

# Rapporti tecnici

## INGV

**Linee guida e criticità nella  
progettazione di sistemi per  
l'acquisizione di dati geofisici in  
prossimità di vulcani attivi**

# 347



## **Direttore Responsabile**

Silvia MATTONI

## **Editorial Board**

Luigi CUCCI - Editor in Chief (INGV-RM1)

Raffaele AZZARO (INGV-CT)

Mario CASTELLANO (INGV-NA)

Viviana CASTELLI (INGV-BO)

Rosa Anna CORSARO (INGV-CT)

Mauro DI VITO (INGV-NA)

Marcello LIOTTA (INGV-PA)

Mario MATTIA (INGV-CT)

Milena MORETTI (INGV-CNT)

Nicola PAGLIUCA (INGV-RM1)

Umberto SCIACCA (INGV-RM2)

Alessandro SETTIMI (INGV-RM2)

Salvatore STRAMONDO (INGV-CNT)

Andrea TERTULLIANI (INGV-RM1)

Aldo WINKLER (INGV-RM2)

## **Segreteria di Redazione**

Francesca Di Stefano - Referente

Rossella Celi

Tel. +39 06 51860068

redazionecen@ingv.it

in collaborazione con:

Barbara Angioni (RM1)

REGISTRAZIONE AL TRIBUNALE DI ROMA N.173 | 2014, 23 LUGLIO

© 2014 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Rappresentante legale: Carlo DOGLIONI

Sede: Via di Vigna Murata, 605 | Roma



# Rapporti tecnici INGV

## LINEE GUIDA E CRITICITÀ NELLA PROGETTAZIONE DI SISTEMI PER L'ACQUISIZIONE DI DATI GEOFISICI IN PROSSIMITÀ DI VULCANI ATTIVI

Antonino Sicali, Alfio Amantia, Pasqualino Cappuccio

INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Catania - Osservatorio Etneo)

# 347



## Indice

1. La stabilità, l'efficienza e l'automatismo	7
2. I sistemi di acquisizione	10
3. Specifiche dell'hardware	10
3.1 Sistema energetico	10
3.2 Tecniche di miglioramento dell'affidabilità del funzionamento e dell'acquisizione	12
3.3 Acquisizione Analogica	13
3.4 Acquisizione Digitale	14
3.5 Tecniche per facilitare la manutenzione	15
3.6 Caratteristiche Meccaniche e connessioni esterne	15
4. Specifiche del software	16
4.1 Acquisizione	17
4.2 Sincronizzazione temporale delle misure	18
4.3 Archiviazione	18
4.4 Trasmissione	19
4.5 Diagnostica e Manutenzione	19
5. Allestimento del centro acquisizione dati	20
6. Stato dell'arte nella rete magnetica, gravimetrica e dilatometrica	21
Conclusioni	21
Ringraziamenti	21
Bibliografia	22



## Introduzione

Nel monitoraggio e nella sorveglianza dei vulcani attivi ricoprono un ruolo di prim'ordine i sistemi di acquisizione dati. In commercio esistono già diversi sistemi pronti all'uso, utilizzabili per acquisire i più svariati tipi di segnali, quindi l'idea di progettare un nuovo sistema può sembrare alquanto strana. Ciononostante, molto spesso, non si riesce a trovare ciò di cui si ha bisogno e questo porta alla necessità di compiere qualche adattamento, ottenendo il più delle volte un sistema ibrido, instabile e troppo complesso. L'esperienza maturata negli anni ha permesso d'identificare poche decine di punti essenziali per il buon funzionamento dei sistemi di acquisizione. Questo documento nasce dalla necessità di riunire tali specifiche e ottenere un promemoria da seguire, sia in fase di progettazione che durante l'esame di un sistema esistente. Si può quindi utilizzare il documento anche per classificare qualunque sistema di acquisizione, in termini di affidabilità ed efficienza, che debba essere utilizzato in aree di estremo funzionamento. Le zone di estremo funzionamento sono tutte quelle in cui i parametri come la temperatura e l'umidità raggiungono valori limite, in cui possono essere presenti gas corrosivi, condizioni meteo estreme come alluvioni, neve, forte vento, tempeste di sabbia, e nel caso specifico dei vulcani, colate e fontane di lava. Le specifiche riportate in seguito derivano essenzialmente dall'esperienza maturata negli ultimi due decenni grazie all'osservazione quanto più oggettiva possibile del comportamento e dei problemi riscontrati nei sistemi dislocati sul M.te Etna e sull'Isola di Stromboli. Le specifiche sono riassunte sinteticamente nelle tabelle 1 e 2 allegate.

Il testo non si prefigge lo scopo di esaurire completamente gli argomenti trattati ma di creare uno spunto di discussione sui sistemi di acquisizione. Dovrebbe permettere, soprattutto a chi non ha precedente esperienza sull'argomento, di evitare alcuni errori grossolani nella progettazione e di assicurarsi la buona riuscita di un progetto. Non sono importanti i dettagli poiché cambiano per ciascuna applicazione ma sono invece importanti le linee guida e la filosofia con cui si affronta il problema.

### 1. La stabilità, l'efficienza e l'automatismo

Nel corso della progettazione o del semplice adattamento dei sistemi di acquisizione, utilizzati prevalentemente per la ricerca in ambito geofisico e vulcanico, si è cercato di rispettare sempre tre parametri fondamentali: la *stabilità*, l'*efficienza* e l'*automatismo*. Le nozioni di stabilità, efficienza e automatismo non sono solo importantissimi per i sistemi di acquisizione, ma per tutte quelle applicazioni in cui è necessaria una certa continuità di funzionamento. Non è semplice definire le nozioni di stabilità ed efficienza. Più semplice è invece definire cosa s'intende per automatismo.

La stabilità dei sistemi di acquisizione la possiamo intendere come la capacità di un sistema di funzionare ininterrottamente, di fronte a qualsiasi tipo di problema, senza mai bloccare i servizi offerti. Un problema ai sistemi di acquisizione, oltre a un immediato ammanco di servizio per la sorveglianza, è associato anche a una perdita irrimediabile d'informazione utile al monitoraggio e alla ricerca. Il numero di malfunzionamenti, negli anni, si è ridotto sottoponendo i sistemi a un test continuo e utilizzando le più collaudate tecnologie software e hardware. Non bisogna confondere *'collaudate'* con *'avanzate'*. Il più delle volte le tecnologie più avanzate non sono per nulla collaudate, solitamente sono nella fase di sviluppo e di ricerca, e presentano forti problemi di stabilità. Utilizzare componentistica elettronica più datata e algoritmi software conosciuti permette di evitare spiacevoli sorprese. Ancora oggi sono commercializzate versioni avanzate di chip progettati molto tempo fa (si veda in proposito Z80, 8088, RCA 180x etc.), che fanno uso delle più moderne tecnologie per ridurre i consumi e incrementare le velocità. Questi chip hanno mantenuto l'architettura originale e di conseguenza la stabilità acquisita in molti anni di utilizzo e di studio. Ci sono casi in cui la tecnologia originale è migliore poiché spesso derivata da applicazioni militari e aerospaziali. È il caso di alcuni processori RCA 180x [Wikipedia, RCA 1802] nati per l'impiego sui satelliti e che sono stati utilizzati, in seguito, in altri ambiti. È evidente come alcuni strumenti scientifici di fine anni novanta dello scorso secolo avevano caratteristiche superiori a quelli attuali e resistevano praticamente a tutto. Oggi i loro discendenti non riescono a resistere nello stesso modo: basta una scarica elettrostatica o una tempesta magnetica per decimarli. Alcune tecnologie non sono più usate solamente perché troppo costose. L'ammmodernamento in alcuni casi non è nemmeno subordinato a un aumento di qualità di segnale, considerando che la qualità spesso era superiore nei vecchi modelli. Era semplicemente un problema di costi: produrre con quel tipo di tecnologia è divenuto troppo costoso. Più semplice è produrre in tecnologie ultra commerciali e usando spesso tecnologie come la SMD (Surface Mount Technology) non adatte allo scopo. La tecnologia SMD ha permesso di ridurre i costi, le dimensioni e aumentare l'affidabilità in alcuni campi, ma può creare seri problemi se usata nel modo sbagliato. Ci sono strumenti che funzionano ancora oggi dopo 20 anni e sono più stabili nel loro funzionamento, rispetto ai loro corrispettivi più recenti, spesso andati in

pensione dopo un'acquisizione molto frammentata e deludente. Esempi di tecnologie datate non sostituibili, poiché di qualità elevata, ma che raggiungono costi di produzione esageratamente alti se ne possono trovare molti e in ogni ambito. I tubi termoionici, che nel pensiero comune sono oramai obsoleti e terribilmente datati, sono tuttora usati per la produzione di apparecchiature audio professionali perché producono, a sentire gli esperti, un suono più caldo, lo stesso problema che molti riscontrano nel passaggio dal vinile ai CD. Gli esempi possono continuare all'infinito e si dimostrerebbe solo che si tratta di un problema di costi in produzione e non di qualità o stabilità, che negli apparati di tecnologia più obsoleta sono verosimilmente migliori poiché progettati più accuratamente. Di contro, utilizzare tecnologia più datata può esporre a problemi di approvvigionamento e a una scarsa disponibilità di risorse. Bisogna fare come sempre un buon compromesso nel nome della stabilità. Eventualmente, per compensare la mancanza di risorse, si possono adottare tecnologie informatiche più raffinate e a più basso livello, atte a ridurre gli sprechi.

Per aumentare ulteriormente la stabilità si può intervenire anche durante la progettazione, scegliendo il modello software/hardware appropriato. Adottare un modello sia per il software sia per l'hardware semplice, lineare e modulare può fare la differenza. Storicamente i modelli lineari, indipendentemente dal campo di applicazione sono stati sempre i primi a essere impiegati poiché semplici da studiare e modificare, soprattutto in tempi meno recenti, quando non esistevano macchine calcolatrici. Quando non era possibile utilizzare modelli lineari si passava a studiarne altri più complessi. Nell'informatica vale lo stesso principio; un software semplice e lineare può essere facilmente studiato e modificato a differenza di uno con molti salti (goto). La programmazione a spaghetti [Dijkstra, 1968] e l'uso del "goto" è stato ben presto abbandonata per la programmazione strutturata che fa largo uso dei cicli. I sistemi ibridi, frutto dell'adattamento di un sistema commerciale e di un incremento della complessità strutturale, non sono quindi vantaggiosi dal punto di vista della stabilità, poiché spesso vengono introdotti meccanismi che rispecchiano poco la linearità [Wikipedia, Linearità]. Questo perché l'adattamento dei sistemi avviene solitamente attraverso l'introduzione di software e hardware esterno che il più delle volte non riesce a coordinarsi con il sistema centrale, creando problemi d'instabilità. Un modello semplice permette, durante la fase fisiologica di ammodernamento dei sistemi, che le modifiche apportate possano solo in parte compromettere la stabilità generale del sistema. Per ottenere un modello strutturalmente semplice e lineare, si può ricorrere alla modularità, sia hardware che software. Nel caso specifico del software, si possono usare paradigmi di programmazione a oggetti e imperativa strutturata, mentre per l'hardware si può impiegare un'architettura a bus. Scegliendo da subito un modello corretto s'incrementa anche l'efficienza generale del sistema.

