

2008

Sistema Client-Server per la visualizzazione dati in sala operativa

Mariano La Via

n. 75

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata 605 - 00143 Roma

tel 06518601 • fax 065041181

www.ingv.it



Direttore

Enzo Boschi

Editorial Board

Raffaele Azzaro (CT)

Sara Barsotti (PI)

Mario Castellano (NA)

Viviana Castelli (BO)

Anna Grazia Chiodetti (AC)

Rosa Anna Corsaro (CT)

Luigi Cucci (RM1)

Mauro Di Vito (NA)

Marcello Liotta (PA)

Lucia Margheriti (CNT)

Simona Masina (BO)

Nicola Pagliuca (RM1)

Salvatore Stramondo (CNT)

Andrea Tertulliani - coordinatore (RM1)

Aldo Winkler (RM2)

Gaetano Zonno (MI)

Segreteria di Redazione

Francesca Di Stefano (coordinatore)

Tel. +39 06 51860068

Fax +39 06 36915617

Rossella Celi

Tel. +39 06 51860055

Fax +39 06 36915617

redazionecen@ingv.it

**SISTEMA CLIENT-SERVER
PER LA VISUALIZZAZIONE DATI IN SALA OPERATIVA**

Mariano La Via

*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Sezione di Catania*

Indice

Introduzione	5
1. Situazione della Sala Operativa	6
2. Descrizione del progetto.....	7
3. Descrizione del software	9
4. Descrizione dell'hardware	11
5. Confronto con le soluzioni classiche.....	12
5.1 Confronto economico	12
5.2 Confronto interattività.....	12
5.3 Confronto realizzazione tecnica	13
5.4 Confronto fault-tolerance	13
6. Conclusioni	14

Introduzione

Attualmente, all'interno della Sezione di Catania è attiva una Sala Operativa (SO) per il monitoraggio dell'attività sismica e vulcanica della Sicilia orientale.

All'interno della SO vengono visualizzate numerose informazioni provenienti da vari sistemi di monitoraggio, necessarie ai turnisti di presidio per lo svolgimento del proprio lavoro.

Per la maggior parte si tratta di segnali sismici, ma sono presenti anche grafici di altro genere (es. andamento del tremore), mappe (localizzazioni di terremoti recenti, mappe meteorologiche) nonché i segnali delle telecamere di osservazione poste sui versanti dei vulcani monitorati (Etna, Stromboli e Vulcano).

Tutte queste informazioni sono visualizzate in modalità digitale, su una serie di monitor disposti a scacchiera in prossimità delle pareti.

Questo sistema richiede la presenza in SO di un numero adeguato di computer che provvedano a reperire i dati, elaborarli, produrre i grafici e visualizzarli. Dal momento che avere molti computer implica manutenzione eccessiva ed aumenta la probabilità che si verifichino dei guasti, per semplificare la gestione della Sala si sono spesso cercate delle soluzioni per ridurre il numero al minimo indispensabile.

Fino ad oggi tutti i tentativi sono stati mossi nella direzione di accorpare quanti più servizi possibile in ogni singola macchina, utilizzando quindi computer sempre più potenti ed accorgimenti hardware particolari per il controllo dei monitor (ovvero l'utilizzo di schede video multimonitor, anche inserendone più d'una all'interno di un unico PC).

Così facendo, se da un lato si è effettivamente ridotto il numero dei sistemi da gestire, dall'altro se ne è aumentata la complessità, il costo e la criticità: ci si è orientati sempre di più verso soluzioni hardware proprietarie, non reperibili sul mercato consumer, la cui sostituzione in caso di guasto richiede tempi di intervento lunghi, lasciando fuori servizio gran parte della SO.

Con questo progetto abbiamo voluto provare ad affrontare il problema da un'altra angolazione, e separare ciò che è effettivamente necessario in SO (cioè la visualizzazione dei segnali) da ciò che invece non lo è (i processi di elaborazione) e ribaltare l'approccio alla visualizzazione ritornando ad utilizzare un PC per ogni monitor. Se l'idea così esposta può apparire strana ed antieconomica, alla luce delle nuove tecnologie disponibili sul mercato ha invece portato a risultati eccellenti, come spiegheremo nel seguito di questo documento.

