

POLITECNICO DI MILANO

Facoltà di Ingegneria dei Sistemi

Corso di Laurea in Ingegneria Gestionale



INTERNET OF THINGS E MONITORAGGIO AMBIENTALE: OPPORTUNITÀ E CASI DI IMPLEMENTAZIONE

Relatore: Prof. Ing. Alessandro Perego

Correlatore: Ing. Angela TUMINO

Tesi di Laurea di: Matteo GAMBINI

matr. 747434

Anno Accademico 2010/2011

RINGRAZIAMENTI

Alla fine di un percorso lungo come può essere quello di un corso universitario le persone che si sente il bisogno di ringraziare per il sostegno dimostrato durante tutti questi anni sono tante.

In primo luogo mi sento in dovere di ringraziare l'Ingegnere Angela Tumino, per il sostegno fornitomi durante la stesura di questo lavoro di tesi.

La mia famiglia, che in questi cinque anni mi ha sempre sostenuto (moralmente ed economicamente) e incoraggiato anche nei momenti in cui gli esami non davano i risultati sperati.

La mia fidanzata Veronica, che mi ha seguito durante la maggior parte di questo percorso.

Tutti i miei amici che hanno contribuito in questi anni a non farmi sentire il peso dello studio e sono stati fedeli compagni di serate.

In particolare mio fratello Davide, Andrea, Riccardo, Marco, Luca, Alberto, Carlo, Massimo, ecc. che se c'è un'occasione per fare festa ci sono sempre (o quasi).

Edo e Sergio, per le serate e le partite a PES di Milano.

Samu, Nico e Beppe, per aver condiviso con me l'onere della realizzazione della maggior parte dei lavori di gruppo universitari.

Tutti i ragazzi del campo Consolini di Verona: il Come, la Francy, il Toma, il Pippo, Paolo, Enrichetto, ecc. per i pomeriggi di allenamento passati assieme, i sabati mattina di salite, le feste a tema e le trasferte per le gare.

Infine vorrei ringraziare tutti coloro i quali saranno presenti alla discussione della mia tesi, e/o alla successiva festa di laurea, per il tifo caloroso (che conoscendo le persone sono sicuro di ricevere).

INDICE

1. INTERNET OF THINGS	8
1.1 Introduzione	9
1.2 Cos'è l'Internet of Things	9
1.3 Diretrici di sviluppo e criticità di implementazione	13
1.4 Tecnologie	19
1.4.1. Aree Tecnologiche	22
1.4.1.1. Identification technology	22
1.4.1.2. Architecture technology	23
1.4.1.3. Communication technology	23
1.4.1.4. Network technology	24
1.4.1.5. Software and algorithms	24
1.4.1.6. Hardware	25
1.4.1.7. Data and signal processing technology	25
1.4.1.8. Discovery and search engine technologies	25
1.4.1.9. Power and Energy Storage Technologies	26
1.4.1.10. Security and Privacy Technologies	26
1.4.1.11. Standardisation	26
1.4.2. Tecnologie abilitanti	27
1.4.2.1. RFId	27
1.4.2.2. Wireless Sensor Network (WSN)	29
1.4.2.3. Machine to Machine (M2M)	30
2. AMBITI APPLICATIVI	32
2.1. Introduzione	33
2.2. Applicazioni	36
2.2.1. Gestione della supply chain	36
2.2.2. Domotica ed Edifici intelligenti	40
2.2.3. Sanità	41
2.2.4. Industrie di estrazione - gas e petrolio	42
2.2.5. Protezione e sicurezza	42
2.2.6. Monitoraggio dell'ambiente	43
2.2.7. Trasporti	44
2.2.8. Entertainment	44

3. CASE STUDY	46
3.1. Introduzione	47
3.2. Progetto di monitoraggio del fiume Hudson.....	47
3.3. Progetto GMES.....	52
3.3.1. Progetto Geoland2	54
3.3.2. Progetto MyOcean.....	56
3.3.3. Progetto MACC	58
3.3.4. Progetto SAFER	61
3.3.5. Progetto G-MOSAIC.....	62
3.4. Progetto Glacsweb	65
3.5. Progetto Great Duck Island.....	69
3.6. Progetto di monitoraggio della Barriera Corallina Australiana	72
3.7. Progetto Info4Dourou	76
3.8. Progetto Cranberry Bog	78
3.9. Progetto Quake - Catcher Network.....	80
3.10. Progetto Waspnote	82
3.11. Progetto GTEWS	84
3.12. Progetto TRITon: intervista professor Picco.....	87
3.13. Progetto monitoraggio gas, intervista professor Saracco.....	96
3.14. Progetto monitoraggio del fiume Po, intervista alla dottoressa Vergnani	101
3.15. Progetto di monitoraggio strutturale di una diga, intervista all'Ing. Fornari.....	104
3.16. Progetto Torre di Rialba.....	109
3.17. Progetto WISELAND	112
4. CONCLUSIONI	116
5. BIBLIOGRAFIA	120
Articoli tratti da siti internet.....	120
Pubblicazioni.....	120
Siti internet	121

PREFAZIONE

Come ognuno di noi ha potuto facilmente notare negli ultimi anni gli sviluppi tecnologici sono stati tali da rendere normali attività o comportamenti prima inimmaginabili. Questi progressi hanno portato alla diffusione capillare delle tecnologie ICT (Information and Communication Technologies) e al loro inserimento nella vita quotidiana di ognuno di noi. Si sono inserite talmente bene nella quotidianità che oggi ci sembra assolutamente normale guardare un film mentre si va al lavoro, guidare una macchina con il cambio automatico o archiviare centinaia di canzoni in un dispositivo poco più grande di una moneta da 2 Euro. Contemporaneamente e in sincronia con questi sviluppi tecnologici si è sviluppato anche un nuovo mezzo di comunicazione: Internet, che in poco più di vent'anni è cresciuto in modo esponenziale passando dalle poche migliaia collegamenti che contava alla fine degli anni '80 a qualche miliardo di persone collegate in tutto il mondo nel 2011 attraverso l'utilizzo di computer, smartphone e tablet. Procedendo con ordine l'evoluzione di Internet ha vissuto due fasi distinte che hanno rivoluzionato stili di vita, abitudini e comportamenti di tutti, dai cittadini alle istituzioni alle aziende: la fase del World Wide Web negli anni '90 e la fase del Mobile Internet negli anni 2000. Oggi, nel 2011, Internet sta entrando nella sua terza fase di sviluppo: l'Internet degli Oggetti o "*Internet of Things*" che, come sostiene Kevin Ashton, cofondatore dell'Auto-ID Center al Massachusetts Institute of Technologies (MIT), "*the Internet of Things has the potential to change the world, just as the Internet did. Maybe even more so*".

La potenzialità di questa nuova evoluzione risiede nel fatto che con l'*Internet of Things* i dispositivi connessi alla rete, che quindi sono in grado di scambiarsi informazioni, cresceranno in modo esponenziale poiché saranno in grado di collegarsi alla rete non solamente computer e cellulari, ma anche oggetti di uso quotidiano come gli elettrodomestici, le automobili, e perfino, come sarà illustrato in seguito, gli alimenti o gli indumenti. Questo genererà una mole di informazioni di molti ordini di grandezza superiore a quella che ha generato Internet che, se utilizzati nel modo corretto, permetteranno la creazione di nuovi prodotti e servizi per gli utenti.

Questo lavoro è stato realizzato all'interno dell'Osservatorio Internet of Things del Politecnico di Milano. Tale osservatorio fa parte degli Osservatori ICT & Management della School of Management del Politecnico di Milano che hanno il compito di monitorare tutto ciò che avviene in Italia nel campo ICT per poi fornire una fotografia accurata e continuamente

aggiornata dei nuovi sviluppi in questo ambito. La School of Management del Politecnico di Milano conta al suo interno 32 osservatori all'interno dei quali sono impegnate oltre 60 persone tra ricercatori e personale di staff che hanno analizzato, attraverso case study e surveys, più di 3,000 aziende, hanno organizzato, tra convegni e workshop, 52 eventi e hanno diffuso più di 75,000 Research Report e circa 1,400 articoli pubblicati sulle principali testate nazionali. Le motivazioni per cui all'interno dell'Osservatorio ICT & Management è stato istituito un osservatorio dedicato all'*Internet of Things* sono diverse:

- è una tematica nuova che si affaccia sul panorama tecnologico italiano, quindi l'osservatorio ha il compito di monitorarne gli sviluppi
- all'interno del panorama mondiale c'è ancora poca chiarezza sullo stato dell'arte delle applicazioni *Internet of Things*, sui benefici che abilitano e sull'evoluzione attesa del mercato
- c'è un interesse crescente delle aziende, appartenenti a diversi settori, verso l'*Internet of Things* e le sue potenzialità
- l'osservatorio dispone già di una certa esperienza sulle tecnologie e le applicazioni correlate all'*Internet of Things* che gli deriva dalla collaborazione con altri osservatori (RFid Solution Center, Osservatorio RFid, Osservatorio Mobile & Wireless Business, ecc.)

All'interno del contesto appena descritto questo lavoro si pone l'obiettivo, in sintonia con gli obiettivi dell'osservatorio, di contribuire a fornire una definizione di *Internet of Things*, dato che il mondo accademico internazionale non è ancora arrivato ad una definizione condivisa, di identificare i principali ambiti di applicazione dell'*Internet of Things* e di svolgere una breve analisi di alcuni casi di studio riguardanti progetti *Internet of Things* realizzati in ambito ambientale per capire le potenzialità e le criticità che questa nuova forma di comunicazione comporta.

Il lavoro si suddivide in quattro sezioni principali, ognuna dedicata al raggiungimento di uno specifico obiettivo. Il primo capitolo offre una panoramica introduttiva sull'argomento, cercando di spiegare cos'è l'*Internet of Things*, come è nata e come presumibilmente si evolverà nel futuro. A valle di questa introduzione verrà fornita una definizione di *Internet of Things* che racchiuda al suo interno tutte le caratteristiche individuate e, in chiusura del capitolo viene offerta una breve panoramica sulle tecnologie che hanno fatto nascere questa evoluzione di Internet e sui loro possibili sviluppi futuri sia a breve che a lungo termine.

Il secondo capitolo è dedicato all'identificazione di tutti i possibili ambiti in cui un'applicazione *Internet of Things* potrebbe portare dei vantaggi analizzando sia gli ambiti economici e produttivi dell'economia sia la produzione di servizi fornendo anche, per ogni ambito applicativo individuato, un esempio di possibili applicazioni.

La terza sezione del lavoro è dedicata all'analisi di case study in cui è stato effettivamente realizzato un progetto che avesse i requisiti per essere classificato come progetto "*Internet of Things*" (definiti nel capitolo 1). All'interno del terzo capitolo vengono analizzati progetti sia italiani che internazionali per cercare di cogliere vantaggi e criticità, che verranno illustrate nel quarto capitolo, che un'applicazione di questo tipo può portare sia dal punto di vista tecnologico sia dal punto di vista economico.

1. INTERNET OF THINGS

In questo capitolo viene presentata una nuova modalità di comunicazione e connessione: l'Internet of Things, cercando di spiegare cos'è, come è nata e come presumibilmente evolverà. Successivamente si analizzeranno i vantaggi che porta, i fattori che ne influenzano lo sviluppo e i problemi che genera. Nell'ultima parte del capitolo invece saranno analizzate le tecnologie che abilitano questa comunicazione, le loro peculiarità e gli sviluppi tecnologici che nel prossimo futuro saranno necessari per la piena diffusione dell'Internet of Things.

1.1 Introduzione

La fine del ventesimo secolo è stata caratterizzata dall'esplosione di Internet e dall'avvento dell'era digitale che ha cambiato radicalmente la vita delle persone introducendo un nuovo modo per raccogliere informazioni, un nuovo modo di comunicare e una serie di altri prodotti e servizi prima inimmaginabili. Questa evoluzione tecnologica è continuata nella prima decade degli anni 2000 grazie soprattutto all'avvento degli smartphone e al notevole sviluppo dei computer portatili fornendo alle persone la possibilità di essere sempre connessi a internet. La tendenza riscontrata nell'evoluzione tecnologica attuale è la ricerca della possibilità di accedere da qualsiasi punto in cui ci troviamo, a casa o in viaggio, ad una capacità elaborativa in grado di soddisfare qualunque necessità (Saracco 2003) attraverso un nuovo paradigma: l'*ubiquitous computing*.

L'*ubiquitous computing* può essere definito come una nuova modalità di calcolo nella quale i computer sono perfettamente integrati nella vita degli utenti (J. Weiss, P. Craiger 2002). Il termine *ubiquitous computing* non è un'invenzione recente, è stato coniato per la prima volta da Mark Weiser (Weiser 1993), Chief Technologist allo Xerox Palo Alto Research Center, nel 1988. Nella vision di Weiser in un futuro prossimo l'aumento della disponibilità di potenza di calcolo sarà accompagnato da una diminuzione della sua visibilità. Egli, infatti, già nel 1988 notò che le tecnologie migliori entrano nella vita di tutti i giorni, cambiano le nostre abitudini e diventano indispensabili per la nostra vita fino ad essere indistinguibili da essa (ITU 2005). L'esempio più evidente che si può portare riguardo questa tendenza è il telefono cellulare che negli ultimi vent'anni ha visto la sua diffusione crescere esponenzialmente entrando nella quotidianità di milioni di persone e diventando fondamentale per molte di esse. Lo stesso fenomeno sta avvenendo con Internet, con i navigatori satellitari e con molti altri prodotti tecnologici, inoltre, grazie allo sviluppo tecnologico degli ultimi anni, è possibile inserire dei trasmettitori in praticamente qualsiasi oggetto che sarà poi in grado di comunicare con le persone e con altri oggetti creando una rete di oggetti chiamata "*Internet degli oggetti*" o "*Internet of Things*".

1.2 Cos'è l'Internet of Things

Il tema dell'*Internet of Things* si sta sviluppando in questi anni e quindi, essendo una tematica i cui studi sono ancora agli inizi, la comunità scientifica internazionale non è ancora arrivata

ad una definizione univoca e condivisa di *Internet of Things*. Si possono infatti trovare in letteratura definizioni diverse che pongono l'accento su aspetti diversi dell'argomento a seconda di quale aspetto riteneva più importante chi ha fornito la definizione.

Il termine *Internet of Things* è stato coniato nel 2000 da un membro dell'RFID Development Community e, in ambito RFID (Radio Frequency Identification), si riferisce alla possibilità di scoprire informazioni su alcuni oggetti, appositamente etichettati, attraverso l'utilizzo di un browser e un indirizzo internet che corrispondono ad un particolare tag RFID (NIC 2008).

A conferma del fatto che non esiste una definizione univoca e condivisa, neanche l'*Internet of Things Council* fornisce una definizione di *Internet of Things* ma ne fornisce una vision, dice: "Immaginate un mondo in cui tutto può essere approcciato in modo analogico e digitale, di riformulare le nostre relazioni con gli oggetti. Ogni oggetto dotato di un tag RFID si relaziona non solo con te ma può essere letto anche da chi ti sta intorno, da altri oggetti, relazioni o valori in un database...". (IoT Council)

L'IIT (Istituto di Informatica e Telematica) del CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche) definisce l'*Internet of Things* come "il superamento dei classici limiti della rete che, fuoriuscendo dal mondo virtuale si collega al mondo reale. Tag e sensori infatti, associati a un oggetto, possono identificarlo univocamente e raccogliere informazioni in tempo reale su parametri del suo ambiente...". (IIT)

Il tema dell'*Internet of Things* è un tema di interesse anche per la Comunità Europea che, attraverso due studi differenti, ne fornisce tre definizioni diverse:

1. "oggetti che hanno un'identità e una personalità virtuale, operano in un ambiente intelligente e utilizzano interfacce intelligenti per connettersi e comunicare con l'ambiente e con gli utenti" (EPoSS 2008).
2. "oggetti interconnessi che hanno un ruolo attivo nella Future Internet" (EPoSS 2008).
La vision che la Comunità Europea ha di Future Internet è quella di una fusione delle reti di computer, dell'Internet of Media¹ e dell'Internet of Service² in una piattaforma comune e globale basata su protocolli di comunicazione standard (CERP - IoT 2010).

¹ L'Internet of Media comprende tutti gli sviluppi delle codifiche video e del processamento dei video in 3D adattate in modo dinamico alle condizioni della rete che permettono la nascita di applicazioni innovative i giochi multiplayer su dispositivi mobili e il cinema digitale distribuito attraverso il network dei dispositivi mobili. (CERP - IoT 2010).

² L'Internet of Service si riferisce a componenti software distribuiti attraverso una rete. (CERP - IoT 2010)

3. “network globale e dinamico di infrastrutture con capacità di autoconfigurazione, basato su protocolli di comunicazione standard, dove oggetti fisici e virtuali hanno un’identità, attributi fisici, una personalità virtuale, usano interfacce intelligenti e sono perfettamente integrati nella rete” (CERP - IoT 2010).

Viene riportata infine la definizione di *Internet of Things* fornita dal National Intelligence Council americano: “oggetti non solo elettronici di uso quotidiano che possono essere riconosciuti, localizzati e controllati attraverso una rete” (NIC 2008).

Vista l’eterogeneità delle definizioni presenti in letteratura sorge la necessità di analizzarle e confrontarle per giungere ad una definizione che possa essere usata come punto di riferimento per questo lavoro. Dall’analisi delle sette definizioni trovate si possono individuare otto diverse peculiarità dell’*Internet of Things*:

1. l’utilizzo di una rete.
2. la possibilità di ottenere informazioni sugli oggetti attraverso la rete.
3. l’utilizzo delle tecnologie RFID.
4. l’attribuzione di una identità virtuale agli oggetti fisici, e quindi la possibilità di identificarli nel mondo virtuale.
5. la comunicazione tra oggetti e persone. Questa caratteristica comprende la possibilità di sviluppare delle applicazioni tramite le quali gli oggetti interagiscono con le persone. Ad esempio un oggetto dotato di un sensore che monitora l’ambiente che lo circonda può inviare un report in modo indipendente ad un utente in caso di variazioni dell’ambiente monitorato (NIC 2008).
6. la comunicazione tra oggetti. Questo aspetto riguarda quelle applicazioni in cui alcuni oggetti controllano altri oggetti senza il bisogno di interazione umana. Può essere un esempio la comunicazione Machine to Machine (NIC 2008) di cui si parlerà diffusamente nel capitolo dedicato alle tecnologie.
7. la localizzazione degli oggetti.
8. il controllo degli oggetti tramite la rete.

Si procede poi con il confronto delle definizioni sulla base delle peculiarità individuate (tabella 1.1):

	NIC - 1	Internet of Things Council	IIT	EPoSS - 1	EPoSS - 2	CERP - IoT	NIC - 2
Rete	X					X	X
Informazioni	X		X				
RFId	X	X	X				
Identità virtuale		X	X	X		X	X
Comunicazione O - P		X		X			
Comunicazione O - O		X		X	X		
Localizzazione							X
Controllo							X

Tabella 1.1

Dall'analisi della tabella 1.1 si può notare come la caratteristica principale dell'*Internet of Things* sia la possibilità di identificare nel mondo virtuale della rete oggetti fisici di uso quotidiano. Questo infatti è un requisito fondamentale per poter poi sviluppare applicazioni in grado di localizzare e controllare tali oggetti. Il secondo aspetto che emerge dalla tabella 1.1 è la possibilità di ottenere delle informazioni dagli oggetti che sono collegati alla rete. Tali informazioni possono essere consultabili in tre modi differenti: attraverso un browser che fornisce un accesso diretto alla rete, attraverso una comunicazione diretta tra gli oggetti e gli utenti oppure attraverso una comunicazione tra oggetti e successivamente tra oggetti e utenti. Per quanto riguarda l'aspetto dell'utilizzo delle tecnologie RFId invece è probabile che sia presente in alcune definizioni poiché al momento è la tecnologia più diffusa, ma non l'unica, nella realizzazione di applicazioni che sfruttano l'*Internet of Things*.

Partendo da questa analisi si può ora fornire una definizione di *Internet of Things* che possa fornire un punto di riferimento per il proseguimento di questo lavoro. In seguito si utilizzerà quindi l'espressione *Internet of Things* per riferirsi a: una rete di oggetti, soprattutto di uso quotidiano, che siano identificabili, localizzabili, controllabili e programmabili attraverso la rete Internet e le sue future declinazioni.

La definizione fornita pone l'accento soprattutto sulla possibilità concessa dall'*Internet of Things* di controllare gli oggetti attraverso la rete. Questa possibilità deriva dal fatto che sempre più prodotti oggi incorporano al loro interno dei micro controller, delle

interfacce wireless, dei sensori che li collegano con il mondo esterno abilitando, come detto, nuove forme di comunicazione tra persone e oggetti e tra gli oggetti stessi.

Grazie alla comunicazione tra oggetti permessa dall'*Internet of Things* quindi, il mondo dell'Information and Communication Technologies (ICT's) si arricchisce di una nuova dimensione: passa da una connessione *anytime, any place for everyone* (sempre ed ovunque per tutti) a una connessione *anytime, any place for everyone and for anything* (per ogni cosa) (ITU 2005). (Figura 1.2)

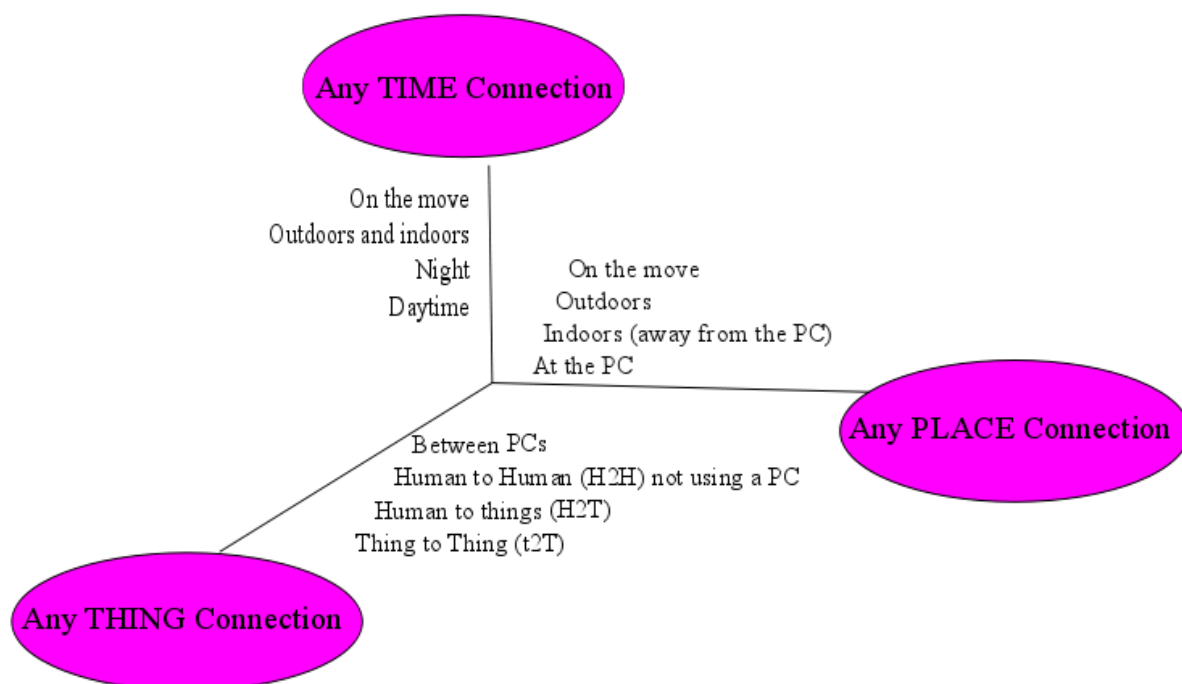


Figura 1.2 Una nuova dimensione (ITU 2005)

1.3 Diretrici di sviluppo e criticità di implementazione

Anche per l'*Internet of Things*, come per qualsiasi altra tecnologia, durante la fase di sviluppo e in seguito in quella di diffusione la direzione di evoluzione e quindi, conseguentemente, i servizi ad essa connessi, sono fortemente influenzati dagli attori che ne guidano e/o ne sponsorizzano lo sviluppo e ne risolvono i problemi di implementazione. Per quanto riguarda l'*Internet of Things* in particolare, essendo composta da più tecnologie diverse i problemi connessi alla sua evoluzione si moltiplicano poiché riguardano la coesistenza di più standard differenti (commiot 2009).

Dall'analisi svolta si possono catalogare le direttrici di sviluppo dell'*Internet of Things* in due tipologie basate sull'attore o sugli attori che vengono coinvolti nel processo di evoluzione

delle tecnologie: influenze di business e influenze politiche (NIC 2008). Per quanto riguarda le influenze di business, quindi le tematiche e le scelte di investimento che impattano sulle decisioni delle aziende, possiamo individuare due macrotemi che guidano le direzioni di sviluppo di tali tecnologie:

- Supporto alla logistica e alla catena di produzione: attualmente gli investimenti in tecnologie RFID, che attualmente sono le tecnologie predominanti nel panorama tecnologico dell'*Internet of Things*, sono concentrati a livello di ottimizzazione della catena logistica. I principali player in questo campo sono organizzazioni di grandi dimensioni, con possibilità di spesa nella ricerca e sviluppo importanti, e quindi sono queste organizzazioni che guidano lo sviluppo di questa tecnologia. Questo causa una concentrazione delle evoluzioni tecnologiche attorno all'area logistica, limitando un po' le potenzialità dell'*Internet of Things* in altri ambiti. La faccia positiva di questa medaglia è rappresentata dal fatto che questo forte impegno del settore logistico contribuisce a creare le economie di scala nella realizzazione di queste tecnologie necessarie per rendere tali tecnologie meno costose e quindi utilizzabili, in un futuro prossimo, anche a livello consumer.
- Costi dell'energia e problemi ambientali: quelle del risparmio energetico e della salvaguardia dell'ambiente sono due tematiche che nella società moderna diventano di anno in anno sempre più importanti. Per questo devono essere due direzioni di sviluppo da tenere in considerazione nell'evoluzione dell'*Internet of Things*, sia per quanto riguarda il consumo e l'impatto ambientale del singolo gadget tecnologico sia per quanto riguarda lo sviluppo di applicazioni che hanno proprio la salvaguardia dell'ambiente e il risparmio energetico come scopo principale. Un esempio di tali applicazioni può essere l'installazione di una rete di sensori per il monitoraggio continuo che permetta di controllare i costi e limitare, se non eliminare, gli sprechi mantenendo inalterato lo stile di vita.

Le influenze politiche che incidono sullo sviluppo dell'*Internet of Things* sono invece le decisioni legislative prese da governi e organi sovranazionali. Il compito principale degli organi politici è infatti quello di operare per il bene dei cittadini, e un'evoluzione come quella dell'*Internet of Things* ha un impatto potenziale molto forte sulla vita degli individui. Per questo gli Stati e la Comunità Europea devono giocare un ruolo centrale nello sviluppo delle nuove tecnologie, senza lasciare ad altri quest'onere, dettando delle regole e delle direttrici di sviluppo che siano funzionali al benessere della società e, soprattutto in un periodo di crisi

come quello che si sta attraversando, che siano funzionali ad uno sviluppo e ad una crescita economica del Paese (commiot 2009).

Una volta analizzati i fattori che influenzano lo sviluppo di queste tecnologie si passa ad analizzare i fattori che ne frenano lo sviluppo stesso e la diffusione e che, se superati, possono dare il via alla piena diffusione dell'*Internet of Things*. Anche per quanto riguarda le criticità che si riscontrano nella fase di sviluppo si possono individuare, come è stato fatto per le direttrici di sviluppo, due fonti differenti di tali ostacoli: ostacoli di business e ostacoli politici (NIC 2008).

I principali problemi di business emersi dall'analisi sono tre:

- Standard: attualmente sono presenti sul mercato molti prodotti diversi che non sono perfettamente compatibili tra di loro. Il buon funzionamento dell'*Internet of Things* invece richiede lo sviluppo di uno standard di connessione fisica, di protocolli di comunicazione, di strutture dati, ecc...

Inoltre la definizione di uno standard garantirebbe dei costi operativi per i player del mercato inferiori a quelli attuali e una notevole riduzione delle barriere all'entrata per nuove aziende che volessero entrare nel settore (commiot 2009).

- Collaborazione tra aziende: un requisito fondamentale perché l'*Internet of Things* si diffonda è la collaborazione tra le aziende, anche tra competitor. Se lo spirito competitivo e la riduzione dei costi continuano ad essere gli unici driver di innovazione ci saranno sempre casi in cui la competizione impedisce l'interoperabilità poiché un'azienda cercherà di dominare il mercato attraverso standard proprietari. Le tecnologie proprietarie, infatti, preservano l'innovazione ma impediscono il verificarsi di certe condizioni fondamentali per l'*Internet of Things* come la comunicazione thing-to-thing.
- Sicurezza sia personale sia finanziaria: è collegata alla grande quantità di dati che circolano in rete. Con la diffusione dell'*Internet of Things* questa mole di dati si moltiplicherebbe e, se non adeguatamente protetta, potrebbe diventare accessibile a chiunque ne sia interessato. In particolare i dati più sensibili che circolano nella rete sono i dati personali, come i luoghi in cui ci si trova, gli spostamenti e lo stato di salute, e i dati finanziari, come il codice della carta di credito, ma anche il saldo del conto corrente o gli investimenti effettuati. È quindi importante proteggere tutte queste informazioni poiché se un criminale se ne impossessasse potrebbe controllare la vita e

le risorse finanziarie della vittima. Un secondo aspetto di questo tema riguarda la sicurezza degli Stati. Già con l'avvento di Internet infatti gli organi di sicurezza nazionale dei vari Paesi si sono trovati a dover affrontare una nuova minaccia: la guerra tecnologica. Tutti i sistemi di difesa avanzati, infatti, si basano sulle nuove tecnologie e i reparti di intelligence nazionali hanno sezioni dedicate alla ricerca di punti di accesso, tramite la rete, ai server di controllo di Paesi ostili per ottenere un vantaggio in caso di conflitto, e contemporaneamente hanno l'obiettivo di negare l'accesso alle loro informazioni a chi non è autorizzato. Con l'avvento dell'*Internet of Things* la rete e la mole di dati che vi circolano diverrebbe, come detto, molto più grande di quella attuale e quindi sarebbe più difficile proteggere tali dati.

Passiamo ora ad analizzare i problemi di carattere politico, quindi quelle criticità la cui gestione è di competenza degli organi che amministrano i mercati. Possiamo individuarne due tipologie:

- Allocazione degli spettri di frequenza: le licenze già assegnate occupano una gran parte dello spettro di frequenza disponibile per le comunicazioni e attualmente sono utilizzate per tecnologie inefficienti, che risalgono a più di cinquant'anni fa. Inoltre gli incumbent spesso si oppongono all'assegnazione delle frequenze libere poiché questo porterebbe degli altri competitor sul mercato. Quello della disponibilità di spettri di frequenza che permettano la comunicazione è uno dei principali problemi che rallentano la diffusione e lo sviluppo dell'*Internet of Things*.
- Rifiuti elettronici: in molti casi la connessione tra gli oggetti viene effettuata tramite sensori o etichette intelligenti inserite all'interno degli oggetti stessi. Attualmente tali etichette e tali sensori sono prodotti utilizzando metalli come il silicio, acciaio e alluminio, che creano molte difficoltà in fase di riciclo degli oggetti che li incorporano (commiot 2009). Inoltre gli impegni a ridurre i rifiuti elettronici e l'infiltrazione di materiali tossici nell'acqua, richiesti dalle normative nazionali, potrebbero rallentare la diffusione dell'*Internet of Things* poiché alcuni approcci proposti per risolvere i problemi di alimentazione degli oggetti, e quindi per aumentare la durata delle batterie, prevedono l'utilizzo di materiali tossici. Accanto al tema della gestione di materiali tossici con l'*Internet of Things* ha ricevuto una forte spinta il tema della miniaturizzazione dei componenti. La ricerca in questa direzione presenta due aspetti: uno positivo e uno negativo. L'aspetto positivo è che componenti più piccoli riducono la quantità di rifiuti che derivano dalla sostituzione di apparecchi elettronici, mentre

l'aspetto negativo è che la realizzazione di componenti miniaturizzati richiede dei sacrifici ambientali per quanto riguarda la produzione di tali componenti in quanto i siti produttivi di questi componenti sono più grandi (NIC 2008). Gli organi di controllo devono quindi valutare costi ed esternalità di tutto il ciclo di vita del prodotto, oltre ad incoraggiare lo sviluppo di tecnologie pulite.