L'efficienza di un sistema di acquisizione può essere intesa come il rapporto tra i risultati ottenuti e le risorse spese. L'adozione della soluzione migliore, durante la fase di progettazione, permette di aumentare l'efficienza di un sistema. Solitamente l'efficienza e la stabilità sono due caratteristiche in opposizione: quando l'una aumenta, l'altra diminuisce. Nella maggioranza dei casi, si può solamente ottenere un buon compromesso tra le due. Una soluzione efficiente potrebbe anche essere instabile: bisogna fare un compromesso. Fanno parte delle risorse di un sistema l'energia elettrica, la potenza di calcolo, la memoria, la banda passante del canale di trasmissione e così via. Ogni tipologia di risorsa va comunque intesa in termini energetici, cioè di consumi. Difatti ci si riferisce soprattutto all'efficienza energetica. Un software che richiede meno risorse è da preferire a uno che ne richieda di più, poiché consumerà meno energia. A parità di quantità di dati trasmessi, è preferibile usare quei sistemi di trasmissione che utilizzano meno tempo per il trasferimento. Sono ottimi quei sistemi che riescono a comprimere le informazioni prima di trasmetterle. [Sicali, 2000]. L'efficienza si è ottenuta negli anni utilizzando per ogni sistema sempre i migliori algoritmi (stato dell'arte) e i corretti linguaggi di programmazione. Si sono utilizzati prevalentemente i paradigmi di programmazione strutturata, imperativa e a oggetti. Alcune volte si deve utilizzare addirittura l'ASSEMBLER per le porzioni di codice che lo necessitano (applicazione del principio di Pareto alla Computer Science) [Wikipedia, Principio di Pareto]. Nella creazione dei sistemi software il C e l'ASSEMBLER sono stati usati per la loro efficienza. Il C++, linguaggio di programmazione più ad alto livello, ma meno efficiente dei precedenti, è stato invece usato per aumentare la produttività e la stabilità. La scelta del linguaggio di programmazione è subordinata al tipo di applicazione. I linguaggi di programmazione storicamente sono classificati in linguaggi di alto livello e di basso livello [Wikipedia, Linguaggio di Programmazione]. I linguaggi di alto livello costringono il computer ad adattarsi al linguaggio naturale umano, mentre quelli di basso livello costringono il programmatore ad adattarsi al linguaggio del calcolatore. L'adattamento in entrambi i versi si paga in termini di velocità: nel primo caso l'esecuzione del software è più lenta nel secondo caso è lo sviluppo ad essere più lento. Un rallentamento dell'esecuzione si paga, infine, in termini di consumi energetici. La più bassa velocità di esecuzione dipende principalmente da un maggiore consumo di memoria e da una maggiore quantità di codice da eseguire. L'utilizzo dei linguaggi di alto livello permette comunque un aumento della produttività e un miglior utilizzo del tempo di programmazione. Empiricamente si è visto che un programmatore medio produce 10 linee di codice al

giorno [Brooks, 1975-1995]. Un software è formato da una successione di linee. Il numero di linee necessarie dipende dalla tipologia del linguaggio di programmazione. Più il linguaggio è di alto livello meno istruzioni formeranno il codice. Considerando che un programmatore medio può scrivere 10 linee di codice al giorno, scrivere un software in ASSEMBLER non richiederà lo stesso tempo di scriverlo in C++. Inoltre un software di sole 10 linee conterrà meno errori di un software di centinaia di linee scritto a basso livello. L'aumento della produttività nei linguaggi ad alto livello si ottiene affidando a un software, il compilatore (o interprete), il compito di riscrivere il software a basso livello per poterlo eseguire. Nella pratica è come se il programmatore fosse sollevato da molti compiti, tra cui la coscienza dell'hardware, e delineasse solamente il problema (software di alto livello) fornendo qualcosa simile a delle linee guida che poi il compilatore (o interprete) avrà il compito di estendere e a cui aggiungerà le parti mancanti (software di basso livello). Tutto ciò si paga in termini di efficienza, poiché s'introducono molte istruzioni ridondanti e superflue. La quantità di codice ridondante dipende dalla qualità del compilatore (o interprete) e dalla distanza del linguaggio di programmazione dal codice macchina. I linguaggi di programmazione negli anni si sono molto avvicinati al linguaggio umano e hanno raggiunto il massimo dell'espressività nei paradigmi di programmazione a oggetti e funzionali [Wikipedia, Paradigmi di programmazione]. Nello specifico l'introduzione del paradigma a oggetti ha permesso di aumentare anche la stabilità del codice e ridurre la propagazione degli errori (*bug*). Il C++ aggiunge, rispetto al C, molti nuovi costrutti e idee. Tutte le novità del C++ permettono di aumentare la produttività e la stabilità del codice ma riducono il controllo sul codice macchina generato e di conseguenza l'efficienza. Applicando il principio di Pareto [Wikipedia, Principio di Pareto] ai software si possono individuare porzioni di codice (circa il 10%) che conviene scrivere a basso livello perché responsabile del 90% del tempo di esecuzione. Il rimanente 90%, responsabile solo del 10% del tempo di esecuzione, lo si può scrivere ad alto livello. I kernel dei sistemi operativi sono un esempio di programmi in cui la quantità di codice generato e la quantità di memoria utilizzata è importante e assume livelli critici. La porzione di codice che compie la commutazione di contesto [Wikipedia, Commutazione di Contesto] non può assolutamente essere scritta in C++, poiché ad ogni cambio di processo si sprecherebbero troppi cicli di CPU a causa del codice ridondante. Per evitare di scendere troppo a basso livello (ASSEMBLER) e di dover riscrivere per ogni processore diverso tutto il codice, un ottimo compromesso è utilizzare il C, alcune volte chiamato anche metalinguaggio, poiché c'è una corrispondenza elevata con il set di istruzioni della CPU.

Quando si parla di efficienza hardware, il pensiero va direttamente ai consumi energetici. Ma come ottenerla? L'efficienza deve essere ottenuta utilizzando le tecnologie più recenti come nel caso dei MOS, più veloci e meno dispendiosi energeticamente. I MOS sono oramai utilizzati largamente, si trovano in ogni dispositivo e applicazione, dalle CPU ai dischi a stato solido di ultima generazione.

L'automatismo riveste un ruolo importante nella gestione dei sistemi remoti. I sistemi di acquisizione per definizione dovrebbero essere capaci di funzionare in automatico. Abbandonati a loro stessi per buona parte dell'anno, a causa dell'inaccessibilità dei siti, dovuta a eventi meteorologici, questi sistemi devono essere necessariamente autosufficienti. Nelle più avverse condizioni di funzionamento devono sopravvivere tra scariche atmosferiche, crisi energetiche, temperatura e umidità eccessive, alluvioni, neve e forte vento. L'automatismo permettere al sistema di funzionare senza l'assistenza dell'utente e permette di prendere decisioni vitali in condizioni estreme. L'automatismo permette di ridurre al minimo gli interventi di manutenzione o almeno di allungare il tempo medio tra un intervento e l'altro, massimizzando il parametro MTBM (Mean Time Between Maintenance). I problemi risolti in automatico evitano che interventi invasivi possano, per distrazione e/o stanchezza dell'operatore, danneggiare la strumentazione. Spesso i test diagnostici, se eseguiti da personale non altamente qualificato, comportano un rischio reale per il buon funzionamento del sistema. Altre volte l'automatismo permette di ridurre i costi e il tempo impiegato per eseguire una procedura complessa o semplice che sia. Nella pratica conviene che qualsiasi procedura automatizzabile sia automatizzata e affidata a un calcolatore.

Facciamo un esempio pratico. Molti sistemi commerciali non permettono di trasferire i dati in automatico. Il trasferimento invece è una di quelle procedure automatizzabili e che conviene automatizzare. Alcune considerazioni possono spiegare semplicemente il perché conviene sempre automatizzare le trasmissioni. Il trasferimento dei dati significa dispendio energetico, quindi sarebbe opportuno trasmettere le informazioni nelle ore di massima disponibilità energetica. I sistemi a energia solare hanno il loro massimo energetico durante il giorno. In tempi meno recenti per trasferire le informazioni dai sistemi di acquisizione si utilizzavano trasmissioni diurne. Durante il giorno era facile trovare un operatore che compiva tale mansione e non serviva alcun automatismo. Il sistema sembrava funzionare bene, ma con il passare degli anni, le trasmissioni sono dovute migrare nelle ore notturne. Questo perché si è notata una discreta correlazione tra l'orario di trasmissione e il tasso di errore generato. Durante la notte le connessioni via radio sono più stabili ed è possibile trasferire ingenti quantità di dati e in minor tempo. L'utilizzo di un sistema che prevede l'operatore, durante la notte, divenne impossibile da usare e l'automatismo diventò necessario.

L'operatore comunque rimase, necessario per tutte quelle volte in cui non è possibile utilizzare il sistema automatico e per la supervisione generale dei sistemi.

## 2. I sistemi di acquisizione

I sistemi di acquisizione sono realizzati attraverso una catena di sottosistemi, capaci di assicurare un percorso al dato acquisito stabile e continuo, garantendone la consegna in qualsiasi condizione. Sono sottosistemi discretamente complessi e automatici; questi si occupano dell'acquisizione, dell'archiviazione e della trasmissione dei dati. Ogni sottosistema collabora con gli altri per mantenere vivo il flusso dei dati e assicurare la normale fruibilità delle informazioni all'utilizzatore. Ogni sottosistema può contenere sia parti hardware che software, caratterizzate da determinati parametri/caratteristiche che li distinguono e li classificano. Sono proprio queste caratteristiche (*specifiche*) che identificano e fanno la differenza tra i diversi sistemi di acquisizione. Il buon funzionamento di un sistema di acquisizione può essere garantito solo definendo il corretto insieme di *specifiche* per una successiva e attenta progettazione.

I sistemi descritti in seguito hanno un'architettura *client-server* [Del Negro et al., 2002]. La struttura prevede due parti: il *server* dislocato sul territorio che acquisisce il dato e un *client* che si trova nel centro acquisizione che archivia i dati. Il modello *client-server* negli anni si è dimostrato molto versatile per l'utilizzo nei sistemi applicati alla geofisica. Esistono comunque molti altri modelli, anche più semplici, che però qui non descriveremo. Alcuni di questi sono così semplici da avere solamente un modulo per l'acquisizione e la trasmissione. Le informazioni fluiscono attraverso un canale, per lo più unidirezionale (streaming), al centro di raccolta dei dati. Questa tipologia di sistemi, considerando il livello tecnologico oramai raggiunto, dovrebbe essere totalmente evitata. I sistemi di acquisizione, dotati di un canale di trasmissione unidirezionale, non permettono d'interagire con la strumentazione in caso di avarie. Ogni problema dovrà essere risolto recandosi sul sito senza conoscere nulla sullo stato del sistema e sul malfunzionamento in corso. Non possedendo informazioni diagnostiche si potranno solo eseguire interventi generici, portando con sé sempre una quantità di ricambi esagerata. Ciò crea forti disagi per quei siti difficilmente accessibili, come, per esempio, la sommità dello Stromboli. Inoltre, conseguentemente alla presenza di un guasto al sistema di trasmissione, o solamente del deterioramento del canale, vengono creati buchi notevoli nell'acquisizione dei dati. Ciò accade nonostante lo strumento sia perfettamente funzionante, ed è dovuto solamente all'eccessiva semplicità del sistema e alla mancanza dell'archiviazione locale.

