



Università degli studi Roma Tre
Facoltà di Ingegneria

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Informatica
Tesi di laurea

Sistema di telemonitoraggio via web
per macchine industriali

Relatore
Prof. PAOLO MERIALDO

Co-relatore
Ing. FRANCESCO ORFEI

Candidato
FEDERICO VIGNA

Matricola: 254377

*A Fedele e
Maghella
che mi hanno lasciato
ma mi hanno lasciato il loro incancellabile ricordo*

*Ai miei genitori
Mauro e Rosa
sempre presenti
che mi hanno lasciato tornare a studiare a 27 anni
e permesso sempre di realizzare i miei sogni*

*Alla nonna Pia
per tutto l'affetto e l'amore
e al nonno Enea
che ancor di più questa volta sarebbe orgoglioso di me*

*A Lucia, la donna che amo.
Con la sua dolcezza mi ha accompagnato lungo quest'avventura:
il mio futuro è accanto a lei*

A chiunque ha creduto in me

Indice generale

1	Il sistema di telemonitoraggio.....	7
1.1	Il gruppo di ricerca.....	8
1.2	Ambizioni del progetto.....	8
1.3	Il sistema realizzato.....	10
2	Lo sviluppo del sistema.....	16
2.1	Requisiti del sistema.....	16
2.2	Sviluppo dei sottosistemi.....	19
2.2.1	Il sottosistema elettronico.....	20
2.2.2	Il sottosistema informatico.....	22
2.2.3	Integrazione dei sottosistemi.....	22
3	Il processo software.....	25
3.1.1	Unified Process.....	28
4	Analisi dei requisiti.....	30
5	Progettazione e definizione dell'Architettura.....	37
6	Comunicazione con i dispositivi.....	48
6.1	Fox Board: sviluppo e scripting.....	48
6.1.1	La gestione degli allarmi.....	51
6.1.2	La struttura del file CSV di scambio	52
6.2	Configurazione e scripting del Server.....	53

7	L'applicazione Web.....	55
7.1	Il dominio.....	57
7.2	La progettazione ed implementazione dei casi d'uso.....	59
7.2.1	Monitoraggio parametri.....	60
7.2.2	Importazione dati.....	62
7.2.3	Gestione degli allarmi.....	64
7.2.4	Controllo dei dati.....	67
7.2.5	Interventi ed anagrafiche.....	67
7.3	La vista.....	68
7.3.1	Il gestore della navigazione.....	77
7.4	Librerie di supporto.....	78
7.4.1	La libreria Notifier.....	79
7.4.2	Creazione dei grafici.....	82
7.4.3	La classe Form	85
7.5	La gestione della persistenza.....	86
7.6	Testing.....	88
8	Verifica e Tuning del sistema.....	93
8.1	Tuning Database.....	93
8.1.1	Strutture fisiche.....	94
8.1.2	Transazioni e concorrenza.....	95
8.1.3	Altre tecniche di tuning.....	98
8.2	Verifiche del carico di lavoro.....	100
8.3	Altre ottimizzazioni del sistema.....	101
9	Conclusioni e sviluppi futuri.....	104
	Bibliografia.....	109
	Indice delle illustrazioni.....	111

Introduzione

E' facile dimenticare quanto nella quotidianità ci affidiamo all'elettronica e alle apparecchiature basate su di essa, dal divertimento alla salute, dalle auto e dai cellulari ai macchinari di un ospedale. Controllare e monitorare questi apparecchi diventa quindi importante o addirittura vitale, in proporzione alle conseguenze dell'errato funzionamento degli stessi. Si pensi ad un UPS che sopperisce alla mancanza di corrente in una azienda o, peggio, in un ospedale: potrebbe trascorrere qualche anno prima che entrino in azione le batterie di supporto. Nel frattempo potrebbero essere insorte anomalie – ad esempio le batterie sono diventate inutilizzabili – che renderebbero inutile tale apparecchio con conseguenze che è facile immaginare a seconda del contesto ipotizzato.

Pertanto, specie nelle situazioni più delicate, si auspica vi siano adeguati sistemi di controllo e manutenzione; ma come sfruttare al meglio le nuove tecnologie per rendere più sicuri questi sistemi?