Alla luce delle criticità e delle direzioni di sviluppo elencate precedentemente si possono individuare sei macrotemi che nel prossimo futuro avranno potenzialmente un impatto sul tasso e sulla direzione di sviluppo dell'*Internet of Things*. Secondo uno studio dell'SRI Consulting Business Intelligence (NIC 2008) questi macrotemi sono: l'etichettatura dei prodotti di consumo, la miniaturizzazione, le politiche governative, il livello di domanda, sviluppo di software intelligenti e la sostituzione del lavoro umano ed una gran parte dello sviluppo dell'*Internet of Things* dipenderà da se e come queste tematiche verranno affrontate e i problemi che portano verranno superati. Il grafico che segue (Figura 1.3) mappa queste tematiche su due dimensioni: l'incertezza, dove con incertezza si intende una conoscenza insufficiente di come e quando i problemi verranno risolti e/o l'impatto che avranno sullo sviluppo.

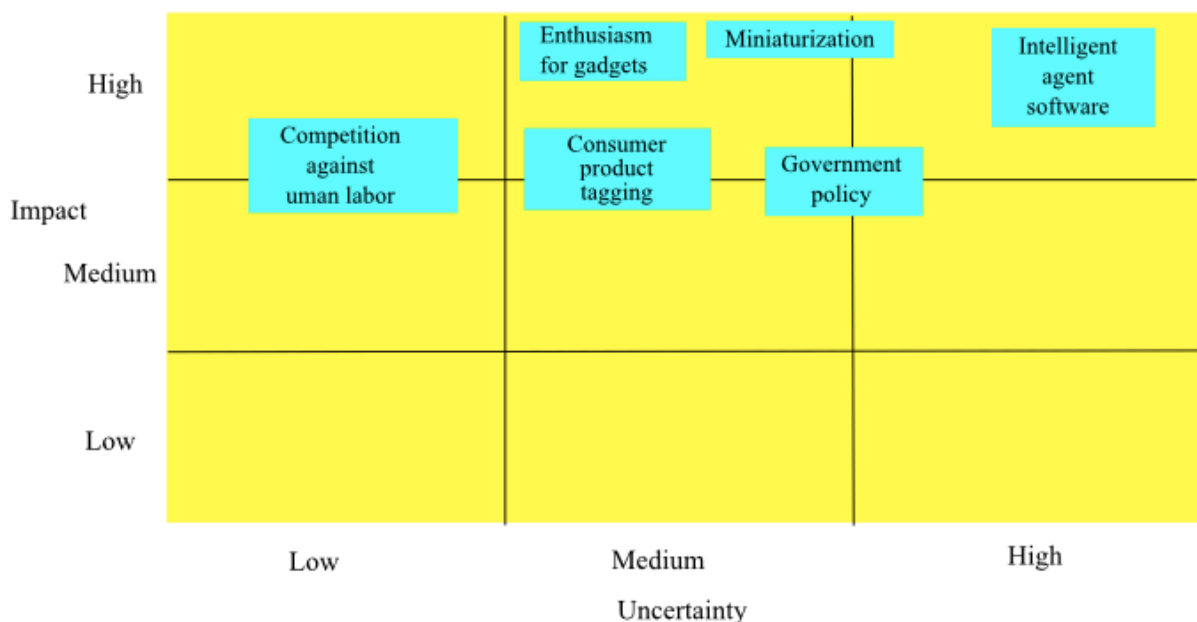


Figura 1.3, Incertezze e problemi (SRI Consulting Business Intelligence)

- Etichettatura dei prodotti di consumo: i tempi di sviluppo e le potenzialità dell'*Internet of Things* dipendono molto dalla diffusione commerciale delle tecnologie RFID.
- Miniaturizzazione: assieme alla diffusione delle tecnologie RFID è il tema che più influenza lo sviluppo dell'*Internet of Things*, soprattutto per quanto riguarda

componenti come processori, interfacce wireless, sensori e fonti di energia. Generalmente inoltre la miniaturizzazione abilita anche un minore bisogno di energia per il funzionamento permettendo un utilizzo maggiore o una miniaturizzazione ulteriore delle batterie.

- Politiche governative: le scelte politiche possono incoraggiare o scoraggiare l'innovazione. Spesso all'interno di uno stesso Paese coesistono politiche incoraggiano e altre che scoraggiano il progresso tecnologico e l'effetto che ne deriva è la risultante di tutte queste scelte.
- Livello di domanda: rappresentato nel grafico come "Enthusiasm for gadgets". Il livello della domanda per queste nuove tecnologie è sicuramente un driver fondamentale per lo sviluppo dell'*Internet of Things* ma quando si manifesterà e quanto intensa sarà al momento è difficile prevederlo. Secondo il professor Michael Nelson, docente alla Georgetown University, former director of Internet Technology in IBM, former director of Technology Policy presso la Federal Communications Commission, e advisor di Al Gore, infatti, "cercare di determinare il mercato dell'*Internet of Things* oggi è come cercare di calcolare il mercato della plastica nel 1940. A quel tempo era difficile immaginare che la plastica sarebbe stata ovunque" (Hammersmith 2010).
- Sviluppo di software intelligenti: i tempi di sviluppo e le specifiche che avranno i software sono molto incerti. La possibilità di collegare gli oggetti però dipende dall'evoluzione dei software e dall'approccio tecnico che si ha nello sviluppo. I software infatti possono interpretare l'ambiente, capire le intenzioni umane, e potenzialmente agire al posto delle persone. Un possibile approccio di sviluppo software è quello di creare un software in grado di riprodurre il processo di ragionamento umano che lavora su informazioni chiamate metadati, e lasciare la realizzazione di questi metadati ai programmatori. Oppure si può creare un software simile che però sia anche in grado di cogliere i segnali dall'ambiente e costruire i metadati in modo autonomo. Questi sono solo due dei possibili approcci di realizzazione dei software e sulla base di quale impostazione sarà dominante nel prossimo futuro le caratteristiche dell'*Internet of Things* che ne deriveranno saranno differenti.
- Sostituzione del lavoro umano: è il tema soggetto a minore incertezza poiché la sostituzione del lavoro umano con il lavoro meccanico, dove possibile, è già cominciata. In particolare la riduzione di errori e la maggiore velocità di esecuzione

derivanti dalle tecnologie RFID, dalla connessione thing-to-thing dei macchinari robotici in catena di montaggio e più in generale della comunicazione machine-to-machine accelereranno questo processo, anche a causa dell'alto costo del lavoro umano e della necessità delle aziende di ridurre i costi per rimanere competitive.

1.4 Tecnologie

Per concludere questo capitolo introduttivo sull'*Internet of Things* si effettua ora un'analisi di quali sono le tecnologie che rendono possibile la connessione tra oggetti e quindi l'implementazione dei servizi collegati a questa nuova forma di comunicazione. Nel corso di questo paragrafo si riporterà una panoramica generale su tutte le aree tecnologiche coinvolte nell'implementazione dell'*Internet of Things* per poi approfondire le tecnologie che avranno l'impatto maggiore sulla diffusione dei nuovi servizi in quanto coinvolgono quasi tutti gli ambiti applicativi illustrati precedentemente: le tecnologie RFID, WSN e M2M.

Le aree tecnologiche interessate individuate da uno studio della Comunità Europea (CERP – IoT, 2010) spaziano dalle tecnologie di identificazione, alle tecnologie hardware, alle tecnologie di alimentazione dei dispositivi. La tabella 1.4 riportata in seguito identifica tali aree, riporta i progressi ottenuti per ciascun'area fino ad oggi e infine ipotizza quali saranno gli sviluppi futuri che permetteranno il pieno sviluppo delle potenzialità dell'*Internet of Things*.

	Before 2010	2010 – 2015	2015 – 2020	Beyond 2020
Identification Technology	<ul style="list-style-type: none"> • Different schemes • Domain specific IDs • ISO, GS1, u-Code, IPv6, ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Unified framework for unique identifiers • Open framework for the IoT • URIs 	<ul style="list-style-type: none"> • Identity management • Semantics • Privacy-awareness 	<ul style="list-style-type: none"> • “Thing DNA” identifier
IoT Architecture Technology	<ul style="list-style-type: none"> • IoT architecture specification • Context-sensitive middleware • Intelligent reasoning platform 	<ul style="list-style-type: none"> • IoT architecture developments • IoT architecture in the FI • Network of networks architecture • F-O-T platform interoperability 	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptive, context based architecture • Self-* properties 	<ul style="list-style-type: none"> • Cognitive architectures • Experiential architectures

Communication technology	<ul style="list-style-type: none"> RFID, UWB, Wi-Fi, WiMax, Bluetooth, ZigBee, RuBee, ISA 100, WirelessHart, 6LoWPAN 	<ul style="list-style-type: none"> Ultra low power chip set On chip antennas Millimeter wave single chips Ultra low power single chip radios Ultra low power system on chip 	<ul style="list-style-type: none"> Wide spectrum and spectrum aware protocols 	<ul style="list-style-type: none"> Unified protocol over wide spectrum
Network technology	<ul style="list-style-type: none"> Sensor networks 	<ul style="list-style-type: none"> Self aware and self organizing networks Sensor network location transparency Delay tolerant networks Storage networks and power networks Hybrid networking technologies 	<ul style="list-style-type: none"> Network context awareness 	<ul style="list-style-type: none"> Network cognition Self learning, self repairing networks
Software and algorithms	<ul style="list-style-type: none"> Relational database integration IoT-oriented RDBMS Event-based platforms Sensor middleware Sensor network middleware Proximity/localization algorithms 	<ul style="list-style-type: none"> Large scale, open semantic software modules Composable algorithms Next generation IoT-based social software Next generation IoT-based enterprise application 	<ul style="list-style-type: none"> Goal oriented software Distributed intelligence, problem solving Things-to-Things collaboration environments 	<ul style="list-style-type: none"> User oriented software The invisible IoT Easy to deploy IoT sw Things-to-Human collaboration IoT 4 all
Hardware	<ul style="list-style-type: none"> RFID tags and some sensor Sensor built in to mobile device NFC in mobile phones Smaller and cheaper MEMs technology 	<ul style="list-style-type: none"> Multi protocol, multi standard readers More sensor and actuators Secure, low cost tags (e.g. silent tags) 	<ul style="list-style-type: none"> Smart sensor (biochemical) More sensor and actuators (tiny sensor) 	<ul style="list-style-type: none"> Nano-technology and new materials
Data and signal processing technology	<ul style="list-style-type: none"> Serial data processing Parallel data processing Quality of services 	<ul style="list-style-type: none"> Energy, frequency spectrum aware data processing Data processing context adaptable 	<ul style="list-style-type: none"> Context aware data processing and data responses 	<ul style="list-style-type: none"> Cognitive processing and optimization

Discovery and search engine technologies	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor network ontologies • Domain specific name services 	<ul style="list-style-type: none"> • Distributed registries, search and discovery mechanism • Semantic discovery of sensor and sensor data 	<ul style="list-style-type: none"> • Automatic route tagging and identification management centres 	<ul style="list-style-type: none"> • Cognitive search engines • Autonomous search engines
Power and energy storage technologies	<ul style="list-style-type: none"> • Thin batteries • Li-Ion • Flat batteries • Power optimized system (energy management) • Energy harvesting (electrostatic, piezoelectric) • Short and medium range wireless power 	<ul style="list-style-type: none"> • Energy harvesting (energy conversion, photovoltaic) • Printed batteries • Long range wireless power 	<ul style="list-style-type: none"> • Energy harvesting (biological, chemical, induction) • Power generation in harsh environments • Energy recycling • Wireless power 	<ul style="list-style-type: none"> • Biodegradable batteries • Nano-power processing unit
Security and privacy technologies	<ul style="list-style-type: none"> • Security mechanism and protocols defined • Security mechanism and protocols for RFID and WSN devices 	<ul style="list-style-type: none"> • User centric context-aware privacy and privacy policies • Privacy aware data processing • Virtualization and anonimization 	<ul style="list-style-type: none"> • Security and privacy profiles selection based on security and privacy needs • Privacy needs automatic evaluation • Context centric securities 	<ul style="list-style-type: none"> • Self adaptive security mechanism and protocols
Material technology	<ul style="list-style-type: none"> • Silicon, Cu, Al metallization • 3D processes 	<ul style="list-style-type: none"> • SiC, GaN • Silicon • Improved/new semiconductor manufacturing processes/technologies for higher temperature ranges 	<ul style="list-style-type: none"> • Diamond 	
Standardisation	<ul style="list-style-type: none"> • Standardization efforts for RFID security • Standardization of passive RFID tags with expanded memory and read/write capability for product serial numbers, repair and warranty information 	<ul style="list-style-type: none"> • IoT standardization • M2M standardization • Interoperability profiles 	<ul style="list-style-type: none"> • Standards for cross interoperability with heterogeneous networks 	<ul style="list-style-type: none"> • Standards for automatic communication protocols

Tabella 1.4, Fonte CERP IoT clusterbook 2010

1.4.1. Aree Tecnologiche

1.4.1.1. Identification technology

La funzione delle tecnologie dell'identificazione è quella di fornire la possibilità di attribuire ad ogni oggetto un codice identificativo unico che permetta di individuarlo in modo preciso e senza possibilità di errore all'interno della rete. Nella vision dell'*Internet of Things* infatti ogni oggetto ha una propria identità digitale definita da un nome: l'ID e dalle relazioni che instaura con gli altri oggetti della rete (CERP – IoT, 2010). Attraverso la mappatura e la codifica delle relazioni che ogni oggetto instaura con gli altri è inoltre possibile costruire delle mappe di relazione che identificano i vari componenti di un prodotto complesso come possono essere un computer o un'automobile. La possibilità di costruire queste mappe è fondamentale per poi sviluppare tutte le applicazioni di supporto e assistenza che verranno descritte nel capitolo dedicato agli ambiti applicativi.

Data la grande quantità di oggetti che fanno parte dell'*Internet of Things* è importante che cittadini, aziende e altre organizzazioni abbiano la possibilità di creare un codice identificativo per gli oggetti che possiedono e/o creano in modo facile, affidabile e autonomo (CERP – IoT, 2010). Attualmente per quanto riguarda la generazione di codici identificativi che sono necessari per operare attraverso la versione attuale di Internet la garanzia di ottenere codici univoci è garantita dalla presenza di una struttura gerarchica suddivisa in strati in cui ogni responsabile dello strato ha la responsabilità di controllare che tra al proprio interno non siano presenti due codici identici. Inoltre, come indicato nella normativa ISO 15459, sono presenti a livello internazionale molte autorità preposte all'assegnazione di codici identificativi ed è importante che nello sviluppo dell'*Internet of Things* si tenga conto di queste autorità sia per quanto riguarda la creazione di una nuova codifica sia per la gestione successiva dei codici.

Concludendo quindi è necessario sviluppare una nuova modalità di codifica che permetta di attribuire un codice univoco ai miliardi di oggetti che entreranno a far parte della nuova rete e per fare questo è importante tenere conto dello sviluppo tecnologico futuro in modo da non rimanere vincolati alla tecnologia attuale che porta numerosi vincoli soprattutto in termini di capacità di archiviazione.

1.4.1.2. Architecture technology

In un'architettura di rete "service oriented" come è quella dell'*Internet of Things*" diventa fondamentale una comunicazione chiara tra chi richiede un servizio e chi lo eroga nonostante la diversa struttura di codifica delle informazioni tra i due attori. Questo requisito è definito "interoperabilità semantica" (CERP – IoT, 2010). Molto spesso infatti i costi di un'architettura SOA (Service Oriented Architectures) sono elevati a causa della necessità di cambiare la modalità di codifica delle informazioni da parte di uno o di entrambi gli attori coinvolti. I sistemi di interoperabilità semantica invece possono risolvere questi i problemi di comunicazione traducendo le informazioni trasmesse dal client in un linguaggio comprensibile dal server che deve erogare il servizio e viceversa. Come si può immaginare questi sistemi sono fondamentali per poter disporre di informazioni complete e affidabili in una rete formata da milioni di componenti eterogenei tra loro che comunicano in modo diverso.

Nel progettare l'architettura dell'*Internet of Things* inoltre bisogna tenere presente che alcuni oggetti non dispongono di una connessione permanente a Internet ma sono connesse ad una rete locale con la quale interagiscono. Questi oggetti devono però avere la possibilità di comunicare la loro posizione, il loro stato e altre informazioni che raccolgono ad un sistema operativo che disponga di una connessione a Internet in modo che tali informazioni siano disponibili per chi ne abbia bisogno.

Data l'eterogeneità degli oggetti presenti nell'*Internet of Things* e i due problemi appena illustrati si può concludere dicendo che i prossimi sviluppi di questa nuova rete dovranno essere caratterizzati da una architettura di rete aperta e non proprietaria in modo da massimizzare l'interoperabilità tra i vari sistemi e risorse presenti. Inoltre tale architettura deve essere progettata in modo da resistere al danneggiamento o alla rimozione di un nodo e deve prevedere il fatto che molti nodi siano mobili, che quindi accedano alla rete in modo occasionale e probabilmente utilizzando protocolli diversi.

1.4.1.3. Communication technology

Le tecnologie della comunicazione rappresentano tutti i metodi in cui due oggetti entrano in contatto tra di loro. Esistono varie modalità di comunicazione:

- Comunicazione per abilitare lo scambio di informazioni tra oggetti e tra gli oggetti e Internet,

- Comunicazione con dei sensori per rilevare l'ambiente fisico e rappresentarlo in modo digitale,
- Comunicazione con degli attuatori incaricati di eseguire nell'ambiente fisico le azioni decise a livello digitale,
- Comunicazione tra esseri umani e mondo digitale,

Data l'enorme quantità di oggetti e dispositivi che nel prossimo futuro saranno in grado di comunicare si rivela indispensabile riprogettare tutti i sistemi e le reti di comunicazione poiché arriveranno presto alla saturazione. Per fare questo sarà necessario uno sforzo di ricerca su nuove modalità di trasmissione dati e sullo sviluppo di nuove architetture di rete che permettano anche un risparmio energetico rispetto alle modalità di trasmissione attuali in modo che i vari dispositivi non necessitino di una manutenzione frequente (CERP – IoT, 2010).

1.4.1.4. Network technology

Lo sviluppo dell'*Internet of Things* richiede un'evoluzione delle tecnologie di rete che è essenziale per implementare la vision in cui ogni oggetto fisico ha una sua identità virtuale. Le tecnologie RFID, le modalità di comunicazione wireless e le reti di sensori stanno rendendo concreta questa vision che tuttavia richiede ancora una maggiore scalabilità, e compatibilità tra le diverse reti presenti. In questo campo le tecnologie di rete possono offrire soluzioni per ridurre i costi di implementazione e la possibilità di connettere qualsiasi oggetto ad una rete, indipendentemente da quale protocollo di comunicazione utilizza (CERP – IoT, 2010).

Inoltre nell'*Internet of Things* le reti sono dinamiche, si evolvono o si estinguono continuamente e in modo autonomo. In questo contesto è fondamentale sviluppare un meccanismo che rilevi e mappi in modo automatico le reti presenti e instauri una comunicazione con esse.

1.4.1.5. Software and algorithms

L'evoluzione software è molto importante nello sviluppo dell'*Internet of Things* poiché solamente attraverso un software appropriato gli oggetti possono comunicare tra di loro e si possono realizzare tutte le applicazioni che verranno descritte nel capitolo successivo. Attualmente la ricerca in questo campo si sta concentrando sullo sviluppo di soluzioni service

oriented che abilitino la comunicazione M2M (machine to machine) e T2T (things to things) in modo da rendere possibile la creazione di nuove reti.

1.4.1.6. Hardware

In questo campo la sfida principale che l'*Internet of Things* pone ai ricercatori è quella della miniaturizzazione e della riduzione dei costi. Infatti solo attraverso una riduzione delle dimensioni dei sistemi di trasmissione dati, e contemporaneamente dei loro costi di produzione, sarà possibile dotare di tali apparecchiature tutti gli oggetti e metterli in rete. Attualmente il mezzo principale per raggiungere questo obiettivo sembra essere l'utilizzo delle nanotecnologie. La riduzione delle dimensioni di questi componenti inoltre porta un altro vantaggio: richiedono meno energia per il loro funzionamento e questo permette una minore manutenzione e una vita maggiore del dispositivo.

1.4.1.7. Data and signal processing technology

Il contesto dell'*Internet of Things*, che prevede l'utilizzo di dispositivi tecnologicamente all'avanguardia in grado di monitorare, controllare e interagire con processi fisici, apre nuove opportunità e sfide tecnologiche e richiede una nuova progettazione dei sistemi di indirizzamento e processamento dei segnali e dei dati. L'architettura tipica di questo contesto prevede infatti una moltitudine eterogenea di dispositivi che comunicano con linguaggi diversi e hanno potenzialità diverse tra loro. Questa eterogeneità richiede quindi un'attenzione particolare durante la progettazione dei sistemi di indirizzamento e analisi dei dati agli aspetti di interoperabilità semantica (illustrata nel paragrafo "Architecture technology"), localizzazione dei dispositivi e condivisione dei dati (CERP – IoT, 2010).

1.4.1.8. Discovery and search engine technologies

Le informazioni che riguardano i vari oggetti, come ad esempio la localizzazione, lo stato o i servizi che può erogare un oggetto, sono disperse tra una moltitudine di altre entità che in qualche modo in passato hanno interagito con quel particolare oggetto. L'*Internet of Things* necessita quindi dello sviluppo di un sistema per collegare gli oggetti a queste informazioni e per garantire un accesso sicuro a tali informazioni. Una parte importante nello sviluppo di sistemi di ricerca di tali informazioni lo svolgono i metadati (un'informazione che descrive un insieme di altri dati e informazioni) che permettono di raggruppare un gran numero di informazioni in un unico dato condivisibile. È inoltre importante, ed è una delle principali

sfide che propone l'*Internet of Things*, che l'enorme numero di informazioni generate dagli oggetti siano in modo automatico disponibili in rete, senza l'intermediazione umana.

1.4.1.9. Power and Energy Storage Technologies

Gli oggetti che operano in modo autonomo nell'*Internet of Things* necessitano di energia per svolgere il loro compito. Al giorno d'oggi per ovviare a questo problema vengono utilizzate delle microbatterie in grado di fornire l'energia necessaria all'oggetto per tutta la sua vita utile oppure sono utilizzate delle tecnologie che permettono all'oggetto di ricavare l'energia necessaria dall'ambiente in cui opera. Queste tecnologie variano a seconda dell'ambiente in cui devono operare e possono essere tecnologie che ricevono energia solare, in radiofrequenza, dal calore, dalle vibrazioni, ecc. Tutto questo però non è sufficiente poiché lo sviluppo dell'*Internet of Things* dipende dallo sviluppo di nuove tecnologie per la generazione e lo stoccaggio di energia in grado di alimentare le nuove applicazioni che vengono create. In particolare l'ostacolo principale che i ricercatori di tutto il mondo stanno cercando di superare è la miniaturizzazione di un sistema di stoccaggio dell'energia in modo da dotare ogni dispositivo di una fonte di alimentazione anche quando non è possibile ricavarla dall'ambiente (CERP – IoT, 2010).

1.4.1.10. Security and Privacy Technologies

Due dei principali aspetti da considerare nello sviluppo dell'*Internet of Things* sono la garanzia della privacy degli individui e la riservatezza dei processi aziendali. La diffusione del fenomeno, la mobilità degli oggetti e la loro semplicità infatti rappresentano un problema per quanto riguarda il controllo delle informazioni che contengono. Attualmente per ovviare ai problemi di riservatezza e privacy sono stati sviluppati degli algoritmi per il criptaggio dei dati, ma questi algoritmi sono lenti, consumano molta energia e sono adatti solo per sistemi di piccole dimensioni. La ricerca in questo campo è quindi indirizzata verso lo sviluppo di nuove tecniche o tecnologie che permettano di garantire la riservatezza dei dati raccolti dagli oggetti.

1.4.1.11. Standardisation

Come illustrato nel paragrafo 1.3 il tema della standardizzazione è un tema fondamentale nello sviluppo dell'*Internet of Things* poiché, in presenza di diversi standard chiusi e proprietari, non sarebbe possibile far interagire tra loro i diversi oggetti. In particolare una standardizzazione dei protocolli e delle modalità di trasmissione è fondamentale per tutti quei

dispositivi che comunicano tramite onde radio. Molte delle frequenze disponibili per la comunicazione infatti sono già utilizzate da altri mezzi di comunicazione come possono essere i cellulari, le radio, le televisioni, ecc. Inoltre le frequenze non sono allocate in modo omogeneo in tutto il mondo per cui una frequenza che è disponibile in Italia non è detto che lo sia anche in Germania o negli Stati Uniti. Alla luce di questi problemi il processo di standardizzazione non dipende solo dalla ricerca e dai progressi tecnologici che può fare la comunità scientifica ma dipende soprattutto dalla volontà di implementazione dei governi e degli organismi internazionali. Fino a quando non sarà completato il processo di standardizzazione internazionale quindi i vari oggetti dovranno essere in grado di operare su più protocolli o su più frequenze di trasmissione per poter comunicare.

1.4.2. Tecnologie abilitanti

Fino a questo punto sono state descritte le aree tecnologiche che vengono coinvolte dalla rivoluzione *Internet of Things*. Non si è parlato quindi di alcune tecnologie precise ma di alcuni aspetti che, opportunamente integrati tra loro, possono dar vita a nuove tecnologie. L'obiettivo di questo secondo sottoparagrafo è invece quello di descrivere le tre tecnologie che, attualmente, influenzano maggiormente la diffusione e l'implementazione dell'*Internet of Things*: le tecnologie RFID, WSN e M2M.

1.4.2.1. RFID

La tecnologia RFID (Radio Frequency Identification) è la tecnologia più matura delle tre che verranno illustrate. Questa modalità di trasmissione dei dati si avvale dell'utilizzo delle onde radio per trasmettere i dati da un trasponder, chiamato anche tag, ad un lettore. Un tag è costituito da un chip, che ha il compito di gestire tutte le attività del tag, e da una piccola antenna, che permette di comunicare con il reader (o lettore), assemblati su un supporto di dimensioni ridotte. Le antenne integrate nei tag possono essere di due tipi: quelle circolari permettono la lettura dei tag in qualunque orientamento nel piano dell'antenna mentre quelle lineari permettono la lettura dei tag con un orientamento particolare. Sul microprocessore inoltre vengono memorizzati i dati dell'oggetto a cui il tag si riferisce, tra cui un numero univoco universale scritto nel silicio (RFID Italia). I tag RFID possono essere di tre tipi e si differenziano in base alle modalità di trasmissione del segnale. Possono essere: passivi, attivi o semipassivi.

- Tag passivi: Il principio grazie a cui il tag Rfid è in grado di ricevere e di trasmettere le informazioni contenute nel chip è l'induzione magnetica. Quando entra nel campo di azione di un reader, che può variare da alcuni centimetri ad alcune decine di metri, il tag viene "svegliato" dal campo elettromagnetico generato dal reader e gli risponde "riflettendone", modulato, il segnale. Il segnale modulato di risposta viene quindi ricevuto dal reader che lo decodifica. Questo tipo di tag è il più diffuso sul mercato grazie soprattutto al prezzo, minore rispetto agli altri tipi, che lo rende utilizzabile in molte applicazioni. Il limite prestazionale dei tag passivi è la distanza di lettura e l'impossibilità di integrare sensori ausiliari. Inoltre, il fatto che si attivino solamente quando si trovano nel campo di azione di un reader, non li rende adatti ad applicazioni di localizzazione in tempo reale.
- Tag attivi: integrano un sistema ricetrasmittente come quello dei reader. Per alimentare questo sistema di trasmissione però i tag necessitano di una batteria che permette la generazione del segnale. Grazie all'alimentazione integrata, i tag attivi possono quindi attivarsi indipendentemente dalla presenza di un reader nelle vicinanze e raggiungere distanze di lettura anche molto superiori ai tag passivi. Per il fatto che sono sempre accesi, i tag attivi sono utilizzati quando c'è la necessità di realizzare dei sistemi di localizzazione in tempo reale e il loro funzionamento può essere continuo o a intervalli di tempo prestabiliti nell'ottica del risparmio della batteria. La presenza della stessa permette ai tag attivi di montare ed alimentare anche dei sensori aggiuntivi, per esempio per la rilevazione della temperatura o della pressione. Tra gli svantaggi dei tag attivi sono da segnalare le dimensioni usualmente più ingombranti di quelle dei tag passivi, i costi di acquisto maggiori rispetto ai tag passivi, i costi di manutenzione o sostituzione della batteria e le difficoltà di utilizzo in situazioni ambientali difficili come quelli caratterizzati da temperature molto alte proprio per la presenza della batteria.
- Tag semipassivi o BAP (Battery Assisted Passive): Si tratta di tag passivi ma assistiti da batteria. Sostanzialmente, non usano l'energia fornita dalla batteria per trasmettere il segnale ma, come i tag passivi, "riflettono", modulato, il segnale generato dal reader. La batteria ha due utilizzi: alimentare sensori aggiuntivi se il tag ne è provvisto, oppure aiutare il chip a "svegliarsi" tenendolo in uno stato di "stand by", inattivo ma "acceso". Essendo la distanza di lettura dei tag passivi molto spesso limitata dalla difficoltà del chip a "svegliarsi" se non sufficientemente stimolato

dall'energia del campo del reader, l'aiuto della batteria nei tag BAP, permette a questi ultimi di offrire distanze di lettura ben superiori. A livello di prezzi, i tag BAP si collocano in linea di massima tra i tag passivi e quelli attivi. Come nel caso dei tag attivi, la necessità di preservare la batteria può limitare l'utilizzo dei tag BAP negli ambienti più difficili.

Rispetto ad altre tecnologie di identificazione, come può essere il codice a barre, la tecnologia a radiofrequenza offre numerosi vantaggi: la lettura non richiede contatto diretto e vista ottica, non c'è bisogno quindi dell'orientazione verso lo scanner. I tag possono essere letti contemporaneamente, possono lavorare in ambienti sporchi, contaminati e resistere anche a condizioni (agenti ambientali, sollecitazioni termiche, chimiche, meccaniche) molto difficili. Sono quindi più durevoli. Contengono più dati rispetto al barcode e possono essere riscritti e aggiornati con nuove informazioni. Inoltre il codice a barre identifica solo il lotto di un prodotto, ma non il singolo item. Il tag Rfid, invece, contiene un numero di serie unico e univoco che identifica ogni singolo prodotti fabbricato nel mondo (RFID Italia).

1.4.2.2. Wireless Sensor Network (WSN)

Una WSN (Wireless Sensor Network) è una rete costituita da un insieme di sensori distribuiti nell'ambiente che cooperano tra loro allo scopo di rilevare fenomeni fisici. Solitamente una Wireless Sensor Network è composta da una stazione base "gateway", eventualmente connessa ad altre reti, e da un certo numero di sensori wireless (nodi) distribuiti sul territorio (Sisinni, 2005).

Queste tipologie di reti sono composte da tre aspetti fondamentali che variano di volta in volta sulla base dell'ambiente in cui la rete deve operare. Questi tre aspetti sono i sensori, i nodi e l'alimentazione (P. Tiberio, L. Rovati).

- I sensori hanno il compito di rilevare la grandezza che si vuole monitorare che può essere la temperatura, l'umidità, l'illuminazione, il rumore, la posizione, la velocità, ecc.
- I nodi hanno il compito di acquisire la grandezza rilevata dai sensori e trasmettere tali dati al gateway. La particolarità dei nodi è che non sono mai uguali in due reti differenti ma vengono customizzati ad ogni applicazione per meglio rispondere alle esigenze dell'applicazione stessa.
- L'alimentazione svolge un ruolo chiave nelle reti WSN poiché i nodi e i sensori hanno bisogno di energia per operare. Come illustrato precedentemente nel paragrafo

“Energy and power storage” i dispositivi possono essere alimentati in due modi differenti: con delle microbatterie o con dei sistemi che permettono all’oggetto di ricavare l’energia necessaria dall’ambiente in cui opera. Queste tecnologie variano a seconda dell’ambiente in cui devono operare e possono essere tecnologie che ricevono energia solare, in radiofrequenza, dal calore, dalle vibrazioni, ecc.