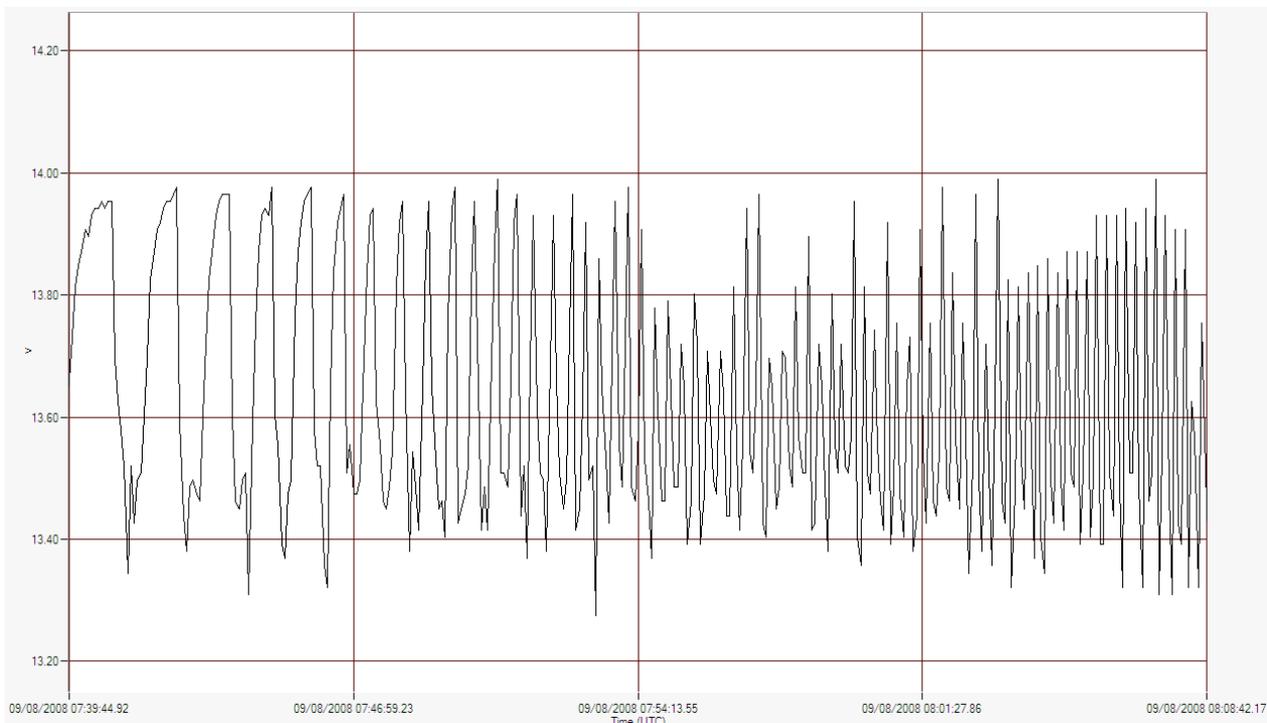
Alcuni dei concetti descritti sono di carattere così generale che possono essere applicati a tutti i sistemi, anche ai più semplici, come quello descritto prima. Per facilitare la lettura si è deciso di raggruppare le diverse specifiche in due macro aree: hardware e software. Nella macro area 'hardware' si possono ulteriormente individuare le due sotto aree: elettronica e meccanica.

## 3. Specifiche dell'hardware

### 3.1 Sistema energetico

Uno dei parametri più importanti per un sistema di acquisizione è sicuramente il consumo energetico. Dal consumo energetico può dipendere la sopravvivenza del sistema: un periodo di maltempo metterà in crisi tutti quei sistemi, come quelli alimentati a energia solare, che dipendono dalle condizioni meteo. A rendere difficile la vita dei sistemi a energia solare, oltre alle condizioni meteo, sono anche le eruzioni vulcaniche che creano disagi a causa delle ceneri che oscurano in parte o totalmente la luce del sole. Anche l'effetto della neve (o ghiaccio) non è trascurabile: può accadere che in una giornata di sole pieno si riesca a ottenere solo poca energia, a causa dei pannelli coperti. La soluzione è sovradimensionare il sistema energetico, rischiando però di creare problemi anche più seri, dall'impatto ambientale fino a una maggiore esposizione agli agenti meteorologici, soprattutto scariche da fulmine. Conviene intervenire, invece, riducendo i consumi e ammodernando la tecnologia elettronica dell'intero sistema. Un sistema che riesce a consumare poco e a utilizzare bene l'energia disponibile, può sopravvivere nei lunghi periodi di crisi, anche solo utilizzando gli accumulatori. D'altra parte utilizzando fonti energetiche non rinnovabili, come le celle a combustibili, il consumo ricopre un ruolo davvero importante: spesso è impossibile recarsi sul sito per rabboccare il serbatoio di carburante. I consumi ottimali dipendono dal sito e dall'applicazione. Volendo dare comunque un consumo di riferimento, lo si può fissare sui 15 W, soprattutto in regioni in cui può essere presente neve o in cui la copertura nuvolosa è molto comune. Il valore limite fornito deriva soprattutto dall'osservazione di un sistema tipo installato oltre i 2500 m con una dotazione di pannelli solari non eccessiva (potenza nominale

di 100 W), un'energia accumulabile nelle batterie di 200 A/h e supponendo che le perturbazioni atmosferiche o le coperture dei pannelli durino al massimo 15 giorni. Il consumo è solo indicativo e può essere sicuramente aumentato o ridotto secondo il tipo di applicazione e il luogo dell'installazione. In alcuni siti dell'Isola di Stromboli non esposti perfettamente a sud potrebbe essere anche eccessivo. Le potenze in ingresso e uscita dei sistemi energetici dovrebbero essere monitorate in dettaglio per diagnosticare problemi ed evitare qualsiasi perdita di dati. Il sistema energetico deve utilizzare i convertitori di potenza (DC/DC) per alimentare tutti i sistemi, allo scopo di evitare inutili perdite di energia in calore, dovute a tipologie diverse di convertitori. Sono da preferire le versioni isolate per non permettere alle extra correnti, generate soprattutto dai fulmini, di propagarsi in tutto il sistema. Per le installazioni in alta montagna il rischio fulmini diventa un problema veramente serio a causa di scariche dirette e/o indirette. Non adottando i dovuti accorgimenti si possono seriamente danneggiare i sistemi. Il problema dei fulmini è comune a tutti i sistemi (di acquisizione e non) e sicuramente l'influenza che tale fenomeno ha sul sistema dipende dalle infrastrutture meccaniche, dalla morfologia del sito e dai materiali impiegati. Quei siti che possiedono molte decine di cavi esterni alla struttura saranno molto più vulnerabili di altri. Oltre che dai fulmini le extra tensioni sulla linea di alimentazione possono, inoltre, essere generate anche da una cattiva regolazione nel sistema ad energia solare. Soventemente, i regolatori di carica disturbano l'acquisizione e introducono rumore. Anche in questo caso, l'utilizzo dei convertitori DC/DC può portare vantaggi.



**Figura 1.** Rumore generato sulla tensione di batteria dalla regolazione solare.

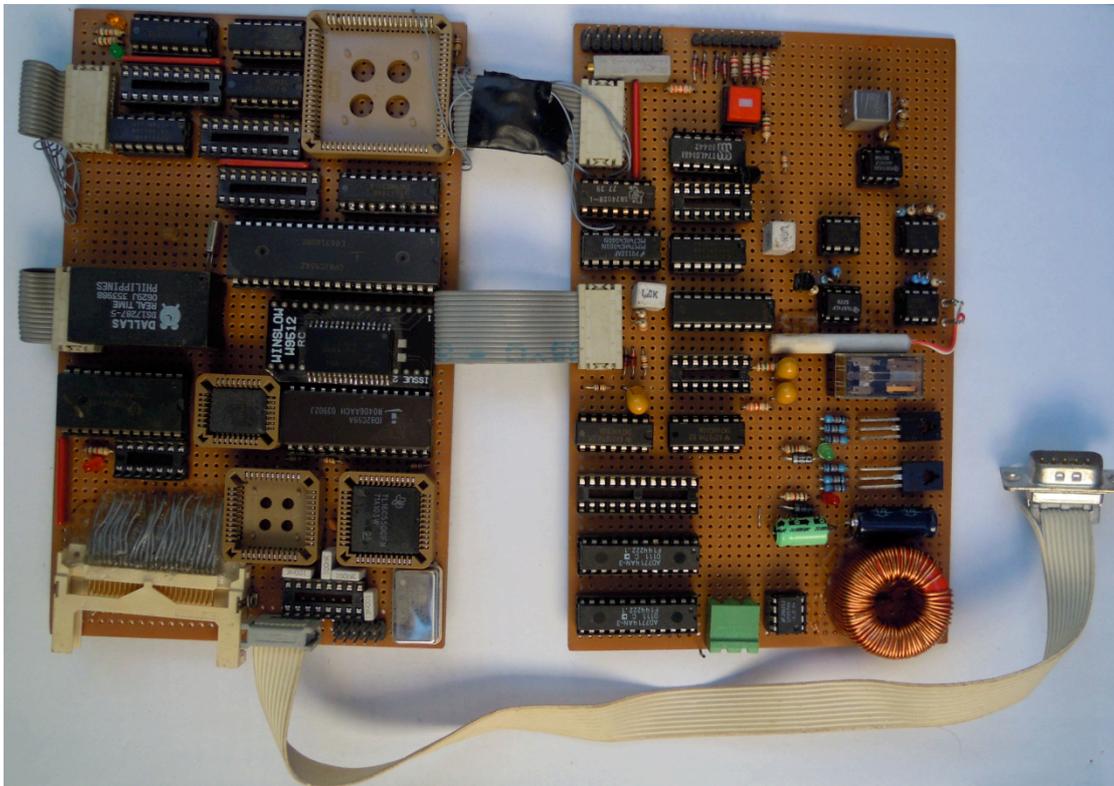
I disturbi generati dai regolatori solari possono essere di diversa natura e rispecchiano il tipo di regolazione utilizzata. Per ridurre la complessità della circuiteria, i più comuni regolatori solari sfruttano la natura del pannello solare di funzionare come generatore di corrente. L'introduzione di un DC/DC ha l'effetto di abbassare il livello del rumore, aumentandone però la frequenza. I DC/DC creano un disturbo (ripple) ad alta frequenza (centinaia di kHz) ma di bassa ampiezza; in tensione, circa 100-200 mV. Invece i regolatori solari più comuni, quelli a commutazione, creano un disturbo a più bassa frequenza (periodo di alcuni secondi) ma di più alta ampiezza, circa 400-500 mV (Figura 1). Per ridurre ulteriormente il livello del rumore sulla linea di alimentazione dei DC/DC, se l'applicazione lo necessita, è possibile usare in cascata dei regolatori shunt a basso dropout. Ciò nonostante il problema del rumore sulla linea di alimentazione non è un problema importante, lo diventa se la strumentazione non è capace di creare internamente dei riferimenti puliti per i circuiti di misura, durante l'acquisizione: ci sono strumentazioni che posseggono riferimenti di