1. Situazione della Sala Operativa

In SO sono attualmente presenti circa una trentina di monitor, di cui oltre il 50% destinati alla visualizzazione di tracce sismiche, una decina alle telecamere ed i rimanenti a mappe e segnalazioni di allerta. Per le tracce sismiche e le telecamere si utilizzano computer con due schede multimonitor a quattro uscite, mentre per il resto ci sono alcuni PC con singola scheda a due o tre uscite.



Fig. 1. Foto della Sala Operativa.

In generale, si tratta di immagini a basso rateo di refresh: infatti le tracce sismiche vengono aggiornate ogni due secondi, mentre le mappe ed i segnali di allerta solo in seguito ad eventi o ad orari prestabiliti. Teoricamente fanno eccezione le telecamere, che vengono ricevute in streaming real-time, ma in realtà, a causa della poca banda disponibile nei collegamenti (in particolare con l'Etna), la visualizzazione avviene comunque a bassa risoluzione ed a scatti, in misura variabile a seconda delle condizioni dell'immagine (situazione meteo) e del traffico sulla rete. In ogni caso lo scopo di questa visualizzazione è di permettere al turnista di individuare eventuali fenomeni vulcanici in atto, per cui non è necessario utilizzare un elevato numero di frame per secondo (fps).

Le tracce sismiche sono visualizzate due per monitor pertanto ogni computer (con otto uscite VGA) deve gestire sedici istanze del visualizzatore. Per fare questo lavoro nel tempo stabilito, ha bisogno di molta RAM e di una CPU potente (con l'ultimo modello siamo arrivati ad un Pentium 4 3.2 GHz con 4 GB di RAM), ma non basta: affinché Windows gestisca correttamente questa grande area di visualizzazione è necessario ampliare alcuni buffer destinati alla gestione della grafica modificando le relative variabili del registro di sistema. Si tratta quindi di personalizzare impostazioni di basso livello del sistema operativo normalmente sconosciute all'utente.

Infine, a causa delle ridotte dimensioni dei PC utilizzati, le schede video (che invece sono piuttosto ingombranti) non possono essere installate all'interno dei computer, per cui è stato necessario acquistare un Box esterno per bus PCI collegato al PC tramite una scheda di interfaccia (SCSI). Questo Box facilita la sostituzione del PC in caso di guasto (non è necessario estrarre le schede per riutilizzarle), ma aumenta il costo complessivo del sistema.

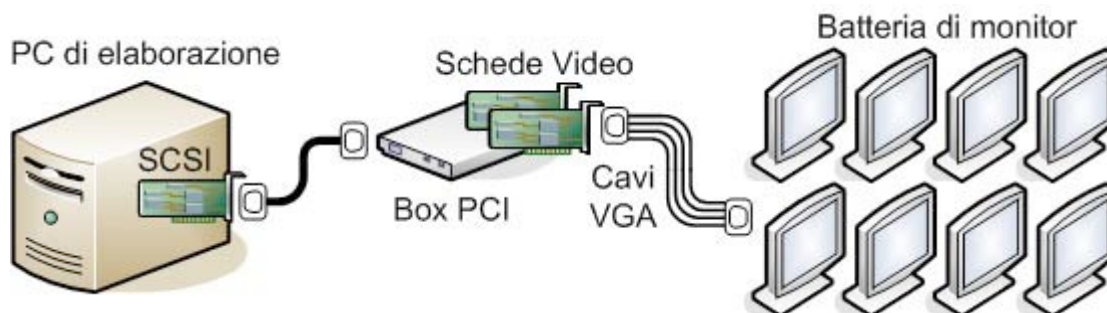


Fig. 2. Schema dell'attuale sistema di visualizzazione.

2. Descrizione del progetto

Il punto da cui siamo partiti è stata l'idea di provare a portare l'elaborazione (cioè i computer) fuori dalla SO, e ci si è posti il problema di come fare a visualizzare i dati. Si è proposto di prolungare i cavi video fino ad una stanza adiacente, fisicamente separata dall'ambiente dedicato ai turnisti, ma si tratta di una soluzione complessa, che richiede lavori di ristrutturazione, poco flessibile nel tempo e che comunque non risolverebbe i problemi di fault-tolerance.

Abbiamo quindi pensato di applicare ai monitor lo stesso principio delle stampanti di rete: visualizzare dei dati ricevuti via rete, da un computer (o più di uno!) che può trovarsi in qualunque parte dell'edificio.