Un altro aspetto da considerare nella costruzione di una WSN è la tipologia di rete che meglio si adatta all’applicazione che deve essere sviluppata, e di conseguenza il protocollo di trasmissione con cui i vari nodi si scambiano i dati. Per realizzare una WSN, come per qualsiasi altra rete, si può scegliere tra sei tipologie di rete differenti (F. L. Lewis, 2004):

- Rete a stella, in cui è presente un nodo centrale, di solito il gateway, collegato a tutti gli altri nodi della rete.
- Rete ad anello, in cui ogni nodo è connesso in serie con il successivo e in cui la testa e la coda della rete sono connesse tra loro.
- Rete a bus, in cui tutti i nodi sono collegati tra di loro per mezzo di un bus, cioè un canale che possiede due estremità e n accessi ad esso.
- Rete ad albero, in cui i nodi sono collegati in modo ramificato.
- Rete fully connected, in cui ogni nodo è collegato in modo diretto a tutti gli altri nodi.
- Rete mesh, in cui ogni nodo è collegato in modo diretto solamente con i nodi più vicini a lui, mentre per comunicare con quelli più distanti deve passare attraverso altri nodi.

La scelta della tipologia di rete dipenderà in fine dal grado di affidabilità che si richiede alla rete e dai costi di implementazione e manutenzione che comporta.

1.4.2.3. Machine to Machine (M2M)

La comunicazione Machine to Machine, o M2M, è una nuova modalità di comunicazione, nata dalla telemetria, utilizzata per la trasmissione e la misurazione in modo automatico di dati (Dye).

Nella comunicazione Machine to Machine un sensore raccoglie i dati e li invia ad una rete, a questo punto i dati vengono reindirizzati, spesso attraverso Internet, ad un server che li analizza e, sulla base utilizzato per processare i dati, invia alla macchina che ha trasmesso il dato le istruzioni su come agire (Crosby). La telemetria può essere considerata il precursore dell’M2M poiché entrambe le tecnologie trasmettono dati prelevati dai sensori ad una

macchina, ma la maggiore differenza che si riscontra tra le due tecnologie è che l'M2M utilizza delle reti esistenti per la trasmissione dei dati al posto di un segnale radio dedicato. Inoltre c'è anche un'evoluzione dei sensori utilizzati: nel caso della telemetria erano molto costosi e richiedevano molta energia per trasmettere i dati, mentre nell'M2M, anche grazie alla crescita esponenziale delle reti wireless pubbliche degli ultimi anni, è possibile sviluppare sensori e applicazioni che sfruttano queste reti rendendo più facile, veloce ed economica la trasmissione (Crosby).

Le varie applicazioni M2M che si possono realizzare devono essere customizzate sulle necessità del processo in cui vengono integrate, per questo sono molto diverse le une dalle altre. Nonostante questo in tutte le applicazioni si possono riconoscere quattro caratteristiche basilari di questa forma di comunicazione (M2M communications):

- La raccolta dei dati. Il processo di comunicazione M2M comincia infatti con la raccolta di dati che poi verranno analizzati. Tali dati possono essere semplici, come la temperatura, il livello di un fluido o la verifica di un contatto di chiusura, o complessi, come la verifica di un sistema industriale computerizzato.
- La trasmissione dei dati attraverso una rete. Sono possibili diverse opzioni per inviare i dati dalla macchina al centro operativo che spaziano dall'utilizzo della linea telefonica, all'utilizzo delle reti cellulari, alla comunicazione satellitare. La prima soluzione è la preferibile se è già presente una linea installata e si può dividere la spesa con altri utenti, anche se a volte presenta problemi di installazione. La comunicazione satellitare è la più costosa, ma in alcuni casi è l'unica soluzione possibile, soprattutto se la macchina è installata in qualche area remota del pianeta. L'utilizzo della rete cellulare per la comunicazione di dati infine sta diventando lo standard di riferimento, grazie all'enorme diffusione delle reti cellulari nel mondo e alla possibilità che offrono di inviare una grande quantità di dati, in modo frequente e ad un costo sempre minore.
- Valutazione dei dati. I dati, una volta raccolti e trasmessi, convergono in un sistema che li analizza in modo automatico attraverso software dedicati.
- Risposta. L'obiettivo delle applicazioni M2M è quello di automatizzare il flusso dei dati dalle macchine che li raccolgono ai sistemi o alle persone che hanno bisogno di quei dati per poter lavorare. I sistemi di risposta quindi hanno il compito di ricevere i dati analizzati al punto precedente e inviarli a chi o cosa necessita di quel dato.

2. AMBITI APPLICATIVI

In questo capitolo viene presentata una panoramica sulle possibili applicazioni che trova l'Internet of Things sia per quanto riguarda la sfera produttiva dell'economia sia per quanto riguarda la parte dei servizi che mette a disposizione fornendo un esempio per ogni ambito applicativo individuato.

2.1. Introduzione

Come spiegato nel capitolo precedente l'*Internet of Things* può essere considerato un'estensione dell'interazione tra l'uomo e le applicazioni attraverso un nuovo concetto di "oggetto intelligente", di comunicazione e di integrazione (CERP - IoT 2010), e nei paragrafi che seguono verrà spiegato come avviene questa interazione. Bisogna però definire cosa si intende per "oggetto intelligente". Una definizione semplice e condivisa è quella di considerare come "oggetto intelligente" un oggetto in grado di capire e reagire a stimoli esterni (ITU, 2005). Il termine "oggetto" però può essere percepito in modo differente a seconda del contesto in cui viene usato. Nelle aziende ad esempio l'oggetto potrebbe essere il prodotto, gli attrezzi da lavoro, i mezzi di trasporto, o qualunque cosa che sia presente nel ciclo di vita del prodotto. Nel campo ambientale un oggetto potrebbe essere un albero, un edificio, ecc. Quindi per individuare le possibili applicazioni dell'*Internet of Things* si deve identificare anche il contesto in cui tale applicazione viene utilizzata per capire di quale oggetto si sta parlando. I principali contesti in cui l'*Internet of Things* trova applicazione sono tre: business, ambiente e società. Per rendere più chiaro il concetto vengono ora definiti brevemente i tre contesti: con il termine *business* ci si riferisce ad attività che prevedono transazioni commerciali o finanziarie tra due organizzazioni; con il termine *ambiente* ci si riferisce ad attività che riguardano il monitoraggio, la protezione e lo sviluppo di tutte le risorse naturali; e con il termine *società* ci si riferisce ad attività e iniziative che riguardano lo sviluppo e il coinvolgimento di comunità, città e persone (CERP – IoT, 2010). È importante specificare che individuare il contesto di applicazione principale serve solamente per capire di quale tipologia di oggetto si sta parlando, le applicazioni dell'*Internet of Things* infatti, nonostante vengano sviluppate per un contesto specifico, beneficiano con i loro effetti in modo più o meno significativo tutti e tre i contesti di riferimento (figura 2.1). Per esempio un'applicazione per la tracciabilità della filiera dei prodotti alimentari è una tipica applicazione del contesto *business* che, nel caso tali prodotti debbano essere ritirati dal mercato perché pericolosi per la salute, coinvolge anche il contesto *società*.

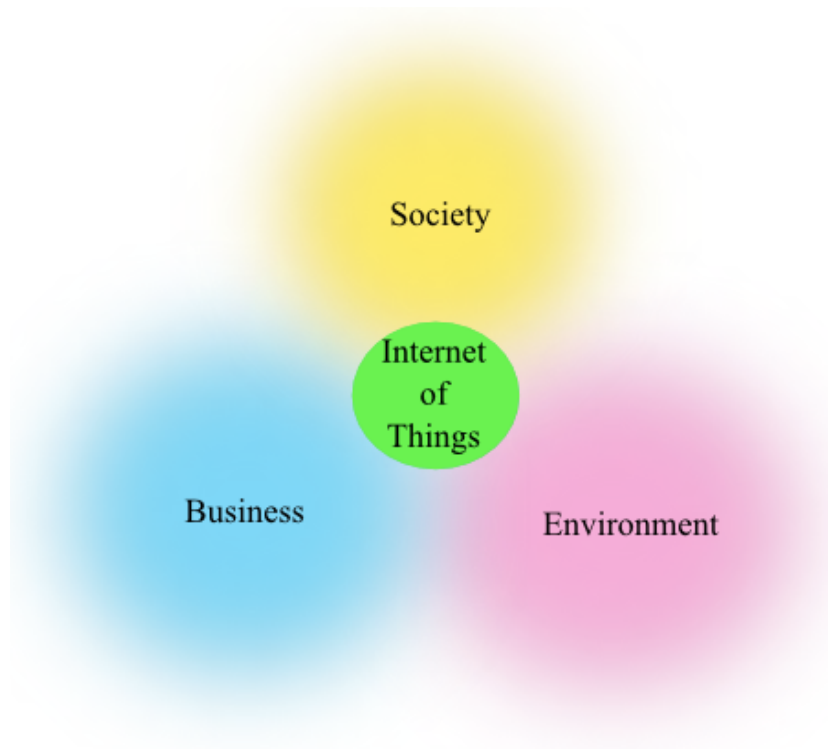


Figura2.1 Contesti applicativi IoT (Cerp – IoT 2010)

In un'analisi effettuata dagli analisti di McKinsey sulle potenzialità dell'*Internet of Things* sono state individuate, soprattutto per quanto riguarda l'ambito business, sei differenti tipi di applicazioni emergenti raggruppabili in due categorie: “informazioni e analisi” e “automazione e controllo” (Chui, Löffler, Roberts, 2010).

1. **Informazione e analisi:** grazie al collegamento di prodotti, asset aziendali e ambiente operativo nasce la possibilità di raccogliere una quantità molto maggiore di dati e quindi di avere informazioni migliori per prendere le decisioni aziendali. Alcune organizzazioni, infatti, stanno già sperimentando le seguenti applicazioni in contesti circoscritti per analizzarne i benefici. Le applicazioni sono:
 - a. **Tracciabilità:** se i prodotti sono dotati di chip che ne permettono la localizzazione (sensori, tag RFID, ecc) l'azienda può controllarne i movimenti e la loro interazione con l'evoluzione dell'ambiente. Questi dati possono migliorare dei servizi che l'azienda offre ai suoi clienti come ad esempio un'assicurazione può installare un sensore sull'auto del cliente per customizzare il prezzo della polizza in base al rischio effettivo misurato in base al percorso e allo stile di guida del cliente.
 - b. **Consapevolezza della situazione:** i dati provenienti da una rete di rilevatori installati nelle infrastrutture possono fornire informazioni in tempo reale utili

per il controllo e la sicurezza di determinate aree. Sono usati nei sistemi di sicurezza e permettono al personale di sorveglianza di individuare accessi non autorizzati. Oppure sono utilizzati dai gestori delle linee aeree per ottenere in tempo reale le variazioni delle condizioni meteo e la situazione del traffico aereo e quindi gestire le rotte per ridurre ritardi e costi.

- c. Supporto decisionale: queste tecnologie possono supportare il processo decisionale migliorandone la precisione grazie alla disponibilità di una quantità maggiore di dati. In campo sanitario i sensori permettono di monitorare i pazienti in tempo reale e in modo relativamente economico permettendo ai medici una diagnosi migliore. Un esempio dell'efficacia di queste tecnologie in questo ambito viene dal fatto che negli USA la sola gestione delle insufficienze cardiache attraverso l'utilizzo quotidiano dei sensori ha permesso un risparmio annuo sulla spesa sanitaria di un miliardo di dollari.
2. Automazione e controllo: gettare le basi per l'automazione e il controllo significa convertire i dati raccolti attraverso l'*Internet of Things* in istruzioni che attraverso la rete tornano alle macchine che hanno generato i dati e che a quel punto modificano il processo sulla base delle nuove istruzioni. Chiudendo in questo modo il cerchio tra dati e applicazioni si riscontra un aumento di produttività poiché è il sistema che gestisce le situazioni complesse rendendo in molti casi non più necessario l'intervento umano.
 - a. Ottimizzazione dei processi: le reti di sensori abilitano nuove possibilità di controllo dei processi. Molte aziende, soprattutto chimiche, stanno installando molti sensori all'interno dei loro processi per avere un controllo più dettagliato su quanto avviene nel processo stesso. Questi sensori inviano poi i dati a un computer che li analizza e fornisce alla macchina istruzioni su come modificare il processo in tempo reale, ad esempio cambiando la temperatura o la pressione, in modo da ridurre gli scarti o ottenere un prodotto migliore.
 - b. Ottimizzazione del consumo di risorse: le reti di sensori che trasmettono dati in tempo reale abilitano un cambiamento nelle modalità d'uso di risorse scarse come possono essere l'energia e l'acqua consentendo una dinamica di pricing basata sull'uso effettivo. Le aziende di utilities come Enel in Italia e Pacific Gas and Electric (PG&E) negli USA usano molto diffusamente queste tecnologie fornendo dei contatori intelligenti alle famiglie e alle industrie che

in questo modo possono conoscere il loro consumo effettivo e il costo di fornitura in tempo reale. In questo modo si abbandona la logica di pricing basata sul prezzo fisso per Kw/h e si rende possibile una logica di pricing basata sulle fasce orarie di consumo che, siccome il costo di produzione di energia varia durante le varie fasi della giornata, seguono l'evoluzione del costo di produzione.

- c. Sistemi complessi e autonomi: secondo l'analisi di McKinsey le funzionalità più richieste dell'*Internet of Things* sono la raccolta di dati in tempo reale sul cambiamento delle condizioni dell'ambiente e una risposta istantanea guidata da un sistema automatizzato che sia in grado di prendere delle decisioni simulando il comportamento umano. Molte case automobilistiche ad esempio stanno realizzando dei sistemi in grado di prevedere un possibile incidente e quindi di adottare autonomamente delle manovre evasive, come ad esempio frenare.

2.2. Applicazioni

Verranno ora illustrate le applicazioni che l'*Internet of Things* abilita o potrebbe abilitare all'interno di alcuni settori industriali.

2.2.1. Gestione della supply chain

Il tema del controllo della filiera è da sempre per le aziende un tema di studio e di ricerca importante, infatti il settore logistico è stato il primo settore ad accorgersi delle potenzialità e quindi ad adottare le tecnologie RFID. In questo contesto le tecnologie *Internet of Things* offrono la possibilità di sviluppare applicazioni diverse:

i. Tracciabilità di filiera

La necessità per le aziende di conoscere con certezza la provenienza e la qualità delle loro forniture è molto sentita poiché, soprattutto per quanto riguarda prodotti complessi, i componenti che faranno poi parte del prodotto finito ma che non vengono prodotti dall'azienda avranno un grosso impatto sulla qualità del risultato finale. Un ottimo esempio di come le tecnologie *Internet of Things* possono contribuire al controllo dei componenti in entrata lo si trova nel settore dell'aerospazio. Tale settore, infatti, è affetto dal problema dei SUP (Suspected Unapproved Parts) che non garantiscono il rispetto dei requisiti (ad esempio

di qualità dei materiali utilizzati) necessari per la costruzione dei velivoli e questo, naturalmente, ne compromette seriamente la sicurezza. Il problema nasce dal fatto che i controlli di qualità non possono essere effettuati, per ragioni di tempi e costi, su tutti i materiali utilizzati e quindi, soprattutto per quanto riguarda i materiali di consumo, i controlli vengono effettuati solamente sui documenti, che però sono facilmente falsificabili. Questo problema può essere risolto installando, tramite un tag RFID, un pedigree elettronico nei componenti che ne documentino l'origine e le varie lavorazioni (CERP IoT, 2010).

Le tecnologie *Internet of Things* possono essere utilizzate anche per ridurre i costi della filiera, non solo per garantire la sicurezza della fornitura, grazie alla possibilità di effettuare un controllo molto più veloce, e quindi economico, sulle consegne ricevute. La possibilità di effettuare un monitoraggio continuo sulle quantità in entrata e uscita dai magazzini (e quindi sulle scorte) e sullo stato delle spedizioni permette inoltre di ridurre al minimo i costi di stoccaggio ed eliminare i casi di stock out. Il problema dello stock out è molto sentito soprattutto nel settore retail poiché in questo settore il risparmio potenziale che tali tecnologie permettono, solamente a livello di punto vendita, è molto elevato. Basti pensare che la stima delle vendite perse perché il cliente non trova il prodotto a scaffale è il 3,9% delle vendite a livello mondiale (CERP IoT 2010).

Come detto però tali tecnologie consentono un monitoraggio di tutta la filiera fino a coinvolgere il consumatore finale, non solo della fase di fornitura. Questo permette un controllo della qualità del prodotto anche una volta uscito dalla fabbrica e l'implementazione di servizi a valore aggiunto per il cliente. Nel settore automotive ad esempio i tag che vengono installati sui vari componenti del veicolo contengono informazioni sia sulla loro provenienza sia sulle lavorazioni necessarie a riparare l'eventuale guasto agevolando così i lavori di manutenzione ed offrendo un miglior servizio di customer service (EPoSS 2008).

Un altro settore in cui il controllo dell'intera filiera: dal produttore al consumatore finale, è fondamentale è il settore alimentare. In questo settore è importante avere la possibilità di etichettare gli alimenti e/o gli ingredienti in modo da poterne tracciare il percorso lungo tutta la supply chain che attraversano per poterli identificare ed eventualmente ritirare in caso di problemi (EPoSS 2008). La tracciabilità degli alimenti è infatti una pratica obbligatoria per legge poiché potenzialmente può salvare molte vite. Solamente negli Stati Uniti, infatti, ogni anno le contaminazioni alimentari causano circa 76 milioni di casi di malessere e circa 5,000 decessi.

ii. Produzione e gestione del ciclo di vita del prodotto

Sfruttando il collegamento di oggetti attraverso le tecnologie dell'information technology, attraverso l'uso di dispositivi intelligenti, o attraverso l'utilizzo di codici identificativi univoci si può creare una struttura di rete per un sistema informativo a supporto del processo di produzione. Questa applicazione è molto utile nella produzione di prodotti complessi, con una distinta base molto lunga e articolata, poiché in questo modo tale processo può essere monitorato e ottimizzato considerando non solo la fase di costruzione o assemblaggio del prodotto ma considerando anche tutti i costi del ciclo di vita del prodotto stesso, dalla produzione allo smaltimento (CERP IoT 2010) (NIC 2008).

iii. Fleet management

Il monitoraggio in real-time delle condizioni di servizio dei vari componenti di un veicolo può essere un'altra applicazione dell'*Internet of Things* nell'ambito della gestione della supply chain. Questa applicazione in particolare è molto utile nei settori aerospazio e automotive. Nel caso del settore aerospazio, infatti, una rete di sensori che raccolga dati sullo stato dei vari componenti del velivolo ne aumenterebbe la sicurezza e ne ridurrebbe i costi di gestione segnalando tempestivamente eventuali anomalie e necessità di manutenzione. Inoltre i dati raccolti da tali sensori, che possono essere pressione, temperatura, vibrazioni, ecc, possono essere utilizzati per studiare meglio le condizioni di volo e progettare velivoli che sfruttino meglio tali condizioni utilizzando così meno energia e quindi, che producono meno inquinamento.

Per quanto riguarda il settore automotive le applicazioni di gestione del veicolo sono più numerose di quelle del settore aerospaziale e spaziano dal monitoraggio della pressione degli pneumatici fino all'individuazione di ostacoli nelle vicinanze del veicolo. Le più interessanti sono le tecnologie RTLS (Real Time Locating System). Sono tecnologie sviluppate appositamente per questo settore e consistono in una rete di sensori che permette il controllo e il monitoraggio dei componenti e dei veicoli durante le fasi di test, di controllo qualità, di spedizione e durante l'utilizzo del veicolo per rilevare eventuali danni o problemi di funzionamento (CERP IoT 2010).

Nel settore Automotive, inoltre, anche il veicolo è considerato un "oggetto", non solo le parti che lo compongono, e come tale, coerentemente con la definizione che è stata data all'inizio del capitolo, deve essere in grado di reagire a stimoli esterni. Questa caratteristica è stata e sarà sviluppata in due modalità differenti.

La prima modalità consiste nel consentire al veicolo di attivarsi a seguito di un incidente. Sono infatti disponibili sul mercato tecnologie che effettuano una chiamata di emergenza in modo automatico a seguito di un incidente o in caso di guasto del mezzo. Attraverso i sensori distribuiti all'interno dell'automobile il sistema mantiene monitorato lo stato del veicolo e quante persone ci sono a bordo. In questo modo in caso di incidente è in grado di identificare in che zona è avvenuto l'impatto, l'entità del danno e se ci possono essere stati danni alle persone, e di conseguenza avvertire gli organi di emergenza.

La seconda modalità, a differenza della prima, cerca invece di prevenire gli incidenti. Le tecnologie DSRC (Dedicated Short Range Communication) offrono infatti la possibilità di implementare servizi aggiuntivi come le applicazioni V2V (Vehicle-to-Vehicle) e V2I (Vehicle-to-Infrastructure). Queste applicazioni sono sistemi che scambiano alcuni parametri di viaggio come posizione, velocità e traiettoria tra due o più veicoli o tra i veicoli e le infrastrutture che li circondano allertando il conducente in caso di pericolo o intervenendo direttamente sui parametri di viaggio per evitare incidenti. Grazie allo sviluppo di queste applicazioni diventa poi possibile realizzare il servizio ITS (Intelligent Transportation System) che in futuro garantirà la sicurezza nei viaggi e una gestione ottimale del traffico (CERP IoT 2010).

iv. Anticontraffazione

Il tema dell'anticontraffazione dei prodotti è molto sentito soprattutto nel settore del lusso, in cui sono molti i casi in cui si trovano sul mercato prodotti identici agli originali a prezzi stracciati.

In questo ambito le tecnologie *Internet of Things* possono fornire un valido supporto nella lotta alla contraffazione. Grazie alle tecnologie di tracciamento dei prodotti lungo la filiera infatti, come è stato illustrato precedentemente, è possibile sapere dove è stato prodotto, da chi, e che rotta ha seguito durante la spedizione l'oggetto a cui si è interessati. In questo modo l'acquirente ha la certezza di acquistare un oggetto originale. Quello del lusso però non è l'unico settore afflitto dal problema dei prodotti contraffatti. Ad esempio si è parlato precedentemente dei problemi del settore aerospaziale con i SUP, oppure si può portare l'esempio del settore farmaceutico. Una delle criticità di questo settore è infatti garantire la sicurezza e l'affidabilità dei propri prodotti per non compromettere la salute dei pazienti. La contraffazione di prodotti farmaceutici è, infatti, una pratica purtroppo piuttosto diffusa che mette in pericolo la salute dei pazienti.

2.2.2. Domotica ed Edifici intelligenti

Le tecnologie dell'automazione della casa e le tecnologie all'avanguardia dell'edilizia sono state impiegate in passato solamente per costruire appartamenti di lusso o uffici di alto livello. Nei prossimi anni invece, grazie alla presenza di tecnologie mature, e quindi disponibili ad un costo più basso rispetto al passato, sarà possibile costruire delle "case intelligenti" dotate di applicazioni basate su queste tecnologie (EPoSS 2008). Questa evoluzione è già cominciata con l'introduzione nelle nostre case dei contatori elettronici che registrano i consumi di corrente, inviano i dati in tempo reale al fornitore e abilitano una gestione ottimizzata dei consumi energetici all'interno dell'abitazione, ed evolverà probabilmente con la realizzazione sistemi di gestione della casa intelligenti che, grazie ad una serie di sensori distribuiti nell'edificio, saranno in grado di gestire in modo autonomo temperatura, umidità, ecc. in modo da minimizzare i consumi energetici. Gli edifici intelligenti potranno poi monitorare le azioni umane che si svolgono all'interno della casa, rilevare situazioni eccezionali e assistere gli abitanti nella routine quotidiana. Ad esempio una rete di sensori distribuita sul pavimento può monitorare gli spostamenti delle persone all'interno dell'abitazione, e di conseguenza accendere e/o spegnere luci, radio, televisori, ecc, se nella stanza entra o esce qualcuno, limitando così al massimo i consumi energetici.

Inoltre si potrà interagire con questa rete anche attraverso il cellulare per cui, quando una persona entra in casa, il sistema la riconosce attraverso lo smartphone e adatta le condizioni dell'ambiente: temperatura, musica, luce ecc. secondo il profilo della persona (CERP IoT 2010).

Tutte le applicazioni illustrate fino ad ora rientrano nel campo della domotica, estendendo tali applicazioni agli edifici, e gestendo quindi in modo integrato i consumi e le esigenze di un intero edificio, si entra nel campo degli *smart building*. In un edificio intelligente tutte le funzioni sono controllate da un sistema informatico collegato in rete a sensori ed attuatori sull'intero edificio. Questo sistema permette un monitoraggio e un controllo in tempo reale di tutte le funzioni dell'edificio: impianto energetico generale, esigenze energetiche dei singoli appartamenti e/o uffici, climatizzazione, riscaldamento, controllo degli accessi, ecc. ottimizzando così le prestazioni generali secondo dei criteri prefissati. In questo modo l'edificio risponde ai cambiamenti climatici in modo automatico, migliorando la qualità della vita di chi vi abita e rendendo possibile un risparmio energetico stimato attorno al 25% dei consumi annuali di un edificio normale (Fasano, 2004)

2.2.3. Sanità

L'*Internet of Things* può fornire molte applicazioni utili al settore della salute attraverso la possibilità di inserire nelle etichette dei medicinali anche informazioni sulle modalità di assunzione, controindicazioni, ecc. Dotando di tag RFID i medicinali infatti, attraverso lo smartphone (o attraverso un altro terminale) si potranno leggere le informazioni dei medicinali riportate sul tag e quindi assumere i medicinali con una consapevolezza maggiore. Anche le reti di sensori possono fornire un grande aiuto nel settore sanità. Grazie alla miniaturizzazione infatti sarà sempre più agevole indossare dei sensori che siano in grado di leggere i nostri parametri vitali e che possono così fungere da piattaforma informativa sul nostro stato di salute.

Queste applicazioni sono molto utili per persone che soffrono di diabete, cancro, problemi cardiaci, Alzheimer, ma anche per persone a cui sono stati installati apparecchi medicali come pacemaker, stent, ecc. In questo modo i medici che hanno in cura questi pazienti non solo monitorano costantemente la salute del paziente pur non essendo a diretto contatto con esso ma vengono anche allertati in modo automatico dal sistema in caso di complicazioni.

Questo tipo di applicazioni inoltre, quando l'evoluzione tecnologica ne permetterà una diffusione capillare anche per le persone sane porteranno due enormi vantaggi. Il primo vantaggio è di tipo preventivo, poiché un monitoraggio continuo permette di scoprire tempestivamente eventuali patologie e quindi di curarle quando sono ancora in una fase embrionale risparmiando tempo e risorse. Il secondo vantaggio invece è rappresentato dalla precisione e dalla velocità di diagnosi che il sistema garantisce in caso di incidente. I dispositivi intelligenti, infatti, non solo raccolgono i dati e i parametri vitali della persona ma sono anche in grado di immagazzinarli e in questo modo salvare la vita dei pazienti in condizioni di emergenza fornendo tali dati ai soccorritori. (CERP IoT 2010).

Nell'ambito sanitario ricade anche il servizio di assistenza a persone non autosufficienti all'interno delle loro abitazioni. In questo ambito l'*Internet of Things* è uno strumento che aiuta sia gli assistenti nella cura sia i pazienti che spesso vorrebbero un po' più di privacy a casa loro. Una rete di sensori distribuita in casa può infatti monitorare costantemente le azioni che la persona svolge, oltre ai suoi parametri vitali, individuare le azioni che escono dalla routine del paziente e avvertire l'assistente che in questo modo può intervenire solamente in caso di bisogno.

2.2.4. Industrie di estrazione – gas e petrolio

Le tecnologie dell'*Internet of Things* nelle industrie di estrazione di gas e petrolio possono supportare sia la gestione delle piattaforme offshore sia la gestione delle infrastrutture onshore. Per quanto riguarda le piattaforme offshore grazie alle reti di sensori diventa più facile ed economico monitorare la salute degli operai, le condizioni degli impianti e dei mezzi di trasporto. Nelle infrastrutture di terra invece le reti di sensori contribuiscono a monitorare lo stato delle infrastrutture, a cominciare dagli oleodotti, per rilevare eventuali perdite, danni o manomissioni. Un'analisi degli incidenti effettuata dalle compagnie petrolifere inglesi ha infatti rilevato alcuni tratti comuni tra le cause degli incidenti, tra cui risalta una carenza di controllo sulle infrastrutture e nei processi di stoccaggio, che si può risolvere con l'*Internet of Things*.

2.2.5. Protezione e sicurezza

I dispositivi di identificazione wireless vengono utilizzati in molte aree per aumentare la sicurezza e la protezione di persone e cose. Alcune di queste aree sono:

- Controllo ambientale: terremoti, tsunami, incendi, alluvioni, ecc
- Controllo di edifici: fughe di gas, perdite d'acqua, incendi, accessi non autorizzati, atti di vandalismo, ecc.
- Controllo delle persone: rapine, sistemi di pagamento, controllo e protezione di identità, ecc.

Quando si utilizzano dispositivi intelligenti di identificazione wireless le opportunità e le minacce che tali dispositivi apportano derivano dalla quantità di dati che generano, dalla loro condivisione e dalla possibilità che qualcun altro che non ne ha l'autorizzazione possa leggere tali dati. La necessità di definire una strategia e una politica comune che regoli l'*Internet of Things* è quindi una priorità all'interno della Commissione Europea che deve salvaguardare la sicurezza delle informazioni riservate dei propri cittadini. La privacy, infatti, è sempre stata in contrasto con la tracciabilità e l'etichettatura delle persone ma, nonostante questo, ultimamente si assiste ad alcune tendenze in cui le persone acconsentono di essere etichettate con un tag RFID. Come è stato illustrato nel paragrafo "salute e medicina" infatti tali dispositivi possono salvare la vita delle persone monitorandone i parametri vitali, come la concentrazione di zuccheri nel sangue per i diabetici.

Un altro argomento in aperto conflitto con la privacy sono gli “oggetti” che i cittadini di uno stato devono possedere per accedere ad alcuni servizi. Ne sono un esempio le tessere sanitarie, le carte di identità elettroniche e i passaporti poiché tutti questi strumenti di identificazioni contengono informazioni in forma elettronica e quindi, come conseguenza, il loro impatto sulla privacy e sulla sicurezza vanno valutati (CERP IoT 2010).

2.2.6. Monitoraggio dell’ambiente

L’utilizzo delle tecnologie dell’*Internet of Things* per applicazioni “verdi” e di conservazione dell’ambiente è un settore in rapida espansione ai giorni nostri. Le tecnologie RFID e WSN, infatti, permettono lo sviluppo di nuove applicazioni con impatto positivo per la società che si possono suddividere in due grandi gruppi: le applicazioni per il monitoraggio della salute dell’ambiente e le applicazioni che hanno finalità di safety, quindi che mirano a prevedere ed evitare eventuali disastri.

Le applicazioni con finalità di safety sono caratterizzate principalmente da reti di sensori distribuiti sul territorio che hanno il compito di rilevare eventuali cambiamenti nella conformazione dell’ambiente e, se tali cambiamenti possono essere potenzialmente pericolosi, inviare dei segnali di allarme alle forze di sicurezza competenti. Tramite queste applicazioni sarà possibile evitare o limitare i danni di disastri naturali come alluvioni, monitorando il livello dei fiumi, frane, monitorando la stabilità del suolo, incendi, monitorando l’aridità delle zone a rischio, ecc. Un progetto pilota che ha l’obiettivo di testare tali tecnologie nella prevenzione di disastri ambientali è presente in provincia di Lecco, in cui una rete di sensori raccoglie dati sui movimenti delle fratture nella montagna che sovrasta la città e li invia via radio ad una stazione di controllo che li analizza e, se necessario, interviene con interventi di prevenzione sul territorio.

Le applicazioni per il monitoraggio della salute dell’ambiente invece hanno lo scopo di misurare i cambiamenti che avvengono nell’ecosistema a causa dell’azione umana. In particolare sono state sviluppate applicazioni che monitorano la qualità dell’aria distinguendo le varie fonti dell’inquinamento: da quelle classiche come il traffico e il riscaldamento, alle contaminazioni di origine industriale, alla fuoriuscita di gas dal sottosuolo. Ci sono poi applicazioni che monitorano la qualità delle acque, i livelli di inquinamento elettromagnetico, acustico e luminoso. Tutte queste attività grazie all’avvento dell’*Internet of Things* diventano più economiche e soprattutto, grazie alla presenza della rete, i dati raccolti si possono

confrontare e analizzare più velocemente e in modo più completo consentendo così la realizzazione di interventi più efficaci.