tensione scadenti o addirittura assenti. Nonostante i disturbi ad alta frequenza introdotti, i convertitori di potenza sono comunque essenziali per l'equilibrio energetico dell'intero sistema e per la schermatura dalle extra tensioni da fulmini e non possono essere eliminati. Ogni qualvolta si utilizzano dei DC/DC isolati si vengono a creare nuovi punti massa (GND). Il cortocircuito dei diversi punti di massa, anche accidentale e involontario può creare problemi al sistema di acquisizione. Bisogna prestar attenzione all'isolamento delle diverse masse. I punti di massa non vanno assolutamente cortocircuitati e dovrebbero rimanere galvanicamente isolati. Il mancato isolamento galvanico tra le masse può creare problemi seri. Soprattutto bisogna far attenzione quando si trasferiscono segnali aventi un riferimento (massa) differente. Basti pensare ai segnali (analogici o digitali) che arrivano da uno strumento di misura all'acquisitore. Ovviamente i sistemi di alimentazione dotati di regolatore del tipo serie (*shunt*) ad alto dropout sono assolutamente da evitare perché non isolati e perché hanno uno scarso rendimento. I sistemi energetici devono essere direttamente collegati alla linea di alimentazione senza interporre interruttori di qualsiasi genere: l'acquisizione deve essere sempre attiva se è presente energia utilizzabile nel sistema [Sicali et al., 2013]. Il sottosistema energetico deve necessariamente avvertire quei sistemi sensibili alle interruzioni di energia prima del distacco, per permetterne lo spegnimento tempestivo [Sicali et al., 2013]. D'altra parte il sistema di acquisizione non deve attendere nessun comando di accensione: si avvierà automaticamente al ripristino dell'energia. Deve avere una procedura di avvio (*booting*) completamente automatica che non richieda l'intervento umano. Sembra qualcosa di scontato ma molti sistemi hanno bisogno che l'utente li avvii, li controlli e addirittura li riconfiguri. Ciò crea al primo distacco energetico l'interruzione dell'acquisizione. Un sistema idealmente perfetto deve prevedere la possibilità che ci siano ammanchi improvvisi di energia. Deve assicurarsi che dopo un blackout elettrico tutte le strutture dati siano consistenti per permettere il normale riavvio [Sicali et al., 2013]. Ciò presuppone, naturalmente, che l'intero sistema sia studiato ad hoc e limita l'uso di sistemi troppo generici. Tutti i sistemi per applicazioni generiche già pronti all'uso hanno problemi d'inconsistenza delle strutture dati dopo un blackout energetico, che rendono il riavvio difficoltoso e addirittura impossibile. Molte volte, com'è già successo, i blackout improvvisi creano anche perdita di molti dati. Sono da usare con moderazione tutti i sistemi operativi classici.

### 3.2 Tecniche di miglioramento dell'affidabilità del funzionamento e dell'acquisizione

Quando si progetta dell'hardware, si ha spesso la necessità di scegliere tra diverse tipologie di componenti elettronici, identici per funzionalità, ma che possono avere caratteristiche e impieghi molto differenti. Nella scelta si devono favorire quei componenti elettronici, che a parità di funzionalità, sono meno recenti e presenti sul mercato come componentistica standard. I componenti longevi, appartenenti alle famiglie logiche principali, sono generalmente più stabili, e difficilmente vanno fuori produzione. Sarebbe opportuno utilizzare componenti molto comuni e facili da trovare sul mercato (Figura 2). Bisogna escludere dalla scelta i componenti troppo specifici, nuovissimi e ancora in fase di ricerca e sperimentazione: questi potrebbero facilmente scomparire dal mercato e addirittura avere problemi di funzionamento. Molto rappresentativo è il caso FDIV bug, che a metà anni 90 dello scorso secolo interessò un particolare processore Pentium. Il processore incriminato generava errori nelle operazioni in virgola mobile [Wikipedia, Pentium FDIV bug]. Potrebbe avere sviluppi catastrofici utilizzare un componente del genere in un sistema di acquisizione. Il *range* di temperatura dei componenti è un aspetto da non sottovalutare. Tutti i componenti dovrebbero avere un adeguato *range* di funzionamento, solitamente quello esteso (industriale) -40 (-20) °C a +85 °C, meglio se militare (-40+125 °C). Sono da preferire tecnologie MOS per abbassare i consumi e incrementare le velocità. Sono da preferire quei componenti maneggevoli (Figura 2) e facilmente sostituibili grazie all'uso di zoccoli, eventualmente dorati per prevenire problemi di falso contatto e ossidazioni. Nella progettazione dei circuiti stampati non bisogna risparmiare sui dettagli, è un'ottima scelta inserire piani di massa, per isolare e ostacolare la propagazione di disturbi generati all'interno di singoli moduli. Si consiglia vivamente l'uso del *solder* per isolare e proteggere le piste in rame, soprattutto se molto vicine tra loro e impiegate in luoghi umidi ed esposti a gas corrosivi (es. Isola di Stromboli). In assenza del *solder* si può avere un accumulo di ossidi che possono interrompere e/o cortocircuitare porzioni di circuiti. Lo stesso discorso vale per le saldature soprattutto se troppo vicine come nei componenti SMD. Per evitare problemi alle saldature si possono utilizzare rivestimenti silicici isolanti e rendere tutto insensibile all'umidità e alla corrosione. Per rendere il sistema ancora più stabile e affidabile, e allontanare la possibilità di uno stallo, si può inserire un sistema di *watchdog* (*WD*), che sorveglia il normale svolgimento delle operazioni. Il *watchdog* previene problemi causati da *bug* non risolti e di difficile rimozione, che si presentano sul lungo periodo e in circostanze particolari e molto specifiche. I migliori sistemi di *WD* devono essere realizzati con un hardware semplice, possibilmente utilizzando l'elettronica analogica e la logica combinatoria. Sono da escludere tutti i sistemi programmabili, poiché loro stessi possono entrare in stallo. I *WD* sono dispositivi

completamente indipendenti e isolati dal resto del sistema. Solitamente si tratta di contatori che sono resettati su particolari segnali prodotti dal sistema. Trascorso un tempo stabilito, senza che il sistema lo resettì, perché in stallo, il *WD* invierà un reset hardware generale.



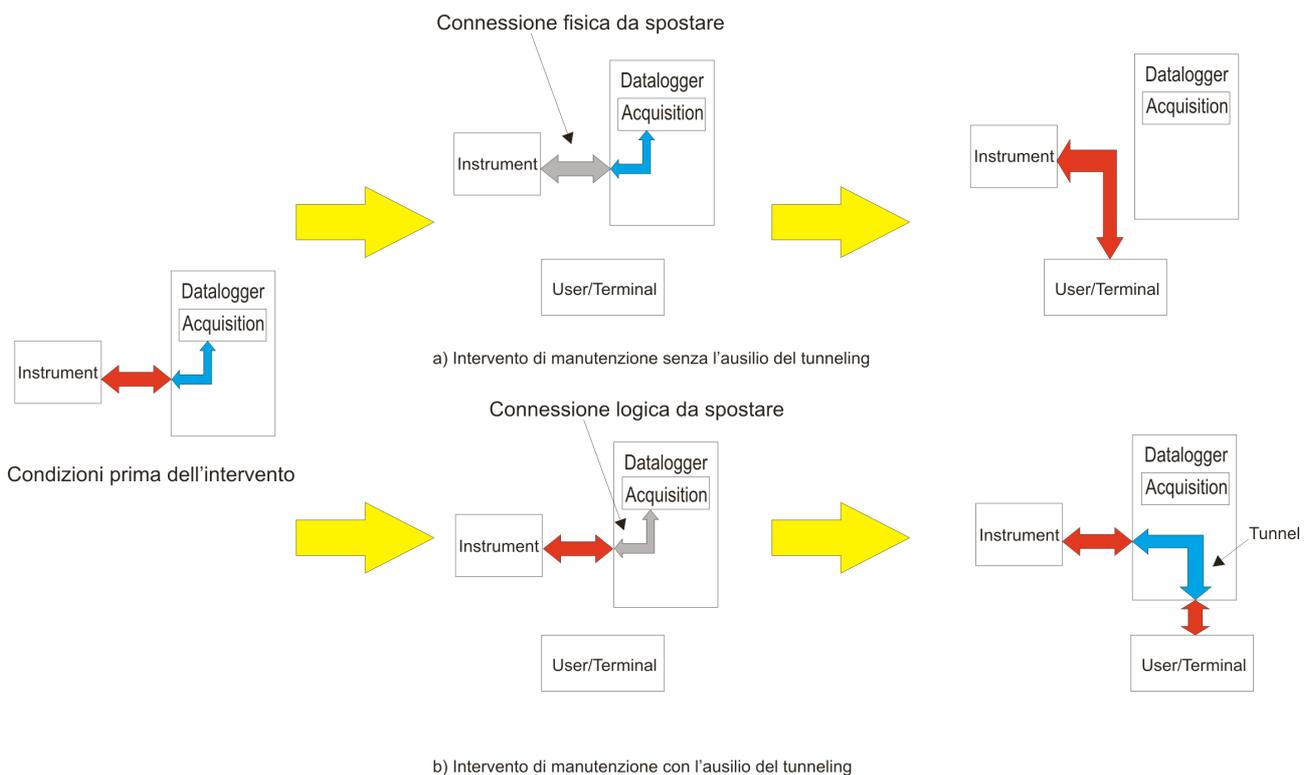
**Figura 2.** Prototipo di sistema di acquisizione multi parametrico IDRA (Interactive Device for Remote Acquisition). Si può notare come sia presente solamente un componente SMD, saldato su uno zoccolo adattatore SOIC/DIP.

### 3.3 Acquisizione Analogica

Un sistema che dovrà acquisire segnali analogici utilizzerà i migliori convertitori analogico digitale (ADC). Esistono in commercio convertitori analogico digitale che raggiungono i 32 bit di risoluzione e riescono a ottenere dei buoni rapporti tra il segnale e il rumore. Ogni canale dovrà essere provvisto del suo filtro anti-alias (*AAF*) digitale o analogico ed eventualmente dell'elettronica di condizionamento, tutto rigorosamente a basso consumo e quanto più modulare possibile. L'elettronica di condizionamento dovrà essere studiata oltre che per consumare poco, anche per avere un funzionamento stabile e continuo nel tempo. Saranno perfetti quei sistemi modulari in cui ciascun canale di acquisizione possa essere riconvertito per l'utilizzo su strumenti di misura di tipo diverso. Per evitare effetti di carico sugli ingressi e isolare i canali si potranno usare amplificatori differenziali per strumentazione. L'effetto sarà quello di innalzare la resistenza d'ingresso fino a  $10^{10} \Omega$  (dato estratto dal datasheet dell'INA118P con guadagno unitario). Il rapporto segnale rumore è fisso per ciascun convertitore analogico digitale, è indicato solitamente nel *datasheet*, e può peggiorare non progettando adeguatamente l'elettronica di condizionamento. Si riduce solitamente all'aumentare della frequenza di campionamento. Il rapporto segnale rumore è espresso il più delle volte in bit *noise free*. Si hanno convertitori analogico digitale a 24 bit che possono superare i 22 bit di segnale *noise free*. Nonostante non si possa incrementare il rapporto segnale rumore si possono invece utilizzare al meglio i bit *noise free* scegliendo un *range* opportuno per ciascun canale, adeguato alla grandezza da misurare. Per ottimizzare ulteriormente l'uso dei bit *noise free*, se necessario, si potrebbe inserire un sistema elettronico per riadattare il *range* di misura. L'introduzione di altra elettronica per il condizionamento del segnale potrebbe comunque introdurre altro rumore: l'idea è di ricercare il miglior compromesso possibile. Non dovranno esserci problemi di fase nella lettura tra i diversi canali, i quali andranno acquisiti contemporaneamente. Ciò presuppone che l'elettronica sia sufficientemente veloce e adeguata alla frequenza di campionamento.