La flessibilità di questa soluzione è assoluta, non c'è alcun nesso fisico tra computer e monitor, i computer possono inviare immagini ad un numero virtualmente infinito di monitor ed i monitor possono ricevere immagini da qualunque computer sulla rete. Quindi sia il numero dei monitor che quello dei computer può essere variato a piacere in base alle esigenze del momento.

In tal modo i computer possono essere collocati in un ambiente più idoneo, senza dare più disturbo al turnista e rendendo la SO più vivibile. Non è più necessario utilizzare soluzioni hardware complesse (i computer potrebbero persino essere privi di scheda video) e si ha comunque la libertà di scelta se sparpagliare i servizi necessari su molti piccoli PC, concentrarli su poche grosse workstation o persino su delle macchine virtuali. L'unico vincolo reale è dato dai tempi di elaborazione, trasmissione e visualizzazione dell'immagine. Finché si resta entro la finestra temporale richiesta si può applicare la soluzione di calcolo preferita.

Eliminare la connessione fisica tra computer e monitor semplifica anche le modalità di intervento in caso di guasto: per la sostituzione di un monitor la situazione è più o meno la stessa (oltre a sostituire i monitor bisogna assegnargli l'indirizzo IP), ma in caso di guasto ad un computer non è più necessario operare una sostituzione fisica, è sufficiente spegnere il computer guasto ed utilizzarne un altro magari già predisposto di riserva. Se organizzata con cura, l'operazione può essere effettuata rapidamente dal reperibile o persino dal turnista.

Già, ma dove trovare un monitor rispondente a queste caratteristiche?

Effettivamente sul mercato esistono dei monitor collegabili alla rete, ma sono progettati essenzialmente per scopi pubblicitari, destinati alla visualizzazione di slideshow, filmati e contenuti multimediali, quindi poco reattivi e troppo ingombranti e costosi.

In definitiva l'unico modo di rendere concreta questa idea era di realizzare in casa il sistema di visualizzazione e, visto che in Istituto avevamo già esperienza sull'utilizzo di micropc, abbiamo pensato di associarne uno ad un normale monitor LCD e di scrivere autonomamente il software necessario ad ottenere il risultato desiderato.

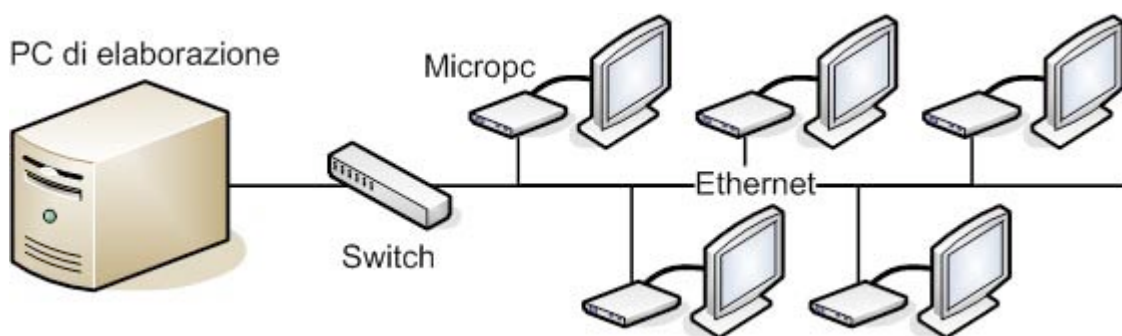


Fig. 3. Schema del nuovo sistema di visualizzazione.

Installando sui micropc una versione base di Linux non avremmo avuto problemi di potenza né di capacità di memoria, consentendoci di utilizzare modelli poco costosi e dischi allo stato solido, in modo di ottenere delle macchine economiche e senza parti in movimento: poco consumo di energia, poco calore da dissipare, niente dischi, niente ventole, niente manutenzione.

Su queste macchine avremmo installato la parte server del software di visualizzazione, che avrebbe dovuto svolgere il suo compito nella maniera più semplice e rapida possibile: ricevere un'immagine e mostrarla a video, nient'altro.

Dunque la prima scelta fondamentale da fare era su quale protocollo utilizzare per il trasferimento delle immagini: se ne poteva realizzare uno proprietario, magari con funzioni specifiche per modificare solo porzioni dello schermo e ridurre la quantità di dati in transito (simile ad uno streaming), oppure adattarci ad utilizzare un protocollo standard già esistente i cui sorgenti fossero disponibili.