2.2.7. Trasporti

Anche l'ambito trasporti si può dividere in due macroambiti: il trasporto merci e il trasporto di persone.

Per quanto riguarda il trasporto di persone le tecnologie attuali permettono di controllare in modo sicuro, anche se abbastanza lento, passeggeri e bagagli delle migliaia di persone che ogni giorno prendono un aereo soddisfacendo così la sempre maggiore necessità di sicurezza di questa modalità di viaggio. Ma il trasporto quotidiano è costituito solamente per una minima parte dal trasporto aereo. Ogni giorno, infatti, milioni di persone si muovono utilizzando i mezzi più svariati, dal treno alla bicicletta, all'auto (di cui si è parlato diffusamente nel paragrafo dedicato al fleet management) al trasporto pubblico. Soprattutto in quest'ultimo ambito le tecnologie *Internet of Things* possono contribuire in modo considerevole alla gestione della flotta, al monitoraggio del flusso dei passeggeri, all'ottimizzazione dei percorsi e dei consumi, consentendo così ai gestori di offrire un servizio migliore ai cittadini.

Per quanto riguarda il trasporto merci invece le tecnologie *Internet of Things* consentono un monitoraggio e un controllo continuo su tutte le merci in transito su qualsiasi mezzo, al contrario di quanto avviene oggi in cui i controlli sono effettuati solamente per quanto riguarda il trasporto aereo, aumentando così il livello di sicurezza non solo degli aeroporti (grazie ad un controllo più efficace), ma anche di porti e stazioni ferroviarie.

Un esempio di applicazione che aumenta la sicurezza in questo ambito può essere l'equipaggiamento di un container che contiene prodotti pericolosi con una rete di sensori che lo rendono "intelligente" e in questo modo durante il trasporto e lo stoccaggio può generare degli allarmi nel caso in cui vengano meno alcune condizioni di sicurezza, come ad esempio la presenza nello stesso luogo di due sostanze chimiche incompatibili (CERP IoT 2010).

2.2.8. Entertainment

Le tecnologie *Internet of Things* permettono di sviluppare applicazioni molto interessanti anche per quanto riguarda il divertimento e il tempo libero. Ad esempio applicando un tag in grado di comunicare con gli smartphone ad un cartellone pubblicitario si possono inviare

informazioni supplementari rispetto a quelle visualizzate sul cartellone e si può offrire l'opportunità di acquistare direttamente il prodotto pubblicizzato attraverso lo smartphone. Ad esempio di fronte al cartellone di un cinema si possono vedere i trailer dei film in programma, gli orari, e acquistare i biglietti per la proiezione desiderata, oltre ad avere informazioni sul come raggiungere il cinema in modo autonomo o tramite i servizi pubblici (E. Rukzio, J. Hamard, M Paolucci, A. Schmidt, M. Wagner, H. Berndt).

Con le stesse tecnologie e le stesse modalità di implementazione si possono sviluppare anche servizi turistici. Attraverso tag applicati sui vari monumenti delle città infatti si possono fornire informazioni sui monumenti e la storia che li contraddistingue, oltre che suggerire tour guidati della città e informazioni sui servizi disponibili, come ad esempio la presenza di concerti o manifestazioni presenti in città nei giorni di visita.

Come spiegato nell'introduzione alcuni degli esempi riportati sono già stati sviluppati e sono in commercio mentre altri rappresentano delle potenzialità che le tecnologie hanno dimostrato di avere e sono in fase di studio o di realizzazione. Per quanto riguarda gli sviluppi futuri secondo uno studio (NIC 2008), effettuato dall'SRI Consulting Business Intelligence, che analizza le possibili tempistiche di espansione dell'*Internet of Things*, già nel 2015 si potrebbe avere la possibilità di leggere i tag RFID tramite smartphone e dispositivi mobili mentre per disporre di tecnologie che consentano di interagire con qualsiasi tipo di oggetto bisognerà attendere una decina d'anni. Per quanto riguarda l'ultimo step dell'evoluzione dell'*Internet of Things* invece, e cioè lo sviluppo di software in grado di prendere decisioni al posto delle persone, secondo il suddetto studio bisognerà aspettare fino al 2025.

L'analisi effettuata mostra che l'impatto che l'*Internet of Things* potrebbe avere sulla quotidianità delle persone è enorme e difficile da quantificare. Risulta anche difficile approfondire ogni ambito applicativo e fornire un'analisi esaustiva di tutti i vantaggi e i problemi che tali tecnologie portano. Nel proseguire questo lavoro ci si limiterà quindi ad approfondire un solo settore: quello del monitoraggio ambientale, con l'obiettivo di svolgere un'analisi completa approfondita per arrivare a valutare quali e quanti benefici porterà l'*Internet of Things* a tale settore.

3. CASE STUDY

In questo capitolo vengono presentati alcuni progetti italiani e alcuni progetti sviluppati a livello internazionale con l'obiettivo di offrire una panoramica su come il mondo scientifico sta interpretando l'Internet of Things e per capire quali sono i vantaggi che questo paradigma offre a fronte di quali criticità.

3.1. Introduzione

Questo capitolo è dedicato alla recensione di alcuni progetti realizzati negli ultimi anni che soddisfano le caratteristiche di identificazione dei fenomeni misurati, localizzazione dei fenomeni, indirizzamento e programmabilità degli strumenti di misura, che sono le caratteristiche distintive di un progetto *Internet of Things* individuate nel corso del capitolo 1. Data la numerosità e la varietà dei settori in cui si possono trovare delle applicazioni *Internet of Things* si è scelto di concentrarsi su un solo settore, lasciando ad altri lavori il compito di approfondire l'utilizzo di queste tecnologie in altri ambiti. Il settore che si andrà ad analizzare in seguito è quello del monitoraggio dell'ambiente che, come accennato nel capitolo precedente, è un settore in forte espansione grazie alla sempre maggiore sensibilità di popolazioni, governi e aziende verso il tema di uno sfruttamento sostenibile delle risorse che ci circondano e che, purtroppo, è un argomento di attualità a seguito dei disastri provocati negli ultimi mesi dalle esondazioni avvenute prima in Liguria e più recentemente in Sicilia. L'analisi dei vari progetti è stata effettuata tramite la ricerca di materiale su Internet e in quattro dei cinque progetti italiani presi in considerazione (progetto TRITon, progetto del Politecnico di Torino, progetto di monitoraggio del fiume Po e Progetto ENEL) attraverso un'intervista diretta ai tecnici che hanno realizzato l'applicazione.

3.2. Progetto di monitoraggio del fiume Hudson

BREVE INTRODUZIONE SULL'AZIENDA

Il Beacon Institute è un istituto no profit che si occupa di ricerche in campo ambientale situato nella cittadina di Beacon, nello stato di New York, negli USA. La sua mission è quella di creare un centro globale per l'innovazione scientifica e tecnologica che si occupi di ricerca, educazione e politiche pubbliche riguardo a fiumi ed estuari. Il Beacon Institute persegue la sua mission attraverso un focus multidisciplinare su scienza e tecnologie, educazione e politica. Un team di ventiquattro persone, che si interfaccia quotidianamente con scienziati, ingegneri ed educatori, provenienti da diverse università americane, oltre che con i politici locali offre infatti una visione integrata di come interagiscono comunità ed ecosistemi ed ha quindi l'opportunità di capire meglio come evolvono gli ecosistemi di fiumi ed estuari. Attraverso queste informazioni infine, può fornire indicazioni su che azioni intraprendere in ottica di benessere pubblico, sfruttamento economico e salvaguardia degli ecosistemi (Beacon Institute).

IL PROGETTO

Il progetto analizzato prende il via nel 2007 con il nome di REON (River and Estuary Observatory Network) e viene implementato dal Beacon Institute in collaborazione con IBM, dall'anno successivo con Clarkson University e, negli ultimi due anni, anche con General Electric. Il progetto coinvolge i fiumi Hudson, St. Lawrence, Mohawk e i rispettivi estuari, nello stato di New York, USA. L'interesse per fiumi ed estuari deriva dal fatto che al loro interno sono presenti ecosistemi dinamici le cui caratteristiche fisiche e chimiche vengono modificate dalle perturbazioni, naturali e non. Questi cambiamenti possono avvenire in poche ore alterando il sistema ecologico e la possibilità da parte dell'uomo di sfruttarne le risorse. Un esempio di effetto deleterio delle perturbazioni è l'impatto nocivo sulla pesca commerciale e ricreativa del deflusso delle acque piovane nel fiume. L'acqua piovana, infatti, trasporta nel fiume i fertilizzanti delle coltivazioni vicine ad esso i quali stimolano la crescita di alghe in quantità eccessiva rispetto alle esigenze dell'ecosistema a danno della fauna.

Gli obiettivi del progetto sono quindi, in accordo con gli obiettivi dell'organizzazione, di creare un sistema di rilevazione che fornisca degli alert nel caso in cui le condizioni dell'ecosistema cambino troppo, o troppo velocemente, e permetta ai ricercatori di avere a disposizione dati frequenti e affidabili per lo studio degli ecosistemi di fiumi ed estuari e per lo studio della loro evoluzione. Questi dati permetteranno poi, attraverso la conoscenza degli ecosistemi, di adottare comportamenti che non ne compromettano la sopravvivenza e contemporaneamente consentano lo sfruttamento efficiente delle risorse che offrono. Infine i dati raccolti saranno forniti ad una moltitudine di utenti (dalle scuole alle istituzioni politiche) in modo da sensibilizzare la popolazione sul tema e supportare le scelte politiche in campo ambientale.

Spesso la conoscenza degli ecosistemi acquatici è limitata a rilevazioni saltuarie, dilatate nel tempo e nello spazio che non aiutano a capire la dinamica dell'ecosistema. Per sopperire a questa lacuna è stato realizzato un sistema di monitoraggio continuo delle caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche degli ecosistemi realizzato attraverso una rete integrata di sensori, unità robotiche e rilevamenti effettuati tramite apparecchiature mobili distribuite lungo l'intero corso dei fiumi. Il progetto, che come detto è partito nel 2007, ha visto l'installazione nel fiume Hudson della piattaforma B1 nel 2008 a cui sono seguite, negli anni successivi, le installazioni delle piattaforme B2 a Fort Edward (Figura 3.2.1) e B3 a Schuylerville. Questa piattaforma è una stazione avanzata di monitoraggio, situata nei pressi di Beacon, dotata di una serie di pannelli fotovoltaici e di due batterie che assicurano

un'autonomia sufficiente sia ai sensori per le rilevazioni sia ai sistemi di trasmissione wireless dei dati. Il sistema di sensori della piattaforma è costituito da un braccio robotico che arriva ad una profondità massima di 1000 piedi (circa 305 m) su cui sono installati una serie di sensori che hanno il compito di misurare i parametri fisici, chimici e biologici dell'acqua a diverse profondità. Sulla piattaforma poi è presente un computer che riceve i dati dalla strumentazione, li elabora, fornisce ulteriori istruzioni alla strumentazione stessa ed infine invia i dati al centro di controllo in modo che siano disponibili per i ricercatori.

Il progetto ha previsto poi l'installazione di altre piattaforme di monitoraggio sia lungo il percorso del fiume Hudson sia lungo i percorsi dei fiumi St. Lawrence e Mohawk.



Figura 3.2.1, fonte Beacon Institute

Il progetto, tuttora attivo e in fase di espansione, ha già prodotto una quantità sufficiente di dati per l'analisi dei movimenti delle particelle sospese in acqua, come mostrato dalla figura 2.1.2, che mostra la concentrazione e la carica magnetica di queste particelle nel tratto compreso tra WestPoint e New Hamburg, sul fiume Hudson. Il sistema di sensori ha rilevato e reso disponibile alla comunità (i dati rilevati sono disponibili sul sito del Beacon Institute) una serie di parametri dell'acqua, tra cui appunto la distribuzione delle particelle all'interno dell'acqua e la loro carica. In figura il colore rosso sta a significare un'alta concentrazione di particelle e l'altezza della superficie ne rappresenta la magnitudine.

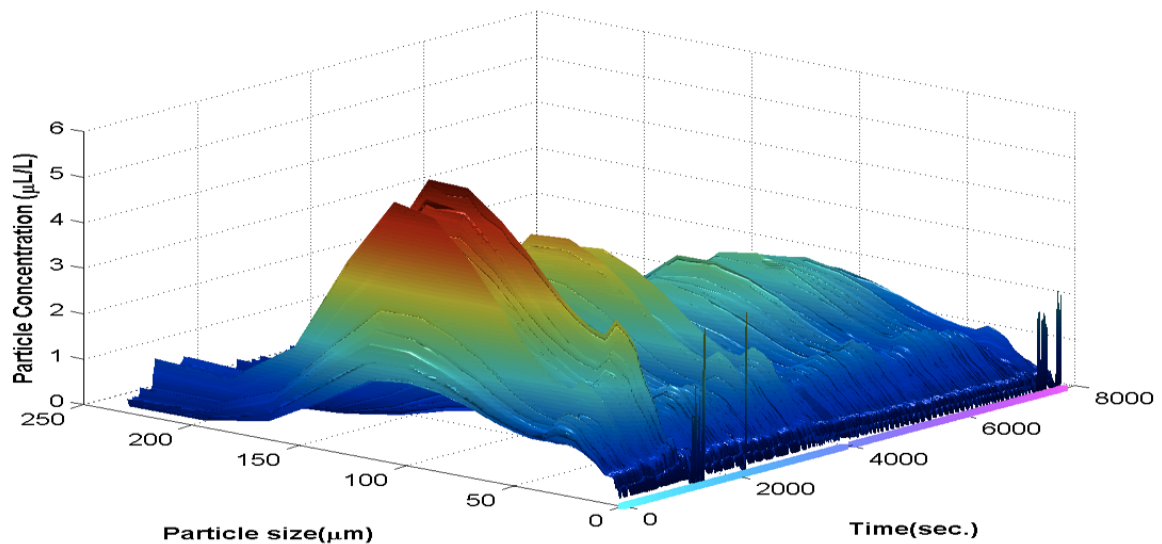


Figura 2.1.2, Fonde Beacon Institute

Sono inoltre in corso le ultime fasi per la realizzazione di modelli che monitorano altri parametri dell'ecosistema come i movimenti di eventuali contaminazioni chimiche e delle specie di pesci protette.

LA TECNOLOGIA UTILIZZATA

Ogni piattaforma di rilevazione installata per questo progetto ha in dotazione le seguenti tecnologie:

- una stazione meteorologica, per misurare direzione, intensità e velocità del vento, oltre a temperatura e pressione dell'aria;
- un Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP), per misurare la corrente d'acqua e la portata;
- un braccio robotico dotato di una serie di sensori e guidato da un computer che ha il compito di raccogliere i seguenti dati a diverse profondità:
 - conduttività, temperatura e profondità (CTD), che rappresentano le informazioni base per misurare la qualità di un ecosistema;
 - presenza e consistenza di particelle sospese in acqua attraverso l'utilizzo della tecnica Laser In-Situ Scattering and Transmissometry (LISST);
 - quantità di ossigeno presente in acqua, che combinata con CTD fornisce una misura migliore della salute dell'ecosistema;
- un Three-Channel Fluorimeter (FL3): uno strumento che raccoglie dati biologici fisici e chimici.

Tutti i dati raccolti infine vengono inviati in modalità wireless al computer presente sulla piattaforma che ha il compito di archivarli e di inviarli tramite una connessione internet all'osservatorio del Beacon Institute.

3.3. Progetto GMES

BREVE INTRODUZIONE SULL'AZIENDA

Comunità Europea. Attraverso la Commissione Europea, che è l'organo esecutivo della Comunità Europea, è stato definito un piano di sviluppo tecnologico e ambientale che si inserisce all'interno del "7° programma quadro di ricerca e sviluppo tecnologico" della Comunità Europea. Il settimo programma quadro è un programma pluriennale di sviluppo per la Comunità Europea (2007 – 2013) che mira a rafforzare la competitività industriale e promuovere l'eccellenza nella ricerca e nello sviluppo.

Il progetto GMES, che all'interno del settimo programma quadro rientra nella sezione di ricerca "Space" è partito l'1 aprile 2008, è stato finanziato dalla Comunità Europea per un ammontare di 150,000 Euro e si è concluso il 30 novembre 2008 con un ammontare di costi a consuntivo di 239,699 Euro. A seguito del progetto durato 8 mesi GMES è diventato un servizio attivo a disposizione della Comunità Europea e degli Stati membri.

Per la realizzazione del progetto GMES la Commissione Europea ha affidato il ruolo di coordinatore al Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) che si avvale della collaborazione dell'ESA (European Space Agency), dell'European Environment Agency (EEA), dei governi dei vari stati e in particolare dei centri di ricerca nazionali e delle agenzie spaziali nazionali, di diversi istituti indipendenti tra cui l'UNOOSA (United Nations Office for Outer Space Affairs), di centri universitari e delle più importanti imprese private che operano nel campo aerospaziale.

IL PROGETTO

Il progetto GMES (Global Monitoring for Environment and Security) è il programma europeo per l'istituzione di un osservatorio europeo sul nostro pianeta. Il concept del progetto risale al 1998, in cui è emersa la necessità da parte dell'Europa di adottare un programma di ricerca e sviluppo che abbia come obiettivo il monitoraggio della Terra. Il risultato di questo programma sono stati diversi progetti di ricerca che sono poi confluiti in quello che adesso è il sistema GMES.

Essendo l'accorpamento di altri progetti il GMES è molto vasto e i suoi servizi spaziano dall'osservazione atmosferica, utile per fornire un supporto alla comprensione e gestione dei cambiamenti climatici, all'avvertimento e supporto in caso di emergenze e problemi di sicurezza. Per coprire uno spazio di azione così vasto il progetto è stato scomposto in

sottoprogetti che hanno in comune strumenti utilizzati e obiettivi ma differiscono per l'ambito applicativo. Questi progetti sono:

- Geoland2: per il monitoraggio della Terra,
- MyOcean: per il monitoraggio degli ambienti marini
- MACC: per il monitoraggio dell'atmosfera
- SAFER: per la gestione delle emergenze (inondazioni, incendi, terremoti, ecc.)
- G-MOSAIC: per i servizi di sicurezza.

Gli obiettivi del progetto sono principalmente due: utilizzare i dati raccolti per studiare i cambiamenti climatici e fornire un supporto nella realizzazione della legislazione per tutti quegli aspetti che hanno un impatto ambientale, controllarne l'implementazione e verificare i risultati raggiunti; e fornire uno strumento di rilevazione immediata di disastri naturali attraverso un monitoraggio sistematico del sistema Terra che funga anche da supporto decisionale nella gestione delle emergenze (GMES.info).

GMES è quindi un insieme complesso di sistemi che basa i suoi servizi sull'osservazione dell'ecosistema terrestre. Esso colleziona dati da più fonti: provenienti dallo spazio attraverso l'uso di satelliti, dati dell'aria attraverso l'uso di strumenti di volo come i palloni atmosferici, dati dell'acqua attraverso l'utilizzo di galleggianti e imbarcazioni dotate di sensori di rilevamento e dati di terra attraverso l'utilizzo di sismografi. Tutti questi dati vengono poi processati dal sistema che fornisce agli utenti informazioni affidabili e aggiornate sotto forma di mappe, dataset, report, o segnali di allerta (European Commission).

Per meglio comprendere i servizi offerti e le potenzialità di GMES, come si vedrà in seguito, bisogna quindi analizzare i cinque sottoprogetti che lo generano.

LA TECNOLOGIA UTILIZZATA

Il progetto GMES federa una vasta gamma di reti di osservazione di diversi fornitori di dati. In questo modo ha la possibilità di raccogliere informazioni su vasta scala e attraverso l'utilizzo delle migliori tecnologie. Principalmente l'infrastruttura GMES è composta da due componenti principali:

- L'infrastruttura spaziale, che assicura una fornitura di dati costanti derivanti dalle osservazioni satellitari. Queste tecnologie sono fornite dalle agenzie spaziali dei vari Paesi membri e dall'Agenzia Spaziale Europea. La componente spaziale del GMES, quando il progetto entrerà completamente a regime è composta da due tipi di missioni satellitari: la prima prevede cinque famiglie di sentinelle dedicate, che verranno

lanciate in orbita entro il 2013, mentre la seconda, già operativa, si appoggia alle missioni di altre agenzie spaziali (ESA).

- L'infrastruttura "in-situ", che è basata su infrastrutture di osservazione di proprietà di un vasto numero di stakeholders che vengono coordinati a livello europeo dall'agenzia per l'ambiente.

Tutti i dati raccolti dalle diverse apparecchiature infine vengono inviati a centri operativi diversi, che raccolgono i dati, li elaborano, li utilizzano per fornire i servizi di loro competenza e infine li inviano tramite Internet al centro operativo GMES che li utilizza per raggiungere gli obiettivi visti in precedenza.

3.3.1. Progetto Geoland2

BREVE INTRODUZIONE SULL'AZIENDA

Facendo parte del macroprogetto GMES anche il progetto Geoland2 rientra nel settimo programma quadro europeo. Questo progetto è coordinato, sempre con la supervisione della Commissione Europea, dall'azienda tedesca Astrium GMBH che dirige il lavoro di 50 partner provenienti da tutti i Paesi dell'unione.

Geoland2 è partito l'1 settembre 2008 ed attualmente è ancora in fase di esecuzione poiché è prevista una durata complessiva di 50 mesi. Anche questo progetto, come GMES, è parzialmente finanziato dalla Commissione Europea che fornisce un contributo di 22.4 milioni di Euro a fronte di un costo totale stimato di circa 32.5 milioni di Euro.

IL PROGETTO

Il progetto Geoland2 è stato pensato per fornire al sistema GMES uno strumento avanzato nel monitoraggio della superficie terrestre utilizzabile a tre diversi livelli: locale, continentale e globale.

L'obiettivo del progetto è quello di fornire un sistema affidabile, accessibile e economico per il rilevamento di dati ambientali che supporti l'implementazione delle direttive europee, e di conseguenza le loro implementazioni nazionali. L'Unione Europea ha infatti emesso negli anni una serie di direttive (tra cui Water Framework Directive, Urban Thematic Strategy, Biodiversity Strategy, Natura2000, Flood Directive, ecc.) che obbligano i vari stati membri alla gestione delle loro risorse naturali e a riportare regolarmente alla Commissione Europea sullo stato delle risorse.

Geoland2 è strutturato su due livelli distinti: un “Core Mapping Service” e un “Core Information Service”. Il primo livello produce le informazioni di base sul suolo terrestre (mappe) riguardanti:

- la superficie terrestre: identificandone tutte le caratteristiche fisiche (oceani, pianure, aree montuose ecc.) e identificando le aree urbane con la relativa densità abitativa.
- i cambiamenti climatici annuali e stagionali
- alcuni parametri biofisici riguardanti la vegetazione, i bilanci energetici delle varie zone del mondo e il ciclo dell’acqua.

Le varie tipologie di mappe che genera questo primo livello possono essere utilizzate così come sono o possono essere caricate sul secondo livello del sistema che le integra con altri dati provenienti da misurazioni di fenomeni specifici rilevati in-situ per produrre informazioni più elaborate utilizzate poi per la realizzazione di azioni politiche che riguardano i temi ambientali (direttive europee o trattati internazionali). Tra le informazioni fornite dal secondo livello si possono trovare:

- informazioni spaziali, che rilevano e prevedono l’espansione delle zone urbanizzate
- informazioni agricolo-ambientali per la verifica delle zone agricole
- informazioni sull’acqua per il monitoraggio della qualità e della quantità di acqua presente sul territorio
- informazioni sullo stato delle foreste
- informazioni sul monitoraggio della concentrazione di carbonio nel suolo

Nonostante questo progetto sia ancora in fase di realizzazione con i dati che ha prodotto in questi due anni è stato possibile raggiungere alcuni risultati tra i quali i più importanti sono:

- Un modello generico per la previsione dell’erosione, che permette di stimare la perdita di terreno provocata da uno spruzzo d’acqua sulla roccia nel corso di un mese
- Una mappa che mostra l’entità della popolazione che vive vicina ad un impianto di produzione dell’energia nucleare
- Una mappa delle popolazioni indipendenti dalle aree amministrative europee

LA TECNOLOGIA UTILIZZATA

La tecnologia di questo progetto, essendo questa una parte del servizio GMES, coincide con la tecnologia GMES, è quindi composta da un sistema satellitare di rilevazione dei dati terrestri.

Le informazioni rilevate in-situ utilizzate dal “Core Information Service” invece provengono da service provider che collaborano con il progetto fornendo appunto queste informazioni

raccolte attraverso applicazioni gestite dai service provider stessi o attraverso misurazioni spot. Questi service provider, una volta raccolti i dati, accedono al server di Geoland2 e li caricano nel sistema. A fronte di questo servizio offerto poi gli stessi provider possono accedere all'intero database Geoland2 per integrare i loro dati da utilizzare nei loro lavori di ricerca.

3.3.2. Progetto MyOcean

BREVE INTRODUZIONE SULL'AZIENDA

Come gli altri progetti GMES gode dei finanziamenti erogati dalla Comunità Europea nell'ambito del settimo programma quadro.

Il progetto MyOcean è partito l'1 gennaio 2009 e attualmente, dato che la durata del progetto è di 39 mesi, è ancora in esecuzione e la chiusura è prevista il 31 marzo 2012. Questo progetto, che coinvolge circa 60 organizzazioni in tutta Europa, è coordinato dalla Mercator Ocean Societe Civile ed è finanziato dalla Comunità Europea per 33.8 milioni di Euro, a fronte di un costo atteso dell'intero progetto di 54,94 milioni di Euro.

IL PROGETTO

MyOcean è la sezione del progetto GMES che si occupa del monitoraggio degli oceani e dei mari europei. Nelle intenzioni dei ricercatori che stanno implementando MyOcean c'è quella di realizzare un servizio di alta qualità che deriva dall'aggregazione dei vari strumenti di modellazione adottati in Europa e dalle procedure scientifiche che a loro volta derivano dall'influenza reciproca tra gli ambiti operativi di rilevazione dei dati e gli ambiti di ricerca scientifica.

Come detto precedentemente il progetto è partito nell'aprile 2009 e si concluderà nel marzo 2012, quando è previsto il lancio del primo prototipo, mentre si prevede che fornirà a pieno i propri servizi a partire dal 2014.

Gli obiettivi che si pone il progetto sono quattro:

1. Fornire uno strumento per la gestione delle risorse marine
2. Fornire un modello di governance per il servizio di controllo e soccorso in mare
3. Fornire uno strumento per le previsioni climatiche
4. Fornire uno strumento per il monitoraggio degli ecosistemi marini e costieri

Attualmente il progetto, essendo ancora in fase di sviluppo, non eroga ancora tutti questi servizi ma è attivo solamente per la parte di raccolta, condivisione di informazioni e

generazione di modelli di dati. Le strutture attraverso le quali MyOcean eroga i suoi servizi sono di due tipi:

1. Cinque centri di raccolta e selezione dei dati suddivisi per aree tematiche, ognuno dei quali ha competenza solamente su una tipologia specifica di dati che si suddividono in: livello degli oceani, colore degli oceani, temperatura di superficie dei mari, ghiacci e venti sugli oceani e altri dati.
2. Sette centri di monitoraggio e previsione che monitorano altrettante aree del pianeta: tutti gli oceani, l'area artica, il mar baltico, l'area nord-orientale dell'atlantico, l'area atlantica che va dalla Spagna all'Irlanda, l'area del Mediterraneo e il Mar Nero. Ogni centro di monitoraggio riceve i dati relativi alla zona di competenza dai centri di raccolta e selezione e li elabora per fornire informazioni sull'evoluzione dello stato dell'area e previsioni sullo stato futuro.

L'accesso ai servizi MyOcean è libero e aperto a tutti, cittadini aziende o istituzioni, per favorire la diffusione e l'utilizzo per scopi di ricerca delle informazioni raccolte.

Come detto in precedenza il progetto non è ancora in grado di fornire servizi in linea con le sue potenzialità ma, nonostante questo, attraverso la raccolta sistematica di informazioni, ha permesso ai ricercatori di tutta Europa di raggiungere dei risultati importanti:

- Ha supportato lo studio del cosiddetto "Vortice di Ierapetra"
- Ha permesso di sviluppare un servizio di previsione delle condizioni degli oceani
- Ha permesso di sviluppare un sistema di analisi su come reagiscono gli oceani ai cambiamenti climatici

LA TECNOLOGIA UTILIZZATA

Come tutti gli altri progetti GMES anche MyOcean si basa su una struttura tecnologica formata da un sistema satellitare e singole applicazioni locali per il rilevamento dei dati che poi inviano le informazioni raccolte ad un unico centro di elaborazione e condivisione.

- Satelliti: i satelliti sono utilizzati per l'osservazione degli oceani sin dagli anni '70 ed utilizzano le seguenti tecnologie:
 - Spetttroradiometri, per misurare la quantità presente in acqua di clorofilla e di materia organica e minerale
 - Radiometri ad infrarossi, per misurare la temperatura di superficie
 - Radiometri a microonde, per misurare il vapore acqueo in atmosfera, le precipitazioni, la salinità e tipologia ed estensione dei ghiacciai
 - Altimetri, per misurare la profondità dei mari e l'altezza delle onde

- Scatterometri, per la misurazione della temperatura e della velocità dei venti e la concentrazione di ghiaccio negli oceani
- Synthetic Aperture Radar (SAR), per la misurazione dei venti e delle onde
- Applicazioni in-situ: utilizzate per validare le osservazioni satellitari attraverso l'utilizzo di:
 - Sistemi di misurazione di profondità, per misurare temperatura e salinità fino a 2000 metri di profondità
 - Navi di ricerca, che raccolgono dati durante la navigazione a intervalli predefiniti attraverso una serie di sensori installati sulla chiglia
 - Alianti, per la misurazione di parametri come temperatura, salinità, livello di clorofilla, ecc fino ad una profondità di 1000 metri. Questi strumenti hanno il vantaggio, rispetto ad altri sistemi di misurazione, che possono essere comandati via satellite, quindi senza la presenza dell'operatore sul sito.
 - Sistemi di monitoraggio della superficie, come possono essere delle boe dotate di sensori

3.3.3. Progetto MACC

BREVE INTRODUZIONE SULL'AZIENDA

Facendo parte del progetto GMES anche il programma MACC (Monitoring Atmospheric Composition & Climate) beneficia dei finanziamenti europei erogati tramite il settimo programma quadro.

L'organizzatore del progetto è l'European Center for Medium – Range Weather Forecast e si avvale della collaborazione di un consorzio composto da 45 istituti europei. Il progetto MACC come detto è finanziato dalla Comunità Europea poiché rientra nell'ambito del settimo programma quadro e riceve, a fronte di un costo atteso di 15,86 milioni di Euro, un finanziamento di 11,7 milioni di Euro. Il MACC è partito il 1 giugno 2009 e si concluderà il 31 dicembre 2011, per lasciare posto alla seconda fase del progetto: il MACCII (Monitoring Atmospheric Composition & Climate Interim Implementation) che porterà i servizi erogati da MACC a confluire nella struttura GMES.

MACCII avrà una durata di 33 mesi, è partito il 1 novembre 2011 e si concluderà il 31 luglio 2014. Come tutti i progetti del settimo programma quadro riceverà un finanziamento europeo che ammonta a 19 milioni di Euro, a fronte di un costo atteso di 27,73 milioni di Euro.

IL PROGETTO

Il progetto MACC (Monitoring Atmospheric Composition & Climate) copre quella parte del progetto GMES che si occupa del monitoraggio dell'atmosfera.

L'obiettivo del progetto MACC è quello di tenere monitorate le quantità di gas serra presenti in atmosfera, come possono essere il biossido di carbonio e il metano, e le quantità di gas reattivi presenti nella troposfera, come l'ozono e il biossido di azoto.

Per fare questo riceve in input i dati provenienti dal sistema satellitare del GMES riguardanti le dinamiche atmosferiche: fenomeni termodinamici e la composizione, e i dati provenienti da applicazioni installate in-situ dalle varie agenzie ambientali, da altri progetti europei o da agenzie private. I dati ricevuti vengono poi elaborati e permettono al MACC di fornire una serie di prodotti legati ai cambiamenti climatici, alla qualità dell'aria, allo strato di ozono presente in atmosfera, alle radiazioni UV sulla superficie terrestre, ecc.