### 3.4 Acquisizione Digitale

Un sistema che sarà collegato a strumentazione digitale, dovrà essere provvisto d'interfacce che siano adeguate allo strumento. Le interfacce più utilizzate sono le seriali asincrone, negli standard RS232 (anche con segnali TTL) e RS485. Molti strumenti comunicano anche attraverso seriali sincrone come lo SPI. Molto raramente s'incontrano strumenti con interfacce a bus parallelo. Il sistema deve prevedere anche una quantità minima di porte digitali da usare per inviare e ricevere segnali singoli. Tali porte possono essere utilizzate per acquisire un segnale logico o pilotare, anche grazie all'uso di elettronica di media/alta potenza, dispositivi esterni. Si possono anche sostituire i semplici *relays* con dei MOSFET per non incrementare il consumo energetico. Accoppiando il tutto otticamente si ridurrà il trasferimento tra sistemi interconnessi di disturbi e di extracorrenti derivanti da una fulminazione diretta o indiretta. Negli strumenti che prevedono una comunicazione digitale, si può dirigere, secondo le esigenze, il flusso dei dati (*tunneling*, Figura 3). Le tecniche di *tunneling* permettono di eseguire una facile e più efficace diagnostica, sui dispositivi esterni, da remoto. Il *tunneling* [Wikipedia, Tunneling] è quella tecnica che permette, attraverso un incapsulamento, di ridirigere un flusso di dati. Si parla di tecniche di tunneling e l'implementazione varia secondo la tecnologia utilizzata. Un esempio di *tunneling* realizzato da dispositivi hardware sono i convertitori RS232C/Ethernet. In tali dispositivi i dati che normalmente viaggiano sul cavo seriale sono incapsulati generalmente attraverso il protocollo TCP/IP e inviati attraverso le reti Ethernet. Nel caso dei sistemi di acquisizione attraverso l'adozione delle tecniche di *tunneling* si riuscirebbe a dialogare con strumenti di misura remoti, normalmente raggiungibili solamente localmente, attraverso un collegamento fisico (cavo).



**Figura 3. Tunneling:** a) In assenza di *tunneling* il collegamento con il dispositivo esterno avviene attraverso lo spostamento di connessioni fisiche (cavi) ed è molto invasivo per un sistema in acquisizione. Ogni intervento di questo genere deve essere realizzato in loco come pure la risoluzione di eventuali problemi successivi, derivanti dall'intervento di manutenzione. b) Grazie alle tecniche di *tunneling* avviene uno spostamento di connessioni logiche (flusso di dati). L'intervento è poco invasivo, si può scegliere se realizzarlo in remoto o localmente, e ogni problema derivante dall'intervento di manutenzione può essere risolto anche da remoto.

### 3.5 Tecniche per facilitare la manutenzione

Per facilitare la manutenzione si devono quanto più utilizzare sistemi modulari, in cui a ciascun modulo è affidata una macro funzionalità. Avremo quindi moduli distinti per l'alimentazione, la trasmissione, la base dei tempi, l'acquisizione, l'elaborazione e l'archiviazione. Durante un malfunzionamento si potrà rapidamente sostituire il modulo oggetto del problema. Il modello da adottare è quello di Von Neumann, utilizzando un semplice bus dati/indirizzi [Wikipedia, Architettura di Von Neumann]. L'idea della modularità può essere applicata anche agli stessi moduli utilizzando componenti elettronici singoli piuttosto che un unico componente costoso. A parità di costi è preferibile utilizzare un dispositivo di cui si ha un'ottima conoscenza e che è possibile riparare con poca spesa. La differenza di spesa per mantenere due sistemi, uno chiuso (*blackbox*) e l'altro aperto, può raggiungere anche le migliaia di euro. Si dovrà preferire componentistica facilmente sostituibile. L'uso dei componenti elettronici SMD è sconsigliato perché la rilavorazione prevede l'utilizzo di apparecchiature che non sempre sono disponibili e la possibilità reale che durante la rilavorazione si possa danneggiare qualcosa. Inoltre gli interventi su schede SMD sono da dover compiere in laboratorio e quindi allungano i tempi d'intervento. Quando le parti di ricambio cominciano a scarseggiare e non può essere sostituito l'intero dispositivo, si dovrà interrompere l'acquisizione per qualche giorno a causa dell'intervento da eseguire in laboratorio sui componenti SMD, invece di sostituire direttamente in campagna i singoli componenti guasti e facilmente staccabili. Sono da preferire quindi componenti elettronici staccabili senza l'ausilio di attrezzature ed è consigliato l'uso degli zoccoli per i circuiti integrati, da preferire quelli dorati. Se l'applicazione lo necessita, si possono comunque usare i componenti SMD accettandone anche gli svantaggi derivanti. Erroneamente si potrebbe pensare che il peso della strumentazione elettronica e il loro ingombro siano stati ridotti negli anni grazie ai componenti SMD, quando invece sono stati i circuiti integrati a permettere ciò. Il package di un circuito integrati non ha molto in comune con la scala di integrazione e con la stabilità dello stesso, difatti molte volte lo stesso chip può avere package differente. Magari pesa di meno ed è meno ingombrante, ma il beneficio è soprattutto di poterlo montare attraverso robot e macchinari vari.

Tutti i moduli (schede elettroniche) devono essere collegate attraverso connessioni sicure e stabili. Collegare i moduli con semplici fili può essere un problema. Si genera confusione all'interno del contenitore che ospita il circuito stampato e spesso, si corre il rischio di distaccarne qualcuno durante la manutenzione. Invece si dovrebbe preferire una connessione diretta attraverso connettori con contatti dorati e saldati alle singole schede. Sono da preferire connettori LIF (low insertion force) e ZIF (zero insertion force). Sono da escludere tutti i connettori a pettine o simili, con contatti scoperti e vicini, soprattutto non dorati, per evitare la formazione di ossidi e creare malfunzionamenti da cortocircuiti.

### 3.6 Caratteristiche Meccaniche e connessioni esterne

Anche la meccanica ha un ruolo importante. Una struttura meccanica accurata permetterà al sistema di sopravvivere agli agenti esterni. Tutto il sistema dovrebbe essere incapsulato entro una scatola piccola, preferibilmente di metallo leggero per poterla facilmente trasportare, avente secondo l'occorrenza una tenuta IP65, IP66, IP67, IP68. Usando il metallo, bisogna far attenzione che i gas corrosivi non lo danneggino. Il metallo è comunque essenziale quando è richiesta una schermatura del sistema per i campi elettrici. Per tutte le altre applicazioni si possono usare anche materiali plastici tipo ABS per una buona robustezza o eventualmente il PVC. La dimensione ottimale deve permetterne il facile trasporto, quindi la superficie più ampia non dovrebbe superare un foglio A4 (310x210 mm). Il peso ideale è inferiore al kg. Non ci devono essere connessioni verso l'esterno realizzate attraverso fili e tutti i connettori esterni dovrebbero essere saldati direttamente al circuito stampato. I connettori devono avere i contatti dorati e l'inserzione deve essere facilitata e sicura attraverso, eventualmente, l'utilizzo di uno strumento meccanico di estrazione. Le chiavi esagonali sono perfette come estrattore (Figura 4). I connettori dovrebbero essere in materiale difficilmente ossidabile o corrodibile. Vanno bene anche quelli in plastica, soprattutto per evitare la propagazione di scariche da fulmine ai contatti. Devono essere connettori unici e l'inserimento non deve essere ambiguo; meglio se si utilizza un unico connettore per tutti i segnali (Figura 4) per velocizzarne le sostituzioni durante le operazioni di manutenzione. Nello scegliere il numero di connettori si tenga comunque presente anche la necessità di scollegare la strumentazione a caldo. Durante l'estrazione dell'unico connettore tutto il sistema non sarà operativo, estraendo invece singoli connettori si potranno salvaguardare, se è necessario, alcune delle funzionalità (modularità).



**Figura 4.** Esempio di connettore con estrattore a chiave esagonale.

#### 4. Specifiche del software

Alcuni sistemi, quali il *Mag-Net*, usato per l'acquisizione nella rete magnetica [Del Negro et al., 2002] possiedono il difetto di dover essere ricompilati ogni qual volta si cambia l'hardware. Molte volte, soprattutto in condizioni estreme, potrebbe essere problematico riprogrammare il sistema. Per evitare di perdere troppo tempo in un'operazione molto difficoltosa si dovrebbe prevedere la possibilità di poter gestire un cambiamento nella configurazione a caldo, attraverso un semplice *file* e senza la necessità di dover ricompilare o riprogrammare il sistema. L'ideale sarebbe avere un meccanismo che riesca a riconoscere il tipo di dispositivo in automatico. Più semplicemente si può prevedere un comune *database*, gestito ad alto livello dall'utente, che preveda tutta una serie di parametri di configurazione vitali per il buon funzionamento del sistema. Il *database*, organizzato sotto forma di tabella, dovrebbe essere privo di errori e sempre consistente. Potrebbe memorizzare parametri come per esempio il nome del sito, la frequenza di campionamento e ciascun altro parametro di cui ha bisogno il sistema per funzionare.

Uno dei maggiori problemi del sistema *Mag-Net* è l'assegnazione del tempo per ciascun *task*. Il sistema non è multi-programmato e s'incontra difficoltà nel coordinare le singole attività. In un sistema in cui esistono diversi *task* di gestione (acquisizione, archiviazione, controllo, trasmissione, sincronizzazione) è necessario un arbitro. Sarà il sistema operativo a fare da arbitro. Si occuperà di assegnare le risorse e di controllare che tutto proceda bene. A ogni singolo *task* (processo) dovrebbe essere assegnata un'adeguata priorità in base all'importanza assunta nel sistema. In base alle priorità saranno in seguito assegnate le risorse di calcolo (cicli di CPU). I processi quali l'acquisizione dati hanno priorità maggiore di altri. Il campionamento del segnale non deve essere interrotto per nessun motivo. Ciò comunque non significa che esistano processi che possano avere il sopravvento sugli altri. Nessun processo dovrà essere capace di assegnarsi risorse (*multitasking* di tipo *preemptive*), sarà solo il sistema operativo ad assegnarle e a supervisionarle. Per nessun motivo devono essere trascurate le attività con bassa priorità: si garantirà comunque la trasmissione dei dati, la sincronizzazione dell'orologio interno e la diagnostica. In un sistema modulare ogni *task* dovrebbe essere del tutto indipendente e il suo funzionamento di tipo asincrono. Il funzionamento asincrono permette, di fronte a un malfunzionamento, di eliminare un qualsiasi modulo senza che gli altri ne risentano. A livello di programmazione i processi dovrebbero possedere un'interfaccia standard. L'interfaccia dovrebbe essere definita durante la progettazione iniziale e rimanere inalterata nel corso degli anni. Un'interfaccia universale permette durante i diversi aggiornamenti, anche remoti, di ridurre i problemi di incompatibilità.

La gestione degli errori critici (eccezioni) è sempre stata un problema per le stazioni di acquisizione. Nel passato si è preferito, di fronte a un errore critico, semplicemente riavviare il sistema supponendo che il problema fosse generato da una struttura dati volatile corrotta. Negli anni si è visto che tale strategia non salvaguarda il funzionamento dei sistemi. L'errore potrebbe derivare da problemi non transitori: un'anomalia hardware, una struttura dati sul disco inconsistente o un dispositivo esterno in avaria. Accade spesso che i dispositivi esterni come i modem, i router e gli strumenti di misura vadano in stallo. Riavviando semplicemente il sistema, il problema non sarà corretto. Si rischia invece di perdere il collegamento telemetrico, tra il sistema e il centro di controllo, a causa dei continui riavvii. La strategia migliore prevede invece che il software salvaguardi quanto più possibile il collegamento telemetrico e che ciascun dispositivo esterno possa essere riavviato attraverso un interruttore elettronico, azionato in automatico o in manuale. Il sistema centrale sarà riavviato solo in condizioni di reale necessità. In supporto della nuova strategia si dovrebbe fornire il sistema di strumenti diagnostici automatici, che permettano d'individuare con precisione il problema ed eventualmente riavviare i singoli moduli e dispositivi, siano essi software o hardware. Un *task* che inizia a non funzionare si dovrebbe poter riavviare indipendentemente dagli altri lasciando le altre funzionalità attive. Allo stesso modo se un dispositivo esterno dà segni di malfunzionamento, si dovrebbe intervenire solo su quello. Inizialmente riavviandolo fisicamente attraverso un'interruzione di alimentazione e successivamente, se il dispositivo continua a non funzionare, avviando procedure software automatiche di manutenzione. Quando proprio non si riesce a ripristinare il normale funzionamento in automatico, s'invierà una richiesta d'intervento all'amministratore del sistema. Il messaggio di richiesta riporterà tutte le informazioni diagnostiche del malfunzionamento, utilizzabili per un successivo intervento di manutenzione manuale, da remoto o in sito.