In effetti la diffusione delle reti e delle loro tecnologie annullano le distanze

fornendo nuove opportunità con costi e tempi fino a pochi anni fa impensabili. Diventa quindi compito di tutta l'ingegneria quello di sfruttare queste opportunità per fornire servizi efficienti e con coperture sempre più estese e indipendenti dall'ubicazione.

Con questi presupposti il Gruppo Ponti, produttore a livello mondiale di macchine industriali di vario genere, principalmente nel settore mailing, ha richiesto ai propri Laboratori di Ricerca di progettare un sistema che, collegando apparecchiature eterogenee in un sistema centralizzato di monitoraggio, fornisse ai propri clienti la garanzia di interventi più tempestivi e mirati consentendo una migliore organizzazione della rete dei tecnici e del proprio centro assistenza, nonché servisse a rafforzare con questo servizio la propria immagine aziendale.

Si aggiunga che un efficiente servizio di monitoraggio consente non solo interventi più tempestivi ma anche la possibilità di analisi statistiche mirate alla prevenzione. Una prima importante prevenzione che ne deriva è quella sulla produzione: ad esempio una statistica sulle più frequenti cause di errore che si verificano per un macchinario fornirebbe un utile feedback per i progettisti dello stesso che potrebbero produrne nuove versioni più stabili.

Ma ancora più interessante sono i risvolti di una prevenzione rivolta agli interventi: un tecnico esperto potrebbe riconoscere dall'andamento di determinati parametri una situazione instabile o prossima ad una criticità. Pensando alle evoluzioni del sistema, questo potrebbe riconoscere autonomamente situazioni ritenute instabili per segnalarle in tempo; o meglio ancora dotandolo di un sistema di auto-apprendimento che alimenti la propria base di conoscenza dalle situazioni riscontrate in caso di allarmi.

L'ambizione del progetto è quella di estendersi a varie tipologie di macchine industriali ma anche di essere indipendente dall'ubicazione delle stesse, cercando di sfruttare le infrastrutture esistenti per non rendere antieconomico il costo del servizio e prevedendo un carico di lavoro che potrebbe diventare piuttosto elevato,

sull'ordine anche di migliaia di apparecchiature da monitorare.

Al gruppo di ricerca di cui ho fatto parte è stato assegnato il compito di progettare ed implementare una soluzione che soddisfi queste esigenze e che ha prodotto un sistema funzionante che, pur concentrandosi su una specifica macchina industriale, ha tenuto presente l'obiettivo dell'estensibilità futura ad un gruppo eterogeneo di apparecchiature.

Il gruppo si è occupato di progettare un'architettura idonea integrando conoscenze interdisciplinari elettroniche ed informatiche, esplorando varie soluzioni, cercando di rispecchiare le richieste fornite dal committente e dalle parti interessate al progetto e concertando con questi i vari requisiti in funzione delle soluzioni proposte, nonché in funzione delle nuove opportunità o vincoli forniti dalle tecnologie adottate.

I macchinari industriali sono stati dotati di una scheda integrata e programmabile che consente la raccolta dati tramite varie interfacce quindi tramite gateway di rete o modem accede ad internet e comunica ai server del centro assistenza il proprio stato o il verificarsi di un allarme. I server, tramite una applicazione web, offrono il servizio di monitoraggio sui dati raccolti e gestiscono tempestivamente gli allarmi provvedendo ad inviarne segnalazione ai soggetti interessati, ad esempio i tecnici, tramite SMS o E-Mail.

Il mio lavoro si è concentrato in particolare sulla progettazione ed implementazione di questa applicazione web lavorando a stretto contatto con il gruppo per la definizione dei vari automatismi per realizzare le comunicazioni tra apparecchio e applicazione web e per la definizione dei formati di scambio dati e dei vari automatismi ad esso collegati.

Nella progettazione dell'applicazione web, come per tutto il sistema, sono state rispettate qualità quali la scalabilità, rispetto al numero di macchine da monitorare, e la modificabilità, per consentire al sistema di evolvere in futuro e raggiungere obiettivi sempre più ambiziosi. Infine ho lavorato per migliorare le

performance di tutto il sistema, con particolare riferimento al Database per ottimizzarlo in base alle specifiche esigenze di questa applicazione.

Il risultato del lavoro del gruppo di ricerca è un sistema completo di monitoraggio che integra la gestione degli allarmi e delle relative assistenze coordinando i vari tecnici. In questa tesi verrà mostrato come, chiarendo e dettagliando il contesto ed il problema di partenza, sia stato realizzato tale sistema coordinando le varie attività interdisciplinari, approfondendo in particolare gli aspetti curati in prima persona.

Organizzazione della tesi

Capitolo 1: Si affronta il problema da risolvere ossia qual'è il sistema da realizzare, le sue ambizioni e si mostra – senza scendere in dettagli tecnici – cosa è stato realizzato e come questo raggiunga gli obiettivi preposti mostrando in particolare alcuni passaggi dell'applicazione web con la quale gli utenti si interfacciano con il sistema.

Capitolo 2: Viene mostrato l'approccio ingegneristico al problema e come sono state organizzate le attività del team di sviluppo suddividendo i requisiti tra i vari reparti elettronico ed informatico, terminando con l'integrazione dei due sottosistemi.

Capitolo 3: Si discute e propone il corretto processo software da utilizzare per la creazione dei software necessari al sottosistema informatico, evidenziando

l'importanza dei processi software in genere.

Capitolo 4: Si mostra l'attività di analisi e raccolta dei requisiti svolta in linea con le linee guida proposte dal processo software scelto.

Capitolo 5: Viene illustrata la progettazione del sistema che arriva a definire l'architettura del sistema mostrando le varie alternative vagliate, confrontando pregi e difetti, motivando le scelte prese.

Capitolo 6: Si descrive come sia stata realizzata la comunicazione tra i dispositivi e l'applicazione web descrivendo tecnologie adottate e gli automatismi implementati; si accennerà anche alla definizione del formato per lo scambio dei dati e ad alcuni dettagli tecnici riguardanti le apparecchiature interrogate.

Capitolo 7: Si esplora l'applicazione web mostrando la sua struttura e organizzazione dalla vista alla persistenza, e come questa realizzi i casi d'uso principali, illustrando infine librerie e soluzioni progettuali ritenute più interessanti e riutilizzabili.

Capitolo 8: Tuning del sistema in relazione al carico di lavoro previsto, con particolare riferimento al Database.

Capitolo 9: Idee e spunti per l'evoluzione del progetto e conclusioni personali sul lavoro svolto

Capitolo 1

1 Il sistema di telemonitoraggio

Le aziende produttrici di macchine industriali come la CMC Spa del Gruppo Ponti, che vantano esperienze in ambito elettronico e meccanico di alto livello e ha clienti in tutto il mondo, sentono l'esigenza di strumenti di monitoraggio e controllo decentrati che consentano ai tecnici della sede principale di poter osservare in tempi rapidi l'andamento e la situazione tecnica dei loro impianti e di gestire tempestivamente eventuali allarmi critici.

Questo per le aziende ha un risvolto non solo operativo, consentendo tempi ridotti per gli interventi e la possibilità di supervisionare la situazione in ogni parte del mondo, ma anche commerciale, offrendo nuove opportunità economiche con forme contrattuali diversificate in base alle esigenze e possibilità economiche del cliente. Non ultima, l'immagine aziendale trae indubbio beneficio per la completezza del servizio post-vendita offerto.

1.1 Il gruppo di ricerca

L'intero progetto è stato svolto, per conto del Laboratorio di Ricerca CMC Spa, nei laboratori della Drive Meccatronica Srl, Spin-Off tra l'Università degli Studi di Perugia ed il Gruppo Ponti. La Drive Meccatronica è composta da due ingegneri elettronici, l'Ing. Francesco Orfei e l'Ing. Andrea Brunori, e si occupa di progettare e proporre nuove soluzioni tecnologiche allo stesso Gruppo Ponti o, su commissione, per aziende esterne. Il mio lavoro in particolare si è svolto per la maggior parte del tempo presso i laboratori della Drive Meccatronica interagendo e collaborando con gli Ing. Brunori e Orfei i quali si sono occupati di curare gli aspetti organizzativi ed in particolare quelli elettronici e di interconnessione.

1.2 Ambizioni del progetto

Il progetto è nato per studiare e realizzare un sistema di telemonitoraggio per macchine industriali che possono essere installate in varie parti del mondo. Si vuole fornire questo servizio per le macchine prodotte dal Gruppo Ponti e successivamente renderlo “rivendibile” anche ad altri produttori. Dati questi obiettivi, considerando la moltitudine ed eterogeneità delle macchine industriali prodotte dal Gruppo Ponti o di futuri acquirenti, ci si è posti un punto di partenza ben preciso, da provare e testare in modo diretto, e soprattutto rapido, per poi astrarre e rendere il progetto sempre più completo e indipendente dalla specifica macchina da controllare.

Per questo il progetto, perlomeno nella fase in cui ho svolto questo lavoro, si è quindi concentrato sull'applicazione diretta con un UPS (*Uninterruptible Power Supply*) come “rappresentante” di una generica macchina industriale; lo sforzo del gruppo di ricerca, per tutta la durata del progetto, è stato anche quello di ricordare che le scelte fatte dovevano tener presente l'ampiezza del progetto, non limitato all'apparecchio utilizzato per i primi studi e test.

Nelle intenzioni del progetto c'è, inoltre, l'esigenza di poter fornire supporto e strumenti idonei sia gli operatori del centro assistenza, che potranno visualizzare ed amministrare i dati rilevati dalle macchine industriali, sia di creare e gestire gli allarmi sollevati dagli apparecchi come chiamate di intervento dirette e tempestive ai tecnici.

Si vuol anche offrire ai tecnici l'opportunità di accedere a questo servizio per avere informazioni sullo stato degli apparecchi oltre ad informarli della situazione dei loro interventi. Questa opportunità dovrà tener presente che i tecnici spesso sono dislocati in vari parti del mondo a seconda delle aree geografiche di competenza.

In Figura 1 viene schematizzato il contesto in cui il sistema di telemonitoraggio si inserisce, suggerendo un'idea del servizio che dovrà fornire agli utenti del centro assistenza.

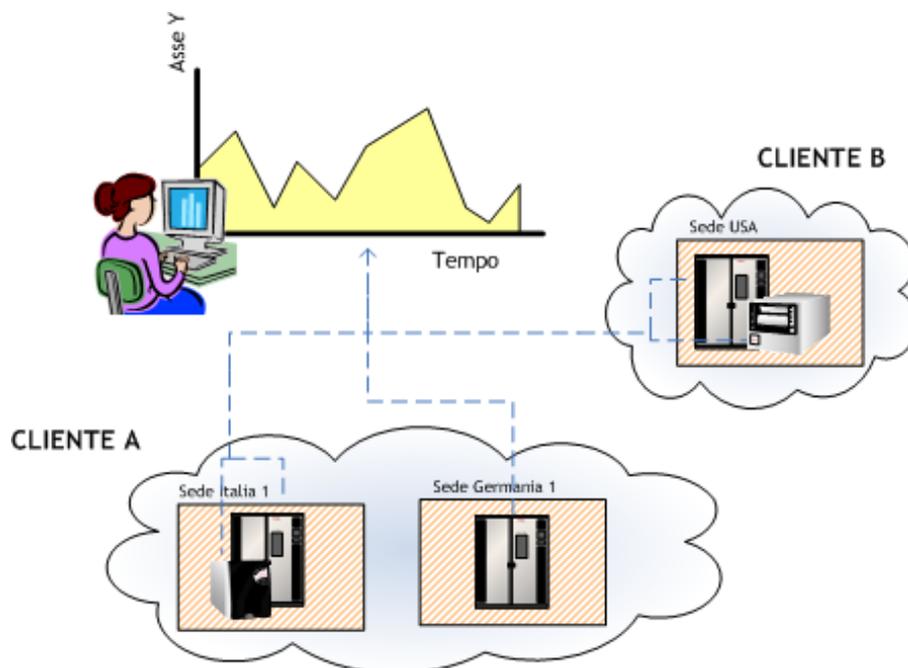


Figura 1: Telemonitoraggio: schematizzazione del contesto in cui si inserisce il progetto

Infine, considerato che il progetto dovrà essere ripreso e ulteriormente sviluppato, durante lo svolgimento del lavoro si è prestata particolare attenzione affinché il sistema realizzato risultasse ben documentato, altamente modulare e riusabile, cercando di rifarsi a modelli noti e di facile approccio per rendere agevole il passaggio di lavoro.

Nei capitoli successivi verrà affrontato in maniera sufficientemente dettagliata come queste ambizioni siano state realizzate coordinando conoscenze interdisciplinari elettroniche ed informatiche e ponendo in particolare l'accento sugli aspetti da me curati in prima persona, illustrando e confrontando anche le varie soluzioni esplorate con giustificazione delle scelte intraprese.

Nel seguito si parlerà di UPS come una generica macchina industriale da monitorare e, se necessario, si farà esplicito riferimento a come è stata tenuta in considerazione la specifica di adattabilità a vari tipi di macchinari.

1.3 Il sistema realizzato

Prima di mostrare nei prossimi capitoli come i vincoli di progetto sopra riportati siano stati rispettati tramite le attività di raccolta ed analisi dei requisiti, progettazione ed implementazione, per poter capire l'efficacia delle scelte e del lavoro svolto, si vuole ora illustrare brevemente, ad un sufficiente livello di astrazione, cosa è stato realizzato al momento della stesura di questa tesi.

Gli UPS sono stati dotati di una scheda programmabile e altamente flessibile che può interrogare - in modo sincrono o asincrono a seconda del modello - lo stato di un set di parametri del dispositivo tramite canali comuni di comunicazione quali interfaccia seriale, USB, etc.; la scheda, dotata di un sistema operativo Linux Embedded, memorizza i dati e a fine giornata li trasmette effettuando una connessione ftp su rete Ethernet o modem dialup (PSTN, ISDN, GPRS etc), ad un

server dati.

Il server interpreta i dati trasmessi e li archivia in un database dedicato per fornire una rappresentazione strutturata.

Un'*applicazione web* offre il servizio di analisi grafica giornaliera delle informazioni sui parametri archiviati nel database sia agli utenti del centro assistenza che ai tecnici contestualmente al proprio ambito. In Figura 2 si riporta un esempio di grafici giornalieri forniti agli utenti.

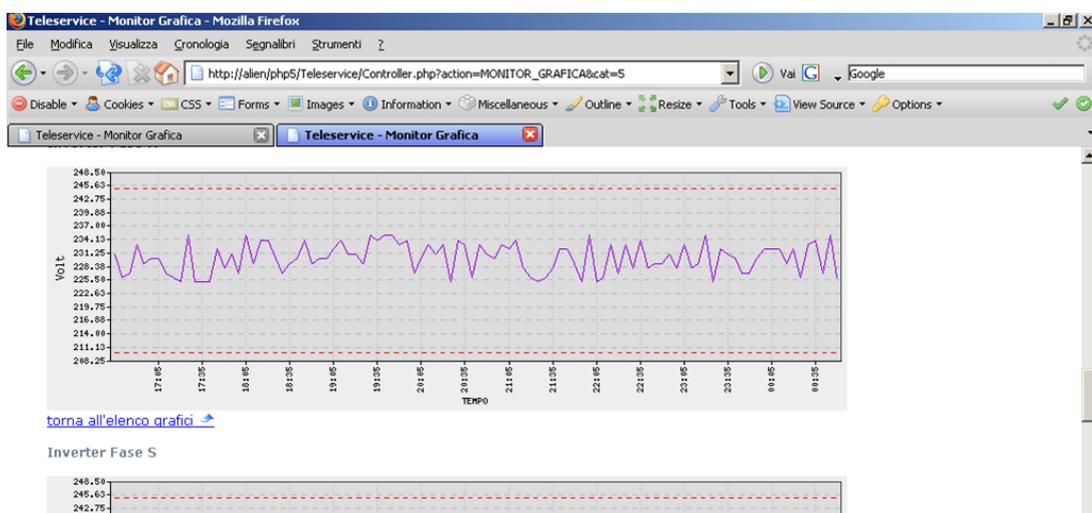


Figura 2: Monitoraggio parametri: esempio di un grafico mostrato dall'applicazione web

Come mostrato dalla Figura 3 la stessa applicazione consente anche una visualizzazione “puntuale” dei valori relativi a tutti i parametri del dispositivo simulando una sorta di pannello di controllo collegato direttamente allo stesso apparecchio. Il tecnico può visualizzare istante per istante (il passo è pari al tempo di campionamento dei dati) tutti i valori dei parametri contemporaneamente offrendo una vista trasversale rispetto ai grafici giornalieri.

Quando la scheda che interroga l'UPS rileva la presenza di allarmi critici, immediatamente li comunica al server web, sempre tramite gli stessi canali con

protocollo *http*, trasferendo nel contempo al server dati anche i parametri raccolti fino a quel momento affinché tecnici e utenti del centro assistenza possano consultare anche i grafici relativi ai dati giornalieri fin lì raccolti.

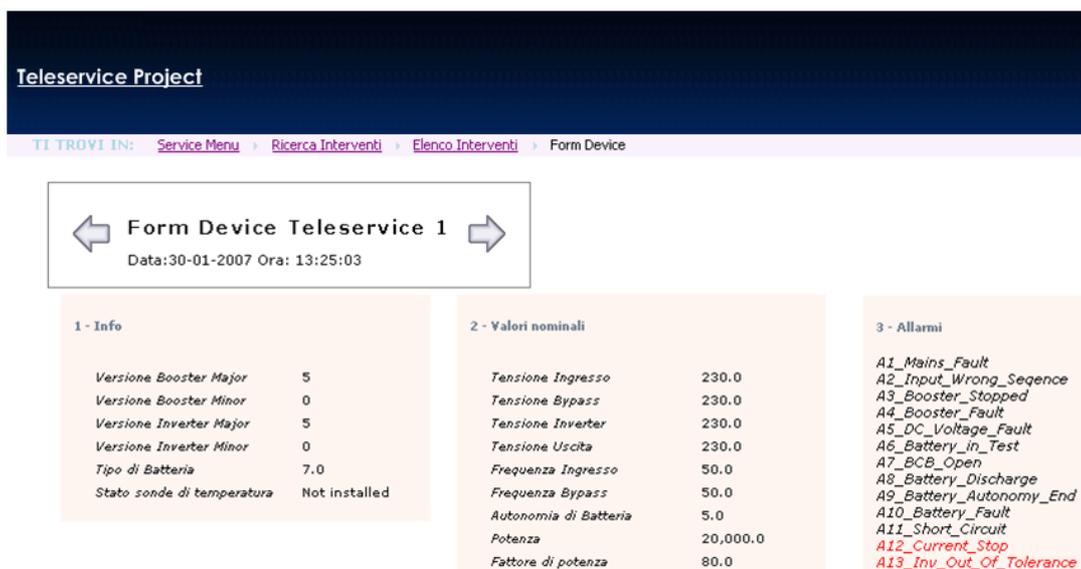


Figura 3: Pannello del dispositivo: vengono mostrati i valori di un certo istante di campionamento di tutti i parametri relativi al dispositivo

L'applicazione web, alla ricezione dell'allarme, scatena una serie di eventi per consentire un efficace gestione dell'intervento:

- L'assistenza tecnica, i tecnici preposti ad intervenire sul dato UPS ed il cliente (a seconda di politiche configurabili dall'amministratore nelle anagrafiche del dispositivo) ricevono immediatamente comunicazione del nuovo allarme tramite Email o SMS. Il tecnico, nell'email, riceve anche un link per prendere in carico il nuovo intervento.
- Viene creato un nuovo intervento in archivio dove si riportano gli allarmi rilevati: in questo modo gli utenti dell'assistenza tecnica potranno avere una traccia dello stesso e verificare il suo stato di avanzamento e/o gestire manualmente l'assegnazione ad un tecnico.