I prodotti offerti, o che sono in fase di sviluppo, dal programma MACC sono basati sulle necessità del progetto GMES, e si dividono in due filoni:

1. Necessità di monitoraggio globale
 - Monitoraggio di aspetti climatici
 - Monitoraggio dello strato di ozono
 - Previsioni sulla diffusione di gas reattivi
2. Necessità di monitoraggio europee
 - Monitoraggio della qualità dell'aria a livello regionale
 - Monitoraggio e previsione delle radiazioni UV
 - Monitoraggio e previsione dell'energia solare

La struttura del progetto MACC è composta da quattro blocchi (figura 3.3.3), ognuno dei quali assolve ad un compito specifico.

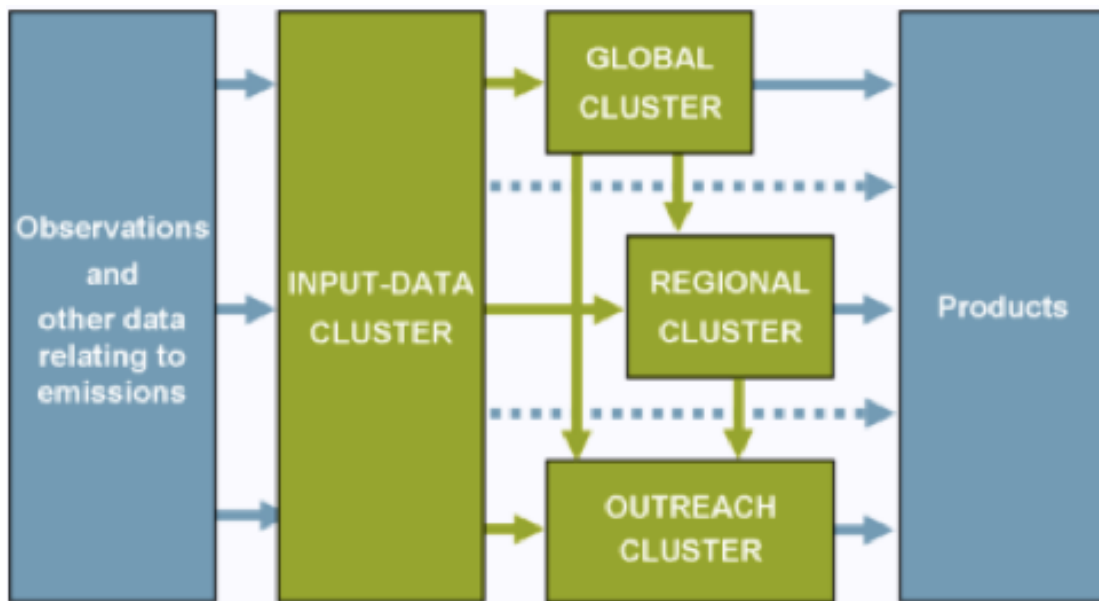


Figura 3.3.3, fonte www.gmes-atmosphere.eu/about/project_structure

Il blocco “Input data” acquisisce i dati dai satelliti e dalle rilevazioni in-situ e li utilizza per una prima ed elementare analisi: effettua una prima stima delle emissioni di alcune cause particolari di generazione di gas serra, come possono essere gli incendi.

I blocchi “Global” e “Regional” effettuano un’analisi più approfondita dei dati raccolti partendo dalla prima analisi effettuata dal blocco “Input data”. Questa analisi non fornisce solamente le previsioni dell’evoluzione della presenza di gas in atmosfera ma anche i loro possibili effetti sui cambiamenti climatici.

Il blocco “Outreach” infine fornisce un’interfaccia con gli utenti e uno strumento di supporto all’evoluzione legislativa in materia ambientale in quanto rende disponibili in modo costante dati sulle emissioni atmosferiche.

Come detto in precedenza il programma MACC serve come rampa di lancio per il programma MACCII che svilupperà le potenzialità dimostrate dal primo progetto in modo da inserirle efficacemente nel progetto GMES. Ma nonostante il fatto che il MACC sia solo l’inizio del progetto definitivo ha già fornito alcuni risultati, tra i più importanti troviamo:

- Un sistema di monitoraggio del buco dell’ozono
- Un’analisi della qualità dell’aria nell’atmosfera durante l’eruzione del vulcano Grimsvotn, in Islanda nel maggio 2011

LA TECNOLOGIA UTILIZZATA

Come tutti gli altri progetti GMES anche i progetti MACC e MACCII si basano su una struttura tecnologica formata da un sistema satellitare e singole applicazioni locali per il rilevamento dei dati che poi inviano le informazioni raccolte ad un unico centro di

elaborazione e condivisione. Queste informazioni vengono poi elaborate come si è visto in precedenza per la produzione dei servizi MACC.

3.3.4. Progetto SAFER

BREVE INTRODUZIONE SULL'AZIENDA

L'organizzazione del progetto SAFER (Services and Applications For Emergency Response) è affidata ad un consorzio di 55 organizzazioni, che possono essere aziende private o istituzioni pubbliche, che è coordinato dall'azienda francese Spot Image. Come gli altri progetti che rientrano nell'area GMES, e quindi nel settimo programma quadro europeo, SAFER è sostenuto dalla Comunità Europea tramite un finanziamento di circa 27 milioni di Euro, a fronte di un costo atteso di 40 milioni e mezzo di Euro.

Il progetto SAFER è partito l'1 gennaio 2009 e si concluderà il 31 dicembre 2010 per una durata totale di 36 mesi.

IL PROGETTO

SAFER è l'acronimo di Services and Applications For Emergency Response ed è quella sezione del progetto GMES adibita al controllo e alla soluzione delle emergenze ambientali (incendi, alluvioni, terremoti, frane, eruzioni, ecc.).

L'obiettivo del progetto è quello di fornire uno strumento efficace di supporto alle operazioni di emergenza che segua due priorità:

- prima di tutto fornire un servizio di risposta molto rapido una volta rilevata l'emergenza, che fornisca mappe e informazioni sulla zona colpita
- la seconda priorità è quella di estendere i servizi di monitoraggio SAFER prima e dopo l'emergenza, in modo da cercare di prevenirla o fornire un supporto che non si limiti al primo soccorso.

Il funzionamento del sistema SAFER è simile al funzionamento degli altri progetti GMES: i dati di input del sistema vengono raccolti dal sistema satellitare GMES (di proprietà dell'European Spatial Agency) e vengono integrati con i dati raccolti da tutti gli altri progetti GMES (geoland2, MyOcean e MACC) che, come illustrato precedentemente, godono di una visione approfondita dei vari fenomeni naturali. Questi dati vengono poi inviati ad un centro di controllo che funge da Project Manager nelle operazioni di soccorso. Il centro di controllo infatti riceve i dati in tempo reale, li elabora, attiva le forze di emergenza (Vigili del Fuoco, Protezione Civile, associazioni umanitarie, ecc.), invia loro tutti gli aggiornamenti dei dati raccolti dal sistema e funge da coordinatore delle operazioni.

Il valore aggiunto di questo progetto sta nei servizi che eroga:

- può generare mappe personalizzate in sole 6 ore, mentre prima se non era presente una mappa del territorio bisognava gestire l'emergenza senza un supporto cartografico
- oltre alle mappe geografiche fornisce informazioni geologiche e sulla densità abitativa della zona
- consente una pianificazione dei servizi di soccorso prima che le forze di emergenza arrivino sul territorio

I fruitori principali del sistema SAFER sono due: le organizzazioni di emergenza comunitarie e le associazioni umanitarie, ma questo progetto offre i suoi servizi su scala mondiale come dimostrano i più recenti risultati ottenuti dal sistema:

- Supporto alla gestione dell'inondazione in Cambogia nell'ottobre 2011
- Supporto alla gestione dell'inondazione in Algeria nell'ottobre 2011
- Supporto alla gestione degli incendi in Bulgaria nel settembre 2011

LA TECNOLOGIA UTILIZZATA

L'unica tecnologia dedicata al progetto SAFER è costituita dal sistema di controllo installato nella centrale operativa. Tutti i dati in input infatti vengono inviati al sistema dagli altri progetti GMES.

3.3.5. Progetto G-MOSAIC

BREVE INTRODUZIONE SULL'AZIENDA

La realizzazione del progetto G-MOSAIC è affidata ad un consorzio di 36 partner provenienti da tutta Europa ed è coordinato dall'azienda italiana E-GEOS S.p.A. Come tutti i progetti che rientrano nel settimo programma quadro europeo anche G-MOSAIC usufruisce di un finanziamento europeo che ammonta ad un totale di 9,6 milioni di Euro che copre circa il 60% dei costi totali del progetto.

Come gli altri progetti descritti precedentemente anche questo è entrato nella sua fase finale e si concluderà il 31 dicembre 2011 dopo 36 mesi di vita.

IL PROGETTO

G-MOSAIC è l'acronimo di GMES services for Management of Operations, Situation Awareness and Intelligence for regional Crises ed è la sezione del progetto GMES che si occupa della sicurezza, sotto tutti i punti di vista, del territorio e dei cittadini europei e del mondo.

Gli obiettivi del progetto sono quelli di fornire l'Unione Europea di un sistema intelligente di analisi dei dati che fornisca due tipologie di servizi: uno di allerta immediata e prevenzione delle crisi e uno di gestione delle crisi stesse. L'erogazione del primo servizio si basa sulla raccolta di dati riguardanti il commercio di armi, le guerre per lo sfruttamento di risorse naturali, l'intensità demografica di determinate zone, il degrado del suolo e le attività criminali. Attraverso la raccolta di questi dati il sistema ha sviluppato una serie di indicatori di crisi che si prefiggono di segnalare tempestivamente potenziali emergenze. Per quanto riguarda il servizio di gestione delle crisi il sistema si offre come punto di supporto e coordinamento per tutte le organizzazioni che si attivano nell'emergenza, evitando così l'erogazione di un intervento disorganizzato.

All'interno di questi due macroservizi si articolano altri 16 servizi più specifici che vengono raggruppati in cinque domini:

I. SITI NUCLEARI

1. Monitoraggio dello smantellamento di alcuni siti, che rientrano all'interno dei trattati di non proliferazione nucleare
2. Sorveglianza dei siti nucleari attivi, per avere la certezza che tali siti vengano utilizzati solamente per scopi civili

II. RISORSE NATURALI E CONFLITTI, i due aspetti sono riuniti sotto un unico dominio poiché spesso lo sfruttamento di alcune risorse naturali sono causa di conflitti, o comunque ne influenzano le cause.

3. Sfruttamento di risorse naturali,
4. Degrado del suolo
5. Intensità demografica e stato economico dell'area
6. Deforestazione illegale
7. Miniere illegali
8. Coltivazioni illecite

III. MIGRAZIONI E CONTROLLO DEI CONFINI,

9. Controllo dei confini nazionali
10. Controllo delle rotte di migrazione e degli insediamenti

IV. INFRASTRUTTURE STRATEGICHE

11. Monitoraggio degli asset strategici
12. Gestione degli eventi che coinvolgono gli asset strategici

V. GESTIONE E VALUTAZIONE DELLE CRISI

13. Preparazione di un piano di intervento
14. Produzione rapida di report geospaziali
15. Valutazione dei danni
16. Supporto alle missioni di ricostruzione.

Come detto il progetto G-MOSAIC è un progetto europeo ma offre dei servizi di interesse mondiale e, a testimonianza di questo, nei tre anni di vita del progetto è stato utilizzato per la

- Fornitura della mappa del terremoto e dello tsunami in Cile nel marzo 2010
- Fornitura della mappa del terremoto ad Haiti nel gennaio 2010

LA TECNOLOGIA UTILIZZATA

Il sistema per la rilevazione dei dati necessari all'erogazione dei suoi servizi si serve delle informazioni raccolte dal sistema satellitare del progetto GMES.

3.4. Progetto Glacsweb

BREVE INTRODUZIONE SULL'AZIENDA

La Royal Society, il Department for Business Innovation & Skills e l'Engineering and Physical Science Research Council (EPSRC) sono tre istituzioni che, per motivi diversi, nello svolgimento della loro attività finanziano progetti di ricerca.

In particolare la Royal Society è l'associazione dei più eminenti scienziati mondiali e, con i suoi 350 anni di storia, la più vecchia accademia scientifica attualmente esistente. Il suo scopo è quello di "espandere le frontiere della conoscenza sostenendo l'uso di scienza, matematica, ingegneria e medicina per il bene dell'umanità e del Pianeta" (royalsociety.org).

L'Engineering and Physical Science Research Council (EPSRC) è la principale agenzia del governo britannico per quanto riguarda i finanziamenti nel campo della ricerca e della formazione nel campo dell'ingegneria e della fisica ed investe più di 850 milioni di sterline l'anno in una serie di progetti selezionati che spaziano dallo studio della matematica a progetti di informatica o ingegneria strutturale.

Il Department for Business Innovation & Skills (BIS) è un dipartimento del Governo del Regno Unito e dal 28 giugno 2007 ha preso il posto del Department of Trade and Industry. Il BIS, essendo la crescita economica una delle priorità del Governo britannico, ha il compito di garantire una crescita economica sostenibile, condivisa e bilanciata in tutto il Paese e in tutti i settori dell'economia. Per raggiungere il suo scopo il dipartimento affianca a interventi legislativi e di sostegno economico un forte sostegno all'istruzione. In particolare il BIS finanzia l'istruzione di alto livello e la ricerca con lo scopo di fornire alla nazione personale di alto livello, necessario per emergere a livello mondiale anche in campo economico (bis.gov.uk).

Queste tre istituzioni si appoggiano all'Università di Southampton che, attraverso la School of Electronic and Computer Science (ECS), funge da provider del progetto Glacsweb.

IL PROGETTO

Il progetto Glacsweb è stato realizzato e viene gestito dall'università di Southampton, senza l'appoggio di altri istituti o istituzioni, grazie ai fondi che le vengono messi a disposizione dalle organizzazioni citate in precedenza. Inoltre il progetto Glacsweb nel 2010 si è aggiudicato il Leverhulme Trust, che consiste in un fondo (finanziato da Unilever) che ha come mission quella di fornire delle borse di studio ai fini della ricerca e dell'istruzione.

Questo fondo è nato nel 1925 per volere del visconte Leverhulme ed ogni anno finanzia ricerche di varia natura per un totale di 60 milioni di sterline.

Tale progetto si pone tre obiettivi: quello di fornire un contributo importante nello studio dell'evoluzione e dei movimenti dei ghiacciai, un contributo nello sviluppo delle tecnologie Wireless Sensor Network (WSN) e un contributo nello studio delle dinamiche del riscaldamento globale.

La progettazione del progetto di ricerca Glacsweb è partita nel novembre 2002 e la prima installazione è avvenuta nell'agosto 2003, grazie all'impegno del professor Kirk Martinez del dipartimento di informatica dell'università. Il primo progetto pilota è consistito nell'installazione del primo sistema di monitoraggio sul ghiacciaio Briksdalsbreen, in Norvegia. È stato scelto questo ghiacciaio perché ha delle caratteristiche (logistiche e glaciologiche) particolarmente appropriate per questo tipo di progetto. Il Briksdalsbreen infatti si trova in Europa ed è un ghiacciaio che si muove velocemente, infatti si è spostato di circa 400 metri dal 1988. Inoltre, poiché è un luogo rinomato per quanto riguarda il turismo è facilmente accessibile ed è coperto da una rete cellulare GSM.

Questo primo progetto pilota è stato necessario per verificare la correttezza della progettazione del sistema e se le modalità di trasmissione dati studiate erano adatte per operare in un ambiente ostile come quello di un ghiacciaio. Il principale problema riscontrato dagli scienziati infatti è che le sonde per il monitoraggio devono essere installate all'interno o sotto lo strato di ghiaccio e il segnale radio che i sensori utilizzano per comunicare con la base station quando attraversa lo strato di ghiaccio degrada in modo significativo.

Una volta risolti i problemi di trasmissione e verificato il corretto funzionamento di tutto il sistema di monitoraggio si è valutata la possibilità di estendere il progetto ad altri ghiacciai nel mondo. Nel 2008 infatti il progetto è stato ampliato con un impianto di monitoraggio installato sul ghiacciaio Skalafellsjökull, in Islanda.

La necessità di realizzare una ricerca sui ghiacciai, secondo il professor Jane Hart, che è il più stretto collaboratore del professor Martinez, nasce dal fatto che storicamente sono stati fatti pochissimi studi sull'argomento e quindi il livello di conoscenze sul fenomeno è molto limitato.

Come accennato in precedenza il sistema di monitoraggio rileva alcuni dati rilevanti attraverso l'utilizzo di sensori installati dentro una sonda che viene inserita nello strato di ghiaccio. Questi sensori rilevano cinque caratteristiche del ghiacciaio: la pressione e le altre

forze che si sviluppano al suo interno, la temperatura del ghiaccio, l'umidità presente, il grado di riflessione della luce e lo spostamento del ghiacciaio.

Questi dati vengono poi inviati alla base station a cui fanno riferimento i sensori e da questa, attraverso un centro di controllo, ai server dell'università che li mette poi a disposizione dei ricercatori.

Attraverso i dati raccolti dal progetto Glacsweb i ricercatori dell'università di Southampton sono stati in grado in questi ultimi anni di pubblicare molti articoli sia in ambito ambientale che in ambito tecnologico. Ma il risultato più importante a cui ha condotto questo progetto è stata la realizzazione di un nuovo modello di previsione dei movimenti dei ghiacciai. Si è notato che, contrariamente a quanto si pensava in passato, i ghiacciai non si muovono in modo lento e continuo, o meglio, non solamente in quel modo. Tramite questo studio infatti sono emerse numerose evidenze che una componente non trascurabile dei movimenti dei ghiacciai è episodica e può essere modellata come si modellano i terremoti (Glacsweb).

LA TECNOLOGIA UTILIZZATA

Il sistema Glacsweb è composto da un sistema radar che supporta i ricercatori nell'individuazione dei punti più adatti per l'installazione dei sensori. Da una rete di sensori installati sulla superficie, all'interno e sotto la superficie ghiacciata che comunicano in modalità wireless con la stazione di superficie posta nelle vicinanze dei sensori stessi e da un centro di controllo.

Scendendo nel dettaglio le componenti tecnologiche del sistema Glacsweb sono quindi cinque:

- Un sistema radar utilizzato prima di ogni perforazione per mappare e rilevare le caratteristiche principali di tutti i fiumi e i canali nascosti sotto la superficie ghiacciata
- Un sistema di perforazione formato da uno spruzzatore di acqua calda collegato ad un'asta di acciaio che permette di forare il ghiaccio senza rovinare l'area attorno al foro
- Le sonde da inserire all'interno della superficie ghiacciata con al loro interno sensori e accelerometri che permettono la rilevazione di alcuni parametri come temperatura, pressione e movimenti dei ghiacci
- Le stazioni base da installare nelle vicinanze delle sonde per raccogliere i dati rilevati dai sensori. Queste stazioni, installate sulla superficie del ghiacciaio, oltre a collegare le sonde con il centro di controllo, possono raccogliere ulteriori dati ambientali. Sono infatti dotate di una piccola stazione meteo e di un sistema di produzione di energia,

sia solare che eolica, per il funzionamento dell'impianto GSM adibito all'invio dei dati al centro di controllo.

- Un centro di controllo, situato ai piedi del ghiacciaio, e collegato via rete GSM alle stazioni base e via internet con il centro universitario a cui invia una copia dei dati raccolti per permettere anche ai ricercatori che sono rimasti in università di partecipare alla ricerca.

3.5. Progetto Great Duck Island

BREVE INTRODUZIONE SULL'AZIENDA

Il College Of the Atlantic (COA) è un “liberal-art college” fondato nel 1969 che si trova nella Baia di Harbour, sull'Isola di Mount Desert nel Maine, sulla costa nord-orientale degli Stati Uniti d'America ed è stata la prima università negli Stati Uniti ad avere come focus principale la relazione tra l'uomo e l'ambiente. La sua mission infatti, fin dalla nascita, è quella di aumentare la prospettiva ecologica dell'uomo attraverso la scienza ma anche attraverso l'esperienza diretta e quindi migliorare la relazione tra l'uomo e l'ambiente.

Il College Of the Atlantic è una realtà privata molto piccola e conta circa 350 studenti suddivisi in circa 27 corsi di studi, con una presenza media di 13 alunni per corso.

IL PROGETTO

Il progetto che si va ad illustrare è consistito nella realizzazione di un'applicazione wireless in grado di misurare l'ambiente degli uccelli marini nidificanti.

Questa applicazione è stata realizzata dal College Of the Atlantic in collaborazione con i laboratori di ricerca Intel e lo University of California Center for Information Technology Research in the Interest of Society (CITRIS) ed è stata installata nel 2002 in una piccola isola di fronte alla costa del Maine (nord-est degli Stati Uniti d'America) chiamata Great Duck Island. La necessità di realizzare un'applicazione come quella che si andrà a descrivere nasce dal fatto che lo studio dei comportamenti delle colonie di uccelli acquatici è sempre stato molto problematico poiché questi animali risentono molto del disturbo dell'uomo nel loro habitat. Una ricerca effettuata sull'argomento (J. G. T. Anderson. Pilot survey of mid-coast Maine seabird colonies: an evaluation of techniques. Bangor, ME, 1995. Report to the State of Maine Dept. of Inland Fisheries and Wildlife) dimostra infatti che ogni 15 minuti di presenza umana in una colonia di Cormorani provoca un aumento di mortalità di circa il 20% tra uova e pulcini. In questo contesto quindi una rete di sensori wireless rappresenta uno strumento molto utile per lo studio di queste specie poiché in questo modo si possono installare i sensori in un momento lontano dal periodo riproduttivo e, attraverso essi, studiare la vita degli uccelli durante tutto l'anno senza interferirvi. Un secondo aspetto che ha suggerito l'adozione di una WSN è il fatto che questa tecnologia permette di effettuare degli studi di lungo periodo contenendo i costi, poiché non richiedono un'infrastruttura di base e i sensori sono programmabili da remoto, quindi non bisogna inviare i tecnici sul sito per un'eventuale riprogrammazione.

L'applicazione installata sulla Grat Duck Island è stata installata per monitorare una colonia di procellarie e in particolare ha tre obiettivi:

- Verificare il grado di utilizzo dei nidi in un ciclo di 24 – 72 ore. È stato scelto questo intervallo di tempo per poter monitorare come la coppia di uccelli si alterna nell'incubazione o lascia il nido per cercare cibo in mare
- Studiare quali sono i cambiamenti che avvengono all'interno dei nidi confrontati con i cambiamenti ambientali nel periodo invernale (ottobre – aprile)
- Come cambiano i micro-ambienti con o senza un gran numero di procellarie in nidificazione.

Il sistema installato è composto da 32 nodi di rilevamento che hanno il compito di rilevare alcune grandezze fisiche come ad esempio la luce, la temperatura, l'umidità la pressione, ecc. collegati tra loro in modalità wireless in modo da formare piccoli cluster di monitoraggio in diverse zone. Ogni nodo una volta rilevati dati attraverso i sensori di cui dispone li invia attraverso questa rete fino ad un gateway che ha il compito di raccogliere tutti i dati di tutti i nodi e inviarli ad una base station, collegata ad internet tramite una connessione satellitare, che a sua volta invia i dati ad un database presente presso il College Of the Atlantic attraverso il quale i dati vengono resi disponibili agli utenti. Il sistema gode di una affidabilità molto alta ed è improbabile che vengano persi alcuni dati a causa di una mancata connessione tra i vari nodi, per prevenire anche questa evenienza comunque i ricercatori hanno inserito una unità di memoria su ogni nodo, gateway o base station in modo che, in caso di mancata connessione, il dispositivo sia in grado di archiviare il dato e di trasmetterlo alla connessione successiva, oppure può essere scaricato manualmente in fase di manutenzione (Mainwaring, Polastre, Szewczyk, Culler).

LA TECNOLOGIA UTILIZZATA

Il sistema è composto da tre componenti: i nodi di rilevamento, i gateway e una base-station. I nodi sono dei dispositivi Mica che utilizzano un canale di comunicazione a radiofrequenza singolo tarato su 916 MHz e sono alimentati da due batterie di tipo AA. Questi dispositivi sono collegati ad un board di sensori, realizzato in modo che abbia dei tempi di attivazione il più brevi possibile per limitare il consumo di energia, e costituito da

- una fotoresistenza per la misurazione della luce
- un barometro
- un sensore di umidità
- tre sensori di temperatura:

- un termometro
- una termopila
- un termistore

ogni nodo inoltre ha al suo interno un algoritmo in grado di calcolare l'energia consumata da ogni singolo componente e attiva i vari sensori in modo da ottimizzare il consumo energetico e non superare il budget energetico di cui dispone, calcolato preventivamente per permettere ai sensori di operare per almeno 9 mesi senza bisogno di manutenzione.

Per proteggere i nodi dalle avverse condizioni ambientali che si possono verificare sull'isola inoltre è stato progettato un contenitore in materiale acrilico che influisce in modo minimo sulle funzionalità di ricezione dei dati da parte dei sensori.

I gateway operano grazie ad un sistema operativo Linux e sono dotati di un adattatore CompactFlash 802.11b per le comunicazioni con i sensori e con la base-station.

La base-station è costituita da un computer collegato sia con i gateway attraverso la rete wireless sia con i database del College Of the Atlantic attraverso una connessione satellitare.

3.6. Progetto di monitoraggio della Barriera Corallina Australiana

BREVE INTRODUZIONE SULL'AZIENDA

La University of Queensland è una delle migliori università e uno dei migliori centri di ricerca Australiani e dall'anno della sua fondazione, 1911, ha laureato circa 197,000 studenti.

Oggi la University of Queensland conta circa 44,000 studenti e 4,000 ricercatori, di cui 3593 stanno svolgendo un dottorato.

L'obiettivo dell'istituto è quello di inserirsi in un contesto globale come punto di riferimento nel campo dell'istruzione e della ricerca, attirare le menti migliori, svilupparle e supportarle per farle diventare i leader di domani.

IL PROGETTO

Il progetto che si andrà ad illustrare prevede l'installazione di una WSN (Wireless Sensor Network) per il monitoraggio dello stato della barriera corallina presente al largo delle coste australiane. Il progetto è stato condotto dall'Università del Queensland in collaborazione con il Politecnico di Milano.

La barriera corallina che si trova al largo delle coste australiane copre una lunghezza di oltre 2,000 km lungo tutte le coste dello stato del Queensland, è la più grande barriera corallina del mondo ed è considerata un patrimonio mondiale dell'umanità e per questo è protetta dall'UNESCO. Questa splendida formazione naturale è infatti uno degli ecosistemi più vecchi e ricchi di specie al mondo poiché alcune specie di corallo impiegano centinaia di anni per svilupparsi sul fondo degli oceani.

In questo contesto si inserisce il progetto che si andrà ad illustrare e che ha come obiettivo quello di favorire lo studio di questi ecosistemi, lo studio di azioni da intraprendere per preservarli in caso di disastri naturali, come può essere la fuoriuscita di petrolio da una petroliera, e fornire uno strumento per la previsione di fenomeni naturali pericolosi, come la formazione di alghe tossiche.

Prima di implementare il sistema su tutta la superficie della barriera corallina è stato effettuato uno studio sull'impatto ambientale del sistema e, in seconda battuta è stato implementato un progetto pilota nella baia di Moreton, sulla costa sud-est dello stato del Queensland. È stata scelta questa zona perché nella baia di Moreton l'Università del Queensland aveva già installata una stazione di ricerca, anche se tale stazione era dotata di un sistema di monitoraggio obsoleto.

Il progetto pilota era inizialmente composto da 9 boe di misurazione, che sono poi state aumentate a 70 in poco tempo grazie ad una configurazione scalabile del sistema che permette di aggiungere nuovi nodi senza modificare la rete. La struttura della rete di monitoraggio è infatti molto semplice e prevede il raggruppamento di tutti i nodi presenti in piccoli gruppi al cui capo c'è un gateway. Ogni nodo del gruppo invia le informazioni raccolte al gateway che le reinvia alla stazione di monitoraggio presente a terra. In questo modo per ampliare la rete è sufficiente aggiungere una sola connessione alla stazione di monitoraggio (quella del gateway) per ricevere dati da più nodi.

Ogni nodo è composto da una boa su cui sono installati dei sensori che hanno il compito di tenere monitorato: temperatura, luminosità e salinità dell'acqua e sono alimentati da una coppia di batterie che lavorano in modo alternato. In questo modo mentre una fornisce energia l'altra viene ricaricata da due celle fotovoltaiche installate sulla superficie della boa. Il nodo in questo modo può rilevare in continuo i parametri dell'acqua ma non li trasmette al gateway in streaming, ma stabilisce una connessione ogni 30 secondi. Si è scelto questa configurazione in un'ottica di risparmio energetico e per ridurre i disturbi nella misurazione in quanto il dato trasmesso è una media dei dati raccolti nell'intervallo di tempo.

Una volta ricevuti i dati il gateway li integra con i dati rilevati dai propri sensori e li invia alla stazione di ricerca a terra. A questo punto i dati, che vengono aggregati e conservati nei server della stazione, vengono resi disponibili per i ricercatori che vi accedono attraverso internet (Figura 3.6) tramite l'utilizzo di un software proprietario.

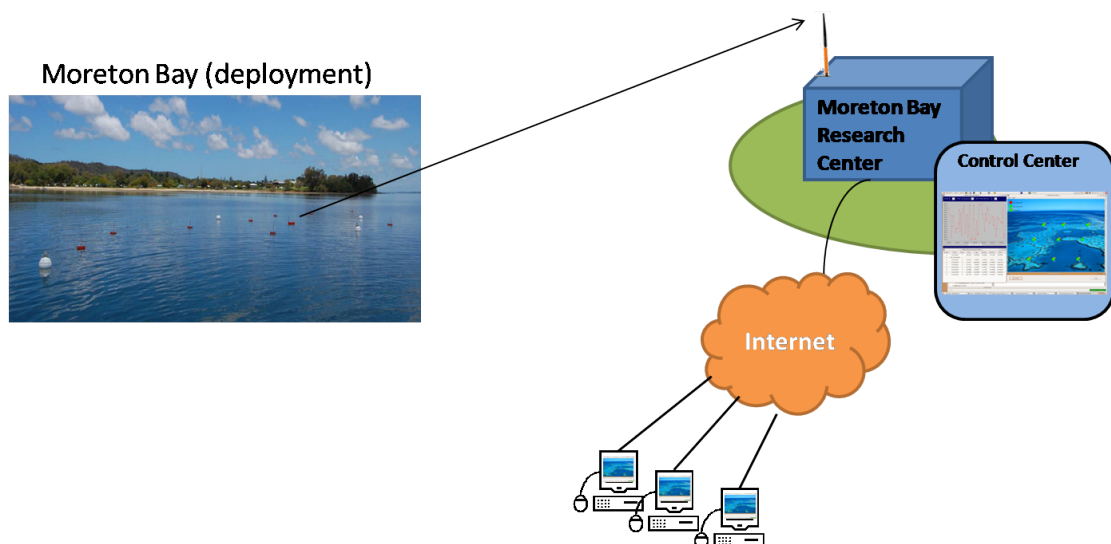


Figura 3.6, fonte Alippi, Boracchi Roveri

In particolare i ricercatori possono accedere ai dati rilevati da ogni singolo nodo, o da ogni gruppo di nodi, interrogando il sistema riguardo a temperatura, salinità e luminosità

dell'acqua, ma anche riguardo allo stato del nodo: livello delle batterie, assorbimento di energia solare, ecc. ricevendo i risultati sia in formato numerico che in formato grafico.

Gli ostacoli tecnologici che i ricercatori italiani e australiani si sono trovati ad affrontare in questo progetto riguardano i nodi della rete che, essendo posizionati nell'oceano, devono essere perfettamente isolati all'interno per non rovinare le apparecchiature elettroniche che contengono, come del resto devono esserlo i collegamenti elettronici con la strumentazione esterna (i sensori e l'antenna per la trasmissione dei dati). Inoltre gli elementi di ancoraggio delle boe devono essere realizzati con acciai speciali in grado di resistere alla corrosione in acqua marina. Infine l'aspetto più critico riguarda il sistema di ancoraggio delle boe al fondo dell'oceano che non deve danneggiare l'ecosistema ma allo stesso tempo adattarsi alle condizioni di alta o bassa marea e alla dinamica delle onde. Per ovviare a questo problema sono stati utilizzati dei cavi di attracco elastici, in modo che le boe possano seguire l'evolversi delle condizioni delle onde e delle maree.

Un progetto che coinvolge un ecosistema come questo però non presenta soltanto problematiche di tipo tecnologico. Gli stakeholder della barriera corallina infatti sono molti: agenzie governative statali e federali, autorità ambientali, istituti di ricerca, cittadini, ecc. e, per quanto possibile, devono essere tutti coinvolti. Questo genera numerosi problemi organizzativi e burocratici che possono ostacolare il progetto (Alippi, Boracchi, Roveri).

LA TECNOLOGIA UTILIZZATA

Come è già stato detto la struttura di rete di questa applicazione è piuttosto semplice e include due elementi: i nodi e i gateway.

I nodi sono composti da una boa equipaggiata con:

- un sensore per il rilevamento della temperatura dell'acqua
- un sensore per il rilevamento della salinità
- un sensore per il rilevamento della luminosità
- una coppia di celle fotovoltaiche
- un sensore interno di umidità che permette di rilevare eventuali infiltrazioni di acqua all'interno della boa che possono danneggiare l'apparecchiatura elettronica
- cinque moduli elettronici principali:
 - una unità di controllo e processamento dati che raccoglie i dati dai sensori e, all'interno dell'intervallo di trasmissione, ne fa la media per inviarla al gateway
 - un modulo di trasmissione radio

- un modulo di raccolta di energia che riceve energia dalle celle fotovoltaiche
- un modulo di conservazione dell'energia composto da una coppia di batterie.

I gateway sono identici ai nodi con l'aggiunta di sistema di comunicazione a lungo raggio per le comunicazioni con la stazione di ricerca

3.7. Progetto Info4Dourou

BREVE INTRODUZIONE SULL'AZIENDA

Il National Center of Competence in Research (NCCR) è uno strumento utilizzato dalla Swiss National Science Foundation (SNSF) per reperire fondi funzionali alla ricerca in determinate aree. Il NCCR è costituito da un insieme di progetti di ricerca a lungo termine in aree considerate strategiche per il futuro sviluppo della scienza, dell'economia e della società svizzera con l'obiettivo di sostenere e rafforzare l'impegno svizzero in questi ambiti. Questi progetti sono generalmente complessi e coinvolgono più istituti di ricerca, in questo modo favoriscono l'incontro e la condivisione di idee delle eccellenze accademiche, migliorano la distribuzione del carico di lavoro tra i vari istituti e promuovono la collaborazione tra il mondo accademico e il mondo produttivo che poi andrà a sfruttare le nuove conoscenze generate dal progetto (Swiss National Science Foundation).

Nel 2001 un progetto del NCCR nell'area dello studio delle Wireless Sensor Network (WSN) è stato denominato Mobile Information & Communication System (MICS). Il MICS è un consorzio di ricerca che comprende quaranta facoltà di differenti università svizzere e circa ottanta studenti PhD ed ha l'obiettivo di studiare e realizzare le piattaforme WSN e sviluppare attraverso esse applicazioni che ne sfruttino le potenzialità in ambito ambientale.

IL PROGETTO

Il progetto Info4Dourou ha preso il via il 26 agosto 2008 con una cerimonia ufficiale che si è tenuta al villaggio Konkonbouri, in Burkina Faso, presieduto dal ministero dell'ambiente del Paese africano. Il progetto è stato infatti realizzato dal NCCR – MICS con la collaborazione del governo del Burkina Faso che si è interessato al progetto attraverso il Projet de Renforcement des Capacités des Communes Urbaines (PRCCU) ed è stato coordinato dall'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL).

Lo scopo del progetto Info4Dourou è quello di aiutare la popolazione del Burkina Faso a sfruttare in modo sostenibile tutte le risorse che offre il bacino del fiume Dourou – Singou. Per fare questo il progetto supporta le comunità locali nello sviluppo di strategie basate su un utilizzo razionale dell'acqua.

La prima fase del progetto è stata quindi quella di formare i contadini africani sulle nozioni basilari dell'agricoltura e del ciclo dell'acqua. I ricercatori che nel 2008 sono arrivati in Burkina Faso infatti hanno trovato un sistema di agricoltura molto arretrato e inefficiente ed hanno dovuto insegnare ai contadini anche quando il terreno è sufficientemente umido per

piantare i semi senza rischiare che si secchino. La seconda fase del progetto invece ha impegnato i ricercatori nello studio di quali fossero gli strumenti di misurazione che meglio si adattavano alle condizioni di lavoro in un ambiente per loro nuovo, come era quello africano, e quali informazioni sarebbero state più importanti per la popolazione locale. La strumentazione utilizzata in Svizzera infatti, impostata secondo i canoni elvetici, era completamente inutile in Africa. La conclusione di questa fase ha visto la realizzazione di un sistema di misurazione denominato SensorScope che collega tra di loro tramite una WSN una serie di sensori distribuiti sul territorio che misurano i principali fattori ambientali come possono essere la temperatura, l'umidità, ecc. e rendono disponibili i dati per la consultazione tramite internet.

L'ultima fase del progetto infine è quella di fornire alla popolazione locale le conoscenze e la tecnologia necessaria per poter sfruttare l'impianto di rilevazione installato durante le prime fasi del progetto. Questa fase è ancora in corso e richiederà l'affiancamento delle popolazioni locali da parte dei tecnici svizzeri ancora per qualche anno. Ma alla fine della fase di formazione il progetto garantirà degli effetti di sviluppo positivi sul lungo termine (Info4Dourou).

LA TECNOLOGIA UTILIZZATA

La tecnologia SensorScope è una nuova generazione di sistemi di misura basata su una Wireless Sensor Network che ha la capacità di produrre misure ad alta densità spaziale e temporale. Il sistema è costituito da una serie di stazioni di rilevamento dati che si autoalimentano attraverso l'utilizzo di pannelli solari e che comunicano tra loro in modalità wireless, creando così una WSN dedicata. Le stazioni di rilevamento raccolgono dati sui parametri ambientali principali come temperatura, umidità, velocità e direzione del vento, intensità delle precipitazioni, ecc. Le stazioni inoltre, oltre a comunicare tra di loro per il confronto dei dati e la rilevazioni di eventuali anomalie, comunicano con una base-station che colleziona i dati di tutto il sistema fungendo da server e rende questi dati disponibili all'utente in tempo reale tramite internet (SensorScope).

3.8. Progetto Cranberry Bog

BREVE INTRODUZIONE SULL'AZIENDA

L'azienda ioBridge è specializzata nel progettare e realizzare dispositivi e prodotti dotati di connessione a internet sia per utenti esperti che per utilizzatori casuali. La mission dell'azienda infatti è di favorire lo sviluppo dell'*Internet of Things* realizzando degli oggetti interconnessi economici e di facile utilizzo.

Per fare questo l'azienda ha realizzato una piattaforma completa, sicura, privata e ampliabile che si può adattare a qualunque applicazione, dai progetti domestici alle applicazioni commerciali internazionali.

L'headquarter dell'azienda si trova negli Stati Uniti, e negli ultimi anni è stata inserita, secondo i giudizi di ReadWriteWeb e del New York Times, nella classifica "*Top 10 Internet of Things Product of 2009*" e nel "*5 Technology Trends to Watch in 2010*" (ioBridge).

IL PROGETTO

Il progetto Cranberry Bog prende il via nel 2010 per iniziativa di due agricoltori proprietari di una coltivazione di mirtilli a Cape Cod, nel Massachusetts. Per risolvere il loro problema i due agricoltori: Dan Luechauer e Linda Letourneau, si sono rivolti all'azienda ioBridge e hanno ricevuto un finanziamento dal Massachusetts Department of Agricultural Resources di trentamila dollari poiché il loro progetto rientrava all'interno del programma Agricultural Environmental Enhancement (AEEP) che ha il compito di mitigare o prevenire gli impatti negativi sulle risorse naturali derivanti dall'attività agricola, come ad esempio lo spreco di acqua.

L'obiettivo del progetto era quindi quello di sviluppare un'applicazione che permettesse una gestione oculata e responsabile delle risorse idriche, e che permettesse un controllo più agevole delle colture.

Il problema dei due agricoltori infatti era che anche nella stagione primaverile, quella della nascita delle piante di mirtillo, durante la notte la temperatura a Cape Cod scende sotto lo zero e quindi le coltivazioni di mirtilli ghiacciano rovinando l'intero raccolto. Prima della realizzazione del progetto gli agricoltori seguivano con attenzione le previsioni meteo e, se erano previste gelate nella notte, si recavano presso le coltivazioni e attivavano per tutta la notte un sistema di irrigazione sprinkler che, attraverso l'apporto continuo di acqua corrente, impediva la formazione di ghiaccio. Questo, a causa del fatto che le previsioni meteo non

sono una scienza esatta, provocava uno spreco di acqua nei casi in cui il sistema veniva attivato inutilmente.

Per risolvere questo problema sono stati installati quattro sensori in punti diversi della coltivazione che hanno il compito di monitorare costantemente la temperatura. Questi sensori comunicano in modalità wireless con una stazione di controllo che a sua volta è collegata con l'impianto di irrigazione ed è in grado di attivarlo e disattivarlo senza il bisogno dell'intervento umano. La stazione di controllo quindi riceve i dati di temperatura che le vengono inviati dai sensori, li confronta con i dati preimpostati di temperatura che ha archiviati al suo interno e attiva o disattiva il sistema di irrigazione sulla base di dati effettivi di temperatura, e non più secondo le previsioni come succedeva prima. Inoltre la stazione di controllo invia via internet i dati di temperatura e di funzionamento del sistema di irrigazione direttamente a casa degli agricoltori, in modo che essi da remoto possano essere sempre informati sulle condizioni della loro coltivazione.

Il progetto Cranberry Bog ha portato, oltre ad un miglioramento delle condizioni di lavoro degli agricoltori, che non sono più costretti a recarsi presso le coltivazioni ogni volta che è prevista una gelata, un notevole risparmio di acqua poiché il sistema di irrigazione funziona solamente quando è necessario e un risparmio economico derivante da un minore consumo di acqua (ioBridge).

LA TECNOLOGIA UTILIZZATA

La tecnologia utilizzata in questo progetto comprende due moduli ioBridge e quattro sensori di temperatura. I sensori comunicano con i moduli ioBridge attraverso una rete wireless dedicata mentre i moduli sono connessi a internet per poter inviare i dati agli utenti.

3.9. Progetto Quake – Catcher Network

BREVE INTRODUZIONE SULL'AZIENDA

Lo United States Geological Survey (USGS) è un'organizzazione scientifica che fornisce informazioni sullo stato di salute dell'ecosistema Terra, sui rischi naturali che ci minacciano, sullo stato delle risorse che utilizziamo, sugli impatti dei cambiamenti climatici, ecc. L'USGS è un'organizzazione governativa ed è l'organo di riferimento per il governo degli Stati Uniti d'America per tutte le questioni di carattere ambientale. La mission dell'agenzia è quindi quella di raccogliere, monitorare e analizzare tutti i possibili dati di carattere ambientale per una spiegazione scientifica a tutti i fenomeni naturali, prevenirli e risolvere eventuali problemi che tali fenomeni comportano.

IL PROGETTO

Il progetto Quake – Catcher Network (QCN) è stato sviluppato dallo United States Geological Survey in collaborazione con la Stanford University ed ha visto la prima release del software di rete che ha il compito di far funzionare il sistema nell'aprile 2008.

L'ideatrice del progetto QCN è la dottoressa Elizabeth Cochran che ha avuto questa idea dopo aver scoperto che tutti i laptop sono dotati di un accelerometro al loro interno, molto sensibile e in grado di rilevare ogni più piccola vibrazione, che viene sfruttato solamente in caso di caduta del computer per proteggere il disco fisso da danneggiamenti. Questa caratteristica, se unita all'abbondanza di capacità di calcolo dei computer moderni rispetto alle esigenze medie degli utenti ha suggerito alla Cochran di creare un'applicazione che raccogliesse i dati raccolti dagli accelerometri, che altrimenti andavano persi, e li inviasse ad un centro di monitoraggio dell'attività sismica statunitense. In questo modo avrebbe realizzato uno strumento di monitoraggio dell'attività sismica capillare sul territorio con un costo di realizzazione quasi nullo.

Partendo da questo concept si è arrivati alla realizzazione del sistema QCN, una rete di monitoraggio sismico che si basa sulla collaborazione di ogni singolo cittadino possessore di un computer e di un collegamento ad internet. Il singolo utente infatti può prendere parte al progetto registrandosi sul sito del progetto e installando il software gratuito disponibile sul sito. A quel punto il suo computer entra a far parte del sistema e, ogni volta che registra una vibrazione, invia i dati al centro di controllo dell'USGS.

L'obiettivo del progetto non è quello di prevedere i terremoti ma è quello di individuarli più in fretta e quindi poter allertare le popolazioni coinvolte più tempestivamente. Questo sistema

infatti non va a sostituire la sofisticata strumentazione degli istituti preposti al monitoraggio sismico ma va ad affiancarla. Realizzare una rete di sismometri capillare infatti sarebbe troppo costoso, in questo modo invece la rete QCN permette un'allerta tempestiva poiché dotata di un numero maggiore di sensori, anche se meno precisi, mentre la rete di rilevazione tradizionale fornisce tutti i dati specifici del terremoto come possono essere la magnitudo, la rilevazione precisa dell'epicentro, ecc.

La prima sperimentazione del sistema QCN è stata effettuata nella città di Reno, nel Nevada, nel giugno 2008. Durante il verificarsi di un terremoto di modesta entità infatti tutti i computer dei cittadini volontari che avevano aderito al progetto avevano registrato la scossa e avevano inviato i dati in tempo reale al centro di controllo. Dopo questa sperimentazione conclusasi con successo il sistema è stato esteso a tutti gli Stati Uniti e, in un secondo momento è stato esportato in altri Paesi.

I benefici maggiori di questo progetto però si sono manifestati in Cile, durante il terremoto del 2010. In quel caso il sistema QCN ha permesso di rilevare la scossa di terremoto circa 20 – 30 secondi prima dei sismometri presenti nel Paese grazie alla loro maggiore vicinanza all'epicentro.

LA TECNOLOGIA UTILIZZATA

Questo progetto si basa totalmente sull'infrastruttura di Internet e collega i laptop dei cittadini che collaborano al progetto attraverso l'utilizzo di un software specifico per l'invio di dati al centro di controllo.

3.10. Progetto Wasmote

BREVE INTRODUZIONE SULL'AZIENDA

L'azienda Libelium è un'azienda che progetta e produce tecnologia hardware per l'implementazione delle Wireless Sensor Network (WSN). Libelium è un'azienda giovane, è nata infatti nel 2006, come spin-off dell'università di Zaragoza e naturalmente, dato il business in cui è entrata, è un'azienda dinamica e innovativa. A conferma di questo è stata riconosciuta come "innovator company" da diverse istituzioni, tra cui il governo spagnolo e la sua tecnologia è presente in più di quarantacinque Paesi nel mondo.

Libelium inoltre è stata premiata più volte per la sua attività imprenditoriale, e tra i riconoscimenti più prestigiosi può vantare il "Best of sensors expo 2011", l'"Inspiring young entrepreneurs 2011", il "Best young innovator company 2010" e il "Best demo award 2010".

IL PROGETTO

Il progetto che si andrà ad illustrare, che prevede la realizzazione di una rete di sensori che supportino la coltivazioni delle viti nei pressi della città di Zaragoza, in Spagna, è stato realizzato nel giugno 2010 dall'azienda Libelium, che produce la tecnologia con la quale viene realizzato.

Il progetto, che è stato realizzato attraverso una piattaforma Wasmote, prevede l'installazione di una wireless sensor network all'interno di un vigneto per il monitoraggio di tredici parametri chiave: temperatura, umidità, temperatura del terreno, umidità del terreno, umidità delle foglie delle piante, pressione atmosferica, radiazioni solari, diametro del tronco, dei rami e dei frutti di ogni pianta, intensità e direzione del vento e intensità delle precipitazioni. Questo sistema di monitoraggio permette un controllo estremamente preciso delle condizioni delle coltivazioni e quindi permette di adattare l'irrigazione e la cura delle piante alle condizioni climatiche locali.

L'obiettivo del progetto è quello di sviluppare una nuova tecnica di agricoltura di precisione che permetta di ricavare la massima qualità possibile tenendo conto delle caratteristiche di piante e terreno.

Il progetto prevede l'installazione di una decina di sensori interconnessi tra loro tramite una Wireless Sensor Network dedicata all'interno di un vigneto, e un successivo ampliamento della sperimentazione per l'utilizzo della tecnologia Wasmote all'interno delle serre.

I risultati di questa sperimentazione hanno portato ad una conferma delle potenzialità della piattaforma Wasmote e quindi alla sua conseguente commercializzazione. Durante la

sperimentazione nel vigneto infatti l'applicazione ha permesso di verificare che l'umidità, il drenaggio e l'evaporazione dell'umidità nel suolo non sono uniformi. Il sistema quindi, una volta rilevate le condizioni disomogenee del terreno ha modificato i parametri del sistema di irrigazione in modo che si focalizzasse sulle zone più aride e non viceversa, consentendo così, oltre ad una produzione agricola più uniforme, un notevole risparmio di acqua. Per quanto riguarda la parte di sperimentazione nelle serre invece il sistema permette di controllare il microclima presente all'interno della serra stessa, in modo da garantire, anche in aree non idonee, la possibilità di ottenere delle colture che per crescere necessitano di climi particolari, come le colture tropicali. La piattaforma Waspnote infatti è dotata anche di una stazione meteo che, nel caso in cui la temperatura o l'umidità interna della serra superino una certa soglia attiva automaticamente le misure necessarie a ristabilire il microclima adatto (Waspnote).

LA TECNOLOGIA UTILIZZATA

La tecnologia utilizzata per lo sviluppo di questo progetto è costituita da una piattaforma di proprietà dell'azienda Libelium costituita da una Wireless Sensor Network che si interfaccia con i sistemi automatizzati eventualmente già presenti. La Wireless Sensor Network è composta da una rete di una decina di sensori programmabili a piacimento per la rilevazione di tutti i parametri chiave necessari in agricoltura. I sensori vengono installati in modo da poter monitorare tutte le zone del vigneto e comunicano tra di loro e con il centro di controllo in modalità wireless. Il centro di controllo invece (il cuore della piattaforma Waspnote) è costituito da un computer con installato un software che raccoglie, confronta e analizza i dati e invia le informazioni all'utente oppure si interfaccia con altri sistemi automatizzati (ad esempio il sistema di irrigazione) per correggerne il funzionamento sulla base dei nuovi dati raccolti.

La rete wireless infine viene generata utilizzando il protocollo ZigBee, modulato su diverse frequenze a seconda dell'ampiezza della rete. Nel caso in cui la conformazione del territorio non consenta di utilizzare questa forma di comunicazione, o nel caso in cui il centro di controllo non sia collocato nelle vicinanze della rete, viene utilizzata una rete GSM per la trasmissione dei dati. Inoltre, per permettere una completa integrazione con gli altri sistemi agricoli automatizzati, il software installato nel centro di controllo è stato realizzato su una piattaforma open source, per permettere delle piccole modifiche alle interfacce di comunicazione (Waspnote).

3.11. Progetto GTEWS

BREVE INTRODUZIONE SULL'AZIENDA

L'azienda GFZ German Research Centre for Geosciences è il centro nazionale di riferimento per lo studio delle scienze terrestri in Germania. Ha il compito di studiare il sistema Terra sotto tutti i punti di vista: geologico, fisico, chimico e i processi biologici che avvengono sulla sua superficie e al suo interno.

Questa azienda è a capo di un consorzio di nove aziende tedesche che comprende, oltre a GFZ, l'Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research (AWI), il Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR), il German Aerospace Center (DLR), il Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), il GKSS Forschungszentrum, il Konsortium Deutsche Meeresforschung (KDM), il Leibniz Institute of Marine Sciences (IFM-GEOMAR) e il United Nations University, Institute for Environment and Human Security (UNU-EHS). Questo consorzio ha il compito di realizzare il progetto GITEWS (German Indonesian Tsunami Early – Warning System) per l'individuazione di tsunami nella regione dell'Oceano Indiano (GITEWS).

IL PROGETTO

Il progetto GITEWS, pur essendo un progetto tedesco, è stato studiato e implementato in stretta collaborazione con partner locali della zona interessata, soprattutto indonesiani. Il progetto parte infatti il 14 marzo 2005 a seguito di un accordo tra il consorzio che ha ideato il progetto e il governo indonesiano. La realizzazione del progetto si conclude alla fine del 2008 con l'installazione degli ultimi componenti del sistema e con la realizzazione del centro di controllo. Sono seguite poi le fasi di collaudo e il sistema è diventato operativo nel 2010. L'ultimo step del progetto è avvenuto il 29 marzo 2011 con il passaggio ufficiale della proprietà del sistema GITEWS al governo indonesiano (GITEWS).

L'obiettivo del progetto, come risulta chiaro dal nome del progetto stesso, è quello di fornire un sistema efficiente e veloce per l'individuazione della presenza di tsunami nell'area dell'Oceano Indiano.

La necessità di realizzare un sistema per l'individuazione degli tsunami è emersa in modo imprevisto e drammatico a seguito dello tsunami occorso il 26 dicembre 2004 che ha colpito l'isola di Sumatra, in Indonesia. Il sistema si basa sull'intreccio di dati provenienti da sensori che monitorano l'attività sismica e i movimenti dell'oceano. Infatti nonostante il 90% degli tsunami sia provocato da terremoti sottomarini il solo monitoraggio dell'attività sismica non

permette di capire se lo tsunami ha preso forma o no e, se è presente, in che direzione si sviluppa. Il sistema è composto quindi da una rete di sensori sismici e di boe per il rilevamento dei movimenti oceanici collegati tra loro e con il centro operativo di Jakarta che attraverso l'incrocio di questi dati simula l'eventuale comportamento dello tsunami in modo da prevederne il comportamento e l'intensità. In una manciata di secondi dal verificarsi del terremoto infatti il DSS (Decision Support System) del centro operativo è in grado di prevedere, attraverso l'incrocio dei dati dei sensori, l'altezza delle onde, se e in quanto tempo raggiungeranno la costa e l'ampiezza dell'area inondata. Inoltre in modo automatico il sistema produce dei dossier di allerta e li invia alle autorità competenti nelle zone interessate (GITEWS).

LA TECNOLOGIA UTILIZZATA

Il sistema GITEWS è composto da cinque elementi principali:

1. Il cuore del sistema è composto da una rete di sensori sismici che hanno il compito di rilevare posizione e magnitudo dei terremoti il più velocemente possibile. Attualmente il sistema di rilevamento, solamente in Indonesia, conta centoventi stazioni di rilevamento, ed è integrato con gli altri sistemi di rilevamento dell'area del sud-est asiatico di proprietà di India, Australia, Sri Lanka e dei Paesi della costa est dell'Africa. La rete di sismografi viene poi completata da una rete di stazioni GPS adibite alla misurazione della deformazione della crosta terrestre durante i terremoti che fornisce un'idea più chiara su come si sviluppa il terremoto stesso.
2. Un sistema di sensori di pressione sottomarini e speciali boe per il monitoraggio. Questa rete è fondamentale nel progetto poiché non tutti i terremoti producono degli tsunami, e non tutti gli tsunami sono provocati da terremoti. Questa rete di sentinelle ha il compito quindi di confermare, attraverso i rilevamenti di pressione e intensità del moto ondoso, il verificarsi o meno degli tsunami. I dati raccolti da questa rete vengono poi confrontati con i dati raccolti da un sistema di calibri di marea, installati sulle coste indonesiane, per avere la conferma definitiva della formazione di uno tsunami.
3. Un sistema di modellizzazione degli eventi. I dati raccolti dai diversi sensori vengono elaborati dal centro di controllo sulla base di modelli precaricati nel sistema e realizzati sulla base dei dati raccolti e delle osservazioni effettuate sui fenomeni precedenti. Questi stessi modelli che servono per prevedere gli tsunami vengono poi aggiornati in tempo reale durante il verificarsi del fenomeno naturale con i nuovi dati registrati dai sensori in modo che sia sempre disponibile un modello aggiornato

sull'intensità e sulla direzione dello tsunami, specialmente durante il verificarsi del fenomeno. Questo è fondamentale per poter informare in modo dettagliato e in tempo reale tutti gli Stati che si affacciano sull'Oceano Indiano in caso di emergenza.

4. Sistema DSS (Decision Support System). Un aspetto importante in un sistema di supporto in caso di emergenza è la capacità del sistema di tradurre tutti i dati raccolti dalle diverse fonti in un formato facilmente comprensibile, e generare delle proposte di intervento che verranno poi valutate dal personale competente. Questo ruolo nel sistema GITEWS è svolto dal centro operativo di Jakarta in cui è installato un software DSS che, oltre a svolgere il compito appena illustrato, invia i dossier di emergenza a tutti gli Stati dell'area.
5. Formazione. L'ultimo elemento del progetto, ma non meno importante, è costituito da un sistema di formazione per scienziati e ingegneri sulle parti tecniche e scientifiche del progetto e per le autorità pubbliche e la popolazione sui sistemi di allerta ed evacuazione in caso di allarmi. Questo sistema ha il compito da una parte di sostenere, mantenere ed espandere il progetto GITEWS e dall'altro facilitare l'attuazione delle procedure di emergenza in caso di allarme.

3.12. Progetto TRITon: intervista professor Picco Università di Trento

BREVE INTRODUZIONE SU AZIENDA E INTERLOCUTORE

La Provincia Autonoma di Trento è una delle due provincie autonome che compongono la regione del Trentino Alto Adige e al proprio interno conta 217 comuni per un totale di circa 500,000 abitanti. Essendo una provincia autonoma gode, al contrario di altre provincie italiane che hanno un ruolo puramente amministrativo, del potere di legiferare in molte materie che normalmente sono di competenza statale o regionale e gode della restituzione da parte dello stato della quasi totalità dei tributi raccolti nel territorio provinciale.

Il professor Gian Pietro Picco è professore nel Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione dell'Università degli Studi di Trento e, sempre all'interno dell'università, svolge il ruolo di ricercatore nel campo Sistemi di Elaborazione delle Informazioni. All'interno del progetto TRITon il professor Picco ha ricoperto il ruolo di direttore scientifico del progetto e di ricercatore.

QUADRO SINOTTICO DEI PROGETTI IOT AVVIATI DALL'AZIENDA

La Provincia Autonoma di Trento ha avviato un progetto per la gestione delle gallerie stradali con particolare attenzione ai temi della sicurezza e del risparmio energetico. Per questo progetto è stato previsto un costo di circa 9 milioni di Euro, di cui circa il 55% - 60% finanziato dalla Provincia Autonoma di Trento e il restante cofinanziato dai partner del progetto.

Descrizione del processo e delle tecnologie

Pre-adozione

L'illuminazione all'interno delle gallerie stradali non è costante ne durante tutta la giornata ne, nello stesso istante, lungo tutta la lunghezza del tunnel e, essendo un tema che influenza la sicurezza stradale, è materia regolata dalla legislazione italiana.

Precedentemente a questo progetto il sistema di illuminazione delle gallerie era regolato con due modalità differenti: la modalità più diffusa è quella di regolare l'intensità di azione del sistema di illuminazione del tunnel sulla base della data e dell'ora. Il secondo metodo invece prevede che il sistema di illuminazione venga regolato sulla base dei dati raccolti da un sensore esterno al tunnel. Entrambi questi sistemi quindi non tengono conto lo stato di luminosità interno al tunnel, provocando così possibili problemi ai guidatori che lo percorrono oppure utilizzando più energia per l'illuminazione del necessario.

Post-adozione

Il progetto TRITon mira a migliorare la sicurezza delle gallerie stradali attraverso una loro migliore illuminazione. Per fare questo è stato sviluppato un sistema di monitoraggio della luce presente all'interno di tutto il tunnel che sia in grado di modificare l'intensità dell'impianto di illuminazione in modo da seguire il più fedelmente possibile la curva di luminosità richiesta a livello legislativo. Questo sistema si basa sull'utilizzo di una Wireless Sensor Network (WSN) che copre l'intera lunghezza della galleria ed è in grado di rilevare le variazioni di luce lungo il tunnel e modificare l'intensità luminosa di ogni singola lampada del sistema di illuminazione. Questo consente una maggiore adesione al livello di luminosità necessario e un notevole risparmio energetico alle estremità del tunnel, dove durante il giorno si può sfruttare l'illuminazione naturale al posto di quella artificiale.

Il motivo per cui si è scelto di utilizzare un sistema WSN rispetto ad un sistema cablato, nonostante all'interno dei tunnel sia già disponibile un sistema di alimentazione e una rete per il trasferimento dei dati, deriva dal fatto che queste reti sono presenti solamente per supportare il sistema di illuminazione, ed ampliarle per supportare anche il sistema di monitoraggio è molto costoso. Inoltre i sensori della rete WSN, contrariamente a quelli di una rete cablata, possono essere installati ovunque all'interno della galleria. Una rete WSN quindi abbatta i costi di installazione e manutenzione del sistema, soprattutto nei casi in cui venga installato in gallerie non di nuova costruzione in cui le modifiche all'infrastruttura civile rappresenterebbero un costo non trascurabile. Questo tema è particolarmente rilevante in una zona come il Trentino che ha all'interno del suo territorio più di 150 gallerie, che coprono una lunghezza di circa 50 km, e la maggior parte di queste sono vecchie e più corte di 500 m. Soprattutto in questi casi un piccolo investimento come può essere quello dell'installazione di una WSN può incrementare notevolmente il livello di sicurezza e ridurre i consumi energetici. I principali ostacoli trovati nella realizzazione del progetto riguardavano la fase di trasmissione dei dati raccolti, la rilevazione dell'intensità luminosa e il sistema di controllo dell'intensità luminosa.

Per quanto riguarda la fase di trasmissione si sono riscontrate due criticità: la prima relativa alla struttura poiché, non essendo la galleria uno spazio aperto, le onde radio con cui comunicano i sensori sono soggette a fenomeni di amplificazione del segnale generati dalla conformazione a parabola del tunnel, questo genera una migliore connessione e robustezza del sistema di comunicazione ma amplifica anche le possibilità di collisione tra i pacchetti di dati trasmessi. La seconda criticità è relativa alla presenza di veicoli all'interno del tunnel che,

attraverso il metallo delle carrozzerie, interferiscono sulle trasmissioni radio.

Per quanto riguarda la rilevazione dell'intensità luminosa i sensori che hanno il compito di rilevarla sono disturbati da due fattori: uno, come nel caso delle trasmissioni radio, è la presenza di veicoli che riflettono e amplificano la luce presente, mentre il secondo è la presenza di polvere e sporco che si deposita sul sensore limitandone la capacità di azione.

Infine l'ultima criticità è rappresentata dal sistema di gestione dell'illuminazione lungo il tunnel. Una criticità in questo aspetto è introdotta anche dalla normativa che non prevede un'illuminazione uniforme all'interno della galleria ma prevede una curva di illuminazione che divide il tunnel in quattro zone: la zona di entrata, la zona di transizione, la zona interna e la zona di uscita. In particolare l'illuminazione nella zona di entrata deve essere molto simile all'illuminazione esterna. Poi, sfruttando la capacità dell'occhio umano di adattarsi all'oscurità, l'illuminazione può diminuire all'interno del tunnel per ritornare infine vicino al livello esterno nella zona di uscita. Questa variazione di luminosità è stata studiata per permettere un risparmio energetico senza influire sulla sicurezza dei guidatori. Come si può notare dalla Figura 2.1.11 il sistema TRITon, rispetto al sistema di gestione tradizionale, permette un maggiore rispetto della normativa e consente un notevole risparmio energetico nella gestione della galleria.

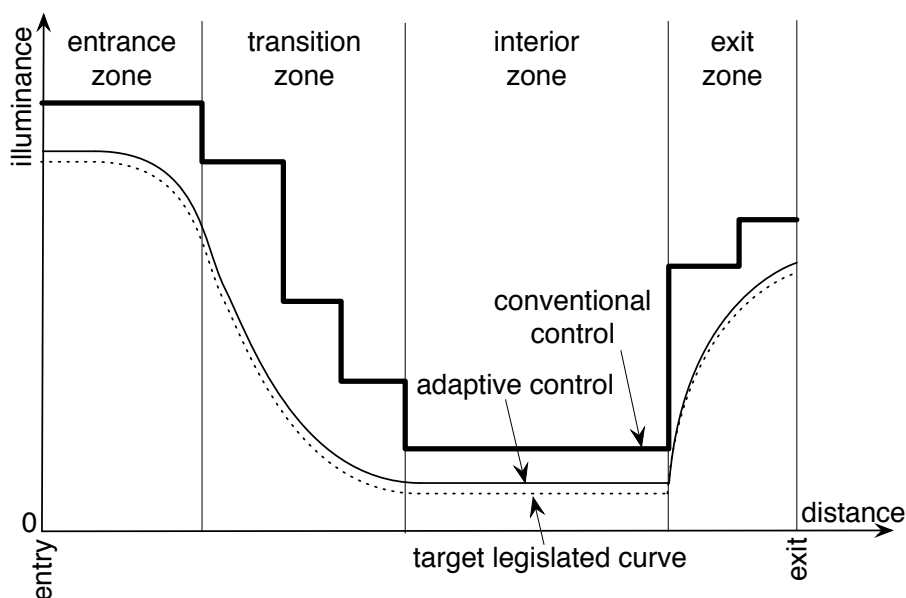


Figura 2.1.11, Picco 2011

Il progetto TRITon prevede tre fasi successive: una prima fase di test del sistema che ha l'obiettivo di testare il sistema e risolvere eventuali problemi non individuati in fase progettuale, una seconda fase in cui viene implementato un progetto pilota e, se i risultati del

progetto pilota sono soddisfacenti, l'estensione del sistema sul territorio.

Attualmente si è conclusa la fase del progetto riguardante il progetto pilota e al momento, oltre alle fasi di collaudo e certificazione, sono allo studio i prossimi passi per estendere l'infrastruttura ad altri siti, dati gli ottimi risultati ottenuti, e per dotare il sistema di ulteriori funzionalità. Inizialmente per il progetto pilota del sistema TRITon si era pensato ad una implementazione in quattro gallerie situate ad ovest della città di Trento: Cadine (630 m), Montevideo (1415 m), Forte (816 m), e S.Vigilio (400 m) ma, a seguito dell'installazione del sistema nella galleria di Cadine, si è deciso di limitare il progetto pilota solamente a questo tunnel per problemi di budget.

Prima della realizzazione del progetto pilota si è svolta una fase di test del progetto che ha richiesto sette mesi e si è svolta tra l'agosto 2009 e febbraio 2010. Questa prima fase è stata effettuata in una galleria diversa da quelle del progetto pilota poiché quest'ultime sono molto trafficate e svolgere degli esperimenti in queste condizioni vorrebbe dire bloccare il traffico della galleria causando notevoli disagi alla circolazione. Per la fase di test è quindi stato scelto un tunnel periferico, più corto (circa 260 m) e meno trafficato in cui i tecnici potevano lavorare in tranquillità. In questa galleria è stato modificato solo parzialmente l'impianto di illuminazione presente (16 lampade su un totale di 40) ed è stata installata la rete WSN composta da 40 sensori installati ad una altezza di 1,70 m da terra. Questa disposizione è stata scelta per effettuare uno stress – test sul sistema, mentre nell'applicazione finale saranno installati secondo accurati studi sulla riflessione della luce in modo da misurare correttamente questo parametro. Infine di questi 40 nodi solamente i primi 15 erano direttamente controllati dal sistema e potevano intervenire sull'illuminazione poiché gli altri servivano per il controllo dell'esito degli esperimenti.

I risultati di questo test, nonostante le condizioni particolarmente sfavorevoli implementate dai ricercatori durante questa fase, hanno dimostrato che questo sistema è affidabile e garantisce una corretta illuminazione nel 99,98% dei casi, anche in presenza di disturbi.

Utenti

Il sistema TRITon è stato studiato per essere implementato, come progetto pilota, inizialmente in una galleria di 630 m, a doppia corsia e doppia carreggiata (a Cadine, che si trova a ovest di Trento) che presenta un flusso di traffico giornaliero di circa 27,000 veicoli. Sempre all'interno dello stesso progetto pilota erano previste le installazioni del sistema TRITon nelle gallerie Montevideo (1415 m), Forte (816 m), e S.Vigilio (400 m) in modo da coprire con il progetto tutte le gallerie che garantiscono l'accesso alla città di Trento da ovest ma, come

accennato precedentemente, per problemi di budget queste implementazioni verranno effettuate in futuro.

Nel caso in cui il progetto venga poi esteso a tutta la provincia di Trento il sistema si estenderebbe su un'area montuosa di circa 6,200 km², coinvolgerebbe 500,000 persone e più di 150 gallerie che in totale misurano circa 50 km.

Fornitori / partner tecnologici

I partner tecnologici del progetto sono cinque:

- L'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO, che partecipa attraverso il dipartimento di Ingegneria e Scienza dell'Informazione (DISI) e guida le attività di ricerca e sviluppo
- La FONDAZIONE BRUNO KESSLER – IRST, che partecipa fornendo le proprie competenze su middleware e protocolli di routing per reti di sensori wireless attraverso il suo Centro per la Ricerca Scientifica e Tecnologica
- CREATE – NET, che è un centro di ricerca internazionale con sede a Trento che ricopre una posizione leader a livello europeo nel campo dell'ICT e delle tecnologie delle telecomunicazioni
- HEIDI S.p.A. che è un'azienda che opera nel campo del monitoraggio remoto, della supervisione e dell'automazione di infrastrutture complesse, quali gallerie stradali e depuratori idrici
- SIEMENS che è una delle più importanti multinazionali che opera nei settori telecomunicazioni, servizi e soluzioni IT, telefonia, automazione industriale, energia, trasporti, illuminazione e medicale

ANALISI DEL PROCESSO DECISIONALE

Fonti di informazione relativi alle soluzioni tecnologiche

Il progetto si configura come un ibrido tra una commessa industriale e locale e un progetto di ricerca. Nasce infatti dal fatto che la Provincia Autonoma di Trento aveva la necessità di dotare delle infrastrutture necessarie per la messa a norma (illuminazione, anti-incendio, sistema SOS, ecc.) un tunnel stradale e, grazie anche alla spinta dell'Università di Trento ha deciso di trasformare questa installazione in un progetto di ricerca sulle nuove tecnologie.

Obiettivi del progetto

Gli obiettivi di questo progetto sono quelli di aumentare la sicurezza stradale all'interno delle gallerie e contemporaneamente ridurre i costi di utilizzo.

Principali barriere

Gli ostacoli incontrati dal team di realizzazione durante lo sviluppo del progetto sono di tre tipi: economici, organizzativi e tecnologici.

I problemi economici derivano dall'entità dei costi che implica la realizzazione di un progetto come TRITon nonostante godesse del finanziamento della provincia. Come è stato spiegato precedentemente infatti, a causa di problemi di budget, l'implementazione del progetto pilota è stata svolta in una sola galleria, e non sulle quattro preventivate.

I problemi di carattere organizzativo riscontrati sono tre. Il primo deriva dal fatto che nel progetto erano coinvolte le istituzioni, le università e i centri di ricerca, e le aziende. Questi tre attori portano risorse ma anche obiettivi differenti all'interno del progetto. A testimonianza di questo c'è il fatto che nella direzione dei lavori non era presente un solo decisore ma c'erano un Project Manager (di Siemens) che curava la parte di commessa e un direttore scientifico (dell'università) che gestiva la parte di ricerca del progetto, e ovviamente spesso i due dovevano arrivare ad un compromesso in quanto i loro obiettivi erano differenti. Il secondo è sempre legato al fatto che convergono nel progetto tre tipologie di attori differenti che come detto apportano competenze differenti ma tutte necessarie al progetto. Il problema deriva dal fatto che è difficile integrare e fare interagire tra di loro tali competenze in modo che siano tutte focalizzate sull'obiettivo del progetto. L'ultima criticità riguarda il rapporto tra gli attori istituzionali e i centri di ricerca. Quando i ricercatori andavano a presentare il progetto presso la provincia infatti spesso ricevevano una accoglienza fredda poiché il personale politico faticava a cogliere il valore del progetto fino a quando il progetto stesso non ha generato i primi risultati.

I problemi riscontrati di carattere tecnologico sono cinque e riguardano i sensori utilizzati. La gestione delle criticità riguardanti l'aspetto software, quindi la trasmissione del segnale e la "pulizia del segnale sono già state trattate precedentemente, per cui adesso si offre una breve panoramica sulle criticità riguardanti gli aspetti hardware, che riguardano quindi i sensori. Il primo ostacolo che hanno dovuto risolvere i ricercatori è stato quello della scelta riguardo che tipo di sensori utilizzare tra quelli presenti in commercio. Tra le varie tipologie, infatti, nessuna rispondeva a pieno alle necessità del progetto e quindi è stato necessario operare una scelta che consentisse poi una customizzazione dei sensori. Una volta scelti i sensori si è presentato il problema della customizzazione dell'hardware poiché doveva rispondere ad una serie di specifiche di sicurezza necessarie per l'installazione all'interno di una galleria. Infine, trattandosi di una WSN, i sensori sono alimentati da delle batterie la cui durata è limitata. Uno

degli obiettivi dei ricercatori era anche adottare una combinazione hardware – software che consumasse poca energia e allungasse così la vita utile del sistema.

ANALISI COSTI – BENEFICI

Benefici ottenuti / attesi dal progetto

Il progetto aveva come obiettivo di ridurre i costi di gestione del sistema di illuminazione delle gallerie tra il 5% e il 30%, ed è stato pienamente raggiunto.

Costi e indicazione della profittabilità del progetto

Il progetto è costato all'incirca 9 milioni di Euro di cui il 55% - 60% forniti dalla provincia e per il resto cofinanziati dai partner.

FUNZIONALITÀ OFFERTE DAL SISTEMA

Sensing: tipo di fenomeno da misurare/controllare, periodicità della misura, periodicità della richiesta

Il principale fenomeno da misurare all'interno di questo progetto è l'intensità luminosa presente lungo tutta la lunghezza della galleria stradale, e con il sistema TRITon questo dato viene rilevato in continuo mentre l'algoritmo che analizza gli scostamenti con la situazione ideale si attiva ogni 30 secondi e lavora sulla media dei dati rilevati nell'ultimo intervallo di tempo.

Oltre alla luminosità del tunnel, che comunque costituisce il focus del progetto, vengono raccolti anche altri dati sulla situazione interna alla galleria:

- È stato installato un sistema di videosorveglianza per il rilevamento di comportamenti anomali in galleria (es sorpasso a destra, ubriaco al volante, presenza di pedoni, ecc.) realizzato con delle smart cameras: delle telecamere che (quando la legge lo permette) consentono di non inviare una registrazione continua ai server che archiviano le immagini ma solamente degli spezzoni che documentano il comportamento anomalo rilevato. Questo è possibile grazie al collegamento delle telecamere con un embedded pc che analizza le immagini in real time e trasmette solo quelle rilevanti.
- È stato installato un sistema di monitoraggio degli inquinanti. Questo sistema è stato realizzato sfruttando la rete di sensori presenti per l'illuminazione e aggiungendo alla rete i sensori di rilevazione degli inquinanti.

Azione: tipo di azione richiesta, qualità del servizio richiesta

Il sistema TRITon rileva l'intensità luminosa presente nel tunnel e interviene su ogni singola lampada del sistema per adattare la curva di luce effettiva presente nella galleria alla curva ideale stabilita dalla normativa.

Il sistema è completamente automatico ed è dotato di meccanismi di sicurezza che fanno in modo che il servizio di illuminazione delle gallerie non venga interrotto. Per garantire il servizio sono presenti tre soluzioni che intervengono successivamente: in primo luogo il sistema installato è ridondante rispetto alle necessità, l'installazione di due gateway infatti serve a garantire una continuità nella trasmissione di informazioni anche nel caso in cui uno dovesse smettere di funzionare. Nel raro caso in cui entrambi i gateway non riescono a trasmettere il sistema PLC interviene escludendo la rete WSN e regolando l'illuminazione sulla base delle informazioni ricevute dal sensore esterno sull'illuminazione naturale e, nel caso in cui anche questo sia fuori uso il sistema ritorna alla vecchia modalità di regolazione basata sulla data e sull'ora.

ASPETTI HARDWARE TRASVERSALI

Il sistema TRITon è formato da:

- un sensore esterno per la rilevazione della luminosità esterna al tunnel,
- una rete di sensori interna composta da una serie di nodi funzionalmente equivalenti ai sensori "Telos B" equipaggiati con un microcontroller MSP430 e un chip radio Chipcon 2420. All'interno del nodo sono presenti quattro sensori per la rilevazione della luce ISL29004 e un sensore di temperatura TC1047A. Il sensore di temperatura non è necessario per la regolazione dell'impianto luminoso ma è utilizzato per controllare lo stato del nodo e il livello di utilizzo della batteria.
- due gateway Verdex – Pro dotati di porte Ethernet, USB e RS232 e di una card microSD da 1 Gb per l'archiviazione dei dati
- un sistema di illuminazione regolabile composto da lampade a LED (Light Emitting Diode) e HPS (High Pressure Sodium) a seconda di che impianto è presente nel tunnel. Le lampade HPS sono molto diffuse grazie alle loro alte emissioni e relativamente bassi consumi, ma possono essere controllate solo tra il 30% e il 100% del loro range di illuminazione e le variazioni richiedono minuti. La tecnologia LED invece è decisamente migliore sotto tutti i punti di vista (luminosità consumi e controllo) ma è meno diffusa poiché è una tecnologia recente.

- un Programmable Logic Controller (PLC). È il cervello del sistema di controllo: riceve in input il valore di illuminazione esterna e nei vari punti della galleria, li confronta con i valori della curva ideale e fornisce ordini ai controller delle singole lampade su come modificare l'intensità per aderire alla normativa.
- un Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA). È l'interfaccia tra il sistema e l'operatore. Ha la funzione di immagazzinare lo storico dei dati raccolti e controllare il funzionamento del PLC.

ASPETTI DI COMUNICAZIONE / RETE TRASVERSALI

Le modalità di comunicazione nel sistema TRITon sono di due tipi: la rete di nodi che si snoda all'interno della galleria comunica con i gateway attraverso una WSN dedicata solamente per questo tipo di comunicazione. I gateway, il sistema PLC e il sistema SCADA invece comunicano tra di loro attraverso una rete Ethernet e il protocollo internet TCP/IP.

Tutti i protocolli di comunicazione sono protocolli open source, e sono stati realizzati dall'Università di Trento in collaborazione con Siemens in quanto, al momento di avvio del progetto, non erano disponibili dei protocolli che soddisfacessero le caratteristiche di comunicazione richieste.

3.13. Progetto monitoraggio gas, intervista professor Saracco Politecnico di Torino

BREVE INTRODUZIONE SU AZIENDA E INTERLOCUTORE

L'ateneo piemontese, che nel 2011 ha compiuto 152 anni, è tra gli istituti accademici più importanti in Italia e in Europa. Il PoliTo conta al suo interno circa 30,000 studenti distribuiti in 96 percorsi formativi che comprendono corsi di laurea triennale, corsi di laurea magistrali, corsi di dottorato e corsi di specializzazione. Le immatricolazioni che ha registrato nel 2010 sono state circa 4,800 e nel bilancio previsionale per il 2010 sono stati registrati circa 380 milioni di Euro in entrata di cui circa 1/3 provenienti dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR).

Al suo interno vi sono le sedi delle facoltà di ingegneria e architettura ed è presente l'incubatore delle imprese innovative I3P. Proprio da questo incubatore è nata Minteos, un'azienda che opera nel campo delle nuove tecnologie, che in pochi anni si è affermata come Startup nell'ambito del monitoraggio ambientale. Da questo forte legame nasce un progetto di monitoraggio delle fughe di gas tossici all'interno del dipartimento di chimica del Politecnico che verrà descritto in seguito.

Il professor Guido Saracco è professore ordinario al Dipartimento di Scienza dei Materiali e Ingegneria Chimica (DISMIC) del Politecnico di Torino e ricopre i ruoli di: Componente Consiglio di Amministrazione, Componente Collegio Direttori Dipartimento e Centri, Presidente Centro Servizi di Alessandria, Vice coordinatore Commissione Programmi e Progetti per gli Insediamenti, Coordinatore Commissione Programmazione e Sostenibilità dei Processi di Sviluppo, Direttore Dipartimento di Scienza dei Materiali e Ingegneria Chimica e Componente Giunta Collegio Direttori Dipartimento e Centri.

Nella veste di direttore del DISMIC il professor Saracco è stato lo sponsor e il responsabile della valutazione di fattibilità del progetto in questione mentre, per quanto riguarda la fase di implementazione, si è affidato alla ditta Minteos.

QUADRO SINOTTICO DEI PROGETTI IOT AVVIATI DALL'AZIENDA

Il progetto avviato dal Politecnico di Torino riguarda la rilevazione e il monitoraggio dei gas tossici nei locali del Dipartimento di Scienza dei Materiali e Ingegneria Chimica dell'ateneo tramite il sistema Gasalert di Minteos.

DESCRIZIONE DEL PROCESSO E DELLE TECNOLOGIE

Pre-adozione

I laboratori sono dotati di un sistema di monitoraggio cablato. Questo sistema, nonostante sia certificato, non è adatto a rilevare piccole perdite di gas che si verificano all'interno del laboratorio. Il sistema cablato infatti prevede un solo sensore posizionato sul soffitto all'interno della stanza. Questo introduce tre criticità: 1) essendoci un solo sensore non si possono rilevare tutti i gas che vengono utilizzati in laboratorio poiché gas differenti richiedono sensori differenti 2) il sensore è posizionato sul soffitto della stanza, quindi non può rilevare i gas pesanti come l'anidride carbonica 3) essendo il sensore posizionato al centro della stanza e non in prossimità delle zone di utilizzo dei gas nel caso di piccole perdite (come la chiusura parziale di un rubinetto) per rilevare la perdita il gas deve arrivare a saturare la stanza, e a quel punto potrebbe essere troppo tardi per intervenire.

Post-adozione

La soluzione ai problemi emersi dall'analisi del sistema di rilevazione cablato adottata dal PoliTo è stata quella di installare il sistema GasAlert di Miteos. Questo sistema permette di rilevare perdite di gas tossici e nocivi allertando in pochi secondi i lavoratori e i gestori della sicurezza. In particolare questo progetto è composto da tre fasi:

1. La prima fase prevedeva l'installazione del sistema e il collaudo. Questa fase è stata completata e attualmente il sistema è perfettamente funzionante e, nel caso in cui una sentinella rilevi una perdita di gas, allerta tramite internet e cellulare i responsabili e gli addetti alla sicurezza.
2. La seconda fase, che è in fase di attuazione, prevede l'installazione di segnali locali di allerta che verranno attivati direttamente dal sistema e non, come accade adesso, dagli addetti alla sicurezza. In particolare è prevista l'installazione di segnali acustici e luminosi nei laboratori e l'installazione di un monitor informativo in tutti i punti di raccolta del personale evacuato in grado di fornire informazioni in tempo reale sul profilo di rischio.
3. La terza fase, che è in fase di progettazione, prevede un intervento attivo del sistema per migliorare la sicurezza dei laboratori. È infatti in fase di studio un sistema di elettrovalvole da installare sulle bombole dei gas collegato con le sentinelle di rilevazione che permetterà la chiusura automatica della bombola nel caso in cui la sentinella rilevi una perdita.

Il progetto GasAlert al Politecnico di Torino è partito nel febbraio 2011 e ha richiesto circa tre

mesi di progettazione e realizzazione della sensoristica. Il problema principale riscontrato dai tecnici di Minteos nella realizzazione di questo impianto è stato quello dell'affidabilità. La principale differenza tra una rete cablata e una rete wireless infatti è che la possibilità di interruzioni di comunicazione o interferenze nella rete wireless sono molto maggiori e questo, nel caso specifico del progetto, poiché è un progetto che ha come scopo la sicurezza nei laboratori, può essere molto pericoloso. Per risolvere questo problema è stato installato un sistema ridondante rispetto al necessario che offre maggiori garanzie grazie alla presenza di due gateway GPRS e la presenza di un gateway collegato alla rete cablata che hanno il compito di trasmettere i dati. In questo modo la trasmissione dei dati è assicurata sia in caso di un problema alla rete elettrica (necessaria per il funzionamento della rete cablata) sia in caso di un problema alla rete cellulare.

I vantaggi che offre un sistema wireless rispetto ad uno cablato riguardano invece principalmente la fase di installazione e espansione del sistema. La tecnologia wireless infatti permette l'installazione dei sensori nei punti più adeguati del laboratorio in funzione dei processi del laboratorio e del tipo di gas da rilevare. Inoltre, per garantire la corretta installazione dei sensori, il DISMIC ha introdotto una serie procedure da attuare prima dell'installazione e un programma di audit periodici interni che verifichino la correttezza delle installazioni. Un altro vantaggio che questa tecnologia fornisce nella fase di installazione è la possibilità di installare molti più sensori rispetto alla tecnologia precedente ad un costo minore, poiché non sono necessarie opere civili per la realizzazione della rete cablata, consentendo così l'installazione di sensori differenti a seconda delle tipologie di gas da rilevare.

Per quanto riguarda la fase di espansione del sistema infine la tecnologia wireless è nettamente migliore di quella wired poiché per ampliare il sistema è sufficiente installare un nuovo sensore e interfacciarlo con la rete, senza la necessità di interventi di muratura per la posa dei cavi di rete.

Utenti

Il sistema GasAlert attualmente è dotato di circa 29 sensori e copre una superficie di circa 500 m². Essendo stata ultimata solo la parte di sperimentazione del progetto il sistema è sottodimensionato rispetto alle esigenze dell'intero dipartimento ed è stato installato solamente in alcuni laboratori. È comunque intenzione dell'organizzazione estendere, in un secondo momento, il sistema a tutti i laboratori del DISMIC.

Obiettivi del progetto

Lo scopo del progetto, denominato Gasalert è il monitoraggio dei gas tossici all'interno dei laboratori del Dipartimento di Scienze dei Materiali e Ingegneria Chimica tramite reti di sensori wireless. Il sistema deve avere la possibilità di fornire alert in tempo reale in caso di superamento delle soglie di attenzione o pericolosità sui singoli gas monitorati all'interno di ogni laboratorio attrezzato.

ANALISI DEL PROCESSO DECISIONALE

Il Dipartimento di Scienza dei Materiali e Ingegneria Chimica è venuto a conoscenza della soluzione wireless GasAlert e dell'azienda Minteos tramite un altro progetto di monitoraggio che sta implementando il Politecnico di Torino denominato "Wifi 4 Energy". Il promotore del progetto è stato uno dei professori del dipartimento che, consapevole della potenzialità delle tecnologie e dei bisogni connessi alla sicurezza del lavoro nei laboratori ha avviato i contatti tra il professor Saracco e Minteos i quali, dopo una serie di sopralluoghi, sono giunti ad un accordo a cui è conseguito un contratto di fornitura.

Le analisi condotte dal professor Saracco sull'eventualità o meno di realizzare questo progetto sono partite dall'analisi della necessità di realizzare un sistema di sicurezza nei laboratori più efficiente di quello di cui disponevano. Una volta appurata questa necessità, alla luce delle inefficienze del sistema precedente descritte sopra, si sono aperte due possibilità: rinnovare l'impianto cablato o installare un sistema wireless. Il pregio dell'impianto cablato è una modalità di trasmissione dati più sicura rispetto al sistema wireless ma comporta dei costi di installazione molto maggiori a causa dei lavori sulla struttura necessari per l'ammodernamento della rete. L'impianto wireless invece presenta una maggiore flessibilità e un notevole risparmio sui costi di installazione, ma una minore affidabilità nella trasmissione dei dati. Per eliminare il problema della trasmissione dati si poteva installare un sistema ridondante il quale però avrebbe eroso il vantaggio economico derivante dall'assenza di lavori di muratura.

La discriminante in questo processo decisionale, che ha fatto sì che si decidesse di installare un sistema wireless, è stato non tanto il vantaggio economico derivante dall'adozione del sistema di Minteos ma la maggiore flessibilità che garantisce. I laboratori interessati dal progetto infatti evolvono molto velocemente (il layout del laboratorio cambia all'incirca ogni 6/8 mesi) ed in queste condizioni un impianto cablato potrebbe diventare inefficiente. Attraverso un sistema wireless invece è sufficiente spostare i sensori senza dover intervenire sull'infrastruttura di rete per avere sempre un impianto perfettamente corrispondente alle

necessità del laboratorio.

ASPETTI TECNOLOGICI

Il sistema GasAlert è un sistema facile e veloce da installare, in grado di fornire informazioni in tempo reale sul profilo di rischio. Ogni sensore funziona in modo indipendente e non richiede l'allaccio alla corrente elettrica. Il software Minteos gestisce tutti i moduli della piattaforma ed automaticamente inoltra in pochi secondi gli allarmi attraverso telefoni cellulari (sms e chiamate) e internet (email e notifica su interfaccia grafica). L'applicazione installata presso il Politecnico di Torino prevede 29 sentinelle, 2 gateway, un repeater e il software GasAlert che gestisce l'intero sistema.

Le sentinelle GasSentries di Minteos sono piccoli dispositivi wireless, dotati di un sensore, che esaminano costantemente l'ambiente circostante e comunicano i dati sui livelli dei gas ai gateway attraverso una comunicazione radio, RF a 433 MHz (Protocollo Minteos-RF). Le sentinelle sono realizzate in modo da garantire un bassissimo consumo di energia che gli consente di essere alimentate da una batteria e quindi autonome dalla rete elettrica. Le tipologie di sensore installati all'interno delle sentinelle sono sette e possono misurare, a seconda delle necessità, la presenza di: anidride carbonica (CO₂), monossido di carbonio (CO), ammoniaca (NH₃), idrogeno (H₂), anidride solforosa (SO₂), ossido di azoto (NO) e ossigeno (O₂). I dispositivi GasSentries sono anche dotati di capacità di calcolo che permette loro di verificare il livello di gas misurato con dei valori di soglia preimpostati e, nel caso in cui i valori misurati siano superiori, attivare direttamente i sistemi di allarme senza passare dal server.

I gateway, una volta ricevuti i dati dalle sentinelle li inviano tramite rete GPRS al sistema GasAlert. I gateway, a differenza delle sentinelle, per l'alimentazione sono collegati alla rete elettrica ma dispongono di una batteria, che ne garantisce la funzionalità per circa un mese, in caso di guasto all'impianto elettrico.

Il repeater non ha funzioni di trasmissione dati ma riceve i segnali dalle sentinelle e li ripete per aumentare la zona di copertura del sistema.

Il software GasAlert riceve i dati provenienti dai gateway, li analizza in modo più complesso rispetto alle sentinelle, e li interfaccia sul web in modo che siano disponibili per gli utenti. Inoltre, nel caso in cui venga superata la soglia del livello di sicurezza, invia istantaneamente l'allarme a tutte le persone che devono essere informate, attraverso chiamate, sms, email e notifica su interfaccia grafica.

3.14. Progetto monitoraggio del fiume Po, intervista alla dottorssa Vergnani Agenzia Interregionale per il fiume Po

BREVE INTRODUZIONE SU AZIENDA E INTERLOCUTORE

L'AIPO (Agenzia Interregionale per il fiume Po) dal 2003 ricopre il ruolo di “Magistrato per il Po”.

L'esigenza di individuare una struttura unica per il coordinamento dell'attività idraulica di tutto il bacino del Po è nata già all'inizio del secolo scorso a seguito delle piene del 1907 e del 1917. Nel 1927 infatti viene creato a Parma il Circolo di Ispezione del Genio Civile per il Po a cui fa seguito, nel 1956 l'istituzione del “Magistrato per il Po” che ha il compito di programmare, eseguire e gestire le opere di difesa dell'intero bacino. La definizione “Magistrato” deriva dalla prestigiosa tradizione della Serenissima Repubblica di Venezia nella quale esisteva un “Magistrato dei Savi” che si occupava dei corsi d'acqua.

Come detto dal 2003 questo ruolo è ricoperto dall'AIPO e le regioni interessate sono: Piemonte, Lombardia, Emilia Romagna e Veneto.

L'intervista è stata effettuata alla dottorssa Mirella Vergnani che, all'interno dell'AIPO, ricopre il ruolo di responsabile dell'ufficio Servizio di Piena del fiume Po che si occupa del monitoraggio del fiume e della gestione degli uffici operativi del Servizio di Piena.

QUADRO SINOTTICO DEI PROGETTI IOT AVVIATI DALL'AZIENDA

Il progetto avviato dall'AIPO è un progetto di ammodernamento del sistema di previsione del Servizio Piena che consiste nell'installazione di una rete di sensori lungo il corso del Po per il monitoraggio dello stato del fiume.

DESCRIZIONE DEL PROCESSO E DELLE TECNOLOGIE

Pre-adozione

Il servizio di Piena è stato implementato presso il Magistrato per il Po nel 1992, consisteva in un sistema di 22 stazioni idrometriche di cui solamente 9 effettuavano una previsione di livello.

Post-adozione

Il nuovo sistema, che si è sviluppato a partire dagli anni '90 e recentemente ha adottato le

tecnologie wireless per il monitoraggio, può contare sui dati rilevati da oltre 300 stazioni di rilevamento distribuite lungo tutta l'asta del Po e dai dati metereologici provenienti dalle ARPA (Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente) di tutte le regioni che collaborano al progetto. I dati raccolti dai sensori sono tutte grandezze fisiche: temperatura, neve, pioggia e livello idrometrico rilevate lungo tutto il bacino idrico del fiume Po, a questi si aggiungono i dati delle previsioni metereologiche, i dati provenienti da rilevazioni radar, che permettono il monitoraggio delle precipitazioni in un territorio esteso, e non una misurazione puntuale come i sensori, e i dati provenienti da videocamere installate dalle varie regioni per il monitoraggio visivo dei corsi d'acqua in zone critiche. I dati raccolti vengono poi inviati, tramite una centralina di trasmissione, nelle sale operative di tutti gli enti deputati alla gestione delle emergenze: Prefetture, Comuni, Vigili del Fuoco, Forze Armate e Protezione Civile. Tra questi ultimi vi è naturalmente l'Agenzia Interregionale per il fiume Po e i dati che arrivano in tempo reale a questa sala operativa vengono visualizzati, nonostante provengano da fonti diverse, attraverso un'unica piattaforma che consente di visualizzare i dati in modo immediato, permettendo anche la gestione dell'archivio storico dei valori registrati nel passato. Gli stessi valori alimentano poi un sistema di modellistica idraulica per la previsione e il controllo delle piene fluviali all'avanguardia anche rispetto al panorama europeo. Le previsioni effettuate dal sistema sull'asta principale del Po infatti, favorite anche dai tempi di transizione dell'onda relativamente lunghi, hanno un errore di circa 10 – 15 centimetri e offrono un anticipo di 24 ore. Nelle aree più a monte e negli affluenti invece, dove il tempo di corrvazione è molto più piccolo, le previsioni effettuate non possono essere altrettanto precise poiché non possono essere fatte su valori osservati come avviene a valle ma si basano sui valori previsti delle precipitazioni.

Utenti

Il bacino idrografico del Po si estende per circa 74,000 Km² e, come detto in precedenza, abbraccia il territorio di cinque regioni (Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Emilia Romagna e Veneto), oltre a modeste porzioni delle regioni limitrofe (Liguria, Toscana e la Provincia Autonoma di Trento), nonché circa 150 Km² di territorio svizzero. In totale sono interessate 24 province e 3,200 comuni. Il bacino idrografico del Po inoltre è solcato da 4,500 km di corsi d'acqua, con una estensione di arginature di seconda e terza categoria di 3,564 km.

ANALISI DEL PROCESSO DECISIONALE

Fonti di informazione relativi alle soluzioni tecnologiche

Il progetto di installazione di un sistema wireless di monitoraggio del fiume Po rientra nel normale processo di manutenzione e ammodernamento del sistema.

Obiettivi del progetto

Monitorare lo stato del fiume Po e prevenire eventuali situazioni di pericolo.

ANALISI COSTI – BENEFICI

Costi e indicazione della profittabilità del progetto

Per sviluppare il sistema di previsione modellistica l’Agenzia Interregionale per il fiume Po ha investito circa 2 milioni e mezzo di Euro.

La manutenzione ordinaria del sistema costa circa 100,000 Euro all’anno.

ASPETTI HARDWARE TRASVERSALI

Le stazioni di rilevamento sono alimentate da un sistema di pannelli solari e sono dotate di uno o più sensori per il rilevamento dei dati. Le tipologie di sensori adottati per il monitoraggio sono quattro:

- termometri, per la rilevazione della temperatura dell’aria e dell’acqua,
- idrometri, che sono sensori a ultrasuoni o a pressione che percepiscono le anomalie e gli innalzamenti dei corsi d’acqua
- pluviometri, che misurano quanti millimetri d’acqua stanno cadendo, fornendo non solo il valore di pioggia cumulata nel tempo ma anche l’intensità oraria del fenomeno
- nivometri, presenti solamente nelle zone montuose, che misurano le precipitazioni nevose.

ASPETTI DI COMUNICAZIONE / RETE TRASVERSALI

I dati raccolti dalle stazioni di rilevamento vengono inviati alle centrali operative delle autorità competenti attraverso l’utilizzo di una rete radio dedicata o via GPRS in caso di sovraccarico della rete radio e poi, attraverso il sito dell’AIPO, vengono resi disponibili per la consultazione anche ai cittadini.

3.15. Progetto di monitoraggio strutturale di una diga, intervista all'Ing. Fornari ENEL

BREVE INTRODUZIONE SU AZIENDA E INTERLOCUTORE

ENEL S.p.A. (Ente Nazionale per l'Energia Elettrica) è un operatore integrato, attivo nella produzione, distribuzione e vendita di elettricità e gas ed è l'azienda principale in Italia e la seconda in Europa tra quelle fornitrici di energia elettrica. Attualmente ENEL è presente in 40 Paesi e in quattro continenti. In Italia conta 32 milioni di clienti per quanto riguarda la fornitura di energia elettrica e 2,9 milioni di clienti per quanto riguarda la fornitura di gas.

La società ENEL S.p.A. è stata quotata alla Borsa Valori di Milano nel 1999 e attualmente è la società italiana con il più alto numero di azionisti: circa 1,2 milioni tra retail e istituzionali. L'interlocutore di questa intervista è l'Ing. Fornari, che all'interno di ENEL ricopre il ruolo di responsabile di questo progetto.

QUADRO SINOTTICO DEI PROGETTI IOT AVVIATI DALL'AZIENDA

Il progetto realizzato dall'azienda riguarda il monitoraggio strutturale della diga di San Nicolao, in prossimità del Moncenisio, effettuato attraverso sensori ad elevata precisione (inclinometri ed estensimetri) che rilevano i piccoli movimenti strutturali dell'impianto. Inoltre è stata installata una centralina meteo completa ed è stata integrata nel nuovo sistema la sensoristica già esistente (per il monitoraggio dei livelli e della temperatura dell'acqua) presso l'impianto.

DESCRIZIONE DEL PROCESSO E DELLE TECNOLOGIE

Pre-adozione

Il sistema di monitoraggio presente presso la diga di San Nicolao prima del progetto che verrà descritto in seguito era composto da dei sensori di temperatura e livello dell'acqua presente nel bacino ed era controllato periodicamente (circa due volte all'anno) da dei tecnici di ENEL.

Post-adozione

Il progetto è stato effettuato sulla diga di San Nicolao, che presenta delle particolarità dal punto di vista della localizzazione perché è una diga di piccole dimensioni, sotto il controllo della regione Piemonte ma si trova in territorio francese, ed è stato scelto questo sito perché è particolarmente importante in quanto si trova all'interno di uno dei maggiori impianti italiani

di produzione di energia elettrica, in Val di Susa. La diga inoltre è un'opera abbastanza antica, in quanto ha circa 80 anni di vita, e presenta alcune problematiche di sicurezza.

Questo progetto è partito nel 2010, ha richiesto, data la complessità organizzativa interna di ENEL e il gran numero di attori coinvolti, una fase abbastanza lunga di trattative e definizione delle specifiche e attualmente si è conclusa da poco la fase di installazione del sistema Damwatch di Minteos. La fase in corso in questo momento, che durerà circa un anno per sperimentare il sistema in tutte le condizioni ambientali possibili, è quindi quella del collaudo del sistema e della verifica della sua affidabilità. Alla fine di questa fase poi il sistema, se risulterà sufficientemente robusto, diventerà completamente operativo con l'impostazione di alcuni livelli soglia per ciascun sensore al superamento dei quali il sistema invierà un segnale di allarme alla centrale operativa.

I dati raccolti consistono nella rilevazione delle variazioni inclinometriche della struttura, monitorati dagli inclinometri Leica, dalle variazioni in senso longitudinale e trasversali monitorate da diversi estensimetri biassiali e dalle condizioni atmosferiche rilevate da una stazione meteo. Una volta raccolti i dati le misurazioni di ciascun sensore sono trasmesse via wireless ad un'unità di raccolta dati che a sua volta si interfaccia (tramite una porta seriale RS232 o USB) al sistema informativo di controllo della diga di proprietà di ENEL presso la casa di guardia. Proprio l'interfacciamento del nuovo sistema di monitoraggio con il vecchio sistema informativo di controllo ha rappresentato la maggiore criticità nell'implementazione del sistema. I dati di funzionamento di una diga infatti sono considerati dati sensibili e quindi il sistema è "blindato" per garantire la riservatezza dei dati raccolti. Questo ha comportato un cambiamento di tutti i processi e le procedure di rilevamento dei dati e comporta soprattutto un problema nella fase attuale di sperimentazione in quanto l'azienda fornitrice del sistema (Minteos) per verificare la correttezza dei dati deve avervi accesso.

I vantaggi che porta questo sistema invece sono di due tipologie: economici e di monitoraggio. I vantaggi economici riguardano il minor coinvolgimento dei tecnici nelle rilevazioni, in quanto il sistema è controllabile da remoto, mentre i vantaggi di monitoraggio consistono nella possibilità di installare alcuni sensori in posti prima inaccessibili perché non raggiungibili con un'infrastruttura cablata.

Utenti

Il progetto attualmente riguarda solamente la diga di San Nicolao ma, nel caso i cui dovesse venire esteso a tutte le dighe presenti in Piemonte verrebbe installato su un totale di circa 70 impianti.

Fornitori / partner tecnologici

- Minteos, che fornisce il sistema di monitoraggio Damwatch.

ANALISI DEL PROCESSO DECISIONALE

Attori coinvolti nella decisione

Le fasi di contrattazione tra ENEL e Minteos e la successiva definizione delle specifiche hanno richiesto circa un anno di lavoro e sequenzialmente hanno seguito la seguente procedura:

- Acquisizione di lettera di referenziamento presso CVA da parte di Minteos
- Contatto con i responsabili di area Dighe di ENEL da parte di Minteos attraverso il coinvolgimento di alcuni partner (sia società che consulenti operanti nel settore e conosciuti per i loro trascorsi e la loro competenza professionale)
- Realizzazione di una presentazione per i responsabili di area di ENEL
- Raccolta delle specifiche tecniche presso l'Ing. Fornari e il suo team per la predisposizione del primo progetto
- Negoziazione con ufficio acquisti post-approvazione offerta tecnica
- Start del progetto

Obiettivi del progetto

L'obiettivo del progetto è quello di monitorare i movimenti strutturali, i dati meteo e la temperatura dell'acqua della diga di San Nicolao, Moncenisio.

Attraverso tale progetto l'obiettivo è quello di ridurre i costi legati ai monitoraggi in situ di tecnici ENEL ed aumentare la qualità dei dati e la velocità di ricevimento degli stessi.

Principali barriere

Il principale ostacolo riscontrato nell'implementazione del sistema riguarda l'interfacciamento del nuovo sistema di monitoraggio con il vecchio sistema informativo di controllo. I dati di funzionamento di una diga infatti sono considerati dati sensibili e quindi il sistema è "blindato" per garantire la riservatezza dei dati raccolti. Questo ha comportato un cambiamento di tutti i processi e le procedure di rilevamento dei dati e comporta soprattutto un problema nella fase attuale di sperimentazione in quanto l'azienda fornitrice del sistema (Minteos) per verificare la correttezza dei dati deve avervi accesso.

ANALISI COSTI – BENEFICI

Benefici ottenuti / attesi dal progetto

Il progetto ha come obiettivo quello di abbassare o eliminare i costi di monitoraggio in-situ

dei tecnici ENEL e di consentire l'installazione di sensori anche in posti prima irraggiungibili attraverso l'utilizzo di una rete cablata.

Costi e indicazione della profittabilità del progetto

Il progetto è costato circa 50,000 Euro di cui la maggior parte impiegati per l'acquisto della strumentazione (sensori).

FUNZIONALITÀ OFFERTE DAL SISTEMA

Sensing: tipo di fenomeno da misurare/controllare, periodicità della misura, periodicità della richiesta

I fenomeni che il sistema è in grado di rilevare sono.

- deformazioni della struttura
- apertura di lesioni
- spostamenti
- pressioni.

Azione: tipo di azione richiesta, qualità del servizio richiesta

Il sistema Damwatch permette il rilevamento dei movimenti strutturali dell'impianto artificiale tramite sensori che rilevano le variazioni inclinometriche e biassiali della struttura, i dati meteo e la temperatura dell'acqua del bacino artificiale.

ASPETTI HARDWARE TRASVERSALI

Il sistema Minteos sarà costituito da diverse unità di acquisizione e trasmissione wireless dei dati.

Nello specifico:

- 4 inclinometri Leica Nivel 20;
- 7 estensimetri biassiali;
- 1 sensore di temperatura dell'acqua;
- 1 stazione meteo.

ASPETTI DI COMUNICAZIONE / RETE TRASVERSALI

Le misurazioni di ciascun sensore saranno trasmesse via wireless ad un'unità di raccolta dati, quest'ultima si interfacerà (tramite porta seriale RS232 o USB) al sistema Indaco di ENEL installato su di un PC situato presso la casa di guardia nei pressi della diga.

ASPETTI SOFTWARE TRASVERSALI

Il progetto non include l'utilizzo dell'interfaccia web Naturalert di Minteos, ma bensì il sistema Indaco (già utilizzato e di proprietà di ENEL), dove il personale incaricato ENEL monitorerà tutti i dati in arrivo dal sistema installato sul campo.

3.16. Progetto Torre di Rialba

BREVE INTRODUZIONE SULL'AZIENDA

Il Politecnico di Milano è uno degli istituti accademici più importanti in Italia e in Europa. Propone corsi universitari e studi di ricerca di carattere scientifico – tecnologico nell'ambito dell'ingegneria, dell'architettura e del design.

La sua nascita risale al 1863 e nel 2011 è entrato al 48° posto nella classifica delle migliori università del mondo in ambito ingegneristico e tecnologico. Attualmente all'interno del Politecnico di Milano lavorano circa 1,400 docenti e circa 1,200 persone tra personale tecnico e amministrativo, conta circa 35,000 studenti e circa 900 allievi della scuola di dottorato.

IL PROGETTO

Il progetto di monitoraggio della Torre di Rialba consiste nel monitoraggio del pericolo di crolli e del pericolo di caduta massi da una formazione rocciosa.

Questo progetto è stato realizzato dal Politecnico di Milano in collaborazione con i ricercatori del progetto MIARIA, che è un progetto europeo interregionale Italia-Svizzera, con l'European Regional Development Fund e con i ricercatori del progetto KIOS, che è un progetto supportato dal governo cipriota attraverso la Research Promotion Foundation.

L'idea dei ricercatori è quella di installare una rete WSN (Wireless Sensor Network) in cui coesistono diversi sistemi di monitoraggio che rilevano parametri differenti ma che coesistono all'interno della stessa rete e condividono trasmissione, interpretazione, archiviazione e analisi dei dati.

L'obiettivo del progetto è quello di fornire uno strumento di previsione efficace in materia di frane o crolli di materiale roccioso. Per fare questo è stato studiato un sistema basato sulle nuove tecnologie poiché gli strumenti tradizionali (estensimetri, piezometri e inclinometri), nonostante siano degli ottimi strumenti per valutare la pericolosità dei pendii e delle facciate montuose, non sono in grado di rilevare i segnali deboli che preannunciano un pericolo di crollo. Per rilevare questi segnali è stato progettato un sistema di monitoraggio in tempo reale formato da due sottosistemi che monitorano due aspetti differenti: uno che misura la struttura rocciosa a livello microscopico, che quindi è in grado di rilevare le piccole fratture che si formano all'interno della roccia, e uno che misura la struttura rocciosa a livello macroscopico, in grado di rilevare i cambiamenti morfologici della struttura.

Il primo sottosistema è composto da una rete di accelerometri MEMS che sono in grado di rilevare le micro-vibrazioni generate dalla nascita e dall'evoluzione di micro-fratture nella

roccia. Ad ogni minima vibrazione infatti i sensori registrano il movimento, effettuano un primo filtraggio dei dati per eliminare il rumore, quindi tutte quelle vibrazioni che non sono compatibili con una frattura, archiviano i dati sulla loro memoria interna e infine li inviano al gateway. Per svolgere questo compito però i sensori richiedono molta energia, soprattutto perché per poter localizzare la frattura è necessaria una frequenza di collegamento tra le diverse unità molto alta (1 millisecondo). Questo non permette la realizzazione di una rete wireless poiché le batterie che alimentano i sensori avrebbero una durata molto limitata. Per realizzare questa rete quindi è stato scelto un sistema ibrido: con i sensori collegati al gateway che gli fornisce energia e il gateway collegato in modalità wireless con la stazione di controllo.

Il secondo sottosistema invece è composto da una rete di nodi in grado di rilevare l'inclinazione del terreno, l'allargamento di eventuale crepe presenti, la temperatura e l'entità delle precipitazioni. La raccolta di questi dati, rispetto al rilevamento delle fratture interne illustrato in precedenza, necessita di una frequenza di collegamento molto più bassa, anche perché il fenomeno che monitorano è molto più lento, e quindi permettono l'adozione di una rete di monitoraggio completamente wireless.

In entrambi i sottosistemi sono presenti dei gateway che hanno il compito di raccogliere i dati provenienti dai sensori e inviarli via internet alla control room del sistema. La control room a sua volta ha il compito di collezionare i dati provenienti da tutti i gateway di entrambi i sistemi e di renderli disponibili, attraverso un'applicazione web, agli utenti che possono visualizzarli selezionando i sensori di interesse e l'intervallo di tempo di interesse sia in formato grafico che scaricando i dati in un formato standard per poterli poi utilizzare su altri programmi di analisi tipo Excel o MATLAB.

Come sito per la fase di test di questo sistema è stata scelta la formazione rocciosa chiamata Torre di Rialba che si trova a Lecco, nel nord dell'Italia. È stato scelto questo sito perché è una formazione di roccia calcarea soggetta a un sistema di fratture che si trova nelle vicinanze delle principali infrastrutture (autostrada, ferrovia e infrastrutture di distribuzione dell'energia elettrica e del gas) che collegano le provincie di Lecco e di Sondrio. Il che rende la Torre di Rialba un sito particolarmente interessante per l'implementazione di un sistema di monitoraggio come quello descritto.

La prima fase del progetto è consistita in un accurato studio geologico sull'analisi della roccia che ha permesso di identificare le zone in cui installare i due sistemi di monitoraggio e di identificare dove installare ogni singolo sensore in modo da massimizzare la produzione di

informazioni degli stessi. A questo studio è seguita l'installazione dell'intero sistema in due fasi distinte: nel luglio 2010 l'installazione del sistema di monitoraggio delle microfrazioni alla base della Torre di Rialba, composto da un gateway e tre Sensorial Processing Unit (SPU) che contengono i sensori, e nel luglio 2011 l'installazione del sistema di rilevazione della morfologia del sito composto anch'esso da un gateway e tre SPU.

LA TECNOLOGIA UTILIZZATA

Come si può facilmente capire dal paragrafo precedente il sistema di monitoraggio illustrato è composto da due sottoinsiemi ognuno dei quali è formato da due componenti: i gateway e le SPU. I gateway dei due sistemi sono simili e sono formati da tre moduli principali:

- un main board composto da un microprocessore ARM9 su cui gira un sistema operativo Linux e integrato con un disco USB per l'archiviazione dei dati
- un modulo radio per la sincronizzazione con la control room
- un circuito di raccolta di energia formato da due pannelli fotovoltaici

Le SPU invece sono diverse tra i due sistemi in quanto incorporano sensori differenti:

- Le SPU del primo sistema sono dotate di
 - Accelerometri MEMS
 - Inclinometri
- Le SPU del secondo sistema sono dotate di
 - Inclinometri
 - Estensimetri
 - Termometri
 - Pluviometri

3.17. Progetto WISELAND

BREVE INTRODUZIONE SU AZIENDA E INTERLOCUTORE

La Provincia di Bologna si trova nella zona nord-occidentale dell'Italia, si estende su una superficie di 3,702 km², di cui la maggior parte si trovano in zone collinari o montuose, conta al suo interno 60 comuni e circa 984,000 abitanti. Come le altre provincie italiane gode di una certa autonomia che le consente lo svolgimento di alcuni ruoli amministrativi che gli vengono conferiti direttamente dallo stato o gli vengono delegati dalla regione. Tra le funzioni amministrative che spettano alla provincia si possono trovare:

- tutela ambientale, difesa del suolo e protezione civile;
- tutela e valorizzazione delle risorse idriche ed energetiche;
- valorizzazione dei beni culturali;
- viabilità e trasporti;
- protezione della flora e della fauna e gestione di parchi e riserve naturali;
- caccia e pesca nelle acque interne;
- smaltimento dei rifiuti e controllo sugli scarichi delle acque e sulle emissioni atmosferiche;
- servizi sanitari attribuiti dalla legislazione statale e regionale;
- compiti attribuiti dalla legislazione statale e regionale relativi all'istruzione scolastica superiore, compresa l'edilizia scolastica, ed alla formazione professionale;
- raccolta ed elaborazione dati, assistenza tecnico-amministrativa agli enti locali.

QUADRO SINOTTICO DEI PROGETTI IOT AVVIATI DALL'AZIENDA

Il progetto avviato dalla Provincia di Bologna in collaborazione con l'Università di Bologna riguarda la realizzazione di un sistema di monitoraggio wireless di zone in cui vi è un'alta probabilità di frane.

DESCRIZIONE DEL PROCESSO E DELLE TECNOLOGIE

Pre-adozione

Il sistema di monitoraggio tradizionale prevedeva l'utilizzo di

- 10 sensori di pressione disposti su tre verticali a profondità comprese tra 0,5 e 10 metri
- 9 sensori di umidità del suolo disposti su tre verticali a profondità inferiori a un metro
- un pluviometro

- tre estensimetri a filo posti a cavallo della corona di distacco

tutti i dati venivano rilevati ogni 20 minuti e registrati da due datalogger collegati tramite un sistema GSM ad un centro di controllo che ne verifica il funzionamento e scarica i dati da remoto.

I problemi di questo sistema di monitoraggio sono i seguenti:

- l'installazione di nuovi sensori o la sostituzione di sensori danneggiati è laboriosa
- i costi di manutenzione sono alti
- la possibilità di perdere dati è elevata soprattutto a causa delle difficoltà di alimentazione delle centraline di sensori e datalogger
- l'estensione dell'area monitorata è elevata e di conseguenza l'installazione e l'alimentazione del sistema è costosa
- è impossibile un controllo in tempo reale a causa della laboriosa procedura di scarico ed elaborazione dei dati

Post-adozione

Il progetto WISELAND integra al proprio interno le tecnologie WSN (Wireless Sensor Network) e le tecnologie ATM (Airbone Terrain Mapping) per il monitoraggio di una zona franosa ad elevata pericolosità. Il progetto, attualmente concluso, è durato 24 mesi: dal settembre 2008 al settembre 2010 ed è stato finanziato dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (MIUR) per un totale di circa 170,000 Euro.

Il sito di sperimentazione del progetto è la frana di Silla-Montecchi, Gaggio Montano, in provincia di Bologna. Questo sito si trova a 2 km dall'abitato di Silla e si estende da fondovalle (350 m slm) fino al crinale che si trova presso la località Montecchi (750 m slm). La frana in questione si divide in due depositi franosi principali: la frana di Silla-Zona industriale che ha una lunghezza di circa 900 metri, un'estensione di 25,000 m² e l'ultima sua fase di movimento è avvenuta nel 1937/38, e la frana di Silla-Montecchi che ha una lunghezza di circa 1,200 metri e copre un'area di circa 165,000 m². Questa parte della frana, a differenza della prima, si è riattivata nel Novembre 1994 a seguito di un periodo di precipitazioni intense e prolungate. L'esigenza di monitoraggio di questo sito deriva dal fatto che a valle di questi smottamenti si estende un'area intensamente urbanizzata attraversata da strade di importanza regionale.

Per monitorare questo sito era stato installato nel 2004 un sistema di monitoraggio tradizionale, illustrato nel paragrafo precedente che si è deciso di sostituire con un sistema di monitoraggio wireless nel 2008. Si è scelto un sistema wireless perché offre i seguenti

vantaggi:

- la tecnologia wireless permette di monitorare un ambiente da remoto, caratteristica di particolare importanza in zone difficilmente raggiungibili
- ogni sensore è in grado di rilevare, analizzare, aggregare e distribuire i dati
- una rete wireless non necessita di particolari infrastrutture e può essere installata rapidamente
- il basso costo unitario dei nodi permette di installarne grandi quantità su ampi spazi
- i recenti progressi tecnologici garantiscono una vita utile della rete abbastanza lunga, e quindi bassi costi di manutenzione

Il sistema è composto da un primo strato di nodi sensore che possono essere programmati con due distinti algoritmi: “data” o “bridge” a seconda del ruolo che svolgono. I nodi “data” hanno il compito di raccogliere dati dall’ambiente mediante l’utilizzo di accelerometri, estensimetri, misuratori laser, sensori di pressione, sensori di umidità e spedirli ai nodi “bridge” che a loro volta li instradano verso una base-station installata in una zona sicura esterna alla frana. La base-station a sua volta attraverso l’utilizzo di un notebook e un collegamento UMTS invierà i dati ad un database. A questo punto i dati vengono integrati con i dati raccolti dalle tecnologie ATM e vengono resi disponibili agli utenti che possono impiegarli su strumenti GIS (Geographical Information System) o visualizzarli attraverso un’interfaccia web. Il portale web è in grado di visualizzare i dati attraverso l’utilizzo di mappe o grafici offrendo un’istantanea sulla situazione mostrando sia il comportamento globale della frana sia il comportamento di ogni singolo sensore. Inoltre un meccanismo di allarmi e avvertimenti fa sì che al manifestarsi di determinati eventi il sistema in automatico invia SMS, e-mail e telefonate agli organi di sicurezza preposti: Vigili del Fuoco, Protezione Civile, ecc.

Fornitori / partner tecnologici

- Università di Bologna
- Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, Dipartimento di Scienze della Terra
- Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, Dipartimento di Scienze e Metodi dell’Ingegneria
- Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale.

Obiettivi del progetto

L'obiettivo del progetto WISELAND è quello di migliorare la capacità di prevenire e controllare l'evoluzione delle frane mediante lo sviluppo e la sperimentazione di soluzioni di controllo innovative e a basso costo.

ASPETTI HARDWARE TRASVERSALI

Il sistema è composto da due tipologie di nodi: "data" e "bridge" e da una base-station

I nodi "data" sono nodi Micaz dell'azienda Crossbow equipaggiati con appositi sensori che possono essere:

- accelerometri
- estensimetri
- misuratori laser
- sensori di pressione
- termometri
- sensori di umidità.

I nodi "bridge" sono sempre nodi Micaz dell'azienda Crossbow programmati per fungere da ripetitori e replicare i dati inviati dai nodi "data" fino alla base-station

Le base-station sono composte da un ricevitore collegato con un notebook che ha il compito di archiviare i dati e inviarli via internet tramite una connessione FTP ad un database che poi li renderà accessibili agli utenti.

4. CONCLUSIONI

Il seguente capitolo si pone l'obiettivo di riassumere le caratteristiche principali emerse dall'analisi dei progetti illustrati nel capitolo 3 individuando le soluzioni tecnologiche appartenenti al paradigma Internet of Things che meglio si adattano al contesto ambientale e analizzando vantaggi e criticità che derivano dal loro utilizzo sia dal punto di vista tecnologico sia dal punto di vista economico.

Per concludere questo breve lavoro, che ha avuto come tema l'*Internet of Things* e le sue applicazioni in ambito ambientale, si offrono ora i risultati di un'analisi effettuata sui case studies descritti nel capitolo 3.

La prima considerazione che emerge dopo una veloce lettura di questi progetti è che tra le tre tecnologie principali che hanno permesso la nascita dell'*Internet of Things* descritte nel capitolo 1, RFID, Wireless Sensors Network e Machine to Machine, le uniche utilizzate in ambito ambientale sono le tecnologie WSN. Solamente le reti wireless infatti, tra le tecnologie considerate, sono adatte per monitorare un ambiente esteso poiché le tecnologie RFID hanno un campo di azione troppo limitato (qualche decina di metri) mentre le tecnologie M2M, che hanno come scopo principale quello di chiudere il ciclo di comunicazione con il dispositivo che ha rilevato il dato in modo da permettergli un'autoconfigurazione ed eliminare l'intervento umano, non sono ancora diffuse in ambito ambientale e in questa analisi rientrano solamente all'interno del progetto TRITon.

In questo contesto quindi i benefici e le criticità portati dall'*Internet of Things* possono essere equiparati ai benefici e alle criticità che offrono le tecnologie Wireless Sensor Network. In particolare in ambito tecnologico:

- Benefici
 - Non necessitano di una infrastruttura di supporto
 - Offrono un'ottima scalabilità della rete
 - Permettono l'installazione di un sistema di monitoraggio capillare sul territorio di interesse.
- Criticità
 - L'affidabilità della rete è più bassa rispetto all'utilizzo di una rete cablata
 - L'alimentazione dei sensori permette un grado di utilizzo limitato.

In ambito economico:

- Benefici
 - Il costo dell'intera rete è basso
 - Il costo dei sensori è in continuo calo negli ultimi anni
 - Consente un risparmio energetico.
- Criticità
 - Per aumentare l'affidabilità della rete è necessario installare dei sistemi ridondanti.

Come si può notare dall'elenco sovrastante benefici e criticità riscontrati in ambito tecnologico ed economico sono reciprocamente collegati. Infatti il beneficio che porta l'assenza di un'infrastruttura di supporto in ambito tecnologico si riflette in un beneficio economico poiché i costi della struttura si abbassano notevolmente, oppure il fatto che il costo della componente di sensoristica del sistema negli ultimi anni si sia abbassato notevolmente permette l'utilizzo di più sensori all'interno della stessa rete e quindi una copertura maggiore del territorio di interesse per il monitoraggio. Parallelamente anche le criticità sono complementari tra i due aspetti. Infatti la criticità tecnologica della minore affidabilità nelle comunicazioni di una rete wireless rispetto ad una rete cablata si riflettono sull'aspetto economico del progetto con la necessità di installare un sistema ridondante, rispetto alle specifiche tecniche di base per il funzionamento del sistema, in quanto in ambito ambientale un difetto nel funzionamento del sistema potrebbe causare delle conseguenze anche gravi (si pensi alle conseguenze di una caduta di comunicazione durante una fuga di gas tossici all'interno dei laboratori di chimica del Politecnico di Torino).

Dall'analisi effettuata è inoltre emerso che i benefici che derivano dall'adozione di una rete wireless rispetto ad una rete cablata sono complessivamente superiori rispetto alle criticità che si devono affrontare, ed in particolare gli aspetti che più spingono verso un utilizzo sempre maggiore delle WSN sono quattro. Il primo aspetto, che può essere esteso a tutti gli ambiti di applicazione dell'*Internet of Things* e non solo a quello ambientale, è che questa tecnologia si è diffusa negli ultimi anni grazie al forte calo dei costi che comporta a livello di componentistica hardware. Gli altri tre aspetti riguardano invece solamente il tema del monitoraggio ambientale e sono:

- il basso impatto ambientale della rete che deriva dall'assenza dell'infrastruttura di supporto e dalle dimensioni ridotte dei vari nodi. Questo permette di installare i nodi senza "inquinare" il paesaggio, cosa fondamentale nello studio degli ecosistemi (vedi caso Great Duck Island)
- la scalabilità del sistema. Questo aspetto permette infatti di realizzare dei piccoli progetti pilota per verificare i vantaggi che offre per poi estendere il sistema con costi contenuti (vedi caso del Politecnico di Torino)
- il risparmio energetico che abilita un sistema di monitoraggio in tempo reale (vedi caso TRITon)

A fronte di questi aspetti, e sulla base dei possibili sviluppi futuri della tecnologia illustrati nel paragrafo 1.4, è ragionevole pensare che nel prossimo futuro l'*Internet of Things* si diffonderà

in modo capillare all'interno dell'ambito del monitoraggio ambientale fornendo a tutti gli utenti interessati una quantità di dati e di servizi sempre maggiore.

BIBLIOGRAFIA

Articoli tratti da siti internet

Roberto Saracco, “*Ubiquitous computing*” Mondo digitale n. 3, settembre 2003.

R. Jason Weiss, J Philip Chraiger, “*Ubiquitous computing*” The Industrial-Organizational Psychologist volume 39, numero 4, aprile 2002

Mark Weiser, “*Hot topics*” IEEE Computer, ottobre 1993

Michael Chui, Markus Löffler, and Roger Roberts, “*The internet of Things*” McKinsey Quarterly 2010 Number 2

E. Rukzio, J. Hamard, M Paolucci, A. Schmidt, M. Wagner, H. Berndt, “*Mobile service interaction with the web of things*”

Stephen Dye, “*Machine – to – Machine (M2M) communications*”

Tim Crosby, “*How Machine to Machine communications work*”

Alan Mainwaring, Joseph Polastre, Robert Szewczyk, David Culler, John Anderson, “*Wireless Sensor Networks for Habitat Monitoring*”

Cesare Alippi, Giacomo Boracchi, Manuel Roveri, “*Above and below the ocean surface: a WSN framework for monitoring the Great Barrier Reef*”

Pubblicazioni

ITU (International Telecommunication Union), internet report 2005, “*The Internet of Things*”

NIC (National Intelligence Council), “*Disruptive civil technologies*” Appendix F, aprile 2008.

EPoSS (European Technology Platform on Smart System Integration), “*Internet of Things in 2020*”, 27 maggio 2008

CERP - IoT (Cluster of European Research Project on the Internet of Things) “*Vision and challenges for realising the Internet of Things*”, Marzo 2010

Commiot, Commissiono of the European Community, “*Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Internet of Things – An action plan for Europe*”, 18 Giugno 2009

The Hammersmith Group, “*Research report – The internet of things: Networked objects and smart device*”, febbraio 2010

G. Fasano, “*stato dell’arte e prospettive degli smart building*” Convegno FIRE, l’efficienza energetica negli edifici: opportunità e ruoli per gli energy manager. 11 – 12 novembre 2004

Emiliano Sisinni, “*WSN: Wireless Sensor Networking*” Seminario di eccellenza “Italo Gorini” 29 agosto – 2 settembre 2005

P. Tiberio L. Rovati, “*WSN Wireless Sensor Network*” Modena 29 Maggio 2008.

F. L. Lewis, “*wireless sensor networks*” Smart environments: technologies, protocols and applications, 2004

Gian Pietro Picco, “*Is There Light At The Ends Of The Tunnel?*” Wireless Sensor Networks for Adaptive Lighting in Road Tunnels, Aprile 2011

Siti internet

IoT Council (Internet of Things Council): www.theinternetofthings.eu

IIT (Istituto di Informatica e Telematica): www.iit.cnr.it/attivita_ricerca/internet-things

RFID Italia: www.rfiditalia.com

M2M communications: <http://www.m2mcomm.com>

Beacon Institute: <http://bire.org/home/index.php>

GMES.info: <http://www.gmes.info/pages-principales/overview/gmes-in-brief/>

European Commission: <http://ec.europa.eu/enterprise/policies/space/gmes/>

ESA: http://www.esa.int/esaLP/SEMOMS4KXMF_LPgmes_0.html

GITEWS: <http://www.gitews.org>

Glacsweb: <http://glacsweb.org/index.html>

Swiss National Science Foundation:

<http://www.snf.ch/nfp/nccr/E/nccrdetail/Pages/default.aspx>

Info4Dourou: <http://cooperation.epfl.ch/page-9064-en.html>

SensorScope: http://sensorscope.epfl.ch/index.php/Main_Page

Waspnote: <http://news.thomasnet.com/fullstory/Wireless-Sensor-Board-enables-precise-agriculture-execution-579025>

ioBridge: <http://iobridge.com/>