#### 4.1 Acquisizione

Un sistema di acquisizione dovrebbe essere progettato per scalare bene all'aumentare della frequenza di campionamento. Scalare bene significa che all'aumentare della frequenza l'impatto sul sistema deve essere minimale [Wikipedia, Scalabilità]. Ciascuno vorrebbe un sistema universale capace di gestire qualsiasi segnale o campionamento, ma purtroppo a tutto c'è un limite. Invece è più verosimile pensare che ogni applicazione e tipologia di strumento abbia un campionamento ideale e che le prestazioni richieste siano più limitate di quanto si pensi. Mentre da una parte un sistema dovrebbe poter gestire un intervallo di frequenze di campionamento abbastanza ampio e supportare la maggioranza delle applicazioni, dall'altra parte è limitato da problemi progettuali, che molte volte rendono difficile la progettazione. Ogni estensione verso l'alto della frequenza di campionamento si ripercuote su quasi tutti i sistemi software e hardware. Un'estensione della frequenza di campionamento genera un maggiore flusso di dati. Un maggiore flusso comporta un adeguamento delle linee di trasmissione interne ed esterne al sistema e la necessità di aumentare la quantità di spazio per l'archiviazione. Una maggiore quantità di dati si ripercuote anche sull'equilibrio energetico del sistema: le radio saranno utilizzate per tempi più lunghi, saranno effettuati più accessi alla memoria di massa e consumati maggiori cicli di CPU. Una frequenza maggiore di campionamento si ripercuote infine anche sulla complessità computazionale. Una maggiore complessità computazionale può portare alla scelta di un hardware più veloce o all'utilizzo di algoritmi più efficienti. Un hardware veloce comporta maggiori consumi. Algoritmi più efficienti, e purtroppo complessi, possono portare a una riduzione della stabilità. Conviene quindi non esagerare e porre un limite all'estendere l'intervallo di frequenze, cercando il giusto compromesso.

Nell'acquisizione di un segnale a un determinato campionamento bisogna considerare attentamente l'istante temporale in cui sono acquisite le misure. Consideriamo due siti che acquisiscono due segnali, con lo stesso periodo di campionamento, supponiamo di 10 secondi. Può accadere, e succede molto spesso, che le misure non sono sincronizzate tra i diversi siti. Ciò perché gli acquisitori, per una loro scelta, dettata dal loro programma di gestione, iniziano l'acquisizione in istanti diversi: per esempio 00:00:03 e 00:00:00. Quando si andranno ad analizzare i segnali si avranno grossi problemi per sincronizzare le misure acquisite in istanti diversi, dovendo alcune volte anche diminuire, a posteriori, la frequenza di campionamento mediando il segnale. Per ripristinare il sincronismo, nell'esempio descritto, potrebbe essere necessario abbassare il campionamento fino a un minuto, quindi sei volte inferiore all'originale, con una possibile perdita d'informazione. La scelta di una frequenza di campionamento elevata, impiegando eventualmente tecnologie non sempre stabili ma veloci, e incrementando i consumi, è vanificata da una semplice mancanza di sincronismo. Far partire l'acquisizione a un istante uguale per tutti i siti è importante quanto ridurre i consumi o aumentare la stabilità. Per risolvere il problema sarebbe solo necessario stabilire un istante comune a tutti i siti e a tutti i campionamenti, per esempio far partire tutte le acquisizioni sullo zero dei secondi.

## 4.2 Sincronizzazione temporale delle misure

Oramai tutti sistemi di misura sono dotati di dispositivi per la sincronizzazione delle misure. Possono essere usati indistintamente, secondo le esigenze e le precisioni richieste, NTP, GPS, IRIG-B, etc. Le applicazioni in cui la sincronizzazione è una componente critica possono usare i GPS raggiungendo precisioni nell'ordine dei *ns*. Per le applicazioni in cui è presente un collegamento di rete e le precisioni richieste non sono eccessive si può usare l'NTP (Network Time Protocol). Per le applicazioni che richiedono maggior precisione si può sostituire l'NTP con l'PTP (Precision Time Protocol) raggiungendo precisioni sotto il microsecondo. Il sistema dovrà fornire agli strumenti di misura che non hanno un dispositivo di temporizzazione una base dei tempi opportuna. Il modulo di sincronizzazione è di vitale importanza per il buon funzionamento dell'acquisizione e per la successiva analisi dei dati. Si può eliminare o trascurare solo quando non è richiesta una sincronizzazione esterna per gli strumenti di misura. Il dispositivo di sincronizzazione potrà essere spento quando non è utilizzato per limitare i consumi. Spesso è un dispositivo hardware esterno completamente chiuso (*blackbox*) per cui sarà più difficile da controllare. Ciò dipende dalla mancanza di un meccanismo di comunicazione per gli errori. Avrà quindi bisogno di una massiccia ed efficace diagnostica esterna da parte del sistema di acquisizione. Ad a ogni minimo segno di malfunzionamento, non risolvibile in automatico, dovrà essere inoltrata una richiesta di manutenzione manuale, da effettuare in remoto o in sito. I sistemi di acquisizione dovrebbero avere una seconda base dei tempi, magari meno precisa, ma più sicura e stabile di quella implementata attraverso tecnologie come i GPS o l'NTP. Questi potrebbero venire meno, di fronte ad un problema hardware o di segnale, bloccando l'acquisizione o renderla, più verosimilmente, discontinua.

## 4.3 Archiviazione

L'archiviazione è ormai fatta su memorie a stato solido perché sono più affidabili e consumano meno. Quindi un discorso sull'archiviazione si deve incentrare soprattutto sul tipo di struttura da dare alla memoria, piuttosto che al tipo di memoria. La scelta del *filesystem* da utilizzare dipende da molti fattori. Stabilire quali di questi fattori siano più importanti di altri, è molto difficile. Alcuni fattori potrebbero ricoprire un ruolo importante in alcune applicazioni ed essere completamente inutili in altre. I sistemi di acquisizione hanno bisogno solamente di un *filesystem* capace di memorizzare serie temporali. Una serie temporale non è altro che una tabella: una successione di righe ciascuna composta di un determinato numero di colonne, direttamente proporzionali ai canali acquisiti. Non avremmo bisogno né di *file* e tantomeno *directory*: per memorizzare una serie temporale basta una struttura dati semplice e stabile. La scelta di un *filesystem* standard non è giustificata e complica semplicemente il sistema software. Un *filesystem* minimale, capace di memorizzare una serie temporale, può essere implementato attraverso un ring (*fifo circolare*) con sovrascrittura dei dati più vecchi. Saranno memorizzati, da qualche parte, degli indici indicanti la posizione degli ultimi dati letti e scritti. L'utilizzo degli indici permetterà di accedere velocemente ai dati e l'accesso sarà di tipo sequenziale. L'implementazione software di un *ring*, utilizzando l'indirizzamento LBA (Logical Block Addressing) delle moderne memorie di massa, è quasi immediata. Per ottenere un minimo di correzione degli errori si può duplicare sul disco i dati. Utilizzando per la copia porzioni distanti di disco si evita che problemi, solitamente localizzati fisicamente in uno spazio ristretto, possano danneggiare irrimediabilmente entrambe le copie. Un *filesystem* realizzato attraverso un ring purtroppo non è un filesystem standard e non può essere letto direttamente dai sistemi operativi classici: bisogna utilizzare un programma (*device driver*) capace di accedere alle strutture dati per estrarre le informazioni. Alcune volte l'uso di programmi esterni è necessario anche quando i *filesystem* sono standard ma non sono di uso comune per un particolare sistema operativo. Per esempio NTFS su Linux o Ext4 su Windows. Si può prevedere anche l'uso di un *device driver* per una maggiore integrazione e trasparenza nell'accesso. Il *ring* rimane comunque la struttura dati più semplice che si può adottare e, l'accesso, in termini di risorse di calcolo e di consumi, se ne avvantaggia. Il tempo di accesso ai dati è costante e non dipende dalla frammentazione o dallo spazio libero. Il ring non ha bisogno di software complessi per l'indirizzamento che possono divenire instabili e lenti. Nei sistemi più complessi e non perfettamente collaudati può accadere che, a causa di errori (*bug*) nel software d'indirizzamento, si generi una perdita di dati. Addirittura, un *filesystem* inconsistente, potrebbe bloccare l'acquisizione. Non volendo utilizzare il ring ma un *filesystem* standard, organizzato in *directory* e *file*, si potrebbero avere problemi con le dimensioni e il numero dei file. Non conviene aumentare eccessivamente la dimensione e il numero dei *file* per *directory* per facilitare l'accesso attraverso l'uso dei software tradizionali. Accade molto spesso che file di testo contenente le tabelle di misure non possano essere lette da semplici *word-processor* o fogli di calcolo perché troppo grandi. Inoltre un numero eccessivo di *file* nelle *directory* crea un rallentamento durante l'accesso (*directory listing*).

Il sistema di acquisizione deve essere in grado di poter *formattare* la memoria di massa da sé, senza l'intervento dell'utente e riparare i *filesystem* inconsistenti minimizzando le perdite di dati. Non ci dovranno

essere limiti all'indirizzamento della memoria di massa, solo quelli fisici imposti dall'architettura hardware utilizzata. In passato ci si è trovati con sistemi commerciali, che nonostante avessero una scheda capiente, non la utilizzavano per limitazioni al software. Molto più spesso capita che siano le specifiche del *filesystem* a limitare l'utilizzo della memoria di massa, specialmente nel caso di *filesystem* datati. Anche la memoria di massa, come tutti i dispositivi hardware utilizzati, dovrà avere una temperatura di funzionamento almeno industriale (-40 °C +85°C) e consumare poco. Per problemi di temperatura e di consumi tutti i dischi con parti in movimento non dovrebbero essere usati. Sono perfette le memorie a semiconduttore. Infine i dati acquisiti localmente, per i quali non è stato possibile il trasferimento in remoto, dovrebbero poter essere prelevati localmente. Si possono usare interfacce veloci quali Ethernet o eventualmente estraendo fisicamente la scheda su cui risiedono le informazioni.