Il problema principale da tenere in considerazione in questa scelta era che la fattibilità del progetto dipende dalla disponibilità di programmi client che elaborino i dati raw, producano le immagini e le trasmettano ai server.

I programmi attualmente in uso in SO sono prodotti da persone diverse, con differenti linguaggi, compilatori e tecniche di programmazione. Ovviamente tutti elaborano già i dati raw, e tutti visualizzano delle immagini che potrebbero facilmente salvare in un file, ma nessuno prevede di trasferire queste immagini ad un altro computer. Questa parte è da realizzare ex-novo, per ogni singolo e diverso client.

Quindi per consentire ai programmatori di interfacciare il loro software col nostro server senza sconvolgere il proprio lavoro, avremmo dovuto fornirgli noi delle librerie (ad esempio delle DLL) già pronte per la trasmissione dei dati. Troppo complicato, troppo tempo necessario alla realizzazione, troppe persone da coinvolgere nei test.

Ci voleva qualcosa di già esistente, ma semplice ed efficiente, che tutti potessero utilizzare senza troppa fatica, ed ancora una volta la soluzione è arrivata dall'esperienza maturata nella manutenzione degli apparati di rete: il TFTP.

TFTP (Trivial File Transfer Protocol) è un protocollo studiato per trasferire file in maniera semplice, lavora in modalità UDP, i sorgenti sono di pubblico dominio e molti compilatori hanno il client già disponibile tra le loro librerie.

Quindi sul visualizzatore potevamo installare un server TFTP opportunamente modificato, e le immagini sarebbero state trasmesse come file, in vari formati grafici.

Per la gestione della parte grafica abbiamo scelto JDL, una libreria opensource.

Fatte tutte le scelte necessarie, non ci restava che realizzare un prototipo.

3. Descrizione del software

Per lo sviluppo del software abbiamo deciso di adottare uno schema multithreading: un thread principale sempre in ascolto (ciclo infinito in attesa di connessione) in grado generare dei thread secondari per la gestione del trasferimento e la visualizzazione.

Ecco un semplice schema a blocchi delle due tipologie di thread.

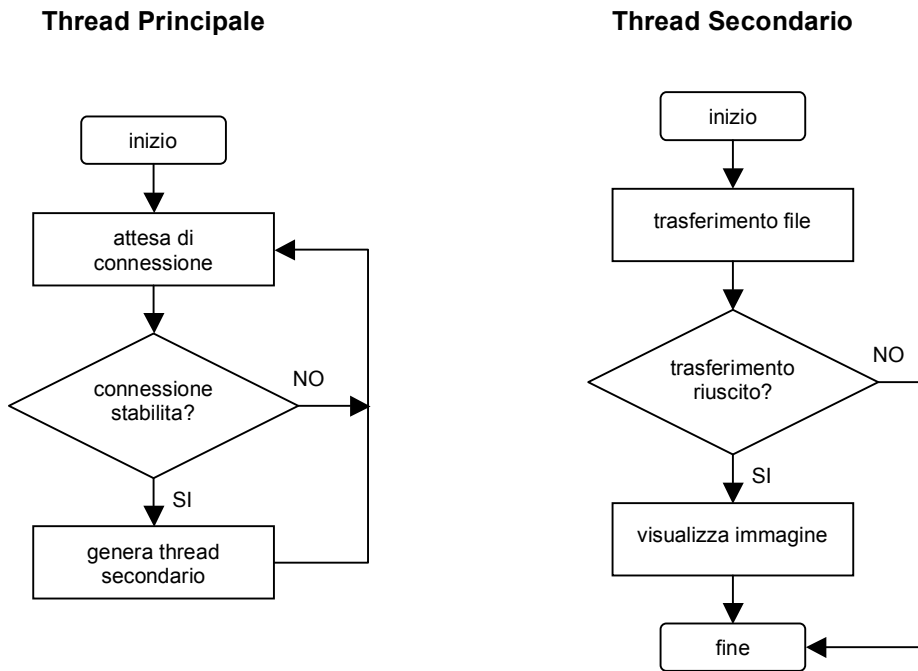


Fig. 4. Schema a blocchi dei thread.

