e analisi real-time della filiera.



Il secondo maggiore settore che fa utilizzo massiccio di IoT è quello relativo all'industria farmaceutica. Tra i dispositivi rientranti in questo settore troviamo i *wearable* (ovvero indossabili) per il monitoraggio di determinati parametri biologici quali, ad esempio, il battito cardiaco o la presenza di determinati ormoni.

Nel settore del retail, l'IoT assolve a numerose finalità come ad esempio Tracking di inventario, logistica di magazzino e analisi sui clienti. In quest'ambito sono estremamente diffuse le tecnologie RFID e NFC.

Il settore della sicurezza, tanto privata quanto pubblica, nell'ambito dei progetti di *Smart Cities*, invece, comprende dispositivi dotati di sensori di posizione, di rilevatori di presenza e biometrici. Degni di nota, in questo settore, sono i sistemi di riconoscimento, nella maggior parte dei casi implementati all'interno di *IP Cameras* (ovvero videocamere che possono connettersi alla rete), le cui immagini vengono processate in maniera tale da poter individuare la presenza o meno nel campo visivo di oggetti o soggetti rispondenti a determinati requisiti. La frontiera più recente legata a questi dispositivi è rappresentata dai sistemi di riconoscimento facciale (si pensi al *face-id*

¹⁴ Dati aggregati da www.safelast.co, da numerose altre fonti.

presente sui dispositivi iOS, o la tecnologia di sblocco degli smartphone Samsung).

Procedendo per dimensione decrescente, il quinto settore da prendere in considerazione è quello della mobilità e dei trasporti: si spazia dai localizzatori GPS ai sistemi di guida assistita per mantenere in carreggiata le automobili, o di parcheggio automatico, fino ad arrivare ai sistemi di *autopilot* (guida autonoma) tanto per i mezzi pubblici (si pensi alla Metro C di Roma o la Linea 5 della Metropolitana di Milano, completamente *driverless*) quanto per le autovetture private, con la punta di diamante rappresentata dalla Tesla Model 3.

Un settore che, per quanto numericamente ancora relativamente piccolo, sta avvicinando molto il grande pubblico al mondo dell'IoT è quello della domotica e delle *Smart Homes*. I dispositivi comprendono illuminazione intelligente, serramenti automatici, prese elettriche ed ovviamente elettrodomestici interamente controllabili da apposite centraline o direttamente da smartphone tanto su rete locale (LAN) quanto da remoto utilizzando il Web.

Degni di particolare menzione sono i progetti delle *Smart Cities*, le città che vanno ben oltre l'integrazione infrastrutturale, puntando ad essere "intelligenti" anche dal punto di vista energetico ed ambientale, efficientando l'utilizzo delle risorse. Oltre i semafori intelligenti, che regolano gli incroci in base ai flussi di traffico (ottenendo i dati da una rete diffusa di telecamere e sensori) o mezzi di trasporto la cui capienza varia dinamicamente (ad esempio con composizioni ampliabili dei convogli delle metropolitane) in base ai passeggeri in attesa, si ambisce a progettare spazi ed edifici sostenibili, dove si riducano al massimo gli sprechi e l'inquinamento, anche attraverso l'incremento dei servizi di car & bike sharing.

1.4 – LO SMART OBJECTS TRACKING DA AMAZON ALLE SMART LIBRARIES

Uno degli ambiti nel quale l'IoT ha prodotto un notevole efficientamento delle attività e dei processi è sicuramente quello della logistica e della gestione degli stock. I sistemi intelligenti di tracciamento e localizzazione degli oggetti (*Smart Object Tracking*) hanno evoluto quelle che per decenni sono state le tecniche di inventario, nate per risolvere le difficoltà collegate non solo alla ricerca degli oggetti in magazzini, spesso estremamente estesi, ma anche e soprattutto per il compute delle quantità di prodotti in ingresso e in uscita.

Uno dei massimi esempi di IoT applicato alla logistica è sicuramente il magazzino di Amazon, il colosso mondiale dell'e-commerce, a Baltimore, in Maryland, una *smart warehouse* dove lo stoccaggio e il trasporto degli oggetti è gestito da una flotta di robot totalmente automatizzati che, oltre a muoversi agilmente per i magazzini, ne modificano continuamente la struttura spostando scaffali e oggetti in modo che lo storage sia sempre organizzato nel modo più efficiente possibile. La distribuzione degli oggetti è totalmente "caotica", non vi è alcuna divisione per categorie: è ragionevole che una penna biro si trovi accanto allo pneumatico di un'automobile¹⁵. Ma distribuendo casualmente gli articoli, in un modo che potrebbe sembrare assolutamente controintuitivo se si immagina un grande magazzino organizzato tradizionale, e utilizzando un sistema IT globale noto come Amazon Web Services (AWS) per riunire i dati su ogni singolo articolo all'interno del sistema, i dipendenti incaricati di prelevare i prodotti dagli scaffali (che, si ricorda, sono mobili), sono in grado di individuare gli oggetti molto più rapidamente rispetto alla situazione in cui avessero dovuto visitare uno scaffale dedicato per ogni prodotto. Il sistema è inoltre programmato per utilizzare ogni centimetro cubo di spazio disponibile.

Tuttavia, anche se non si è Amazon, è possibile implementare l'IoT all'interno di contesti di storage di qualsiasi dimensione. La tecnologia maggiormente utilizzata all'interno di queste *smart warehouse* è senza dubbio l'RFID (*Radio Frequency Identification*), la quale, in breve, utilizza le onde radio per stimare la distanza tra un circuito detto *tag*, applicato sugli oggetti, e diverse antenne dette *reader*, in modo che l'interpolazione dei diversi segnali possa fornire informazioni sulla posizione. La tecnologia RFID nello specifico e le sue modalità applicative saranno trattate in dettaglio successivamente¹⁶.

Si desidera, a questo punto, offrire semplicemente uno spunto di riflessione, che sarà ampiamente ripreso in seguito, su quelle che potrebbero essere, e in alcuni contesti già sono, applicazioni un po' meno convenzionali di un sistema IoT originariamente concepito per la logistica industriale o commerciale, ad esempio pensando ad una Libreria intelligente, con un'infrastruttura creata per gestire il posizionamento dei volumi, le consultazioni e i prestiti, o ad un sistema di catalogazione, e magari sicurezza, per le opere di un museo, laddove la prossimità delle opere (dotate di tag RFID) rispetto ad ulteriori sensori, venendo a mancare in caso di furto, potrebbe attivare le opportune misure di precauzione.

¹⁵ "Vogliamo che i nostri oggetti di grandi dimensioni si mescolino con quelli piccoli e medi, perché ciò ottimizza il volume". Tye Brady, capo tecnologo di Amazon Robotics, a *The Engineer*
<https://www.theengineer.co.uk/inside-amazons-technology-test-bed/>

¹⁶ Cfr. 2.4

CAPITOLO II | METODOLOGIE, MODELLI E TECNOLOGIE

2.1 - INTRODUZIONE AL PROGETTO DI SMART OBJECT TRACKING

In questo elaborato sarà descritto il processo di sviluppo di un sistema di *Smart Object Tracking* pensato per la realizzazione, attraverso l'IoT basato sulla tecnologia RFID¹⁷ e la piattaforma Arduino¹⁸, di una *Smart Library*. In fase prototipale il sistema sarà ospitato presso gli spazi del Laboratory of Fabulous Things dell'Università LUISS Guido Carli, in Roma.

I paragrafi seguenti spiegheranno le metodologie e i modelli seguiti per lo sviluppo dell'idea e del conseguente progetto. Successivamente si descriveranno, con maggiore specificità, la Tecnologia RFID e l'*environment* Arduino.

Trattandosi a tutti gli effetti di un progetto rientrante nel campo della Ricerca di Design, si è ritenuto opportuno seguire l'approccio dettato dal modello DSRM¹⁹ (*Design Science Research Methodology*) elaborato da K. Peffers, T. Tuunanen, Marcus A. Rothenberger e S. Chatterjee, il quale, allo stato attuale, rappresenta il *framework* standard per la disciplina.

2.2 - LA DESIGN SCIENCE RESEARCH METHODOLOGY (DSRM)

La metodologia che ci si appresta a descrivere si pone in un contesto, quello del Design applicato ai sistemi informativi, carente, fino alla formalizzazione del DSRM, di un modello che fosse un punto di riferimento comunemente accettato per la materia.

Si ricorda che per metodologia si intende "un sistema di principi, pratiche e procedure applicate ad una specifica branca della conoscenza"²⁰ che sia di qualità, rigorosa, e pubblicabile. Una metodologia tendenzialmente dovrebbe includere tre elementi: principi concettuali, regole pratiche e processi per condurre ed esporre la ricerca.

La *Design Science Research Methodology* è stata sviluppata da:

¹⁷ Cfr. 2.4

¹⁸ Cfr. 2.5

¹⁹ K. Peffers & Al., *A Design Science Research Methodology for Information Systems Research*, in *Journal of Management Information Systems*, Volume 24 Issue 3, Inverno 2007-8, pp. 45-78.

²⁰ Ivi

Ken Peffers | Professore Associato e Titolare di Cattedra nel *Management Information System Department*, presso l'University of Nevada, Las Vegas. Il suo ambito di ricerca è legato al planning dei Sistemi Informativi (IS), alla determinazione dei requisiti per la loro realizzazione ed alle consulenze relative ai Sistemi Informativi per le imprese.

Tuure Tuunanen | Docente presso il *Department of Information Systems and Operation Management* della University of Auckland. Il suo settore di ricerca rientra nelle aree di sviluppo di processi e metodologie per gli IS e il marketing, con riguardo specifico a servizi e prodotti interattivi per i consumatori.

Marcus A. Rothenberger | Professore Associato in *Management Information Systems* alla University of Nevada. Il suo lavoro include lo sviluppo, il miglioramento e il testing di teorie, processi e software, per la misurazione della performance e l'implementazione di sistemi di planning delle risorse da parte delle imprese.

Samir Chatterjee | Docente presso la *School of Information Systems & Technology* e Direttore del *Network Convergence Laboratory* alla Claremont Graduate University in California. È considerato uno dei maggiori esperti in ambito di networking di nuova generazione, VoIP e sicurezza di rete, oltre a numerosi contributi nel settore della sanità e della salute.

Il DSRM formalizza principi, procedure e tecniche volte a raggiungere tre fondamentali obiettivi: essere coerente con gli studi e la letteratura precedente, sviluppare un modello di processo per la ricerca nel Design e soprattutto sviluppare uno schema mentale, idoneo a presentare, o valutare, le ricerche svolte nell'ambito dell'*IS Design* (Design di sistemi informativi).

Quella dell'IS è una disciplina applicata, nella misura in cui frequentemente la si affronta mediante teorie provenienti da altre materie quali l'Economia, l'Informatica, le Scienze Sociali e l'Ingegneria, le quali permettono di risolvere problemi inerenti tanto alle tecnologie informative, quanto all'organizzazione in senso più ampio.

Fino all'invenzione del DSRM, il paradigma utilizzato per le ricerche nel settore non si discostava particolarmente da quello delle scienze naturali. Questa disciplina, prevalentemente *analitica*, è ben diversa dal Design, che invece è l'atto di *creare* una soluzione che sia esplicitamente applicabile ad un dato problema. L'Ingegneria accetta il Design come una valida metodologia di ricerca, dal momento che ben si addice alla mentalità e alla cultura degli ingegneri, la quale, a detta degli autori, si fonda esplicitamente sul progettare soluzioni reali, efficaci ed efficienti.

Peppers e gli altri si focalizzano sul fatto che ogni ricercatore in Scienze Sociali ha di per sé degli schemi mentali per la ricerca empirica e la formulazione di teorie, e tali modelli, sebbene diversi da persona a persona, permettono in qualche modo ai diversi ricercatori di capire e valutare il lavoro degli altri. In questa prospettiva, il DSRM si propone come una metodologia standard, comunemente accettata, per formulare ed esporre in maniera efficace ricerche di Design. Si fa sì che, riferendosi ad un framework comune, non sia necessario, per i nuovi paper, spiegare ogni volta il paradigma e la metodologia adottati.

Il DSRM si compone di sei step, non necessariamente consequenziali: identificazione del problema e motivazione della sua importanza, definizione degli obiettivi che la soluzione dovrebbe avere, design e sviluppo vero e proprio, dimostrazione, valutazione, comunicazione.

Nell'esposizione della metodologia, gli autori utilizzano, quasi ricorsivamente, la stessa DSRM per analizzare ed esporre le diverse fasi di sviluppo di quest'ultima; in questa trattazione si descriverà tale processo in delle sezioni racchiuse in rettangoli grigi.

Fase 1 | Identificazione del problema

In questa fase si definisce il problema specifico, oggetto della ricerca, e si giustifica la necessità ed il valore di una soluzione. Dal momento che la definizione del problema deve essere utilizzata per sviluppare un artefatto che possa effettivamente portare ad una soluzione, si ritiene possa essere utile scomporre (atomizzare) il problema in sotto-problemi elementari in modo che sia possibile districarne la complessità. Giustificare l'importanza di una soluzione assolve a due compiti: motiva il ricercatore e il pubblico a perseguire la soluzione e ad accettare i risultati; aiuta a capire il ragionamento che ha portato alla comprensione del problema stesso.

Le risorse necessarie per questa attività includono la consapevolezza della situazione attuale e l'importanza di ricercare una soluzione.

Nella formulazione del modello, Peppers e gli altri identificarono il problema come la necessità di completare una metodologia per la ricerca negli IS, tema parzialmente già affrontato dalla letteratura precedente. Ad esempio, Nunamaker, nei primi anni Novanta²¹, aveva supportato l'inserimento dello sviluppo IS all'interno dei processi di ricerca, proponendo un approccio multi-metodologico che includeva formulazione di teorie, sviluppo di sistemi, sperimentazione e osservazione.

²¹ Nunamaker, J.F.; Chen, M., and Purdin, T.D.M. Systems development in information systems research. *Journal of Management Information Systems*, 7, 3 -1990-91, pp. 89-106.

La letteratura forniva le basi concettuali per la ricerca in Design: Walls ed altri²² ritenevano che una teoria del Design IS dovesse essere alla pari con quelle di ricerca delle Scienze Sociali, ritenendo che essa avrebbe avuto grande impatto sulla pratica. Inoltre, rilevarono che, occasionalmente, degli approcci metodologici in ambito di design generico erano già stati utilizzati con successo²³, era pertanto ragionevole che ciò potesse accadere anche riguardo agli IS.

Dalle pubblicazioni era emersa anche la necessità di una metodologia comune per la ricerca in Design²⁴. Archer²⁵ riteneva che anche la parte creativa del design potesse essere codificata. Egli definì sei fasi: programmazione (o definizione di obiettivi), raccolta e analisi dei dati, sintesi degli obiettivi e dei risultati delle analisi, sviluppo (per produrre migliori proposte di design), prototipazione e documentazione (per comunicare i risultati). In questo modo, i designer potevano affrontare il problema in maniera sistematica.

Per prima cosa si è data una definizione di Design Science, la quale crea e valuta artefatti IT intesi per risolvere un problema organizzativo definito. Riguarda quindi un processo rigoroso che culmina con la comunicazione dei risultati ad un pubblico opportuno. Tali artefatti includono costrutti, modelli, metodi, esemplificazioni ma anche innovazioni sociali o nuove proprietà delle risorse tecniche, sociali o informative. In breve, la definizione riguarda ogni oggetto che ha incorporata al suo interno una soluzione ad un dato problema.

Hevner ed altri²⁶ forniscono alcune regole pratiche per condurre una ricerca sugli IS, volte a far sì che questa rappresenti un contributo verificabile e il rigore sia applicato tanto nello sviluppo dell'artefatto quanto nella sua valutazione. Lo sviluppo dell'artefatto dovrebbe essere un processo di ricerca che attinge alle teorie e alla conoscenza esistente per arrivare ad una soluzione. Solo alla fine, si devono presentare i risultati.

In talune ricerche si esplicitano gli sforzi per trasformare il problema in una serie di obiettivi, definiti anche meta-requisiti (*metarequirements*) o semplicemente

²² Walls, J.; Widmeyer, G.; and El Sawy, O., *Assessing information system design theory in perspective: How useful was our 1992 initial rendition?* *Journal of Information Technology Theory & Application*, 6, 2 2004, pp.43–58.

²³ Aumann, H.H.; Chahine, M.T.; Gautier, C.; Goldberg, M.D.; Kalnay, E.; McMillin, L.M.; Revercomb, H.; Rosenkranz, P.W.; Smith, W.L.; Staelin, D.H.; Strow, L.L.; and Susskind, J. AIRS/AMSU/HSB on the Aqua mission: Design, science objectives, data products, and processing systems. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41, 2 2003, pp.253–264.

Haran, M.; Karr, A.; Last, M.; Orso, A.; Porter, A.; Sanil, A.; and Fouche, S. *Techniques for classifying executions of deployed software to support software engineering tasks*. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 33, 5 2007, pp.287–304.

²⁴ Eekels, J., and Roozenburg, N.F.M. *A methodological comparison of the structures of scientific research and engineering design: Their similarities and differences*. *Design Studies*, 12, 4 1991, pp.197–203.

²⁵ Archer, L.B. *Systematic method for designers*. In N. Cross (ed.), *Developments in Design Methodology*. London: John Wiley, 1984, pp. 57–82.

²⁶ Hevner, A.R.; March, S.T.; and Park, J. *Design research in information systems research*. *MIS Quarterly*, 28, 1 2004, pp.75–105.

requisiti (*requirements*), mentre in altre tali sforzi sono impliciti nella raccolta dei dati o nella ricerca stessa di un problema rilevante. Identificare correttamente un problema, però, non si traduce necessariamente in degli obiettivi. Il processo di design si configura quindi come un insieme di soluzioni parziali ed incrementali. Di conseguenza, una volta identificato il problema, occorre determinare gli obiettivi di performance che la soluzione deve avere.

Fase 2 | Definizione degli obiettivi della soluzione

A questo punto si passa alla deduzione razionale degli obiettivi della soluzione, partendo dalla formalizzazione del problema e dalla conoscenza di ciò che è possibile e fattibile. Tali obiettivi possono essere quantitativi (quanto una soluzione desiderabile possa essere meglio di quelle attuali) o espressi in termini qualitativi (ad esempio, come un nuovo artefatto possa offrire soluzioni a problemi non affrontati finora).

I requisiti per tale fase includono tanto la conoscenza puntuale del problema allo stato attuale quanto l'eventuale esistenza di soluzioni e la loro efficacia.

L'obiettivo primo di Peffers era lo sviluppo di una metodologia con, come già accennato, tre sub-obiettivi: fornire un processo nominale per condurre una ricerca in Design, essere fondata sulla letteratura precedente, dare ai ricercatori uno schema mentale o un template di struttura per affrontare il lavoro.

Il processo nominale avrebbe dovuto essere una *road map* per chi avesse voluto utilizzare il design come un meccanismo di ricerca per il settore IS. Il processo non sarebbe stato assolutamente stato modo per affrontare tale ricerca, ma avrebbe suggerito un buon modo di farlo. Avrebbe per di più aiutato i ricercatori a legittimare la ricerca, dal momento che essa sarebbe stata condotta con un metodo compreso ed accettato.

La letteratura era ricca di idee su come condurre una ricerca e, sebbene non fornisse mai un modello di processo che potesse direttamente essere applicato, presentava concetti (spesso astratti) dai quali era possibile dedurre dei processi, anche se la maggior parte di essi era estremamente specifica in relazione alla materia trattata. Le ricerche spaziavano dal design in senso stretto (Evbuonwan²⁷, Maguire²⁸, Hickey and

²⁷ Evbuonwan, N.F.O.; Sivaloganathan, S.; and Jebb, A. *A survey of design philosophies, models, methods and systems. Proceedings Institute of Mechanical Engineers*, 210 1996, pp.301–320.

²⁸ Maguire, M. *Methods to support human-centered design. International Journal of Human-Computer Studies*, 55, 4 2001, pp.587–634.

Davis²⁹) alle scienze sociali, IT e IS (Nunamaker³⁰, Hevner³¹, Preston e Mehandjiev³²), fino all'ingegneria (Archer³³, Eekels and Roozenburg³⁴, Rossi e Sein³⁵), dalle quali emersero teorie e proto-modelli i cui punti di forza rappresentarono le basi per il successivo sviluppo del DSRM.

Quanto allo schema mentale, esso fu definito come “un modello su piccola scala della realtà, che può essere costruito dalla percezione, dall'immaginazione e dalla comprensione. Qualcosa di simile all'analogia esistente tra la realtà e modellini degli architetti o i diagrammi usati dai fisici, i quali rappresentano la struttura delle forme logiche usate nelle teorie formalizzate.”³⁶

La maggior parte dei ricercatori si focalizza però sul core del Design, ovvero su quella parte del processo definita di Design e Sviluppo. In alcune ricerche, tali attività sono a loro volta suddivise in altre di minore entità.

Fase 3 | Design e Sviluppo

È la vera e propria creazione della soluzione. Come già accennato, gli artefatti che la rappresentano possono essere potenzialmente costrutti, modelli, metodi o esemplificazioni, oppure “nuove proprietà delle risorse tecniche, sociali o informative”. A livello concettuale, il risultato di una ricerca di design può essere qualsiasi oggetto pensato per includere un contributo di tale ricerca. Questa attività implica il racchiudere la determinazione delle funzionalità desiderate dell'artefatto e la sua architettura e dunque creare il modello effettivo.

I requisiti per passare dagli obiettivi al design, e quindi allo sviluppo, includono la conoscenza della teoria che possa essere adottata in una soluzione.

Proprio per sviluppare la metodologia, è stata necessaria la progettazione di un processo DSRM. Basandosi sul pensiero corrente e le ricerche precedentemente effettuate, si è cercato di costruire sui concetti chiave già espressi dalla letteratura precedente, definendo cosa i ricercatori in design hanno fatto o avrebbero dovuto

²⁹ Hickey, A.M., and Davis, A.M. A unified model of requirements elicitation. *Journal of Management Information Systems*, 20, 4 2004, pp.65–84.

³⁰ Nunamaker, J.F.; Chen, M.; and Purdin, T.D.M. Systems development in information systems research. *Journal of Management Information Systems*, 7, 3 1990–91, pp.89–106.

³¹ Hevner, A.R.; March, S.T.; and Park, J. Design research in information systems research. *MIS Quarterly*, 28, 1 2004, pp.75–105.

³² Preston, M., and Mehandjiev, N. A framework for classifying intelligent design theories. In N. Mehandjiev and P. Brereton (eds.), *Proceedings of the 2004 ACM Workshop on Interdisciplinary Software Engineering Research*. New York: ACM Press, 2004, pp. 49–54.

³³ Archer, L.B. Systematic method for designers. In N. Cross (ed.), *Developments in Design Methodology*. London: John Wiley, 1984, pp. 57–82.

³⁴ Eekels, J., and Roozenburg, N.F.M. A methodological comparison of the structures of scientific research and engineering design: Their similarities and differences. *Design Studies*, 12, 4 (1991), 197–203.

³⁵ Rossi, M., and Sein, M.K. Design research workshop: A proactive research approach. Paper presented at the Twenty-Sixth Information Systems Research Seminar in Scandinavia, Information Systems Research in Scandinavia Association, Haikko, Finland, August 9–12, 2003.

³⁶ Johnson-Laird, P., and Byrne, R. A gentle introduction. *Mental Models Website*, School of Psychology, Trinity College, Dublin, 2000 (consultabile su www.tcd.ie/Psychology/Ruth_Byrne/mental_models/).

fare. Più che focalizzarsi sulle differenze tra le diverse visioni del Design, emerse dalle varie correnti analizzate, si è cercato un approccio che potesse creare consenso, sempre nell'ottica di realizzare qualcosa che potesse essere accettata dalla più vasta platea possibile. Di conseguenza, l'intero DSRM è stato fondato su elementi ampiamente riconosciuti come validi.

Alla definizione dei diversi elementi della metodologia hanno contribuito le idee di numerosi ricercatori in IS ed altre discipline. I diversi autori tracciano sostanzialmente una serie di punti in comune. Il risultato della sintesi operata da Peffers e gli altri è un processo consistente nelle sei attività delle quali si sta trattando, in sequenza nominale, le quali sono sinteticamente riportate nel grafico seguente.

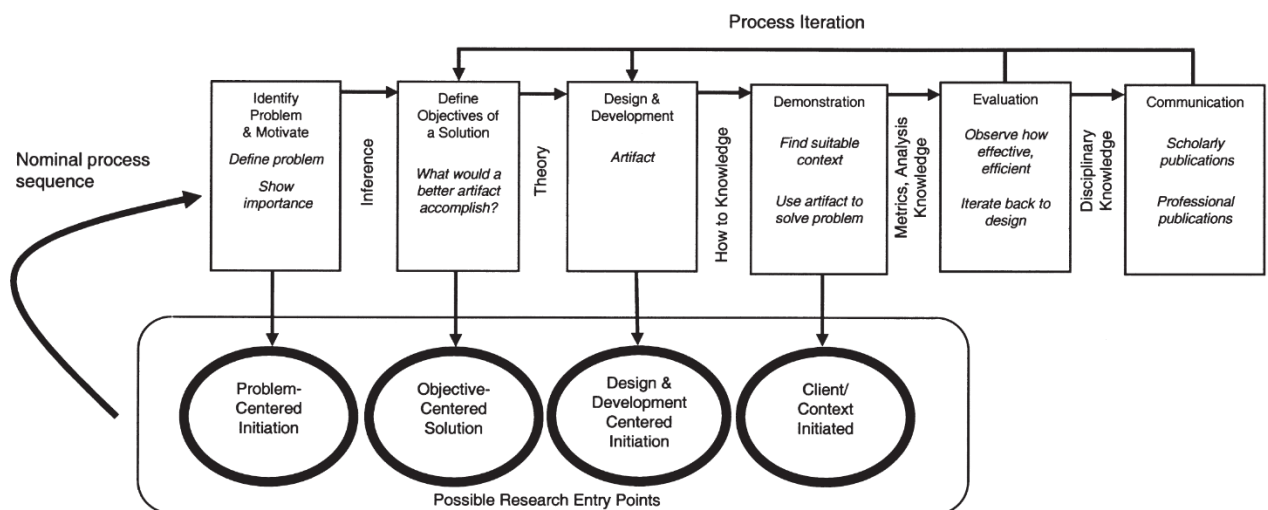


Figura 1. Schematizzazione grafica del DSRM

Per provare che l'idea funziona può essere sufficiente una singola dimostrazione, ma potrebbe rivelarsi necessaria anche una valutazione più formale dell'artefatto sviluppato. Per Eekels e Roozenburg³⁷ e Nunamaker³⁸, sono opportuni entrambi questi processi.

Attività 4 | Dimostrazione

Si dimostra l'utilizzo dell'artefatto per risolvere una o più sfaccettature del problema. Ciò può comprendere il suo utilizzo in sperimentazioni, simulazioni, studi di caso o qualsiasi altra attività. I prerequisiti, in questa fase, includono la conoscenza effettiva di come applicare la soluzione per risolvere il problema.

³⁷ Eekels, J., and Roozenburg, N.F.M. A methodological comparison of the structures of scientific research and engineering design: Their similarities and differences. *Design Studies*, 12, 4 1991, pp.197–203

³⁸ Nunamaker, J.F.; Chen, M.; and Purdin, T.D.M. Systems development in information systems research. *Journal of Management Information Systems*, 7, 3 (Winter 1990–91), 89–106.

Per dimostrare l'utilizzo e l'efficacia del DSRM, essa è stata applicata retroattivamente a quattro progetti di ricerca IS. Nel primo si è progettato e sviluppato una Data Warehouse per supportare la raccolta dati e l'analisi necessaria per alcune politiche di Sanità pubblica³⁹. Il secondo spiegava il design di un Software Reusing in modo che fosse utilizzato per successive ricerche⁴⁰. Il terzo riportava la progettazione di un'applicazione e un *middleware* (software che funge da intermediario tra applicazioni o piattaforme) per l'*environment* Internet2, il quale fornisce funzionalità video e di telefonia⁴¹. Infine, il quarto rappresenta lo sviluppo di un metodo, detto *critical success chains (CSC)*⁴², da utilizzare per generare un portfolio di nuove idee per applicazioni e servizi di mobile financing.

Fase 5 | Valutazione

Si osserva e si misura quanto e come i risultati rappresentano una soluzione al problema. Questa attività comporta valutare la rispondenza dei risultati effettivamente osservati agli obiettivi definiti precedentemente, in seguito all'uso dell'artefatto nella fase di dimostrazione.

È richiesta la conoscenza delle misure rilevanti e delle tecniche di analisi. In base alla natura del problema e della soluzione, la valutazione può essere fatta in varie forme: può includere elementi come la comparazione delle funzionalità dell'artefatto con gli obiettivi definiti nella fase 2 (una misurazione quantitativa potrebbe essere rappresentata da misure come budget, produzione o dagli esiti di sondaggi di gradimento, feedback e simulazioni).

Concettualmente, questa valutazione potrebbe comprendere ogni adeguata evidenza empirica o prova logica. Alla fine di questa fase, il ricercatore può decidere se ritornare alla fase 3 per provare a migliorare l'efficacia dell'artefatto o passare alla comunicazione della soluzione, lasciando miglioramenti futuri a progetti successivi. La natura dell'ambito di ricerca può imporre se tale revisione sia fattibile o meno.

La fase di valutazione del DSRM è stata svolta in riferimento ai tre obiettivi di cui si è parlato in precedenza (rispondenza alla letteratura, creazione di un processo nominale e di uno schema mentale).

³⁹ Berndt, D.J.; Hevner, A.R.; and Studnicki, J. *Data warehouse dissemination strategies for community health assessments. Upgrade*, 2, 1 2001, pp.48–54.

⁴⁰ Rothenberger, M.A. *Project-level reuse factors: Drivers for variation within software development environments. Decision Sciences*, 34, 1 2003, pp.83–106.

⁴¹ Chatterjee, S.; Tulu, B.; Abhichandani, T.; and Li, H. *SIP-based enterprise converged network for voice/video-over IP: Implementation and evaluation of components. IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 23, 10 2005, 1921–1933.

⁴² Peffers, K., and Tuunanen, T. *Planning for IS applications: A practical, information theoretical method and case study in mobile financial services. Information & Management*, 42, 3 2005, pp.483–501.

In termini di rispondenza alle precedenti ricerche teoriche e pratiche, esse, come già detto, sono state prese come punto di riferimento e di partenza, e di conseguenza tale obiettivo è stato conseguito.

Anche l'obiettivo di fornire un processo nominale di Ricerca in ambito di Design si deve ritenere raggiunto. La dimostrazione applicata ai quattro casi ha funzionato in ogni approccio e si è rivelata efficace e rispondente agli scopi prefissati.

Riguardo lo schema mentale, le quattro applicazioni citate in precedenza hanno seguito la struttura prevista, e questo, secondo gli autori, è sufficiente per considerare conseguito anche il terzo obiettivo.

Fase 6 | Comunicazione

È la fase finale di comunicazione: si esplicitano il problema e la sua importanza, l'artefatto, la sua utilità e la sua novità, il rigore della sua progettazione e la sua efficacia per i ricercatori e qualsiasi altro interessato, quale ad esempio può essere un professionista nel settore.

Nelle pubblicazioni di ricerca accademiche, i ricercatori possono utilizzare la struttura di questo processo per impostare una pubblicazione (è ciò che gli stessi autori del modello fanno, descrivendo attraverso il modello stesso lo sviluppo del progetto). Allo stesso modo, la struttura nominale di un processo di ricerca empirica (definizione del problema, revisione della letteratura, sviluppo di un'ipotesi, analisi, risultati, discussioni e conclusioni) è una struttura estremamente comune per i *papers* di ricerca empirica. La fase di comunicazione richiede una conoscenza più o meno approfondita della cultura e della mentalità della disciplina.

Sono stati Archer e Hevner⁴³ a proporre la necessità della comunicazione per diffondere la conoscenza risultante dal processo di Ricerca in ambito di Design.

Da quanto detto fino a qui, si evince che il processo è strutturato in un ordine sequenziale nominale. Tuttavia, non ci si aspetta affatto che i ricercatori debbano sempre procedere nell'ordine sequenziale, dalla fase 1 alla fase 6. Nella realtà, essi possono partire fondamentalmente da qualsiasi punto e muoversi in ogni direzione. Un approccio che pone al centro il problema molto probabilmente seguirà la sequenza nominale, partendo dalla fase 1. Si può procedere a questo modo se l'idea della ricerca risulta dall'osservazione di un

⁴³ Archer, L.B. *Systematic method for designers*. In N. Cross (ed.), *Developments in Design Methodology*. London: John Wiley, 1984, pp. 57–82.
Hevner, A.R.; March, S.T.; and Park, J. *Design research in information systems research*. *MIS Quarterly*, 28, 1 2004, pp.75–105.

problema o dallo sviluppo di qualcosa già affrontata in ricerche o *papers* precedenti. Una soluzione incentrata sugli obiettivi invece, partendo dalla fase 2, può essere richiesta ad esempio da un'industria, quando vi è la necessità di sviluppare una determinata soluzione.

Un approccio focalizzato, invece, direttamente sul design e lo sviluppo parte, come facilmente intuibile, dalla fase 3. Esso risulta dall'esistenza di un artefatto che non è stato formalmente pensato per essere la soluzione esplicita ad un problema, nel quale invece viene, o verrà, utilizzato. Tale artefatto potrebbe provenire da un altro campo di ricerca, potrebbe essere stato già usato per risolvere un altro problema, o potrebbe essere nato come un'idea analogica che si vuole digitalizzare.

Per concludere, un ulteriore tipo di soluzione potrebbe basarsi sull'osservazione di una soluzione pratica che ha funzionato: si parte in questo caso dalla fase 4 e si effettua una ricerca che applichi il rigore al processo retroattivamente. Questo può avvenire, ad esempio, quando si vuole formalizzare la soluzione ad un problema emersa da un processo di consulenza.

2.3 - IL BUSINESS PROCESS MODELLING

Il Business Process Modelling (BPM) è quell'attività del Business Process Management, disciplina inerente tanto all'ambito dell'IT (*Information Technology*) quanto a quello della gestione, che consente la rappresentazione di attività e processi.

La metodologia del BPM comprende quattro fasi fondamentali:

Modellazione del Processo (*Document phase*)

In questa fase è opportuno:

- definire lo scopo (Output, prodotto, servizio fornito);
- identificare i limiti (Ciò che avvia, termina o attiva il processo);
- assumere le risorse opportune (cioè coinvolgere persone che partecipino direttamente al processo);
- controllare la risoluzione (evitando un livello di dettaglio eccessivo);
- rivedere l'accuratezza (coinvolgendo impiegati e clienti).

Uno degli strumenti maggiormente utilizzati per la modellazione di processo è quello del BPMN (*Business Process Modelling and Notation*)

Analisi e Misurazione (*Asses phase*)

Occorre definire dei parametri di misurazione:

- per il processo (*efficiency*), in termini di costi e consumi o variazioni delle risorse;
- per l'output (*effectiveness*), ossia la capacità di un processo di fornire prodotti o servizi che, con buona probabilità, possano soddisfare i bisogni dei clienti;
- per i risultati (*customer satisfaction*), cioè l'effettiva rispondenza dell'output alle necessità dei clienti.

A titolo esemplificativo, alcune misure qualitative relative ai prodotti possono essere: performance, caratteristiche, affidabilità, durevolezza, estetica, reputazione percepita del brand; mentre, in termini di servizi: affidabilità, reattività, competenza, accessibilità, cortesia, comunicazione, credibilità.

Design/Redesign (*Improve phase*)

L'obiettivo primo è valutare il modo in cui le risorse dell'organizzazione possano essere utilizzate nella maniera più efficiente possibile, ad esempio riducendo i costi o i tempi tecnici di lavorazione, migliorando il prodotto o il servizio, realizzando automazioni, ecc...

Controllo (*Manage phase*)

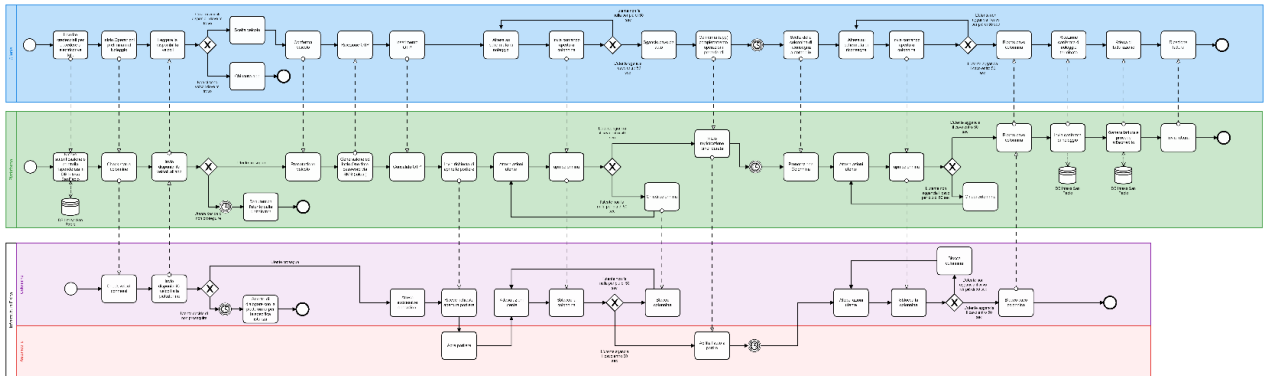
È un momento nel quale si supervisiona e si evolve quanto definito e realizzato nelle fasi precedenti attraverso un processo iterativo che, dai miglioramenti, crea una leadership, la quale permette di ampliare la documentazione esistente portando ad una migliore performance, che a sua volta comporta un ulteriore miglioramento, e così via.

Dal momento che sarà lo strumento utilizzato per lo sviluppo del progetto, oggetto di questa trattazione, si analizza adesso il BPMN (*Business Process Modelling and Notation*)

Il BPMN è un diagramma che rappresenta in forma schematica e sintetica le diverse fasi di un determinato processo e le relazioni che intercorrono tra esse.

Nel diagramma si trovano: *Flow Objects* (Oggetti di flusso: eventi, attività e *Gateways*), *Connection Objects* (Oggetti di connessione: *Sequence Flows*, *Message Flows*, Associazioni) che si collocano all'interno di aree chiamate

Pools e Lanes (letteralmente, una piscina e le sue corsie) e si interfacciano con degli *Artifacts* (Artefatti: *Data Objects*, *Gruppi*, *Annotazioni*).



Esempio di Flowchart BPMN rappresentate il processo di noleggio di uno dei veicoli elettrici del servizio LUISS Green Mobility. Il diagramma è dotato di tre Pools, di cui l'ultima suddivisa in due lanes.

Si esaminano ora nel dettaglio le diverse tipologie di oggetti.

FLOW OBJECTS

Eventi



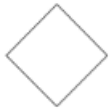
Un evento è ciò che “accade” nel corso di un processo, solitamente ha una causa (*trigger*) e porta ad un risultato. Sono rappresentati da cerchi al cui interno è possibile inserire dei markers per differenziare eventi di diversa tipologia. Ci sono tre tipi di eventi: *Start*, *Intermediate* ed *End*.

Attività e gruppi di attività



Un'attività è un termine estremamente generico per indicare ciò che qualcuno fa. Un'attività può essere semplice (*atomic*) o composta (*non-atomic* o *compound*). Tipi di attività che sono parte del modello di processo sono: processi, sotto-processi e compiti. Questi ultimi due sono rappresentati da rettangoli smussati. I processi sono contenuti in una *Pool*.

Gateway



Un gateway, rappresentato da un rombo, è utilizzato per controllare la convergenza e la divergenza delle sequenze di flusso attraverso operatori logici, determina ramificazioni, biforcazioni, riunificazioni e fusioni dei percorsi. Anche in questo caso, dei marker interni indicano il comportamento del gateway (es. AND, OR, XOR, ecc.)

CONNECTING OBJECTS

Sequence Flow



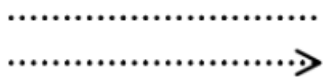
Un *Sequence Flow* si utilizza per indicare l'ordine in cui si svolgono le attività in un processo.

Message Flow



Un *Message Flow* serve a mostrare il flusso di messaggi tra due attori inizializzati per mandarne o riceverne. In un BPMN i partecipanti gli attori corrispondono ciascuno ad una *pool*.

Association



Un'associazione si utilizza per collegare informazioni ad un *Flow Object*, come ad esempio testo e le risorse grafiche che non sono *Flow Object*.

La presenza di una freccia, quando necessaria, indica la direzione del collegamento.

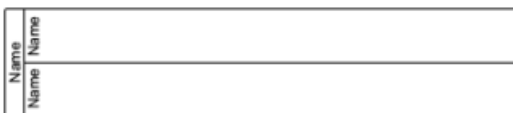
SWIMLANES

Pool



Una *Pool* rappresenta un attore del processo, funge da *swimlane* e da contenitore grafico per suddividere una serie di attività da altre *Pool*, sia verticalmente sia orizzontalmente.

Lane



Le *Lane* sono utilizzate per organizzare e categorizzare le attività.

ARTIFACTS

Data Object



Un *Data Object* è considerato un artefatto perché non ha alcun effetto diretto sulla sequenza, o sui messaggi del processo, ma fornisce informazioni su quali attività devono essere effettuate e su quali risultati esse producono.

Raggruppamenti



Un raggruppamento di attività, che devono essere necessariamente dello stesso tipo, non produce effetti sulla sequenza del processo. È corredato da un'etichetta con il nome della categoria.

Annotazioni testuali



Le annotazioni permettono al modellatore di dare al lettore del diagramma BPMN informazioni aggiuntive.

2.4 - LA TECNOLOGIA RFID

L'RFID (*Radio Frequency Identification*) è una tecnologia di identificazione o memorizzazione automatica di informazioni riguardanti persone, animali o oggetti, attraverso particolari etichette elettroniche chiamate *tag*, dotate di un circuito sul quale è possibile scrivere digitalmente dati che esse provvederanno a trasmettere, se opportunamente interrogate da un secondo circuito, fisso o portatile, detto *reader*.

Con questa tecnologia è possibile tenere sotto controllo qualsiasi entità dotata su di sé di un tag: ad esempio si può tenere traccia di tutte le merci che entrano o escono da un magazzino, se etichettate correttamente. Uno dei settori di maggiore applicazione della tecnologia RFID è infatti proprio quello della gestione magazzino e della logistica.

Come il nome suggerisce, la tecnologia si basa sulla propagazione di onde radio elettromagnetiche. Esistono due tipologie di tag RFID: attivi, dotati di batterie a lunga durata e capaci di operare a medio lunga distanza (circa 200m), o passivi, i quali si attivano se eccitati dalle onde emesse dai reader stessi e, non essendo indipendentemente alimentate, la distanza di copertura difficilmente supera poche decine di cm.

Entrando maggiormente nel dettaglio, ogni tag è dotato di un *transponder* (un dispositivo che trasmette un dato messaggio in risposta ad un segnale ricevuto e predeterminato): si tratta della parte dell'etichetta che racchiude le informazioni per l'identificazione, essendo ogni transponder associato ad uno e un solo impulso radiofonico, il quale può avere frequenza diversa in base al tipo di tag, al suo scopo e alla distanza operativa necessaria.

I tag RFID possono tendenzialmente operare a qualsiasi frequenza legalmente autorizzata (i tag per i pallet hanno una media pari a 13,56 MHz, ma le etichette RFID possono raggiungere tranquillamente anche spettri compresi tra gli 868 e 915Mhz⁴⁴). Tuttavia, per evitare interferenze potenzialmente problematiche per

⁴⁴ <https://www.internet4things.it/iot-library/rfid-cosa-e-come-funziona-esempi-applicativi/>

gli altri dispositivi elettronici presenti nell'ambiente, alcune frequenze, fondamentalmente corrispondenti a quelle utilizzate per le trasmissioni radiotelevisive, sono inutilizzate.

Il *tag* è quindi univoco per ogni oggetto, e ciò garantisce che non vi siano interferenze o sovrapposizioni indesiderate di informazioni durante la lettura.

Essendo la tecnologia basata sulle onde, come si è già accennato, non è necessario che la lettura avvenga per contatto tra i diversi tag e il lettore. Ciò permette di utilizzare l'RFID tanto su oggetti statici quanto su entità in movimento.

Pare che sia proprio l'RFID ad aver dato origine alla dicitura Internet of Things, la quale sarebbe nata come titolo di una presentazione fatta da Kevin Ashton, direttore esecutivo del Centro di Auto-ID del Massachusetts Institute of Technology (MIT), per Procter & Gamble nel 1999, nella quale spiegava come poter integrare l'argomento *Internet* nella logistica della *Supply Chain*, mediante l'utilizzo dell'RFID.⁴⁵

Un'evoluzione della tecnologia, apparsa negli ultimi anni è rappresentata dall'NFC (*Near-field communication*), la quale offre connettività wireless (senza fili) a corto raggio (max 10cm, ma solitamente ridotta a 4cm per ragioni di sicurezza) dotata però di un notevole vantaggio rispetto al suo antenato: l'NFC, a differenza del RFID, permette uno scambio di dati bidirezionale.

Attraverso l'NFC è possibile una veloce trasmissione di informazioni tra due dispositivi, anche totalmente differenti l'uno dall'altro attraverso una rete *peer to peer* (ad esempio tra uno smartphone e un tornello d'accesso alla metropolitana).

Uno dei principali ambiti di applicazione dell'NFC riguarda i pagamenti *contactless*: attraverso il proprio smartphone, previa installazione di un'apposita app (Ad esempio Apple Pay o Google Pay), è possibile effettuare una transazione semplicemente avvicinando il cellulare al POS dell'esercente.

Una tecnologia di scambio dati a breve distanza però esisteva già da prima dell'NFC, ed era il Bluetooth. Utilizzando quest'ultima, è necessario che i dispositivi siano tra loro preventivamente "accoppiati" (ovvero vi sia stata stabilita in precedenza una connessione) e che siano alimentati. Per l'NFC nessuna di queste due condizioni è necessaria. Inoltre, quest'ultima tecnologia, imponendo una brevissima distanza tra i due attori, permette di ridurre in maniera significativa i consumi energetici. Attualmente l'NFC è

⁴⁵ <https://www.smithsonianmag.com/innovation/kevin-ashton-describes-the-internet-of-things-180953749/>

implementato di stock nella maggior parte degli smartphone presenti sul mercato, anche di fascia medio-bassa.

Altri strumenti di identificazione di oggetti sono i codici a barre (*barcode*), i quali riportano un numero identificativo letto da un apposito lettore a raggi infrarossi (e oggi anche dalle fotocamere degli smartphone). Un *barcode* mediamente è lungo 4 o 5cm e contiene 12 o 16 caratteri. Un tag a barre ha un costo davvero irrisorio (fondamentalmente quello necessario a stampare il codice su una normale etichetta di carta). Come contropartita, nel processo di lettura devono esserci una serie di requisiti: il codice deve essere integro (se stinto o graffiato potrebbe non essere compreso) e deve essere applicato in modo piano e disteso (quindi non su angoli o superfici con eccessiva curvatura), e la lettura, che permette di scansionare un solo codice per volta, deve inoltre avvenire in condizioni di luce accettabili. Per cercare di ovviare al problema della facile corruttibilità ed incrementare il numero di informazioni presenti nei tag, sono stati inventati dei codici bidimensionali (tra cui Data Matrix, Maxi Code o i ben più noti Qr Code).



La frase "Internet of Things" codificata rispettivamente in Data Matrix, Maxi Code e Qr Code⁴⁶

Rispetto a tali strumenti, i tag RFID offrono i fondamentali vantaggi della non necessità della lettura per contatto ravvicinato e delle possibilità di effettuare numerose letture simultaneamente, a fronte di un costo maggiore per singola etichetta, che, comunque, qualora si utilizzasse un sistema passivo, resta nell'ordine di pochi centesimi di euro.

Per concludere, si riportano alcuni esempi di utilizzo della tecnologia RFID (ed NFC), in ambito di Internet of Things. In primis i sistemi antitaccheggio nei negozi (quegli elementi in plastica agganciati ai prodotti che vengono staccati una volta in cassa), o le smart card utilizzate per accedere a computer e dispositivi in molti uffici; si pensi anche alle carte di credito emesse nell'ultimo decennio, dotate di chip NFC per effettuare pagamenti istantanei *contactless*. Un'applicazione interessante della tecnologia, integrata con un estesissimo sistema informativo, è quella dei braccialetti elettronici presenti nei resort Disney, i quali permettono di accedere alla propria stanza in hotel, valgono da

⁴⁶ I codici sono stati generati su <https://barcode.tec-it.com/it/>

biglietti di ingresso per parchi tematici, fungono da *Fastpass* (un sistema proprietario che permette di prenotare l'accesso alle attrazioni dei parchi saltando la normale coda d'attesa) e consentono di accreditare le spese fatte presso ristoranti e shops direttamente sul conto della stanza.⁴⁷

2.5 - ARDUINO

Arduino è una piattaforma hardware e software open-source (ovvero con licenza libera e possibilità per chiunque di apportare modifiche al codice) programmabile, utilizzata per progetti di robotica, elettronica e automazione.

In termini di hardware, si tratta di una scheda (*board*) a basso voltaggio (da 1,5V a max 24V) basata su un microcontrollore prodotto da ATMEL, l'ATMega168 o ATMega328, dotata di una serie di circuiti integrati che assolvono a varie funzioni e di numerosi *pins* che possono alternativamente fungere da input o da output per poter interfacciare con il microprocessore sensori di ogni tipo: circuiti integrati ma anche motori, led, altre schede Arduino e, ovviamente, i PC tramite una porta USB.

La programmazione della scheda avviene tramite un software installabile su computer, detto *Arduino IDE*, attraverso il quale è possibile scrivere codice in un linguaggio estremamente simile al C⁴⁸, che viene in seguito compilato e caricato nella memoria del board stesso mediante il protocollo seriale RS232.

Arduino è un progetto tutto italiano: è stato sviluppato ad Ivrea nel 2005, dall'idea di un professore universitario e ingegnere elettronico, Massimo Banzi, che decise di creare una piattaforma per i propri studenti, così da facilitarli nello studio dell'Interaction Design. Il successo fu tale da spingere il suo creatore a rendere Arduino open-hardware, sul sito ufficiale (www.arduino.cc) è infatti possibile trovare addirittura le istruzioni per realizzare un board in autonomia, e open-source, e ciò ha portato la comunità internazionale di *makers* (così sono chiamati coloro che realizzano questo genere di progetti) a programmare numerose librerie software che permettono di interfacciare la piattaforma con le più svariate periferiche (moduli Wi-Fi, schermi LCD e così via...).

⁴⁷ <https://disneyworld.disney.go.com/en-eu/faq/bands-cards/understanding-magic-band/>

⁴⁸ Linguaggio di programmazione ad alto livello sviluppato da Dennis Ritchie nel 1972, giunto ormai alla 18° versione. Sono stati sviluppati numerosi derivati del linguaggio C, i più noti sono il C++ (*C Plus Plus*) e il C# (*C Sharp*).

Una caratteristica peculiare dell'*environment* Arduino è il fatto che, contrariamente a quanto avviene normalmente, i programmi caricati sulla scheda vengono eseguiti a ciclo continuo fino a quando il dispositivo è alimentato (*loop*).

I progetti realizzati con Arduino possono agevolmente essere interfacciati ad altri software e protocolli tra cui Processing (ambiente per la programmazione visuale) ma soprattutto HTML/php e MySQL, e proprio quest'ultima capacità di connettività sarà utilizzata nel progetto trattato dal presente elaborato.

CAPITOLO III | UN SISTEMA DI SMART BOOK TRACKING @ LUISS LOFT

3.1 - IDENTIFICAZIONE E MOTIVAZIONE DEL PROBLEMA

Questo progetto nasce dalla volontà di realizzare un sistema che potesse efficientare la logistica della biblioteca del LOFT nell'auspicio di poter estendere il sistema, qualora si rivelasse valevole, all'intera biblioteca dell'Università LUISS.

Da un'analisi della situazione preesistente, sono state rilevate una serie di inefficienze:

- Difficoltà nel conoscere velocemente l'ubicazione sugli scaffali dei volumi o di altri oggetti, specie in seguito a consultazioni da parte di soggetti che non riportano i libri nella stessa posizione dello scaffale in cui li hanno trovati.
- Assenza di un sistema elettronico di gestione dei diversi testi, con la conseguente difficoltà nel tenere traccia dei prestiti o dell'eventuale fuoriuscita non autorizzata di libri e oggetti dall'area del LOFT.
- La necessità di inventariare manualmente i diversi volumi.
- L'impossibilità, allo stato attuale, per gli studenti che lo desiderassero, di poter migliorare in alcun modo il funzionamento degli spazi di cui sono fruitori.

Alla luce di quanto esposto in precedenza, l'implementazione di un sistema IoT da collegare ad un database (DB) e dotato di interfaccia utente (UI, *User Interface*), è parsa subito la strada migliore da intraprendere.

Il problema è stato quindi scomposto focalizzandosi dapprima sulla scelta della tecnologia e dell'hardware da utilizzare e successivamente sulla progettazione e programmazione del sistema a livello di software.

Si è ritenuto che sviluppare una soluzione innovativa potesse portare una serie di vantaggi. In primo luogo la possibilità, per gli utenti degli ambienti in cui sarà implementato il sistema, di ricevere un servizio rapido, efficiente, comodo e facile da utilizzare.

In secondo luogo si ambisce ad alleggerire il carico del personale addetto agli spazi, delegando alla tecnologia la poco stimolante operazione di riordino di libri e oggetti, per rispettare le categorie di una catalogazione statica.

In ultima istanza, non è da trascurare il prestigio e la risonanza mediatica che l'implementazione di un sistema così all'avanguardia, un unicum forse nel settore universitario italiano, darebbe all'istituzione che lo adotta.

3.2 - DETERMINAZIONE DEGLI OBIETTIVI

Da un problema così strutturato, si è dedotto un primo macro-obiettivo: trovare un modo per sapere quali volumi/oggetti fossero sugli scaffali e quale fosse la loro posizione.

Si sono in seguito formalizzati una serie di requisiti che l'artefatto che si sarebbe andato a sviluppare avrebbe dovuto soddisfare:

Affidabilità del sistema

Obiettivo fondamentale è l'affidabilità del sistema: oltre a ridurre il più possibile la presenza di *bug* (imperfezioni del codice che generano comportamenti inattesi del software), è necessario che il l'artefatto sia stabile anche da un punto di vista hardware, limitando i fattori che possano in qualsiasi modo interferire con il corretto funzionamento dell'infrastruttura.

Efficienza

Nella progettazione si deve fare in modo che le risorse hardware e software siano impiegate nella maniera più efficiente possibile, anche in un'ottica di sostenibilità e risparmio energetico, evitando inutili duplicazioni di processi e componenti fisici.

Facilità di utilizzo (*Usability*)

L'app destinata all'utente finale deve essere *user-friendly* (cioè di facile utilizzo per gli utenti), realizzando un'interfaccia grafica (GUI, *Graphic User Interface*) intuitiva che si adatti facilmente (*responsive*) ai dispositivi sui quali sarà mostrata, che si prevede possano essere PC, Smartphone, Tablet ed eventualmente totem di sala.

Economicità e facilità di implementazione

Per quanto possibile, si deve cercare di realizzare una soluzione che non preveda la trasformazione radicale degli spazi e degli ambienti (con un conseguente aggravio dei costi), ma che possa integrarsi con relativa facilità al contesto preesistente.

Migliorabilità

Nell'ottica di massimizzare sempre l'efficienza dell'artefatto progettato, anche alla luce degli esempi virtuosi provenienti da numerose discipline e settori, si vuole realizzare una soluzione che possa essere facilmente migliorata non solo dagli sviluppatori ma anche dagli utilizzatori (*crowdsourcing*). Si pensa di realizzare quindi un artefatto sicuramente open-source e possibilmente anche open-hardware.

Scalabilità

Il sistema che si sta andando a pensare dovrebbe poter essere adattato, senza modifiche radicali, a contesti di dimensione anche considerevolmente maggiori di quelle dell'ambiente di sviluppo e test.

Estetica

Un ultimo obiettivo, da non trascurare, è quello rappresentato dall'estetica, tanto della soluzione fisica quanto dell'interfaccia software.

3.3 - DESIGN E SVILUPPO DELL'ARTEFATTO

Si esporrà adesso in dettaglio il processo di design e sviluppo di un sistema, da localizzare nei locali del LOFT, che possa essere un prototipo funzionante di una soluzione, che possa risolvere i problemi in oggetto e che rispetti quanto più possibile gli obiettivi prefissati precedentemente. Si è intrapreso un vero e proprio processo di *Making* di un dispositivo IoT. Quanto esposto nel seguente paragrafo, è bene precisarlo, è il risultato ultimo di una serie di prototipazioni, sperimentazioni e revisioni del sistema.

Si è formalizzato, in questa fase, il *core process* del sistema, scomposto a sua volta in diversi sub-processi, rappresentati attraverso dei diagrammi modellati mediante il software *Camunda Modeler*.

Per prima cosa si sono definiti gli attori del processo: l'infrastruttura fisica di localizzazione degli oggetti, il server centrale e gli utenti. Si è ritenuto chiarificatore considerare l'infrastruttura in due sub-attori: l'hardware di scanning dello spazio e il sistema di indicazione, per gli utenti, della posizione dell'oggetto ricercato.

In conseguenza di ciò, lo sviluppo si è circostanziato nella progettazione di un sistema di scansione, basato su Arduino e la tecnologia RFID, che potesse rilevare l'identità delle entità da tracciare, individuarne la posizione⁴⁹ (limitando i margini di errore) e avvertire una variazione di quest'ultima con la minor latenza possibile. Le informazioni così ottenute sarebbero state quindi comunicate (tramite *MySQL*⁵⁰) ad una *Data Warehouse* (un particolare database in cui i dati vengono opportunamente ordinati e normalizzati) ubicata su un server locale. In seguito alle richieste degli utenti, il server avrebbe comunicato ad un dispositivo luminoso di indicazione la posizione del volume ricercato in modo che esso fosse immediatamente individuabile.

Il seguente diagramma BPMN rappresenta il processo complessivo.⁵¹

⁴⁹ Cfr. 3.4 e 4.2

⁵⁰ Versione migliorata del protocollo MySQL, utilizzato per inserire, leggere e modificare dati contenuti in un database.

⁵¹ Diagramma in HD consultabile presso

https://www.francescopaolocaragiulo.it/Thesis/RoBook_BPMN_Diagram.svg

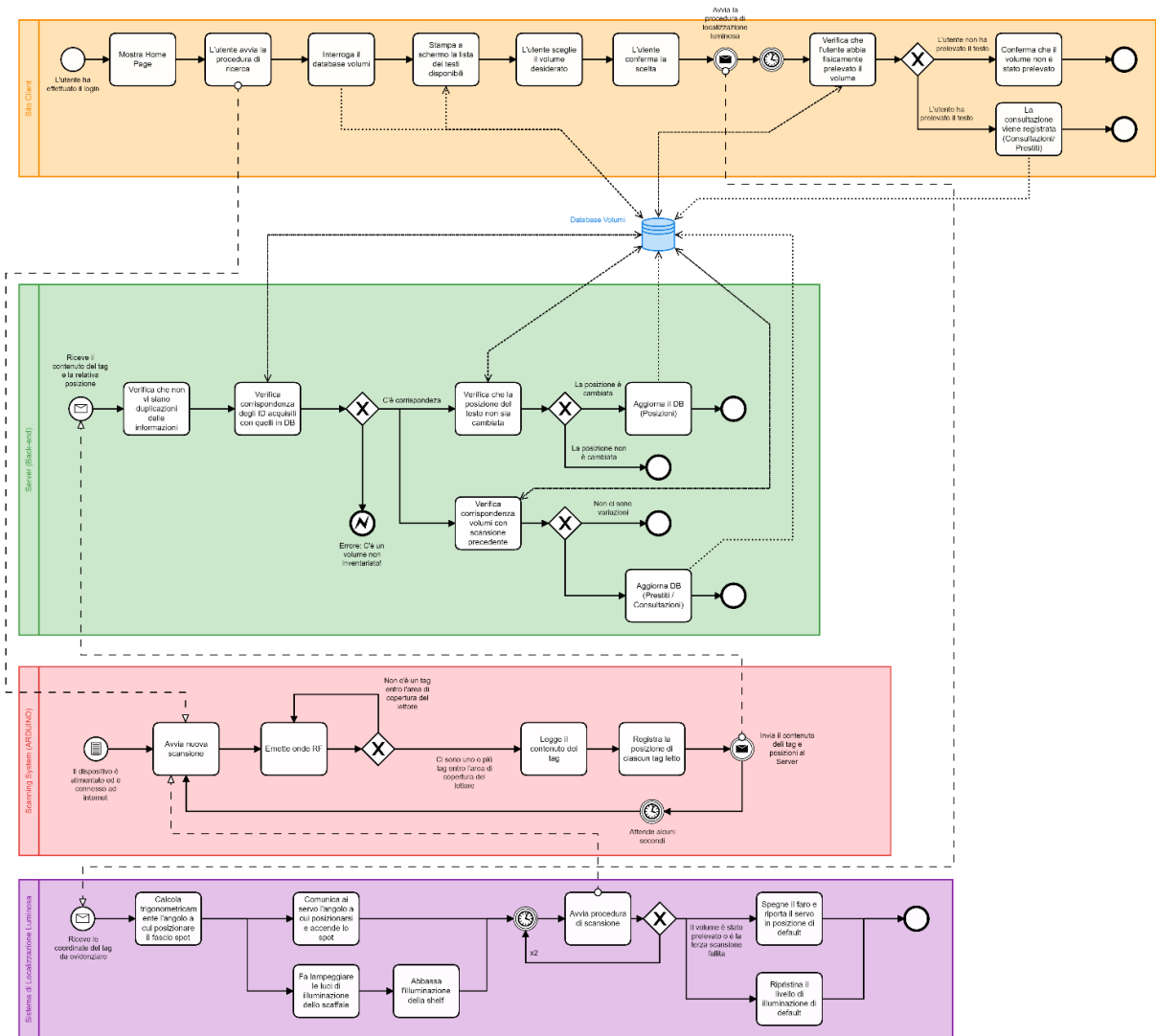


Figura 2. Diagramma BPMN del processo.

Si analizzano adesso in dettaglio i vari sub-processi esposti nel diagramma precedente.

Il processo di scansione

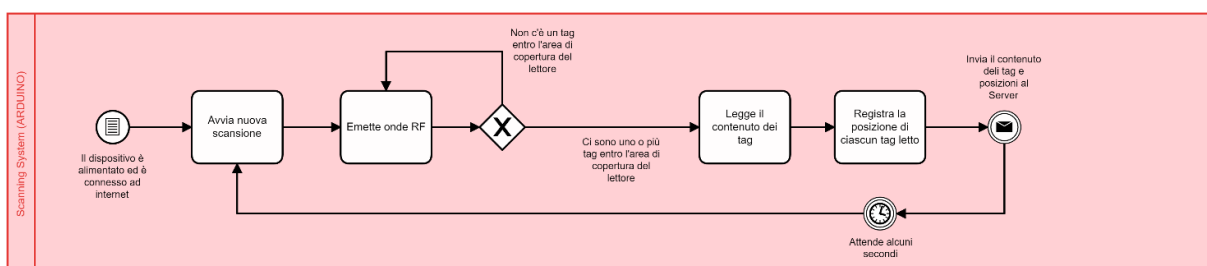


Figura 3. Diagramma BPMN esemplificativo del processo di scansione.

La scansione dello spazio avviene a ciclo continuo a condizione che il board di Arduino sia alimentato e connesso correttamente ad internet. Fornendo corrente al reader, esso emette delle onde radio entro un determinato volume di copertura, che assume una forma assimilabile ad un ellissoide.

Rilevata la presenza di uno o più tag, il valore in esso contenuto viene letto e la scheda calcolata la posizione del tag. Tali valori vengono "impacchettati" in una stringa che viene immediatamente inviata al server. Dopo alcuni secondi, il processo si riavvia.

Il valore di attesa prima che venga avviata una nuova radio-scansione è dinamicamente determinato dal server, sulla base della quantità di banda di rete assorbita. Se viene rilevato un utilizzo intensivo del sistema la piattaforma effettua scanning più ravvicinati nel tempo tra loro.

Il Server

Il server avrebbe avuto il duplice compito di gestire efficientemente tanto la base dati risultanti dalle operazioni di scansione quanto delle interazioni degli utilizzatori finali con il sistema.

A proposito della prima task (attività di *Back-End*), il server avrebbe provveduto a depurare dalle imperfezioni il flusso continuo di informazioni in arrivo dal sistema di tracking, in modo da evitare ridondanze e predisporre il database per le operazioni di lettura e ricerca necessarie al funzionamento corretto ed efficiente dell'artefatto. Nell'ottica di perseguire l'obiettivo della facile scalabilità del sistema, si è realizzato un algoritmo server che fosse totalmente indipendente da un punto di vista tecnologico del meccanismo di scansione, in modo da poterne implementare, senza troppe complicazioni, uno più esteso in caso di incremento delle dimensioni del progetto.

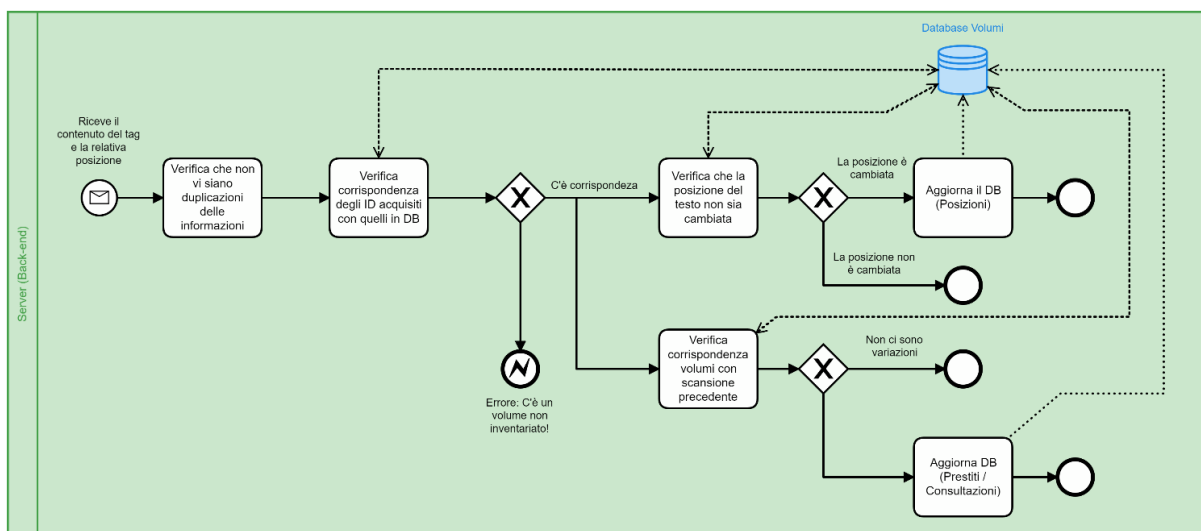


Figura 4. Diagramma BPMN esemplificativo del processo di registrazione dei dati sul DB

Ricevuti i dati dal sistema di scansione, il server provvede a verificare che non siano state trasmesse stringhe duplicate (cosa non improbabile, data la natura iterativa del processo di scansione) e subito dopo effettua un check di corrispondenza tra le informazioni ricevute (ID dei volumi) e le *entries* presenti in database. Qualora dalla scansione fossero emersi degli ID non registrati, il sistema restituisce un messaggio di errore. Altrimenti, procede ad effettuare ulteriori comparazioni tra i dati presenti e quelli storici (derivanti dalla scansione precedente): sul campo "Posizione", per valutare se l'ubicazione del libro è variata, e procedere eventualmente all'aggiornamento del DB, e sul numero/ID dei testi, per accertarsi che dagli scaffali non siano stati prelevati o aggiunti dei libri. Qualora ciò fosse accaduto, il sistema provvederà rispettivamente o a marcare il volume come "in Consultazione/Prestato" o ad eliminare tale dicitura, aggiornando il DB.

Il secondo compito deputato al server è quello di interpretare le istruzioni ricevute dall'applicazione Client e di interfacciarle con il database per le operazioni di ricerca volumi o gestione consultazioni/prestiti.

L'utente (Admin o Guest)

Da un PC connesso in LAN, l'utente *guest* (ospite, non amministratore) accede ad un mini-sito dedicato al sistema, caricato sul server locale stesso, dal quale ha la possibilità di scegliere quale volume localizzare.

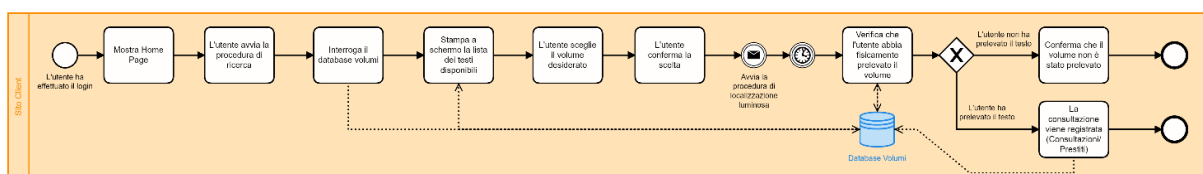


Figura 5. Diagramma BPMN dell'iterazione dell'utente

Effettuato il login, viene mostrata l'home page, dalla quale l'utente può avviare la procedura di ricerca dei volumi. Viene interrogato il database, che mostra la lista dei volumi disponibili aggiornata all'ultima scansione. L'utente quindi può scegliere quale libro localizzare e consultare. Dopo aver confermato la scelta, viene inviata al sistema la richiesta di localizzazione, che il dispositivo di indicazione luminosa provvederà ad eseguire. Atteso un tempo ragionevole che permetta all'utilizzatore di prelevare fisicamente il libro (o l'oggetto) dallo scaffale, il sistema verifica che tale operazione sia avvenuta. Se il check ha avuto esito positivo, viene aggiunta in Database un'indicazione su chi è il titolare della consultazione in corso. Altrimenti, viene restituito un messaggio che conferma che il volume non è stato prelevato.

Se l'utente che si connette è registrato come *admin* (amministratore), nella sua home page sono visibili opzioni avanzate di configurazione del sistema.

Indicazione Luminosa dell'oggetto cercato

Per individuare la posizione dell'oggetto cercato sullo scaffale, si è pensato ad un sistema di puntamento luminoso robotico, costituito da un fascio di luce spot direzionato sul *target* da dei servomotori, sempre controllati da Arduino.

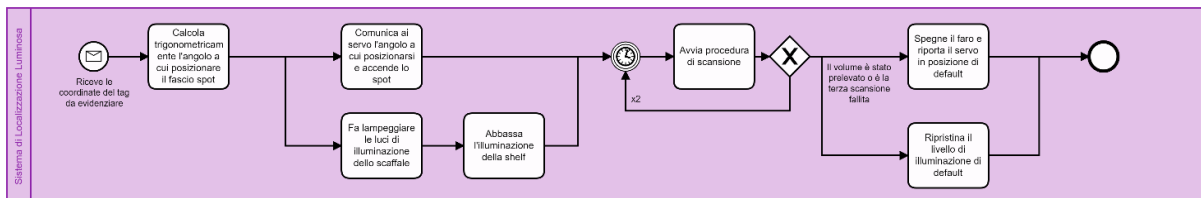


Figura 6. Diagramma BPMN del processo di indicazione luminosa.

Nel momento in cui riceve dal server una stringa contenente le coordinate del tag attaccato all'oggetto da evidenziare, il microprocessore installato nel sistema di indicazione luminosa calcola, utilizzando delle formule trigonometriche, l'angolo al quale deve essere direzionato il fascio luminoso (spot o laser) e lo comunica ai servomotori. Mentre i servo si posizionano e lo spot si accende, l'illuminazione degli scaffali segnala che è in corso una procedura di ricerca volumi lampeggiando; in seguito, il livello di luce cala in modo da permettere al fascio di luce spot di essere ben visibile. Dopo un tempo determinato, necessario all'utente per prendere materialmente il volume, il sistema richiama la procedura di scansione. Se il testo non è più rilevato, spegne lo spot, riporta i servo in posizione di default e ripristina l'illuminazione. Altrimenti, effettua altri due tentativi di scansione dopo alcuni secondi. Se al terzo tentativo il volume ancora non è stato prelevato, il sistema ripristina comunque le condizioni iniziali.

In fase di sviluppo della soluzione, occorre scegliere la tecnologia da utilizzare, in primis per il sistema di scansione ed identificazione. Alla luce delle considerazioni esposte fin qui⁵², la scelta di un sistema che sfruttasse l'RFID è apparsa quasi scontata. Bisognava però valutare quale delle differenti varianti di tale standard si addicesse maggiormente al progetto.

Il primo discernimento riguardava la tipologia dei tag: attivi o passivi. Si è optato per la seconda per due ragioni fondamentali: flessibilità ed economicità. Un tag passivo, infatti, è facilmente reperibile in commercio a costi bassi in forma di adesivo, posizionabile senza particolari difficoltà su qualsiasi superficie. Le ridotte dimensioni volumetriche del tag (meno di 1mm di spessore), dovute anche all'assenza di un sistema di alimentazione indipendente, hanno ulteriormente contribuito a considerare il sistema passivo quello più idoneo alle cose a cui il sistema si rivolge: i libri o i piccoli oggetti.

⁵² Cfr. 2.4

Una seconda scelta si riferiva alla radiofrequenza da adoperare. L'RFID sotto questo aspetto è estremamente versatile, e permette di utilizzare un hardware che opera potenzialmente a qualsiasi frequenza. Tuttavia, sul mercato sono disponibili tendenzialmente prodotti a bassa frequenza (13.56 Mhz) a corto raggio oppure UHF (*Ultra high frequency*, tra gli 860 e i 960 MHz) a medio-lunga distanza.

A questo punto, considerati i vincoli fornitura del mercato, è stata la dimensione del progetto, che in questa fase si limita ad un mero prototipo, a fare da *discrimen* per selezionare la tipologia di l'hardware da utilizzare. La componentistica necessaria per una soluzione UHF, desiderabile ed efficiente su larga scala, è reperibile solo a condizioni di ingrosso e richiede notevoli tempi per approvvigionamento. Per la sperimentazione prototipale⁵³ si è quindi propeso per una soluzione a bassa frequenza (13.56 Mhz con standard ISO 14443A) a corto raggio.

Per quanto riguarda il server, l'interfaccia utente ed il database, si sono utilizzati gli standard più recenti per lo sviluppo web: *HTML5* per le pagine accessibili, *Php 7.4* e *MySQLi* per la gestione delle operazioni server e del database. Come già accennato in precedenza, l'intero comparto software del progetto non dipende dalla tecnologia utilizzata dal sistema di scansione, di conseguenza non vi sarebbero grandi differenze architettoniche tra prototipo ed eventuale sistema su larga scala.

3.4 - DIMOSTRAZIONE

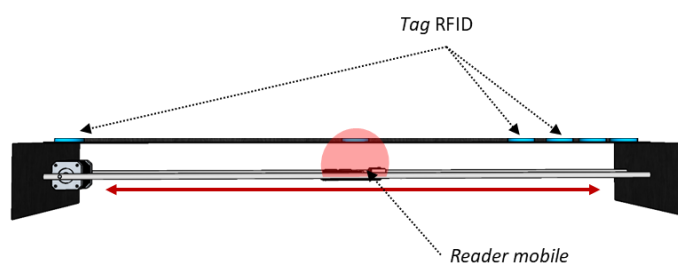
Identificata con chiarezza la logica di funzionamento, per testarne l'impatto, la rispondenza agli obiettivi e compiere delle prime basilari valutazioni, si è passati alla costruzione di un prototipo.

La sfida più grande da risolvere è stata rappresentata dall'hardware.

La bassissima distanza (circa 4-5 cm) coperta dai reader a bassa frequenza disponibili in commercio a quantità di dettaglio, ha fatto sì che fosse necessario, per poter avere sottomano in tempi ragionevoli un modello completo su cui compiere i successivi test e valutazioni, adoperare una soluzione particolarmente ingegnosa.

⁵³ Cfr. 3.4

È venuta in soccorso la robotica. Si è progettata una *Smart Shelf* dotata di uno slider motorizzato (ovvero un carrello che può scorrere lungo una guida) opportunamente occultato, su cui si è installata una scheda Arduino, alimentata a batteria e dotata di connettività WiFi a cui è stato collegato un reader RFID a bassa distanza (Mifare RC522) che scandaglia longitudinalmente la mensola ad intervalli regolari. Il lettore, ogni volta che intercetta un tag, ne acquisisce le informazioni, ne registra la posizione e trasmette i dati tramite internet al server. L'implementazione di tale sistema



ROBOOK
SMART LIBRARY

Figura 7. Schema esplicativo del sistema di scansione.

meccanico ha suggerito un simpatico nome da dare alla sperimentazione: ROBOOK (Fusione di *Robot* e *Book*)

Un secondo problema hardware è stato causato dalla necessità fisica che il tag, un dischetto poco più grande di una moneta da €2, sia disposto, in fase di lettura dei dati, parallelamente alla superficie del reader, dal momento che la lettura avviene attraverso dei campi magnetici polarizzati. Per far sì che ciò accadesse, si è dovuto pensare ad un modo per posizionare correttamente il tag, che fosse principalmente comodo da utilizzare e che lasciasse meno spazio possibile all'insorgenza di errori di posizionamento o lettura.

La soluzione si è concretizzata nella creazione di segnalibri intelligenti (*Smart Bookmarks*) dotati alla base del tag RFID. Essi saranno legati tramite un laccetto



Figura 8. Render 3D della smart-shelf di prototipo



Figura 9. Dettaglio del segnalibro.

ai volumi in modo da evitarne la confusione o la dispersione. In fase di collocamento sulla mensola, la base del segnalibro dev'essere posizionata in un'apposita scanalatura, in modo da trovarsi in una posizione idonea a permettere la lettura del tag al passaggio del *reader*.

In un'ottica di sostenibilità, si è pensato di realizzare materialmente i segnalibri in carta con gli elementi rigidi stampati in 3D utilizzando il PLA, un derivato dell'amido che gode di ottime proprietà meccaniche di elasticità e resistenza, ed è biodegradabile.

3.5 - VALUTAZIONE

Già le prime prove effettuate sul prototipo hanno permesso di valutare le funzionalità dell'artefatto progettato.

Il sistema si è rivelato abbastanza affidabile, nella misura in cui in fase di test non sono stati riscontrati significativi malfunzionamenti, fatta eccezione per alcune imprecisioni in fase di scansione, corrette variando i parametri interni di velocità del processo e di potenza dell'antenna del reader. Allo stesso modo il dispositivo di puntamento luminoso è stato, nei diversi tentativi, sufficientemente preciso.

In termini di efficienza, il software si è dimostrato veloce e adatto a svolgere correttamente le *task* ad esso deputate. Per quanto riguarda l'hardware, l'RFID a corto raggio unito alla scansione meccanica, che originariamente erano stati percepiti come una limitazione, si sono in realtà rivelati particolarmente adatti e facili da implementare per applicazioni del sistema di smart tracking su piccola scala, com'è stata quella del prototipo. L'economicità dei componenti utilizzati e la facile reperibilità sul mercato hanno, tra le altre cose, portato ad una spesa totale particolarmente contenuta.

Anche l'interfaccia grafica si è dimostrata estremamente intuitiva e, essendo *web-based*, utilizzabile senza problemi non solo da PC, ma anche da smartphone e tablet.

Quanto alla scalabilità, l'architettura modulare del sistema permette di aggiungere un numero potenzialmente infinito di nuove *smart-shelves* connesse in rete. È bene precisare, però, che estendendo le dimensioni diventerebbe praticamente ed economicamente più vantaggioso adottare una diversa tecnologia di scansione, magari basata sull'RFID UHF, che

potenzialmente renderebbe superflua la presenza tanto del sistema meccanico di scansione quanto dei segnalibri⁵⁴.

Sebbene si stesse realizzando solo un prototipo di modeste dimensioni, si è curata anche l'estetica tanto del modello fisico quanto dell'interfaccia software, per far sì che in nessun momento, interfacciandosi con il sistema, si avesse la sensazione di essere davanti ad un mero passatempo dilettantesco.

Nel corso del semestre, Robook sarà fruibile da chiunque abbia voglia di provarlo, in modo tale da condurre una sperimentazione su ampia scala e valutare con numeri ed accuratezza nettamente migliori i vantaggi e le criticità del prototipo.

3.6 - COMUNICAZIONE

Al di là del presente elaborato, che riporta una descrizione analitica del sistema in oggetto e delle modalità di sviluppo, ci si propone di realizzare prossimamente una serie di materiali informativi meno accademici e più *customer-oriented* (pensati per gli utilizzatori finali) per meglio spiegare agli utilizzatori effettivi e potenziali il funzionamento del tutto. Ci si auspica che, qualora il prodotto dovesse risultare di gradimento da parte della comunità universitaria, si possa innescare un circolo virtuoso di miglioramento continuo, favorito anche dalla natura open-source e open hardware con cui si è scelto di sviluppare l'artefatto. A tale proposito, la documentazione, gli schemi elettrici e i diversi codici sorgenti, saranno caricati e resi disponibili a tutti in un'apposita area per sviluppatori sul mini-sito del sistema sul server del LOFT.

⁵⁴ Cfr 4.1

CAPITOLO IV | SVILUPPI FUTURI E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

4.1 - OLTRE IL PROTOTIPO | IMPLEMENTAZIONE DEL SU LARGA SCALA

Il prototipo realizzato ha ben mostrato le potenzialità di un sistema di Smart Library già su piccolissima scala. Come si accennava nel capitolo precedente, proprio la scala del progetto ne permetterebbe un notevolissimo efficientamento, in primis adottando un sistema differente per le operazioni di scansione.

Si tratterebbe, nello specifico, di adottare in un ambiente interno un sistema concettualmente simile a quello GPS (*Global Positioning System*). Tale tecnologia utilizza un sistema di posizionamento sferico chiamato trilaterazione: si intersecano tre circonferenze (ovvero tutti i punti che misurano una data distanza, conosciuta, da un satellite) con la superficie terrestre, in modo che vi sia un unico punto di intersezione possibile.

Il calcolo della distanza avviene ricavando il tempo di propagazione tra il satellite ed il dispositivo GPS (nell'ordine dei microsecondi). Tuttavia, il principale problema deriva dal fatto che, mentre l'orologio equipaggiato sui satelliti è atomico, estremamente preciso anche nel lungo periodo, quello a bordo dei ricevitori GPS è molto meno accurato. Per far sì che vi sia una sincronizzazione sufficientemente precisa, quindi, un altro satellite invia continuamente informazioni sull'orario esatto al dispositivo ricevente. Di conseguenza, per permettere la localizzazione GPS (con una precisione attualmente nell'ordine dei cm) sono necessari 4 satelliti atti a determinare latitudine, longitudine, altitudine e tempo.

Verrebbe facile pensare di adottare direttamente il sistema GPS anche per la localizzazione di oggetti in spazi chiusi, tuttavia ciò non è possibile, in quanto occorrerebbe una linea visiva diretta tra ricevitore e satelliti.

È possibile però utilizzare la tecnologia RFID a lunga distanza UHF per applicare il metodo della trilaterazione. In questo caso, però, la distanza tra reader e tag non potrebbe essere calcolata attraverso il tempo di propagazione delle onde, nell'ordine dei nanosecondi, dal momento che un hardware dal clock così sensibile sarebbe estremamente costoso. Si utilizza allora un sistema chiamato RSSI (*Received Signal Strength Indicator*), che stima la distanza sulla base della potenza del segnale ricevuto. Il problema è che (come facilmente si può sperimentare nella vita reale, e si pensi alla ricezione dei cellulari) una

serie molteplice di fattori può influire sulla potenza dei segnali, risultando in localizzazioni decisamente meno accurate (con margini di errore superiori ai 30 cm). Per ridurre tali scarti, si installano nell'ambiente di scansione numerosi reader, e ciò permette di ridurre gli errori a 10-15 cm. Probabilmente troppi se, in un contesto come quello di una biblioteca, si vuole la posizione accurata del volume in modo analogo a quanto fatto nella prototipazione del sistema Robook. Tuttavia, se ci si accontenta di individuare semplicemente lo scaffale ed un'area indicativa del ripiano su cui un oggetto è posizionato, l'RFID UHF rappresenta una soluzione più che accettabile.

Allo stato attuale, sono in fase di studio⁵⁵ degli hardware che permettono una trilaterazione più precisa realizzata sfruttando alcune specifiche proprietà delle onde, per portare i margini di errore nell'ordine dei 2-3 cm.

Implementare un sistema IoT in un contesto come un'intera biblioteca, applicandosi di conseguenza ad un numero molto elevato di volumi, permetterebbe di raccogliere una serie di dati relativi alle abitudini e alle preferenze degli utenti, che potrebbero essere strutturate in un sofisticato Data Warehouse. Una simile mole di informazioni sarebbe funzionale ad una serie di operazioni, utilizzando le più recenti tecniche di analisi ed implementando l'Intelligenza Artificiale⁵⁶, ad esempio volte a poter dare consigli agli utenti della biblioteca sulla base delle consultazioni precedenti.

Un'ulteriore idea potrebbe essere quella di integrare il sistema con gli assistenti vocali attualmente sul mercato, come Amazon Alexa o Google Assistant. Tale operazione non sarebbe in realtà particolarmente difficile: in rete esiste un servizio (peraltro gratuito) chiamato IFTTT (*If This Than That*, ovvero: "se questo accade, allora fai quello"), che offre la possibilità di creare facilmente degli *applets* relativi ad una serie vastissima di ambiti (*services*). Un *applet* è un'operazione (chiamata *recipe*, ricetta) costituita da un *trigger* (innesco), ovvero un evento determinato che fa avviare una *action* (azione). Ad esempio, si può creare un *applet* che fa sì che, qualora un titolo azionario acquisti o perda più dell'1%, venga inviata una mail ad un certo indirizzo. Un altro *applet*, ad esempio, potrebbe programmare l'accensione del riscaldamento di casa, qualora le previsioni meteorologiche prevedano che la temperatura sia più bassa di un certo livello.

Nel nostro caso, si potrebbe implementare un *applet* che, tramite le API degli assistenti vocali succitati, potrebbe svolgere i compiti di ricerca, localizzazione

⁵⁵ He Xu, Ye Ding, Peng Li, Ruchuan Wang e Yizhu Li, Sensors, Agosto 2017 su <https://www.mdpi.com/>

⁵⁶ Cfr. 4.2

e, come si diceva, magari consigliare di un volume sulla base delle richieste effettuate a voce dagli utenti.

Ancora, un sistema di localizzazione IoT potrebbe essere applicato al settore delle *smart homes*, magari per la digitalizzazione sia delle librerie domestiche sia, ad esempio, del vestiario contenuto negli armadi o nei cassetti. È divertente immaginare un'applicazione per smartphone che, tra gli abiti disponibili, suggerisca, sulla base delle preferenze dell'utente e, perché no, del trend corrente della moda (ricavato integrando i dati di più utenti che utilizzano il servizio), cosa indossare. Si potrebbe altresì ipotizzare di taggare i vari ingredienti presenti in una dispensa, in modo che un'applicazione suggerisca quale ricetta preparare. Qualora poi una tale mentalità di integrazione tra comportamenti umani e tecnologia dovesse diffondersi (e in realtà ci sono buone ragioni per pensare che nel prossimo ventennio ciò possa accadere), si potrebbe ipotizzare che gli stessi brand includano i tag nei propri prodotti.

4.2 - UNO SGUARDO AL FUTURO | SIMULAZIONI OLAP, AI E DATA MINING

In questo paragrafo si spiegheranno in modo più approfondito le numerose potenzialità derivanti da una massiva raccolta di dati tramite un sistema IoT in una Smart Library.

L'obiettivo ultimo per il quale è utile aggregare e processare una mole così grande di informazioni è la creazione di un Decision Support System (DSS), cioè di un sistema informativo che affianchi le decisioni strategiche e permetta di efficientare le attività di un'impresa (tanto *profit* quanto *non profit*).

Gli strumenti tipici di un DSS sono rappresentati dalle operazioni OLAP (*On-Line Analytical Processing*) e da regressioni ottenute tramite il c.d. *Data Mining*, letteralmente "estrazione di dati".

Tali tecniche rientrano nell'ambito della cosiddetta *Business Intelligence*, locuzione che designa una serie di strumenti e tecnologie per raccogliere e processare informazioni e dati strategici.

I sistemi OLAP permettono di effettuare interrogazioni sui dati in tempi estremamente più veloci di quelli necessari ad ottenere gli stessi risultati su un normale database. Condizione necessaria, infatti, per potere effettuare analisi di questo tipo, è che i dati siano raccolti non in un semplice database, ma in un Data Warehouse (DW), ovvero siano strutturati, indicizzati e normalizzati.

In fase di progettazione di tale DW, si organizzano le informazioni in modo che, schematicamente, si giunga ad un così detto cubo multidimensionale, ovvero uno spazio virtuale nel quale i dati siano aggregati sotto molteplici dimensioni.

Una delle tecniche più utilizzate per realizzare un cubo multidimensionale si basa sui *Fact Schema*, ovvero dei diagrammi a stella (*star schema*). Al centro dello schema si trova il fatto che si vuole analizzare, mentre i diversi rami corrispondono alle dimensioni di aggregazione, a loro volta dotate di una serie di attributi che possono essere descrittivi o dimensionali.

Nel caso in esame, ovvero quello di una Smart Library Universitaria, un *Fact Schema* potrebbe essere:

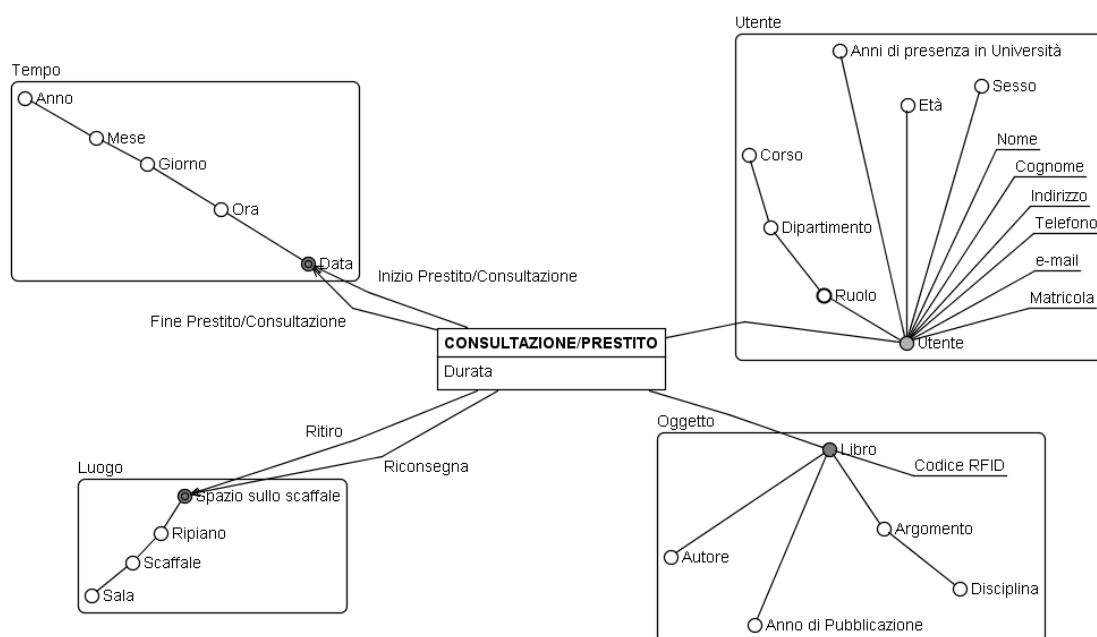


Figura 9. Fact Schema esemplificativo di un DB relativo al prestito/consultazione in una Smart Library

Nello schema è stato preso in considerazione il fatto *Prestito / Consultazione*, considerando come misura principale la *durata*.

Si sono aggregati i dati in quattro dimensioni: *Utente*, *Oggetto*, *Luogo* e *Tempo*, declinate in gerarchie di attributi dimensionali collegati da segmenti definiti archi funzionali.

Utente

La dimensione *utente*, al di là dei classici attributi descrittivi anagrafici (Nome, Cognome, Indirizzo di residenza, Telefono, e-mail, numero di matricola), è stata connotata da attributi dimensionali generici come *Sesso* ed *Età* ed altri ben più interessanti ai fini delle successive operazioni: *Anni di presenza in Università* e il ruolo

all'interno della stessa, aggregabile in primo luogo a livello di dipartimento e quindi in termini di *corso* o *mansione* svolta.

Oggetto

L'elemento rilevante è ovviamente il libro, in primis univocamente correlato al codice del suo tag RFID, dopo di che categorizzato in *genere* (e *sottogenere*), *autore*, *disciplina* e quindi *argomento*, ed *anno di pubblicazione*.

Luogo

Principale attributo della dimensione *Luogo* è lo *Spazio sullo scaffale*, identificato come quell'area in cui è ragionevolmente probabile che il volume si trovi sulla base delle scansioni RFID, aggregati a livello superiore in *Ripiano*, *Scaffale* e *Sala*. Vengono registrate *entries* nel DW per questa dimensione tanto in riferimento alla posizione da cui il volume è stato prelevato, quanto a quella in cui esso è stato riconsegnato.

Data

La dimensione *Data*, anche in questo caso considerata tanto per l'avvio della consultazione/prestito, quanto per la riconsegna del testo, è connotata da attributi come: *Ora*, *Giorno*, *Mese* ed *Anno*.

Per fornire meglio un'idea della rilevanza di una simile struttura, si effettueranno adesso alcune simulazioni di scenari di analisi OLAP, basati su un dataset opportunamente generato via software⁵⁷.

Per ipotesi i volumi sono disposti casualmente (sono facilmente individuabili grazie al sistema di tracking!) in sei sale di una biblioteca universitaria.

Una prima analisi è stata volta ad individuare, mediante le opportune *query* (interrogazioni) al *Data Warehouse*, come variasse il volume delle consultazioni, in base alla disciplina, in un dato periodo di tempo (l'anno, con risoluzione giornaliera) Si è quindi svolta un'operazione iterativa di *slicing* volta a calcolare, per ogni giorno solare, quanti volumi siano stati consultati o prestati.

Lo schema 3D del Data Warehouse, qui riportato, prevede come dimensioni: *Oggetto* (attributo *disciplina*), *Tempo* (aggregazione a livello *giorno*) e *Luogo*, al massimo livello di aggregazione.

⁵⁷ Tramite il servizio <https://www.generatedata.com>

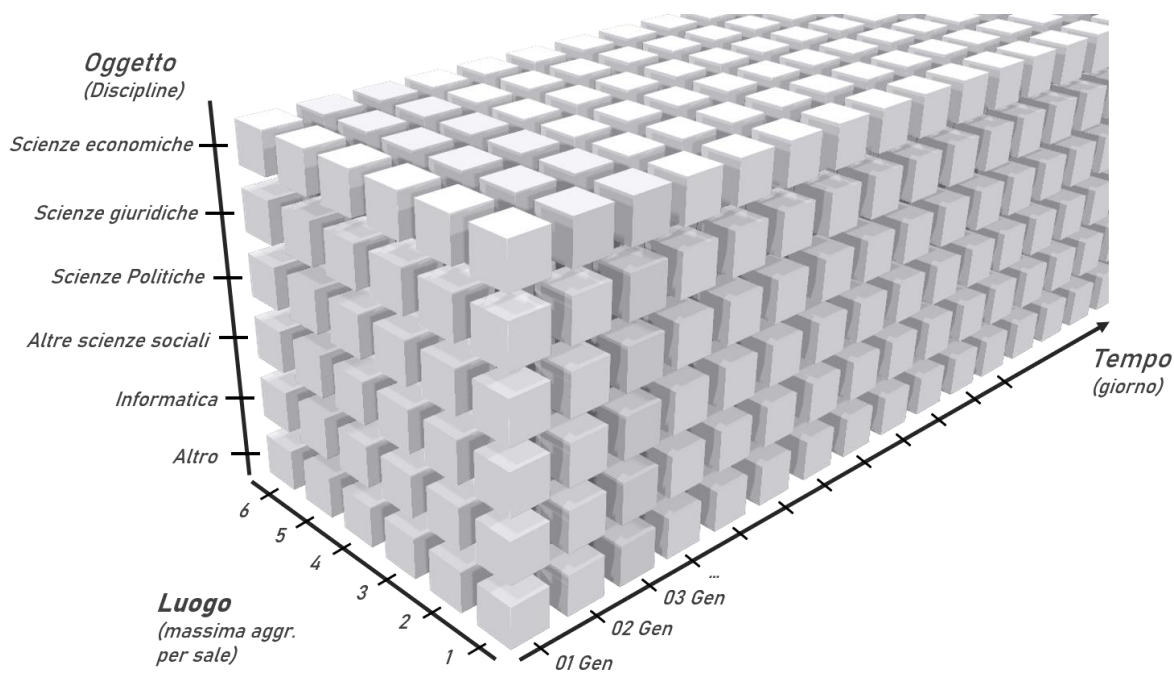


Figura 10. Esempificazione 3D della struttura del Data Warehouse.

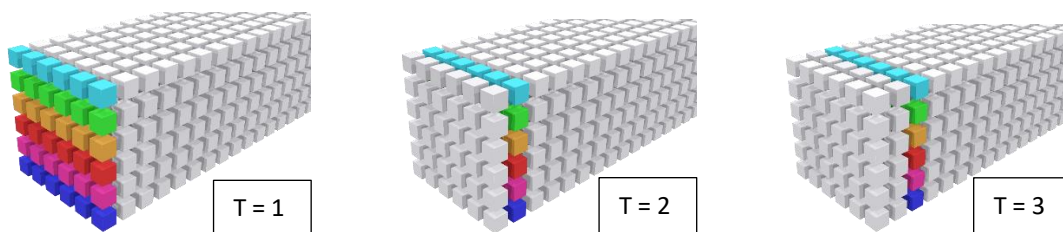


Figure 8, 12 e 13. Esempificazione grafica del processo di multi-dicing iterativo per valori incrementali dell'attributo Tempo.

Dall'analisi OLAP è risultato un grafico riportante il volume (per disciplina ed aggregato) dei testi in prestito o consultati durante ogni giorno di un anno solare (01 Gennaio – 31 Dicembre).

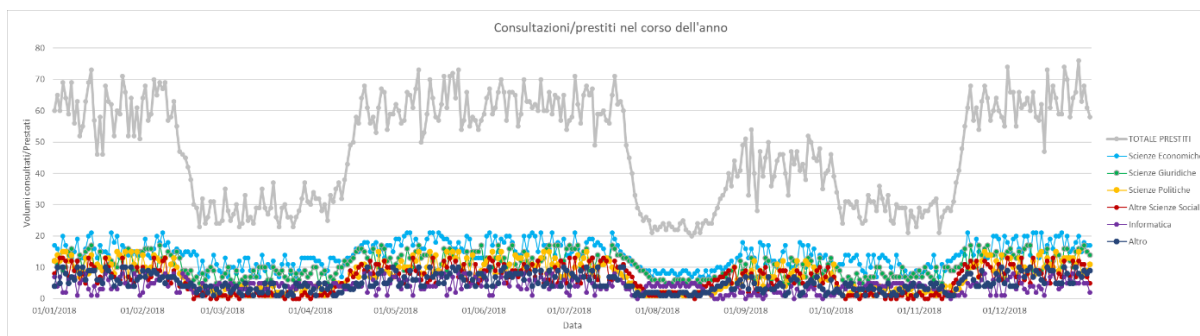


Figura 14. Grafico riportante il volume delle consultazioni e i prestiti nel corso di un anno.

In termini di DSS, una simile analisi potrebbe suggerire quali sono i periodi di picco, nel caso specifico quelli corrispondenti alle differenti sessioni di esami/lauree, nei quali potrebbe essere utile, ad esempio, vista la frequenza elevata, prolungare gli orari di apertura dei locali.

Entrando maggiormente nel dettaglio, un secondo scenario di analisi potrebbe interpolare i risultati precedentemente ottenuti con la dimensione Utenti, per esempio per compiere indagini statistiche su quanta parte delle consultazioni sia effettuata non dagli studenti ma dal personale Docente e Amministrativo. O ancora si potrebbe verificare, interpolando il numero delle consultazioni con gli attributi *Dipartimento* o *Corso*, se vi sono studenti che in maniera sistematica utilizzano la biblioteca in misura inferiore agli altri. In caso di risultati affermativi, il management potrebbe compiere indagini più approfondite per valutare le ragioni per cui qualcosa di simile accade, e quindi porvi rimedio.

Ancora, un altro scenario OLAP ipotizzabile potrebbe essere volto a calcolare la durata media dei prestiti (definiti come tutte le consultazioni che proseguono oltre gli orari di chiusura della biblioteca) per definire magari qual è il rapporto tra consultazioni giornaliere e prestiti di più giorni.

Ma il vero potenziale dei Data Warehouse si esprime attraverso le operazioni di *Data Mining*.

Tali operazioni di "estrazione di dati" sono fondamentalmente tecniche di statistica regressiva e predittiva effettuate su larghe quantità di dati. La differenza sostanziale rispetto alla statistica tradizionale però, è che se per quest'ultima i modelli di regressione sono dati, nel data Mining essi sono "ricavati" da algoritmi neurali ed intelligenze artificiali. Fondamentalmente tali software non necessitano dell'indicazione, da parte degli umani, delle dimensioni tra le quali verificare l'esistenza di una correlazione. Nei processi di machine learning, gli algoritmi non solo sono in grado di identificare se esistono tra i dati delle correlazioni e tra quali variabili esse sussistano, ma anche come tali valori siano correlati.

In ultima istanza, nelle operazioni di Data Mining più sofisticate, il software costruisce il suo stesso modello.

Esemplificando rispetto allo scenario corrente, dal Data Mining potrebbero essere evidenziate interessanti ricorrenze sulla propensione degli studenti di determinati corsi a consultare volumi non prettamente inerenti al proprio percorso di studi, il che potrebbe fornire una proxy per verificare se vi siano dei corsi più stimolanti di altri per la curiosità degli studenti. Dati sicuramente di primario interesse per la Didattica e il Management di un Ateneo.

Allo stesso modo potrebbe essere utile capire se vi sia o meno una correlazione tra il numero di consultazioni effettuate da un utente e gli anni di presenza nell'ambiente dell'Università, per valutare se e quanto questi motivi e incentivi le persone a consultare i testi presenti in una biblioteca.

4.3 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In questo elaborato si è cercato di fornire, si spera in maniera chiara e corretta, un *overview* sul fenomeno dilagante dell'*Internet of Things*, dall'evoluzione della rete alle tecnologie che ne permettono l'esistenza, circostanziandolo poi in una sperimentazione prototipale pratica di un sistema che, nel suo piccolo, ha cercato di rappresentare al meglio le potenzialità, forse infinite, che l'IoT può offrire.

Quello che si sta definendo in questi ultimi anni, è un mondo incredibilmente affascinante, caratterizzato dall'integrazione e cooperazione tra ecosistemi naturali e digitali, che a loro volta apprendono e si confrontano con la loro miriade di sensori con la realtà circostante, e contribuiscono a plasmarla.

Il paradigma di approccio a tutte le attività della vita, dalle azioni del quotidiano, alla comunicazione, ai processi produttivi, alle città sta radicalmente cambiando, virando verso una sempre maggiore digitalizzazione e dematerializzazione, ovvero sostituzione dei supporti tradizionali di comunicazione e memorizzazione attraverso gli strumenti informatici.

In quest'ottica, pensare ad una *Smart Library*, comunque incentrata sulla fisicità dei libri, potrebbe sembrare quasi una controtendenza. In realtà, a chi scrive piace pensare che materialità, anche dei supporti di informazione, e *digitalità* possano coesistere ed integrarsi, magari efficientandosi a vicenda. Sarebbe miope però non prendere atto di quale sia la tendenza di questi ultimi anni a livello globale, incentrata a digitalizzare qualsiasi cosa, dai libri al DNA⁵⁸, e forse addirittura la coscienza umana, attraverso analisi di *cognitive computing* su *Big Data* contenenti milioni di informazioni sull'attività cerebrale⁵⁹.

La tecnologia non è più un mero strumento nelle mani dell'uomo, ma sta diventando un attore a tutti gli effetti a lui paritetico. Emblematico è l'esempio

⁵⁸ <http://theconversation.com/dna-has-gone-digital-what-could-possibly-go-wrong-87662>

⁵⁹ <https://www.cbc.ca/radio/thecurrent/digitizing-brain-and-consciousness-is-possible-says-neuroscientist-1.3792141>

di Google Duplex, un dialer telefonico che funge a tutti gli effetti da segretario virtuale, capace di fissare o modificare appuntamenti attraverso conversazioni vocali tra Software e Umano, nelle quali è difficile stabilire quale dei due interlocutori sia reale e quale sia il frutto di un sofisticato algoritmo.

È inevitabile pensare a questo punto alla possibilità di Intelligenze Artificiali in un'accezione ancora più alta: cioè software prossimi, forse, a superare il test di Turing nelle sue più recenti formulazioni, ossia intelligenze capaci di essere autocoscienti e di pensare.

Scenari fantascientifici? Forse. È opportuno però ricordare che nel Rinascimento nessuno, ad eccezione di Leonardo da Vinci, avrebbe mai immaginato che l'uomo, un giorno, potesse volare. Ma probabilmente neanche lui mai avrebbe concepito la possibilità di scambiare informazioni istantaneamente da una parte all'altra del globo, o di volare tra Europa e Nuovo Mondo in meno di mezza giornata, o ancora, per tornare alle origini della rivoluzione digitale, di viaggiare nel cosmo e raggiungere la Luna.

Il mondo della tecnologia non è però esente da rischi, specialmente in materia di sicurezza, dato che i sistemi, grazie all'IoT, non sono più centralizzati e difesi da potenti software antivirus (allo stato attuale un device IoT non ha assolutamente la potenza di calcolo necessaria a reggerne uno). Sistemi così diffusi sono particolarmente vulnerabili ad operazioni di *hacking* e *cracking* (rispettivamente intrusione e modifica/distruzione di sistemi informatici) ed inevitabilmente diventa vulnerabile la miriade di dati, spesso estremamente sensibili, che ogni giorno, consapevolmente o no, noi vi affidiamo. È opportuno riflettere anche sull'enorme vincolo di dipendenza che stiamo costruendo tra noi ed Internet: la rete è ormai il cardine di ogni nostra attività.

In un mondo in cui ancora è complicata e foriera di conflitti la convivenza tra gli uomini, fino a che punto è possibile una totale integrazione con i software? Specialmente quando essi inizieranno (e parzialmente già lo fanno) a dialogare sul nostro stesso piano. Siamo davvero pronti ad accettare intelligenze potenzialmente superiori alle nostre?

Si è scelto di concludere questo elaborato riportando un pensiero di Albert Einstein, che quasi un secolo fa affermava⁶⁰:

“Un giorno le macchine riusciranno a risolvere tutti i problemi, ma mai nessuna di esse potrà porne uno.”

Sarà davvero così?

⁶⁰ Albert Einstein; aforisma codice 2401

BIBLIOGRAFIA

Archer, L.B. Systematic method for designers. In N. Cross (ed.), *Developments in Design Methodology*. London: John Wiley, 1984, pp. 57–82.

Aumann, H.H.; Chahine, M.T.; Gautier, C.; Goldberg, M.D.; Kalnay, E.; McMillin, L.M.; Revercomb, H.; Rosenkranz, P.W.; Smith, W.L.; Staelin, D.H.; Strow, L.L.; and Suskind, J. AIRS/AMSU/HSB on the Aqua mission: Design, science objectives, data products, and processing systems. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41, 2-2003, pp. 253–264.

Berndt, D.J.; Hevner, A.R.; and Studnicki, J. *Data warehouse dissemination strategies for community health assessments*. Upgrade, 2, 1-2001, pp.48–54.

Cellini, De Biase, Ratti, *La rivoluzione Digitale: economia di Internet dallo Sputnik al machine learning*, Luiss University Press, Roma, 2018

Chatterjee, S.; Tulu, B.; Abhichandani, T.; and Li, H. *SIP-based enterprise converged network for voice/video-over IP: Implementation and evaluation of components*. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 23, 10-2005, pp.1921–1933.

Daniel Cohen, *I tempi sono cambiati*, Codice Edizioni, Torino, 2018

Eekels, J., and Roozenburg, N.F.M. *A methodological comparison of the structures of scientific research and engineering design: Their similarities and differences*. *Design Studies*, 12, 4-1991, pp.197–203.

Evbuonwan, N.F.O.; Sivaloganathan, S.; and Jebb, A. *A survey of design philosophies, models, methods and systems*. *Proceedings Institute of Mechanical Engineers*, 210-1996, pp.301–320.

Haran, M.; Karr, A.; Last, M.; Orso, A.; Porter, A.; Sanil, A.; and Fouche, S. *Techniques for classifying executions of deployed software to support software engineering tasks*. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 33, 5-2007, pp. 287–304.

Hevner, A.R.; March, S.T.; and Park, J. *Design research in information systems research*. *MIS Quarterly*, 28, 1-2004, pp. 75–105.

Hickey, A.M., and Davis, A.M. *A unified model of requirements elicitation*. *Journal of Management Information Systems*, 20, 4-2004), pp. 65–84.

Holly Capelo, *Symbols from the Sky: Heavenly messages from the depths of prehistory may be encoded on the walls of caves throughout Europe*. in *Seed Magazine*, luglio 2018

Johnson-Laird, P., and Byrne, R. *A gentle introduction*. *Mental Models Website*, School of Psychology, Trinity College, Dublin, 2000

K. Peffers & Al., *A Design Science Research Methodology for Information Systems Research*, in *Journal of Management Information Systems*, Volume 24 Issue 3, Winter 2007-8, pp. 45-78.

Maguire, M. *Methods to support human-centered design*. *International Journal of Human-Computer Studies*, 55, 4-2001, pp.587-634.

Nunamaker, J.F.; Chen, M.; and Purdin, T.D.M. *Systems development in information systems research*. *Journal of Management Information Systems*, 7, 3 -1990-91), pp. 89-106.

Preston, M., and Mehandjiev, N. *A framework for classifying intelligent design theories*. In N. Mehandjiev and P. Brereton (eds.), *Proceedings of the 2004 ACM Workshop on Interdisciplinary Software Engineering Research*. New York: ACM Press, 2004, pp. 49-54.

Rossi, M., and Sein, M.K. *Design research workshop: A proactive research approach*. Paper presented at the *Twenty-Sixth Information Systems Research Seminar in Scandinavia*, Information Systems Research in Scandinavia Association, Haikko, Finland, August 9-12, 2003.

Rothenberger, M.A. *Project-level reuse factors: Drivers for variation within software development environments*. *Decision Sciences*, 34, 1 -2003, pp. 83-106.

S. Za, *Internet of Things*, LUISS University Press, Roma, 2018

Walls, J.; Widmeyer, G.; and El Sawy, O. *Assessing information system design theory in perspective: How useful was our 1992 initial rendition?* , *Journal of Information Technology Theory & Application*, 6, 2-2004, pp. 43-58.

SITOGRAFIA PARZIALE

<http://environmentalgraffiti.com>

http://luigidcapra.altervista.org/it/Fabbrica_40/Origini_del_termine_Industrie_4.0.html

<http://partners.nytimes.com/library/tech/99/12/biz-tech/articles/122099outlook-bobb.html>

<http://theconversation.com/dna-has-gone-digital-what-could-possibly-go-wrong-87662>

http://www.tcd.ie/Psychology/Ruth_Byrne/mental_models/

<http://www.worldometers.info/it/>

<https://disneyworld.disney.go.com/en-eu/faq/bands-cards/understanding-magic-band/>

<https://p.widencdn.net/kqy7ii/Digital2019-Report-en>

<https://www.cbc.ca/radio/thecurrent/digitizing-brain-and-consciousness-is-possible-says-neuroscientist-1.3792141>

<https://www.economyup.it/innovazione/smart-city-cosa-sono-davvero-e-a-che-punto-siamo-in-italia/>

<https://www.internet4things.it/iot-library/rfid-cosa-e-come-funziona-esempi-applicativi/>

<https://www.mdpi.com/>

https://www.osservatori.net/it_it/osservatori/industria-4.0

<http://www.safelast.co>

<https://www.smithsonianmag.com/innovation/kevin-ashton-describes-the-internet-of-things-180953749/>

<https://www.socialmediatoday.com/news/how-much-data-is-generated-every-minute-infographic-1/525692/>

<https://www.socialmediatoday.com/news/how-much-data-is-generated-every-minute-infographic-1/525692/>

<https://www.theengineer.co.uk/inside-amazons-technology-test-bed/>

<https://www.gartner.com/it-glossary/cloud-computing>