#### 4.4 Trasmissione

I sistemi di trasmissione possono essere unidirezionali o bidirezionali. Per molte ragioni, soprattutto diagnostiche, sono da preferire quelli bidirezionali, anche se molti sistemi, soprattutto per motivi di semplicità progettuale, potrebbero usare canali unidirezionali. Il canale di trasmissione solitamente è unico. Grazie alle più svariate tecniche di multiplexing, da un unico canale fisico, si riescono a ottenere molti canali. Si possono creare canali suddividendo il tempo di trasmissione grazie all'uso della *TDMA* (Time Division Multiple Access) e del *Packet Switching*. Sarà la flessibilità offerta del sistema di multiplexing usato a permettere la creazione di più canali di trasmissione che le applicazioni possono usare per lo scambio di dati concorrente. In modo trasparente si possono contemporaneamente ricevere informazioni in streaming, creare sessioni interattive di manutenzione con il sistema, mentre eventualmente si recuperano i dati persi durante l'ultimo blackout delle trasmissioni occorso qualche giorno prima. Si possono aggiungere canali utilizzati per la diagnostica e per la comunicazione tra utenti distanti, permettendo uno scambio d'informazione durante le sessioni di manutenzione. Le possibilità offerte da un sistema così fatto sono illimitate. Ogni canale sarà indipendente dagli altri e ciascuno potrà essere caratterizzato da una particolare larghezza di banda (*Bandwidth*). Il software che gestirà i dispositivi di trasmissione dovrà essere modulare e sarà composto almeno da due parti: una di alto livello e una di basso. Il software di alto livello gestirà la consegna dei dati alle applicazioni, e potrà essere scritto in C/C++. Sarà un semplice applicativo e potrà essere riavviato senza conseguenze in qualsiasi momento. Avrà diritti di accesso al sistema limitati per non creare instabilità al verificarsi di un errore (*bug*). La parte di basso livello dovrà essere inserita nel sistema operativo e dialogherà con i dispositivi hardware. Sarà scritta in ASSEMBLER e avrà i massimi diritti consentiti. Sarà molto contenuta nella sua complessità per non compromettere la stabilità generale del sistema. Sarà l'unica parte a differenziarsi e a risentire di un'eventuale modifica all'hardware avendo la valenza di un *device driver*. Questa parte dovrà ospitare tutto il software necessario per l'utilizzo dei diversi dispositivi di trasmissione, e sarà l'unica porzione software interessata dagli aggiornamenti hardware. Deve possedere un modello flessibile e adeguato a tale operazione. Sarà questa parte che permetterà durante il normale funzionamento di passare da una linea di trasmissione all'altra. Eliminerà la necessità di ricompilare il software a ogni modifica come succede nel sistema *Mag-Net* [Del Negro et al., 2002]. Si potranno usare indistintamente canali di trasmissione *UHF*, *WIFI-LAN*, *GSM*, *UMTS* etc. Sarà questa parte del software a orari prefissati, per esempio alla mezzanotte, a riavviare i sistemi di trasmissione per prevenire malfunzionamenti (stallo) dei dispositivi e assicurare sempre un robusto canale telemetrico.

#### 4.5 Diagnostica e Manutenzione

La diagnostica e la successiva manutenzione sono due aspetti importanti nella progettazione dei sistemi di acquisizione.

La diagnostica può essere vista come la capacità di acquisire informazioni su ogni malfunzionamento del sistema, per isolarne la causa. I sistemi di diagnostica permettono, grazie a un elenco di test da eseguire, di acquisire informazioni utili per isolare gli elementi hardware e software interessati dal problema di malfunzionamento. Per ogni singolo dispositivo, modulo, elemento o struttura dati dovranno essere studiati un insieme di test per mettere in risalto i problemi del sistema, anche ancora non conclamati. Si vuole implementare qualcosa di simile al sistema S.M.A.R.T. (Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology) studiato per i dischi fissi [Wikipedia, S.M.A.R.T.]. Un sistema che permette di diagnosticare un problema prima che accada raccogliendo quante più informazioni possibili. Una maglia stretta, di test e informazioni, che permetta d'identificare con precisione ogni anomalia del sistema e soprattutto d'intervenire nei tempi opportuni.

La manutenzione invece è il passo successivo alla diagnostica e non identifica soltanto la sostituzione dell'elemento danneggiato ma anche i modi con cui sono sostituiti, la velocità e l'efficienza/efficacia degli interventi. La struttura dei sistemi elettronici, meccanici e informatici deve essere studiata nel dettaglio per incrementare la produttività durante la manutenzione e ridurre le possibilità di errore. Non devono esistere ambiguità nella sostituzione degli elementi hardware danneggiati o ripercussioni di alcun genere durante gli aggiornamenti di porzioni software. Le strutture dati dei software devono essere sempre consistenti e auto riparanti. La struttura generale del sistema deve permettere d'intervenire sia in remoto che in sito: il software deve trattare allo stesso modo connessioni per manutenzione remote e locali. Deve dare la possibilità di eseguire test su richiesta e far interagire l'utente con i sistemi hardware e software. Potranno anche essere aperte più connessioni di manutenzione sul software, in cui ciascun utente ha la possibilità di dialogare e scambiare informazioni con gli altri. Molte volte, per diversi motivi, si ha la necessità dell'interazione tra utenti distanti per la risoluzione di un particolare problema. Si useranno tecniche di *tunnelling* (Figura 3) per collegarsi ai singoli dispositivi esterni, per diagnosticare problemi ed eseguire test. Test che altrimenti dovrebbero essere eseguiti localmente in sito, magari dovendo modificare fisicamente i sistemi e perdendo tempo prezioso. Oltre al terminale avanzato, l'utente locale avrà a disposizione, integrato nel sistema hardware, un tastierino e un display. Il display e il tastierino permetteranno di interagire con il sistema velocemente e senza la necessità di alcun dispositivo esterno (*computer*). Il display dovrà essere ad alta visibilità e retro illuminato. Quando non sarà usato, se i consumi sono eccessivi, deve essere spento in automatico.

## 5. Allestimento del centro acquisizione dati

I sistemi dislocati sul territorio, di tutta la catena di acquisizione, hanno sicuramente i problemi più seri e articolati. Ciononostante non sono gli unici sistemi che vanno salvaguardati dagli errori e dai problemi di funzionamento. Anche i sistemi hardware/software del centro di acquisizione potrebbero avere problemi e causare perdite d'informazione. Questi sistemi, solitamente personal computer (server, workstation o desktop), dovranno essere muniti di alimentazione ridondante e coordinata UPS/GE (Gruppi statici ed elettrogeni). Tutti i computer dovrebbero essere muniti di un dispositivo di autoaccensione. Nel caso in cui i sistemi di backup energetici falliscano e il sistema vada comunque giù, l'autoaccensione permetterà al ripristino dell'alimentazione, di riavviarlo. Molti computer, soprattutto i server, hanno nel BIOS una particolare configurazione che permette di riaccendere automaticamente la macchina dopo un blackout. L'avvio del sistema operativo dovrebbe essere seguito dal ripristino pieno delle funzionalità e di tutti i software necessari al trasferimento automatico delle informazioni dai siti remoti.

Oltre alla parte software, i computer adibiti all'acquisizione dovrebbero avere anche il controllo pieno sui dispositivi di trasmissione. Si dovrebbero usare degli interruttori elettronici capaci di resettare, su richiesta, i dispositivi di trasmissione e di allontanare possibili situazioni di stallo.

Il software di trasmissione dovrà essere completamente automatizzato nelle sue parti e avere una robusta gestione degli errori critici. Avrà principalmente lo scopo di recuperare i dati acquisiti nei siti remoti in automatico, anche più volte in un giorno o in continuo (streaming). Dovrà ottimizzare le trasmissioni per non trasmettere informazioni ridondanti. Dovrebbe utilizzare sistemi di compressione dei dati per ridurre il volume trasmesso e pacchetti non troppo grandi perché riducano la quantità di ripetizioni alla presenza di errori e deterioramento del canale.

Dovrà all'occorrenza far fluire anche le informazioni di diagnostica dai siti remoti assistendo l'utente nelle operazioni di manutenzione e di controllo dei sistemi. Dovranno anche essere presenti funzionalità specifiche per l'aggiornamento remoto dei sistemi, da usare comunque solo nelle situazioni di reale necessità poiché potenzialmente pericolose per il normale funzionamento, poiché potrebbero rendere il sistema inutilizzabile e portarlo in uno stato inconsistente. I computer destinati all'acquisizione possono essere usati anche per sincronizzare la base dei tempi delle stazioni remote, attraverso la linea di trasmissione.

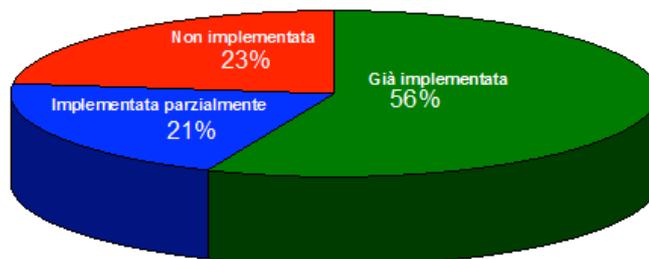
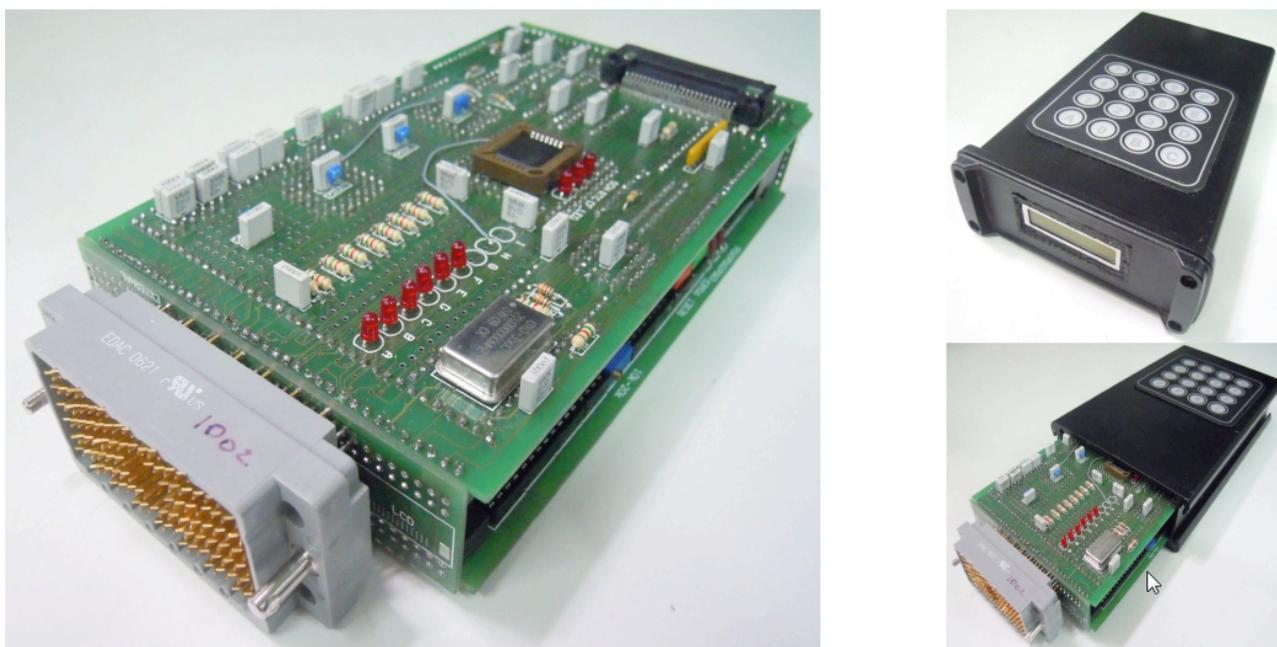


Figura 5. Stato dell'arte nel sistema *Mag-Net*: implementazione delle specifiche.