Dopo aver visionato diversi esempi di codice sorgente per TFTP server disponibili su Internet, ne abbiamo realizzato una versione estremamente semplificata: il server opera esclusivamente in modalità binaria ed accetta solo i comandi GET e PUT.

Col comando PUT si invia il file al server, il quale gli assegna un nome in codice (il nome originale viene perduto), ignora un eventuale path di destinazione e lo salva in un'area di memoria RAM, in modo da evitare ritardi dovuti alla (inutile) scrittura su memorie di massa; in pratica il client non ha controllo sulla destinazione del file. Se il trasferimento viene completato con successo, il file viene passato alla routine di visualizzazione, che lo decodifica, lo visualizza e lo marca come file attivo (cioè visibile).

Col comando GET si chiede al server di inviare al client il file attivo, cioè si esegue una specie di "cattura schermo" utile per verificare da remoto quale immagine sia visibile sul monitor. Il file viene inviato senza modifiche, per cui il formato grafico resta quello originale.

Per realizzare le operazioni di visualizzazione si sono create due "aree schermo": una è quella attiva, cioè visibile, mentre l'altra serve come area di lavoro per preparare la nuova immagine; terminate le operazioni preparatorie, le aree vengono scambiate, sul monitor compare la nuova immagine e quella vecchia diventa disponibile come area di lavoro.

L'accesso dei thread alla sezione grafica è regolato da un semaforo (mutex) ed è effettuato in ordine cronologico di ricezione. Quindi in caso di ricezioni ravvicinate, tutte le immagini vengono visualizzate almeno per un istante, ma l'ultima immagine ricevuta sarà quella attiva. In effetti avremmo potuto decidere di consentire all'ultimo processo in attesa di uccidere tutti quelli davanti a lui, ma era un'implementazione più complessa e rischiosa che in questa fase non comportava tangibili vantaggi di prestazioni.

La sezione grafica è in grado di adattare la risoluzione del monitor in base alle dimensioni dell'immagine (o viceversa), ma dovrebbe eseguire questo controllo ad ogni immagine ricevuta. Dal momento che nel caso reale della SO questa necessità non esiste, abbiamo preferito disabilitarla. Tuttavia si è pensato che in un'implementazione futura si potrebbe utilizzare il nome del file (attualmente ignorato, come abbiamo già detto), per inviare dei comandi al server: ad esempio un file chiamato "resize" potrebbe forzare il controllo della risoluzione.

Nella versione utilizzata per i test, i valori dei parametri funzionamento (es. risoluzione, porta di ascolto...) sono stati inseriti direttamente nel codice, ma nella versione definitiva è previsto l'uso di un parser che legga un file di configurazione in formato ascii.

Non avendo a disposizione il micropc, i test del software sono stati effettuati su un PC Desktop Pentium III con 256 MB di RAM. Come sistema operativo abbiamo utilizzato OpenSuse 10.3 ma eliminando durante l'installazione tutti i package non necessari. Certamente esistono soluzioni ancora più spartane, ma vista la capienza abbondante delle flash disponibili sul mercato, ancora una volta non ci è sembrato necessario complicarci la vita inutilmente, almeno per la realizzazione del prototipo.

Durante il test il client ed il server sono stati collegati alla rete dell'Istituto con connessioni a 1Gbit, e come immagini di prova ne abbiamo selezionato un centinaio tra quelle acquisite dalla telecamera dell'Etna. Sono in formato jpeg, hanno una risoluzione di 640x480 pixel, ed una dimensione media di 20 Kbyte ciascuna. Le immagini delle tracce sismiche hanno una risoluzione maggiore (1024x768), ma pochi colori ed un fondo omogeneo per cui possono essere trasmesse in formato GIF o JPG con una dimensione media di 60 Kbyte.

Le immagini sono state inviate dal client ad un rateo costante, inizialmente con un intervallo di cinque secondi, che poi abbiamo progressivamente ridotto fino a mezzo secondo. Tutte le immagini sono state visualizzate nell'ordine esatto e non si è verificato effetto flickering. Il test è stato ripetuto aprendo due connessioni client allo stesso server per verificare la solidità del sistema multithreading, ed anche in questa situazione il server ha svolto il suo compito nel modo previsto.

In definitiva, oltre a visualizzare immagini a bassa velocità, è possibile eseguire uno pseudo streaming, con effetto visivo gradevole ma ovviamente meno efficiente in termini di traffico dati rispetto ad uno streaming tradizionale. E' una soluzione improponibile per la visione di un filmato, ma, nel nostro caso, se si trovasse il giusto compromesso tra traffico dati e qualità dell'immagine questo metodo potrebbe sostituire anche lo streaming delle telecamere.

4. Descrizione dell'hardware

Una volta accertata la fattibilità tecnica del progetto, perchè avesse senso anche dal punto di vista economico era necessario trovare un micropc adatto allo scopo, ma ad un prezzo contenuto.

Non abbiamo quindi stabilito dei requisiti, ma ci siamo proposti di esaminare l'offerta del mercato ed orientarci di conseguenza e, visto che non avevamo particolari esigenze di calcolo, di dare possibilmente preferenza a macchine con schede di rete gigabit e memorie flash estraibili.

E' così iniziata la ricerca, eseguita essenzialmente su Internet, che ha portato alla selezione di alcuni candidati tecnicamente ed economicamente validi.

I due siti più ricchi di informazioni sono stati epatec.com e koala.it. Data la similitudine dei prodotti, riportiamo a titolo di esempio solo le informazioni ricavate dal primo, che offriva più modelli a prezzi leggermente più bassi. Tuttavia anche l'altro distributore va ricordato, perché il fatto che sia italiano potrebbe offrire dei vantaggi nella trattativa commerciale.

Modello	CPU MHz	RAM	Grafica	Rete	Prezzo (€)
ETC2100L	PSX-300 366	128	1280x1024	100	109.00
ETC2300	Vortex86 200	128	1920x1440	100	149.00
ETC2500	Via Eden ULV 500	512	1920x1440	100	199.00
ETC3800	Via 800	256	Via 2D/3D	100	199.00
T3590	Via C7 1000	256	Via CN700	1000	219.00
TK5210	Via C7 1000	1024	Via CLE266	100	199.00

Fig. 5. Caratteristiche dei micropc.

Tutti i modelli hanno in comune le dimensioni estremamente compatte, la memoria flash estraibile, l'assenza di ventole.

Al costo di ogni modello vanno aggiunti un centinaio di euro per gli accessori (memoria flash col sistema operativo Linux già installato, cavo video 15 cm, staffe...) per cui il raggio di spesa finale varia tra 200 ed i 300 euro circa.

Quale sia il modello più adatto resta al momento una disquisizione teorica, dato che la mancanza di fondi non ci ha permesso di acquistarli e provarli sul serio. Come abbiamo visto nella sezione precedente, il software è molto semplice e non richiede molta memoria o potenza di calcolo ed anche la scelta della scheda grafica dovrebbe essere indifferente. Forse l'unico punto del sistema in cui potrebbe verificarsi un collo di bottiglia è la connessione di rete: ad esempio, se volessimo controllare da un unico PC una trentina di monitor da aggiornare una volta al secondo, il software dal lato client dovrebbe generare e trasmettere 30 immagini al secondo (a 30 server diversi). Se la dimensione dei file fosse notevole ed il client non fosse in grado di parallelizzare le operazioni, una connessione veloce potrebbe costituire un aiuto significativo. Stiamo comunque parlando di un caso limite, in generale anche una connessione 100 Mbit dovrebbe essere sufficiente.



Fig. 6. Modelli di micropc.

5. Confronto con le soluzioni classiche

Abbiamo voluto raggruppare in questa sezione tutti gli aspetti utili al confronto con le soluzioni “classiche” fino ad oggi adottate.

5.1 Confronto economico

La prima obiezione che viene sollevata quando accenniamo alla nostra idea, è che sarebbe certamente troppo costosa: sostituire tre o quattro grossi computer con trenta, per quanto piccoli, deve necessariamente comportare un esborso notevolmente superiore.

Per analizzare il costo dal un punto di vista sicuramente obiettivo, abbiamo deciso di non considerare l’hardware necessario all’elaborazione dei dati. La nostra soluzione lascia molta libertà nell’organizzazione dell’elaborazione e qualunque scenario proposto in tal senso sarebbe opinabile. Concentriamoci quindi solo sul costo della visualizzazione.

Il costo dei monitor è ininfluente perché identico in entrambi i casi, pertanto ci resta da confrontare solo il costo delle schede video multimonitor e degli accessori connessi contro quello dei micropc.

Le schede video “Vantage 4” a quattro uscite acquistate per la SO sono costate 1.750 euro ciascuna e per poterle utilizzare con i computer da rack 1U presenti in SO (in cui non c’è lo spazio fisico per installarle internamente) è stato necessario acquistare, spendendo altri 1.600 euro, anche un Box PCI esterno collegato al computer con una speciale interfaccia. Quindi per ottenere una striscia di otto monitor il costo di questa apparecchiatura va sommato al costo di due schede.

Nel caso peggiore, otto micropc costano intorno ai 2.400 euro, e da questo confronto il nostro metodo si dimostra ampiamente più economico. Ma anche volendo scegliere schede video meno costose, come le Matrox “G450x4” (hanno un prezzo intorno ai 600 euro), il costo complessivo del sistema formato da un box e due schede resta più elevato (2800 euro).

Poi c’è la questione dei ricambi: la SO opera 24/24h e non può fermarsi a lungo in caso di guasti. Per questo motivo, per ogni sistema presente in SO l’Istituto acquista anche dei ricambi. Col costo di una scheda Matrox si possono acquistare due micropc di ricambio, cinque col costo di una Vantage 4 ed almeno altri quattro col costo di un Box PCI.

C’è un ulteriore risparmio nell’allestimento della SO, perché non è necessario creare una struttura destinata ad alloggiare i computer, che possono essere più comodamente collocati nelle sale già adibite a questo scopo (sala sismica, sala server, CED).

Infine la flessibilità del sistema: il metodo attuale funziona a strisce di otto monitor, mentre nella nostra proposta ogni monitor è indipendente, quindi consente di dimensionarsi a piacimento, nonché di crescere con poco sforzo tecnico. Anche questo ha un piccolo valore economico.

5.2 Confronto interattività

Un’altra obiezione riguarda il fatto che non sia possibile per l’utente interagire con il visualizzatore, cioè ad esempio non si può eseguire uno zoom o uno scrolling delle tracce, cambiare la telecamera visibile su un determinato monitor e così via.

La nostra opinione è che si tratta di un fatto positivo, visto che l’esperienza ci insegna che spesso l’interattività nei programmi che svolgono operazioni automatiche comporta il rischio di malfunzionamenti. Non dimentichiamo che il turnista dispone separatamente di un PC di lavoro, che dovrebbe essere adeguatamente predisposto a far fronte a tutte le sue esigenze.

Tuttavia, per chi lo considera indispensabile, è comunque possibile ricreare indirettamente un certo grado di interattività agendo sul PC che esegue l’elaborazione. Ad esempio, inviandogli dei messaggi o utilizzando un Desktop Remoto, si può chiedere al PC di creare un’immagine zoomata o qualsiasi altra cosa prevista dal software. Ovviamente queste potenzialità devono essere inserite nel software di elaborazione e probabilmente la risposta ai comandi non sarà istantanea.

Non riteniamo comunque che questo fatto possa essere considerato un serio difetto.

5.3 Confronto realizzazione tecnica

Attualmente la distanza tra monitor e computer deve essere relativamente breve (la lunghezza del cavo video) quindi i computer hanno bisogno di un posto adatto all'interno della sala. Sono ingombranti, rumorosi, devono essere climatizzati e per il collegamento ai monitor hanno bisogno di matasse di cavi video (VGA). I cavi VGA sono troppo complessi per essere realizzati in laboratorio, vanno acquistati già pronti e di lunghezza sufficiente, e con la lunghezza aumenta anche la schermatura, cioè lo spessore e la rigidità.

I micropc vanno installati in corrispondenza del monitor che controllano, hanno gli attacchi VESA per essere agganciati allo stesso supporto, utilizzano la stessa linea di alimentazione (si può scegliere sia ad alto che basso voltaggio) ed un cavo video di 15 cm, non fanno nessun rumore e scaldano poco; praticamente sono invisibili ed occupano uno spazio morto. Per ricevere i dati hanno solo bisogno dei cavi di rete che li colleghino allo switch più vicino. Praticamente sono l'equivalente dei cavi VGA del caso precedente, con la differenza che i cavi di rete sono più semplici da realizzare e maneggiare.

5.4 Confronto fault-tolerance

Attualmente in caso di guasto ad una scheda video tutti i monitor collegati vengono oscurati, oltre alla buona probabilità che anche il computer smetta di funzionare. In ogni caso per eseguire l'intervento è necessario spegnere il sistema, scollegare i cavi video, aprire il Box e sostituire la scheda. Al riavvio Windows si accorge che la scheda è cambiata e richiede la riconfigurazione del driver. L'operazione in se non è particolarmente complessa, ma va comunque eseguita da un tecnico specializzato.

Con la nostra soluzione, in caso di guasto ad un micropc un solo monitor viene oscurato, e per sostituirlo bisogna staccare tre cavetti (alimentazione, rete e VGA) sganciarlo dal supporto, estrarre la flash che contiene il sistema operativo e la configurazione, inserirla nel micropc di ricambio, posizionarlo al posto di quello guasto e riattaccare i cavetti. Non servono strumenti né alcuna preparazione tecnica, anche il turnista potrebbe intervenire. Una flash guasta può essere sostituita senza neanche smontare il computer, ma prima va programmata con la configurazione corretta.

Ma la differenza maggiore tra i due sistemi si evidenzia in caso di guasto al computer di elaborazione.

Nel caso attuale il computer va smontato e riparato da un tecnico, o comunque rimosso per essere sostituito. In genere è un'operazione laboriosa e sono necessarie almeno due persone. Nella migliore delle ipotesi i computer in SO dovrebbero essere tutti uguali (in modo da avere un unico set di ricambi) e di ognuno dovrebbe esistere un'immagine (backup) del disco fisso. In tal modo si potrebbe caricare l'immagine giusta sul computer di riserva ed operare la sostituzione, ripristinando rapidamente la funzionalità della SO e lasciando a dopo la ricerca del guasto. Purtroppo troppo spesso l'esperienza ci ha insegnato che la realtà è ben diversa dal caso ideale.

Col nostro sistema la sostituzione non è più necessaria: il computer di riserva può essere già montato in rete e l'unica operazione da effettuare è installare la giusta immagine del disco. Nel caso ideale si possono usare macchine virtuali, che possono essere spostate da un virtual server ad un altro in pochi minuti. Con una buona organizzazione preventiva, anche il turnista potrebbe eseguire la procedura di ripristino. Se invece non vi siete organizzati, comunque non può andarvi peggio del caso precedente, ma stavolta è stata una vostra scelta.

6. Conclusioni

A questo punto pensiamo di aver dimostrato che questo progetto non solo è fattibile, ma anche fortemente migliorativo rispetto all'attuale situazione della SO.

Riassumiamo nella seguente tabella i punti salienti del confronto tra i due sistemi.

	Sistema Multimonitor	Sistema Client/Server
Costo	Per una striscia di 8 monitor sono necessarie due schede video ed un box PCI. Il costo è di 5100 euro con le schede attuali, o di 2800 euro con schede più economiche. Un set di ricambi (1 box + 1 scheda) costa tra i 2200 ed i 3300 euro.	Per ogni monitor è necessario un micropc, al costo variabile tra i 200 ed i 300 euro. Una striscia di 8 monitor costa al più 2400 euro. Il costo dei ricambi dipende dal numero di micropc desiderati, ad esempio un set di 4 ricambi costa al più 1200 euro.
Interattività	Trattandosi di normali PC, l'interattività è completa ma c'è il rischio che l'utente, avendo il controllo totale del PC, esegua operazioni errate.	Non c'è interattività diretta col visualizzatore. E possibile realizzare i necessari gradi di interattività agendo in remoto sul PC che elabora i dati.
Realizzazione	La Sala Operativa richiede infrastrutture per l'alloggiamento dei PC e speciali cablaggi per il collegamento ai monitor.	L'installazione non richiede speciali cablaggi o infrastrutture. I micropc si montano a ridosso dei monitor, con cui possono condividere l'alimentazione, e richiedono solo il collegamento alla rete (cavo ethernet).
Fault Tolerance	Il sistema è formato da pochi elementi, tutti fondamentali. Un guasto al sistema video oscura larga parte dei monitor, e le riparazioni sono laboriose e richiedono tempo e personale specializzato. Un guasto al sistema di elaborazione richiede interventi sull'hardware.	Il sistema è formato da molti elementi identici e di basso profilo. Un guasto al sistema video oscura un solo monitor, e la sostituzione è rapida e non richiede preparazione tecnica. Un guasto al sistema di elaborazione non implica necessariamente un intervento sull'hardware.