## 6. Stato dell'arte nella rete magnetica, gravimetrica e dilatometrica

A scopo di comprendere meglio i problemi riscontrati quotidianamente nella gestione delle reti Magnetica, Gravimetrica e Dilatometrica, si è cercato di verificare se tutti i sistemi di acquisizione utilizzati rispettassero tali specifiche. Il sistema *Mag-Net* [Del Negro et al., 2002] è risultato il più evoluto tra quelli usati per l'acquisizione dalle tre reti, nonostante sia stato progettato quasi 20 anni orsono. Ciononostante copre completamente solo il 56 % delle specifiche (Figura 5) e ne copre, soltanto parzialmente, un altro 21 %. Il restante 23% non viene (e non potrà mai essere) rispettato a causa dell'architettura usata, troppo rigida e chiusa (*blackbox*). Per superare i limiti di *Mag-Net* è stato oggetto di studio un nuovo sistema, in cui non esiste alcuna *blackbox* e di cui si ha la massima conoscenza. Al software già presente nel sistema *Mag-Net* si è aggiunto un sistema operativo e un *hardware* progettati ad hoc per i sistemi di acquisizione. Privo di *blackbox* e completamente aperto (Figura 6), il nuovo sistema permetterebbe di coprire pienamente le specifiche illustrate e di eventualmente raggiungerne altre.



**Figura 6.** Sistema di acquisizione IDRA.

## Conclusioni

Il funzionamento dei sistemi di acquisizione installati in prossimità dei vulcani attivi sono oggetto di molteplici problematiche, causate soprattutto da agenti atmosferici estremi. La cura dei particolari e l'adozione di un modello corretto per la loro progettazione e realizzazione può ridurre se non addirittura eliminare i rischi di malfunzionamento, al fine di assicurare la massima continuità possibile nell'acquisizione di segnali geofisici, per il monitoraggio o la sorveglianza.

## Ringraziamenti

Si ringrazia sentitamente tutti quelli che a vario titolo hanno contribuito alla stesura del testo e all'analisi dei sistemi di acquisizione da utilizzare in ambito geofisico.

Volevamo ringraziare tutta la Segreteria di Redazione del CEN, e in particolare Rossella Celi, per l'ottimo lavoro svolto e per la disponibilità mostrata.

Ringraziamo inoltre il Dott. Francesco Pongetti, del LNTS, Laboratorio Nuove Tecnologie e Strumenti, dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, per l'ottima revisione prodotta, molto efficace e costruttiva.

Infine ringraziamo l'Editor, Dott. Aldo Winkler, per aver contribuito aggiungendo ulteriore eleganza al testo.

## Bibliografia

- Edgar Dijkstra, (1968). *Go-to statement considered harmful*. Communications of ACM 11 (1968), 3: 147–148.
- Frederick Brooks, (1975). *The Mythical Man-Month*. Addison-Wesley. ISBN 0-201-00650-2. (ed.1975). 0-201-83595-9 (ed. 1995).
- Del Negro C., Di Bella A., Ferrucci F., Napoli R., Sicali A., (1998). *Automated System for Magnetic Surveillance of Active Volcanoes*. In Final Report Tekvolc: Technique and Method Innovation in Geophysical Research, Monitoring and Early Warning at Active Volcanoes. Commission of European Communities Environment Programme, Contract ENV4 CT95 0251.
- Del Negro C., Di Bella A., Napoli R., Sicali A., (1999). *Development of an automated console prototype for control of remote magnetic sensors*. In Interim Report Tomave: Electromagnetic and potential field integrated tomographies applied to volcanic environments. Commission of European Communities Environment Programme, Contract ENV4 CT98 0697.
- Sicali A., (2000). *Entropia dei segnali continui nel tempo*. Computer Programming n. 89. marzo 2000, pp. 68-72, ISSN 1123-8526.
- Del Negro C., Napoli R., Sicali A., (2002). *Automated system for magnetic monitoring of active volcanoes*. Bull. Volcanol. 64, 94-99.
- Sicali A., Bonaccorso A., (2013). *Gestione dei dilatometri installati in pozzi profondi all'Etna*. Rapporti Tecnici INGV n°. 258, ISSN 2039-7941.
- Wikipedia, *Pentium FDIV bug*, [https://en.wikipedia.org/wiki/Pentium\\_FDIV\\_bug](https://en.wikipedia.org/wiki/Pentium_FDIV_bug)
- Wikipedia, *Principio di Pareto*, [https://it.wikipedia.org/wiki/Principio\\_di\\_Pareto](https://it.wikipedia.org/wiki/Principio_di_Pareto)
- Wikipedia, *S.M.A.R.T.*, [https://it.wikipedia.org/wiki/Self-Monitoring\\_Analysis\\_and\\_Reporting\\_Technology](https://it.wikipedia.org/wiki/Self-Monitoring_Analysis_and_Reporting_Technology)
- Wikipedia, *Architettura di Von Neumann*, [https://it.wikipedia.org/wiki/Architettura\\_di\\_von\\_Neumann](https://it.wikipedia.org/wiki/Architettura_di_von_Neumann)
- Wikipedia, *Tunneling*, <https://it.wikipedia.org/wiki/Tunneling>
- Wikipedia, *Scalabilità*, <https://it.wikipedia.org/wiki/Scalabilità>
- Wikipedia, *Linguaggio di Programmazione*, [https://it.wikipedia.org/wiki/Linguaggio\\_di\\_programmazione](https://it.wikipedia.org/wiki/Linguaggio_di_programmazione)
- Wikipedia, *Commutazione di Contesto*, [https://it.wikipedia.org/wiki/Commutazione\\_di\\_contesto](https://it.wikipedia.org/wiki/Commutazione_di_contesto)
- Wikipedia, *RCA 1802*, [https://en.wikipedia.org/wiki/RCA\\_1802](https://en.wikipedia.org/wiki/RCA_1802)
- Wikipedia, *Linearità*, <https://it.wikipedia.org/wiki/Linearità>
- Wikipedia, *Paradigma di programmazione*, [https://it.wikipedia.org/wiki/Paradigma\\_di\\_programmazione](https://it.wikipedia.org/wiki/Paradigma_di_programmazione)

**Tabella 1.** Riassunto delle specifiche per i sistemi remoti.

<b>Tabella 1.</b> Riassunto delle specifiche per i sistemi remoti.		
<b>Hardware</b>		<b>Software</b>
<b>Elettroniche</b>	<b>Meccaniche</b>	
Non devono essere creati e trasferiti disturbi agli strumenti.	Dimensioni contenute, meno di tre <i>netbook</i> sovrapposti.	Sistema operativo multi-programmato.
Sensoristica per uso diagnostico: temperatura, umidità, pressione, tensioni e correnti del sistema energetico, etc.	Peso contenuto, inferiore a 1 kg.	Mini database per la configurazione a caldo (runtime).
Sistema modulare a bus dati/indirizzi.		Diagnostica e gestione robusta degli errori.
Assenza di tasti o interruttori di accensione, avvio automatico al ripristino dell'alimentazione.	Utilizzare un basso numero di connettori, dotati di pin dorati e di un utensile estrattore.	Sincronizzazione dell'acquisizione tra i diversi siti.
Alimentatori di tipo switching, possibilmente galvanicamente isolati.	Scatola preferibilmente in metallo leggero. Eventualmente ABS o PVC.	Frequenza di acquisizione modificabile.
Watchdog hardware semplice e indipendente.	Tenuta stagna opportuna IP65, IP66, IP67, IP68.	Utilizzare <i>filesystem</i> robusto e insensibile ai blackout improvvisi.
Lunga vita commerciale dei componenti elettronici.		Utilizzare una struttura ciclica per memorizzare i dati.
Non usare componenti ancora in fase di test e ricerca.		Utilizzare la compressione dati durante l'archiviazione e la trasmissione.
Range di temperatura esteso industriale o militare.		Tecniche di tunneling per la manutenzione remota.
Utilizzare componenti comuni e facili da reperire.		Device driver per ciascun dispositivo.
Preferibile usare componenti non SMD.		Reset automatici dei sistemi di trasmissione alla mezzanotte.
Assenza di connessioni attraverso fili.		Acquisizione veloce dei dati in sito, eventualmente sostituendo il supporto dell'archiviazione.
Utilizzare connettore LIF e ZIF con contatti dorati.		Diverse tipologie di trasmissione: GSM, WIFI, UHF.
Solder mask per i circuiti stampati.		Sistema di sincronizzazione delle misure attraverso GPS, IRIG-B, NTP, etc.
Rivestimento siliconico per i contatti elettrici non ricoperti dal solder.		
Bassi consumi meno di 1 W.		
Risoluzione di 24/32 bit per gli ADC, basso rumore.		
Filtro anti-alias.		
Alta resistenza d'ingresso.		
Canali analogici differenziali.		
Acquisizione parallela tra i canali.		
Linee digitali ingresso/uscita		
Relais o MOSFET per il reset degli strumenti.		
Utilizzare dischi a stato solido.		
Linea di comunicazione locale.		
Tastiera e display integrati.		

**Tabella 2.** Riassunto delle specifiche per il centro acquisizione dati.

<i>Hardware</i>	<i>Software</i>
Alimentazione ridondante, sistemi UPS/GE	Trasmissioni ottimizzate ed efficienti: mai trasmettere due volte lo stesso dato.
Dispositivi per il reset dei sistemi di trasmissione	Sistemi di diagnostica e manutenzione.
	Aggiornamento remoto delle stazioni.
	Sincronizzazione dell'orologio delle stazioni remote.
	Accesso ai dati in <i>real-time</i> .
	Trasmissione automatica a ore prestabilite.
	Trasmissione manuale su richiesta.
	Terminale avanzato per l'accesso alle funzionalità delle stazioni remote.



# Quaderni di Geofisica

ISSN 1590-2595

<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/quaderni-di-geofisica/>

I Quaderni di Geofisica coprono tutti i campi disciplinari sviluppati all'interno dell'INGV, dando particolare risalto alla pubblicazione di dati, misure, osservazioni e loro elaborazioni anche preliminari, che per tipologia e dettaglio necessitano di una rapida diffusione nella comunità scientifica nazionale ed internazionale. La pubblicazione on-line fornisce accesso immediato a tutti i possibili utenti. L'Editorial Board multidisciplinare garantisce i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi.

# Rapporti tecnici INGV

ISSN 2039-7941

<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/rapporti-tecnici-ingv/>

I Rapporti Tecnici INGV pubblicano contributi, sia in italiano che in inglese, di tipo tecnologico e di rilevante interesse tecnico-scientifico per gli ambiti disciplinari propri dell'INGV. La collana Rapporti Tecnici INGV pubblica esclusivamente on-line per garantire agli autori rapidità di diffusione e agli utenti accesso immediato ai dati pubblicati. L'Editorial Board multidisciplinare garantisce i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi.

# Miscellanea INGV

ISSN 2039-6651

<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/miscellanea-ingv/>

La collana Miscellanea INGV nasce con l'intento di favorire la pubblicazione di contributi scientifici riguardanti le attività svolte dall'INGV (sismologia, vulcanologia, geologia, geomagnetismo, geochimica, aeronomia e innovazione tecnologica). In particolare, la collana Miscellanea INGV raccoglie reports di progetti scientifici, proceedings di convegni, manuali, monografie di rilevante interesse, raccolte di articoli ecc..

**Coordinamento editoriale e impaginazione**

Centro Editoriale Nazionale | INGV

**Progetto grafico e redazionale**

Daniela Riposati | Laboratorio Grafica e Immagini | INGV

© 2016 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata, 605

00143 Roma

Tel. +39 06518601 Fax +39 065041181

**<http://www.ingv.it>**



**Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia**