

2007

**Un sistema di acquisizione e
condivisione dei dati sismici tra
l'international monitoring
system del CTBTO e la rete nazionale
centralizzata dell'INGV**

Alfio Messina, Valerio Materni, Lucio Badiali

n.48

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata 605 - 00143 Roma

tel 06518601 • fax 065041181

www.ingv.it



**UN SISTEMA DI ACQUISIZIONE E CONDIVISIONE DEI DATI SISMICI
TRA L'INTERNATIONAL MONITORING SYSTEM DEL CTBTO
E LA RETE NAZIONALE CENTRALIZZATA DELL'INGV**

Alfio Messina, Valerio Materni, Lucio Badiali



*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Sezioni di Roma e Catania
Via di Vigna Murata 605, 00143 Roma, Italia
Piazza Roma 2, 95123 Catania, Italia
messina-a@ct.ingv.it, materni@ingv.it, badiali@ingv.it*

Indice

Introduzione	5
1. IL CONTINUOUS DATA PROTOCOL	6
1.1 INTRODUZIONE AL CONTINUOUS DATA PROTOCOL	6
1.2 INSTAURAZIONE DELLA CONNESSIONE	6
1.3 TRASMISSIONE DEI DATI	6
1.4 ALTERAZIONE DELLA CONNESSIONE	6
1.5 TERMINAZIONE DELLA CONNESSIONE	6
2. INGV CD RECEIVER	7
2.1 DESCRIZIONE	7
2.2 CONFIGURAZIONE	8
2.3 FINESTRA PRINCIPALE	9
3. BACKNET E L'ACQUISIZIONE SISMICA CENTRALIZZATA	10
3.1 DESCRIZIONE	10
3.2 CONFIGURAZIONE	11
3.3 BACKNET CTBT IN FUNZIONE	12
3.4 CODICI INFORMATIVI E DI ERRORE	15
4. AVVIO DEL SISTEMA	16
4.1 AVVIO DELL'ASCOLTO E RICEZIONE DEL FLUSSO DI DATI	16
4.2 INTERRUZIONE DELL'ASCOLTO	17
4.3 PROBLEMI DURANTE LA RICEZIONE DEI DATI	17
BIBLIOGRAFIA	17

Introduzione

L'oggetto descritto in questo rapporto è un sistema di software sviluppato per effettuare la ricezione, la conversione di formato e lo storage dei dati provenienti in *near real time* dalla rete *IMS* (**I**nternational **M**onitoring **S**ystem). Tale rete è stata creata dal *CTBTO* presso le Nazioni Unite, per il monitoraggio globale delle esplosioni nucleari nel rispetto del **Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty**, il trattato per la messa al bando dei test esplosivi nucleari. L'*IMS* opera un monitoraggio multidisciplinare in quanto utilizza stazioni di quattro tipologie diverse: *sismiche, infrasoniche, idroacustiche e radionuclidiche*. L'intera rete consiste di 321 stazioni che garantiscono la copertura dell'intero globo terrestre. Ognuna di esse trasmette via satellite all'*IDC* (**I**nternational **D**ata **C**entre), il centro internazionale di acquisizione dati, sito a Vienna presso l'*ONU* dove vengono svolte tutte le analisi sui dati. Su richiesta, l'*NDC* (**N**ational **D**ata **C**entre) di ogni stato membro del trattato ha la possibilità di ricevere direttamente dall'*IDC* i dati prodotti dalle stazioni della rete. L'*INGV* riveste parte attiva nel trattato in quanto una sua stazione sismica, *VAE*, sita a Grottacalda in provincia di Valguarnera, Enna (Sicilia), è entrata a far parte dell'*IMS* nel 1996 come stazione ausiliaria. L'*NDC* italiano, che ha sede a Roma presso l'Unità Tecnico Operativa del Ministero Affari Esteri, è gestito dall'*INGV* e riceve dall'*IDC* i dati di *VAE* e di altre stazioni di interesse dell'*IMS*.

Il protocollo utilizzato per la trasmissione in *near real time* del flusso continuo di dati è il *CD-1* (**C**ontinuous **D**ata vers. 1.0). La prima parte del sistema è costituita dal software *INGV CD Receiver*. Questo riceve il flusso dei dati in ingresso, secondo le regole e il formato del protocollo *CD-1*, producendo in uscita un flusso di pacchetti nel formato *RSD* (noto come *TWF* e ad oggi formato ufficiale della Rete Sismica Nazionale Centralizzata dell'*INGV*). Questo flusso viene direzionato verso un server su cui gira il secondo programma di cui il sistema si compone: *BackNet CTBT*. Questo si occupa di riorganizzare i pacchetti dati creando file orari e salvandoli in una directory predefinita.

Mediante il lavoro congiunto dei due software si riesce quindi ad avere la ricezione, la conversione e l'immagazzinamento dei dati. In figura 1 è raffigurato lo schema del percorso compiuto dal flusso dei dati.

Il sistema è stato progettato con l'obiettivo di ricevere contemporaneamente più flussi *CD-1* relativi a più stazioni. L'immediato vantaggio è quello di aumentare la maglia della rete nazionale italiana con dati altrimenti né disponibili, né visibili.

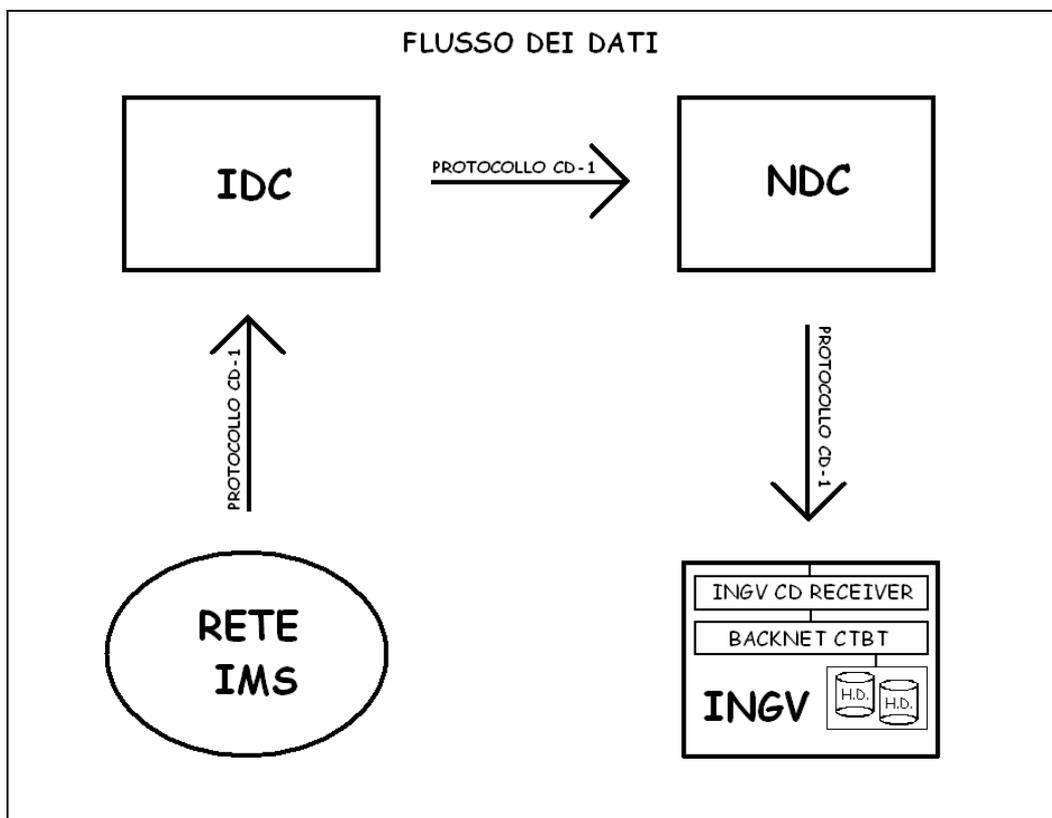


Figura 1. Schema del flusso dei dati.

1. Il Continuous Data Protocol

1.1 Introduzione al Continuous Data Protocol

Introduciamo brevemente le caratteristiche del protocollo *CD-1* [IDC Documentation, 2001; IDC Documentation, 2003] per rendere più comprensibile al lettore il funzionamento del software *INGV CD Receiver*. Il protocollo CD-1 fornisce un metodo efficiente per la trasmissione e ricezione di serie temporali di dati in *near real time*.

Permette di trasmettere fino a 100 canali di dati da una stazione o un array di stazioni utilizzando una singola connessione. I dati possono essere forniti in formato compresso o non compresso e con o senza firme di autenticazione. Il protocollo utilizza unità di informazione chiamate *frame* (strutture) per stabilire o alterare una connessione e per scambiare dati. Ogni frame trasporta uno specifico tipo di informazione tra il *data producer* (da ora in poi Dp) e il *data consumer* (da ora in poi Dc). Il protocollo determina la *politica di scambio* dei frame. Questa politica deve essere seguita precisamente altrimenti la connessione viene terminata automaticamente da una delle due parti. Come salvaguardia contro connessioni perse e fallimenti simili, il trasmettitore e il ricevitore usano un *time-out* per determinare se la connessione è caduta. Se i frame non possono essere inviati o non vengono ricevuti prima che il periodo di time-out scada, la connessione è assunta persa e ne deve essere stabilita una nuova dal Dp.

1.2 Instaurazione della connessione

Il sistema che si sta descrivendo è di tipo *Client-Server* in cui il Dp è il *Client* e il Dc è il *Server*. Il programma *INGV CD Receiver*, essendo un Dc, riveste il ruolo del Server durante lo scambio dei dati. Per inizializzare la comunicazione, il Dp tenta di aprire una connessione col Dc su un indirizzo IP e una porta, ovvero su un *socket* (es: 10.200.100.71 : 8000). Il Dp annuncia la sua presenza al Dc mandando un *Connection Request Frame* (da ora in poi CRF) che contiene un codice stazione (es: VAE). Il Dc, deve quindi, stare in ascolto sulla porta prestabilita in attesa della ricezione del CRF. Al suo arrivo, esso, verifica il codice stazione contenuto nel frame e, una volta riconosciuto, fornisce una nuova coppia indirizzo IP – porta su cui dirigere la connessione col Dp; ciò avviene tramite l’invio di un *Port Assignment Frame* (PAF). Quando il Dp riceve quest’ultimo, rilascia la connessione originaria col Dc e si connette al socket specificato nel PAF. Questa connessione viene successivamente utilizzata per tutti i trasferimenti dei dati.

1.3 Trasmissione dei dati

Non appena il Dp si connette al Dc, manda un *Data Format Frame* (DFF) che descrive il formato dei successivi *Data Frame* (frame di dati). Il Dp comincia quindi a inviare Data Frame continuando finché il loro formato non viene modificato, rendendo necessario l’invio di un nuovo DFF. Questa procedura, in cui la trasmissione è iniziata dal Dp, è conosciuta come *Push Model*.

1.4 Alterazione della connessione

Le connessioni possono essere alterate attraverso lo scambio di *Alert Frame* mandati da una delle due parti (dal Dp o dal Dc). Il Dc utilizza gli Alert Frame per notificare al Dp di usare una differente coppia indirizzo IP - porta o di cessare l’invio dei dati. Il Dp, invece, li utilizza per notificare al Dc che la comunicazione cesserà.

1.5 Terminazione della connessione

Le connessioni possono essere cessate intenzionalmente da una delle due parti. Chi dei due vuole terminare la connessione invia un Alert Frame e quindi rilascia la connessione.

Può invece accadere che la connessione non venga terminata intenzionalmente ma venga a mancare il Dc, il Dp o il sistema di comunicazione. Queste terminazioni vengono rilevate dal Dp o dal Dc dopo un periodo detto di *time-out*. Questa costituisce l'unica tecnica di rilevazione di eventuali problemi della connessione prevista dal protocollo. La parte "sopravvissuta" non dispone delle informazioni necessarie per determinare il motivo di un *time-out*, reagisce quindi allo stesso modo in ogni caso, rilasciando la connessione (se ciò non è stato già fatto per via del proprio *time-out*). Tipicamente, dopo che la connessione viene stabilita, rimane attiva e in uso per giorni, settimane, mesi fin quando uno tra Dp, Dc o sistema di comunicazione non venga a mancare, oppure uno dei primi due non termini volontariamente la connessione.

2. INGV CD Receiver

2.1 Descrizione

Come precedentemente accennato, il programma INGV CD Receiver, svolge la funzione di ricevitore e traduttore dei flussi di dati provenienti dalla rete IMS del CTBTO. Il suo compito, quindi, è ricevere vari flussi in ingresso secondo le regole del protocollo CD-1 e dopo aver ricostruito la serie temporale dei pacchetti, persa durante la loro trasmissione, produrre un flusso di dati in uscita nel formato neutro RSD (o TWF). Le fasi di ricezione, riordinamento e traduzione dei flussi sono svolte in tempo reale e producono dati immediatamente utilizzabili da BackNet e dal sistema centralizzato di acquisizione sismica dell'INGV.

Il linguaggio di programmazione utilizzato per lo sviluppo di *INGV CD Receiver* è il *Microsoft Visual C#*. La scelta è stata dettata dall'esigenza di un linguaggio che fosse di *Alto Livello* e *Object-Oriented*. Queste caratteristiche permettono di sviluppare un programma che sia altamente modulare, efficiente nella gestione degli oggetti, del multithreading e degli errori e infine dotato di una interfaccia grafica efficace e funzionale per l'utente. La *modularità* permette di sostituire parti del programma senza che il resto debba essere sottoposto a variazioni. Ciò si ottiene grazie all'implementazione di *classi* e *oggetti*, entità indipendenti, ognuna delle quali avente un compito preciso. Anche il *multithreading* ha avuto un ruolo molto importante nello sviluppo. Il programma, infatti, non è composto da un unico *thread* (parte di un processo) che gestisce tutte le fasi del lavoro. Si è cercato di suddividere i compiti su più processi e più oggetti indipendenti che interagiscono tra di loro (*scalabilità*). Il risultato è un progetto software chiaro e ordinato, quindi, facilmente mantenibile per le future revisioni e modifiche.

Si elencano di seguito i thread impiegati nel programma:

Main Thread : gestisce l'interfaccia grafica, che comprende i vari comandi per la gestione dell'ascolto e dei parametri richiesti per il funzionamento del sistema. Si occupa, inoltre della connessione alla porta predefinita in attesa del Connection Request Frame mediante l'uso di un oggetto *ConnManager*.

Reception Thread : gestisce la ricezione e la conversione dei dati CD-1, e l'invio a BackNet dei pacchetti RSD creati. Per ogni stazione attivata in ricezione l'oggetto *ConnManager* crea un oggetto *DataRec* che avvia un proprio thread di ricezione. In definitiva, quindi, si avranno tanti thread di ricezione attivi quante sono le stazioni che si ricevono.

La ricezione di N stazioni in contemporanea rende necessario l'utilizzo di N oggetti di tipo *DataRec*. Il loro avanzamento deve essere parallelo dato che le varie comunicazioni avvengono contemporaneamente su più porte. Il Visual C# riesce a semplificare molto le cose al programmatore da questo punto di vista, proponendo una gestione dei thread molto efficiente tramite la classe *System.Threading.Thread*. Essa contiene tutti i metodi e gli attributi necessari al programmatore.

L'ambiente offerto da Microsoft Visual Studio 2005, inoltre, ha permesso la creazione di una interfaccia grafica molto funzionale tramite semplici operazioni di drag-and-drop degli oggetti grafici sulle finestre del programma (*Forms*).

2.2 Configurazione

Il software è stato sviluppato per funzionare in ambiente *Microsoft Windows* su piattaforma *.NET*. E' quindi necessario che il *framework Microsoft .NET* sia installato sulla macchina su cui si vuole utilizzare il programma. I file necessari per il funzionamento del programma sono contenuti in un pacchetto *rar*. Basta estrarli in una qualsiasi directory del sistema e utilizzare l'eseguibile *INGV_CD_Receiver.exe* per avviare il programma. All'avvio, esso controlla la presenza o meno dei parametri necessari per il suo corretto funzionamento. Tali parametri vengono conservati e ricercati nel registro di sistema di Windows sotto la voce *HKEY_CURRENT_USER\Software\INGV\CDReceiver*.

Al primo avvio i parametri non verranno trovati e il programma, in maniera difensiva, avviserà l'utente tramite una *Message Box* che invita ad inserirli (Figura 2).

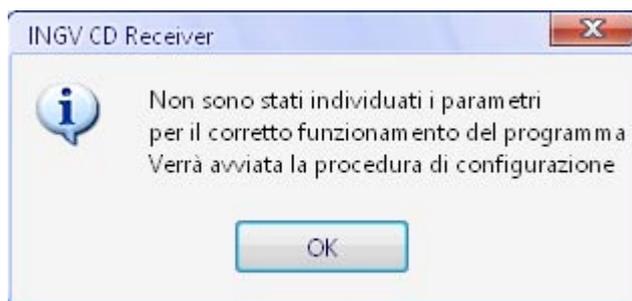


Figura 2. Messaggio di richiesta di inserimento dei parametri di configurazione.

Premuto il tasto OK, comparirà la finestra *Settings* (Figura 3) che contiene le caselle di testo che permettono l'inserimento dei parametri richiesti.

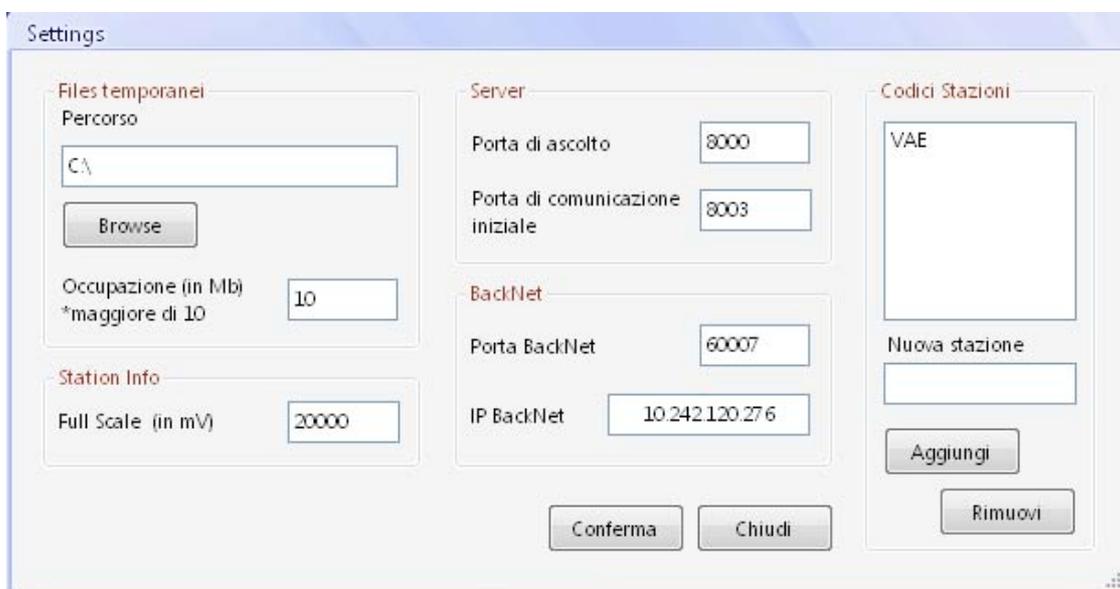


Figura 3. Finestra delle configurazioni.

Per poter proseguire nell'esecuzione del programma, tutti i campi devono essere riempiti, ad esclusione della lista dei codici delle stazioni che può essere lasciata inizialmente vuota.

Le regolazioni da operare sono relative a cinque aree: *Files Temporanei*, *Station Info*, *Server*, *BackNet* e *Codici Stazioni*.

La sezione *Files Temporanei* permette all'utente di definire il percorso della directory che verrà utilizzata dal programma per creare i suoi files temporanei e il file di log degli errori chiamato *Error.log*.

La sezione *Station Info*, richiede invece, il fondo scala massimo delle stazioni acquisite espresso in millivolt.

Nella sezione *Server* vanno impostate le due porte utilizzate nella comunicazione di rete: *la porta di ascolto*, utilizzata per la ricezione dei CRF, e *la porta di comunicazione iniziale*, cioè la prima porta utilizzata per la ricezione dei dati di una stazione, una volta instaurata la connessione. Per le altre stazioni attivate in ingresso, verranno utilizzate le porte successive.

La sezione *BackNet* richiede l'indirizzo IP e la porta del server su cui viene eseguito Backnet CTBT. Tali informazioni sono necessarie per l'instaurazione della connessione e quindi per la comunicazione tra i due programmi.

La sezione *Codici Stazioni* presenta una *List Box* per l'inserimento dei codici di tutte le stazioni che si vuole ricevere. E' possibile aggiungere o rimuovere elementi della lista tramite gli appositi comandi.

Riempiti tutti i campi è possibile dare conferma, avanzando così alla finestra principale del programma (Figura 4). Nel caso in cui, uno o più campi, rimangano vuoti, ad esclusione della lista dei codici delle stazioni, il programma non permetterà di andare avanti mostrando nuovamente la schermata in figura 2 .

2.3 Finestra principale

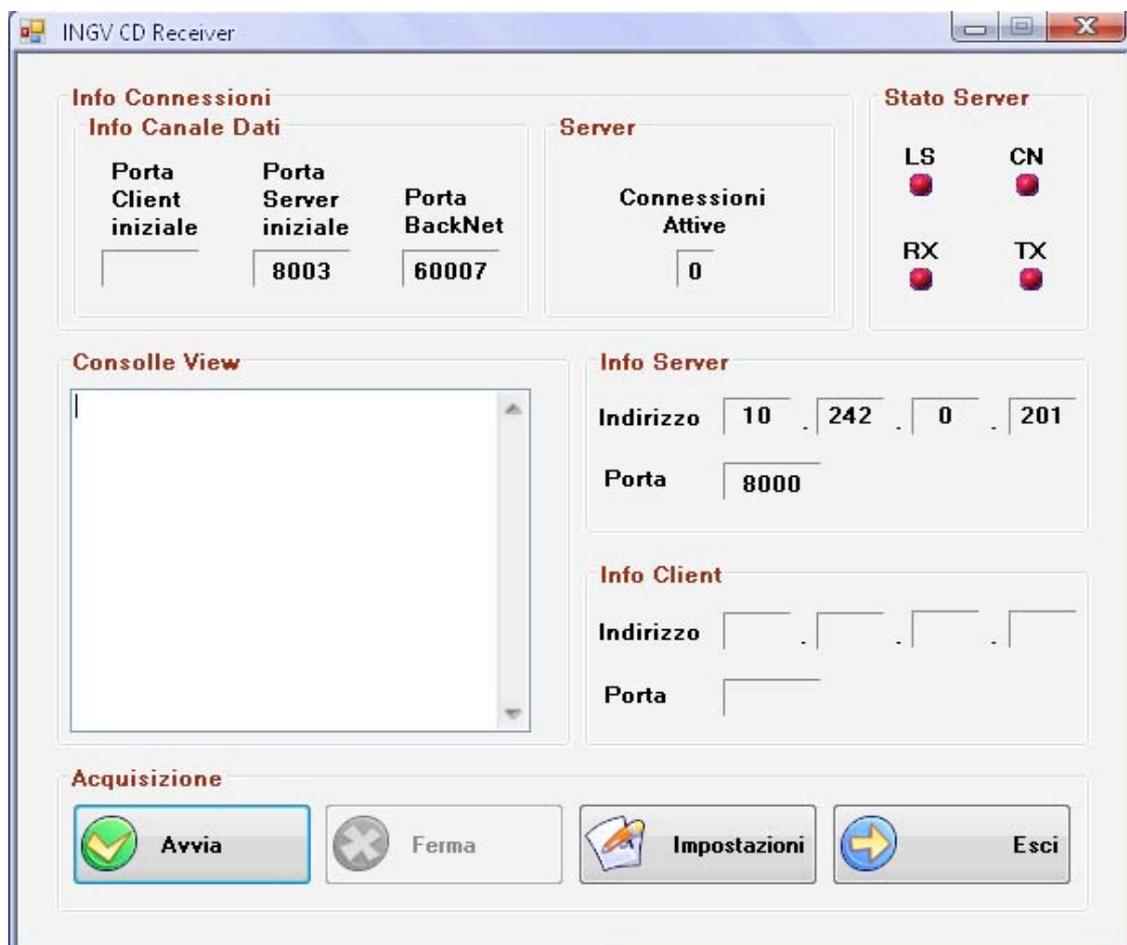


Figura 4. Finestra principale del programma. Ancora nessuna connessione è attiva.

La finestra principale contiene tutte le informazioni necessarie per tenere sotto controllo lo stato del programma. Anche questo form, come quello dei parametri, è suddiviso in sezioni per rendere più chiare le informazioni che fornisce.

Nel riquadro *Info Canale Dati* vengono visualizzati i valori di tutte le porte impiegate nelle connessioni TCP/IP sia dal lato Client che dal lato Server.

La voce *Connessioni attive* all'interno della sezione *Server* mostra, invece, il numero di connessioni attive, cioè il numero di stazioni di cui vengono ricevuti i dati.

Le sezioni *Info Server* e *Info Client* indicano all'utente quali sono gli indirizzi IP e le porte utilizzate dal Server (INGV CD Receiver) e dal Client (CD Sender) per la negoziazione della comunicazione.

I led presenti nel riquadro *Stato Server* mostrano con i colori standard verde-rosso in quale stato si trova il programma. Di seguito la spiegazione del significato di ogni led:

LS (Listen): il programma è in ascolto in attesa della ricezione dei CRF (Connection Request Frame) relativi ad ogni stazione attivata in ricezione.

CN (Connection): è stata rilevata la presenza di un CD Sender tramite la ricezione di un CRF. L'accensione del led indica un tentativo di connessione.

RX (Ricezione): il programma sta ricevendo i dati che il Client gli sta inviando.

TX (Trasmissione): il programma sta inviando i dati convertiti nel formato RSD a BackNet.

Altre informazioni vengono fornite dalla *Console View* che visualizza i messaggi relativi alla comunicazione Client-Server. Tra di essi vi sono anche gli stessi messaggi di errore che vengono scritti nel file *Error.log*.

Nella parte inferiore, racchiusi dal riquadro *Acquisizione*, si trovano tutti i comandi che permettono di avviare e fermare l'ascolto e la ricezione dei dati, visualizzare e modificare le configurazioni mediante l'apertura della finestra *Settings* e uscire dal programma fermando tutti i processi attivi.

3. BackNet e l'acquisizione sismica centralizzata

3.1 Descrizione

L'acquisizione centralizzata della rete sismica italiana prevede una suddivisione dei compiti nella gestione del flusso dei dati. Viene denominato *FrontNet* ogni fornitore di dati convertiti nel formato neutro RSD (o TWF). Attualmente esistono un gran numero di cosiddetti *traduttori di pacchetto* cui si è aggiunto anche quello del CD-1 (INGV CD Receiver descritto nel capitolo 2) che permetterà di avere accesso ad un numero maggiore di stazioni sparse per il mondo. Si definisce quindi *BackNet* l'entità che si occupa della ricezione e gestione dei flussi dati provenienti da uno o più *FrontNet*.

BackNet CTBT è un programma sviluppato in *multithreading* in C++. Dovendo farsi carico di migliaia di canali in tempo reale ed operare su di essi in modo efficiente si è cercato un linguaggio compilato molto veloce. Il progetto ha utilizzato i seguenti design pattern nello sviluppo: *mediator-worker* e *bridge* [AA.VV., 1998; Coplien, 1992; Gamma et al., 1994].

Ogni scambio di informazioni, anche qui, è su base TCP/IP con coppie di *socket* su cui scorre l'informazione necessaria. Lo scopo del programma è registrare tutti i dati su disco e contemporaneamente attivare le procedure di *picking automatico*, ovvero l'estrazione delle fasi sismiche in tempo reale.

Il calcolo è effettuato nel dominio delle frequenze e nel caso sia presente un segnale significativo, il sistema automaticamente passa ad una valutazione più fine e precisa nel dominio del tempo. Le fasi, se presenti, innescano il salvataggio della forma d'onda sismica di interesse che potrà essere poi rivista dal turnista sismologo per affinare la localizzazione. Le fasi estratte automaticamente, quindi, sono inviate al processo di localizzazione, sia automatico che manuale successivamente, per far partecipare la stazione alla valutazione dei parametri d'evento.

Attualmente il BackNet, oltre a consentire l'acquisizione sismica centralizzata italiana [Amato et al., 2006], permette anche l'acquisizione della rete vulcanica dello Stromboli [Badiali et al., 2003] e della rete creata dalla missione ONU-Italia nella Repubblica Democratica del Congo per l'emergenza del vulcano Nyragongo [Amato et al., 2007].

3.2 Configurazione

La cartella di riferimento del programma è `C:\ctbt` e al suo interno sono localizzati tutti i file necessari al suo funzionamento. Tra di loro vi è il file `backnet01.sta` (*station file*) al cui interno vanno inseriti in colonna i nomi delle stazioni e dei rispettivi canali che BackNet dovrà riconoscere e ricevere (Figura 5).



Figura 5. Il contenuto del file `backnet01.sta`.

Gli altri parametri vengono inizializzati con la procedura `bnsetup.exe` semplificata con il batch file `setupCtbt.bat` che permette di leggere e modificare il file di configurazione (Figura 6). Per i nostri scopi, le modifiche più importanti sono la definizione della porta del sistema che spedisce i dati a BackNet e l'indicazione delle directory in cui registrare le forme d'onda in continua e quelle dovute a trigger. La porta in questione deve essere quella da cui ci si aspetta arrivino i dati, mentre le cartelle devono essere scelte in funzione della loro disponibilità e del loro spazio libero. Le opzioni che permettono di effettuare queste scelte sono: *porta per ricezione dati*, *Temp WF Dir* e *Pick-WF Dir*.

Se ci aspettiamo che vi siano molteplici applicazioni che inviano dati, il parametro da controllare è *numero di processi remoti che inviano dati*, mentre *max. numero di strumenti/componenti* rappresenta i canali effettivi su cui dimensionare l'acquisizione.

In genere è opportuno sovradimensionare tali parametri poiché in realtà lo spazio non viene effettivamente usato se non serve, ma il sistema è pronto ad adeguarsi automaticamente, a caldo, in base alle effettive necessità di carico.

Il campo *tempo max. in minuti delle code di attesa* rappresenta il tempo in minuti del preevento in presenza di trigger, ovvero di quanto il sistema torna indietro per registrare rispetto alla fase sismica evidenziata; 1 o 2 minuti è un tempo più che corretto.

BackNet crea delle *code condivise* in memoria con tutti i meccanismi di *lock* (o blocchi concorrenti con segnalazione). La dimensione della coda è determinata automaticamente dal sistema leggendo il primo pacchetto ricevuto. Ciò si verifica lasciando il valore 0 di default nel campo *crea code manualmente*.

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
programma pilota per la definizione dei parametri iniziali di BACKNET
tali dati verranno scritti nel file c:\ctbt\prm01.bnp

print out su console? <0,1> [1]:
porta per ricezione dati [60007]:
identificatore programma [31]: 33
porta per ricezione comandi [57776]:
porta ausiliaria [0]:
usa Timer PC (0: disabilita) [0]:
usa gps-patch (0: disabilita) [0]:
elimina i dati fuori banda di Gaia (0: disabilita) [0]:
verifica/stampa dello stato <SI_> ? <0,1> [1]:
usa anti FIR patch (0: disabilita) [0]:
porta 1 localizzatore (0. esclude il socket) [55000]:
indirizzo IP processo localizzatore [127.0.0.1]:
porta 2 localizzatore (0. esclude il socket) [0]:
porta 3 localizzatore (0. esclude il socket) [0]:
porta 4 localizzatore (0. esclude il socket) [0]:
porta DB-socket remoto 0 (0. esclude il socket) [0]:
e-mail cui scrivere [none]:
max. numero di strumenti/componenti [64]:
numero di processi remoti che inviano dati [48]:
tempo max. in minuti delle code di attesa [2]:
crea code manualmente <0,1> [0]:
Pick-WF Dir [c:\wf_pick]:
picking in formato FX ingv, .fwf, <0,1> [0]:
picking in formato grafico, .png, <0,1> [0]:
streaming pacchetti continuo <0,1> [1]:
Temp WF Dir (.TWF) [c:\wf_temp]:
abilita conversione SAC (0: NO, 1: LE, 2: BE, 3: ASC.) [0]:
LOG Dir [c:\ctbt]:
abilita Xp trigg <0,1> [1]:
riassunto -->

```

Figura 6. La configurazione iniziale di default.

Nel caso si desideri definire manualmente i parametri della coda, come la dimensione della cella che alloggia il pacchetto e il numero di pacchetti da accodare, il valore del campo va settato ad 1.

Il campo *streaming pacchetti continuo* permette di specificare se si vuole registrare tutto il segnale oppure no, mentre l'opzione *abilita conversione SAC* attiva la conversione dei dati RSD nel formato SAC per una pronta analisi da parte dei sismologi.

Infine, un parametro utile è il cosiddetto *cross-triggering* che può essere attivato tramite l'opzione *abilita Xp trigg*. Esso prevede che al presentarsi di una fase significativa su di una sola componente, anche tutte le altre componenti di una stazione vengano registrate.

3.3 BackNet CTBT in funzione

Durante la sua esecuzione, BackNet, comunica tutto ciò che accade, sia mediante file ASCII, usati nella sala di monitoraggio di Roma per essere esportati anche nel browser web, sia sulla sua console di controllo. Il sistema mostra le connessioni presenti o perse, i trigger e le registrazioni effettuate, in tempo reale. In figura 7 è visibile anche il semplice sistema di verifica della qualità della registrazione dei dati, il *navigatore*, che funge da contenitore per il software *rsd_viewer*. Questo permette di aprire i file RSD (o TWF) mostrando le forme d'onda relative sia alle registrazioni in continua che a quelle prodotte sotto effetto di un evento.

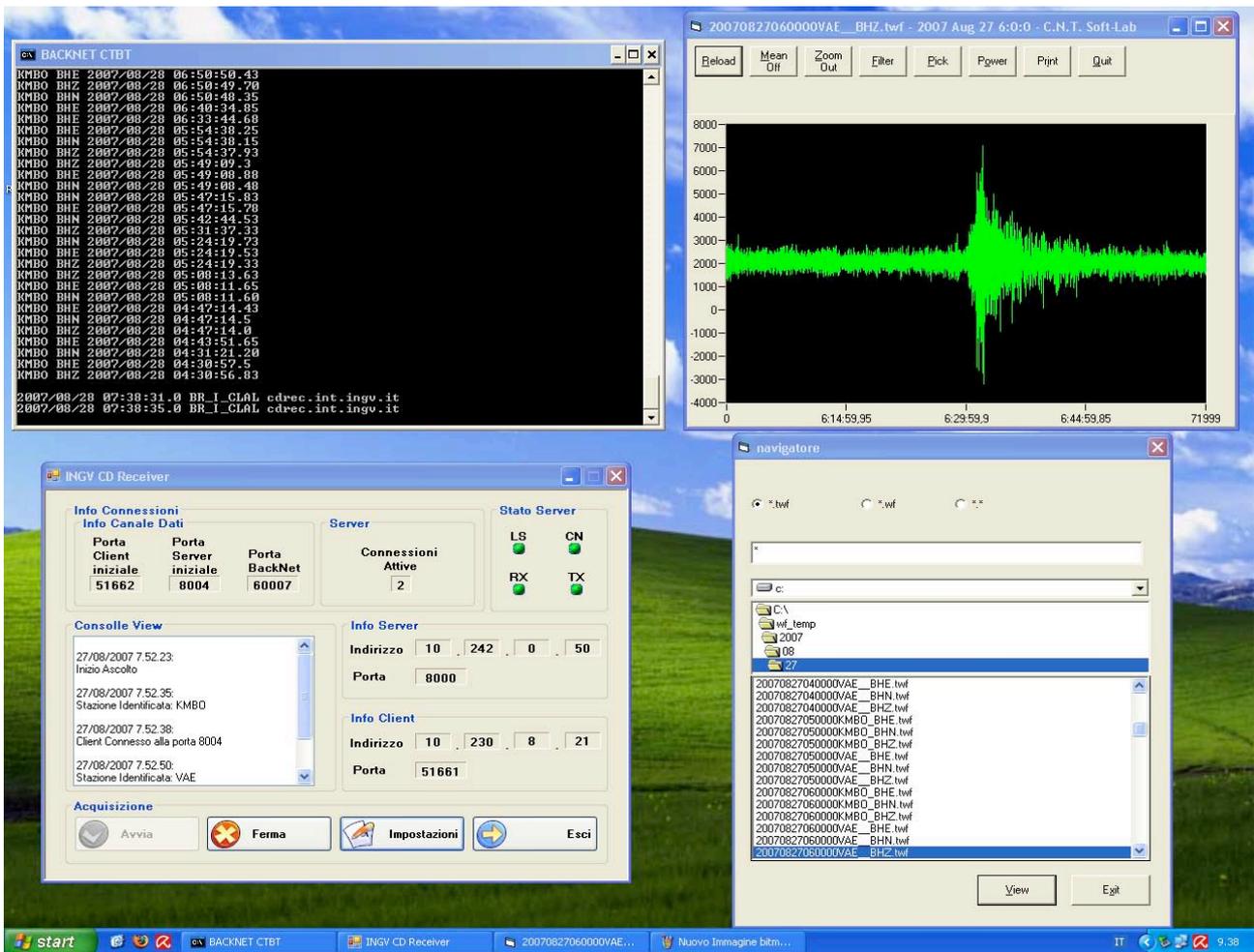


Figura 7. A sx la coppia BackNet – INGV CD Receiver, a dx la finestra di un evento prodotto da VAE e il navigatore dei file RSD.

rsd_viewer (Figure 8 e 9) permette alcune semplici operazioni sulla forma d'onda registrata; viene data la possibilità all'utente di rimuovere l'offset (*Mean On*), fare uno zoom su un particolare (*Zoom*), eseguire un filtraggio che riporti il segnale ad un corto periodo (*Filter*), evidenziare un picking (*Pick*) ed eseguire l'analisi in frequenza mostrando lo spettro del segnale (*Power*).

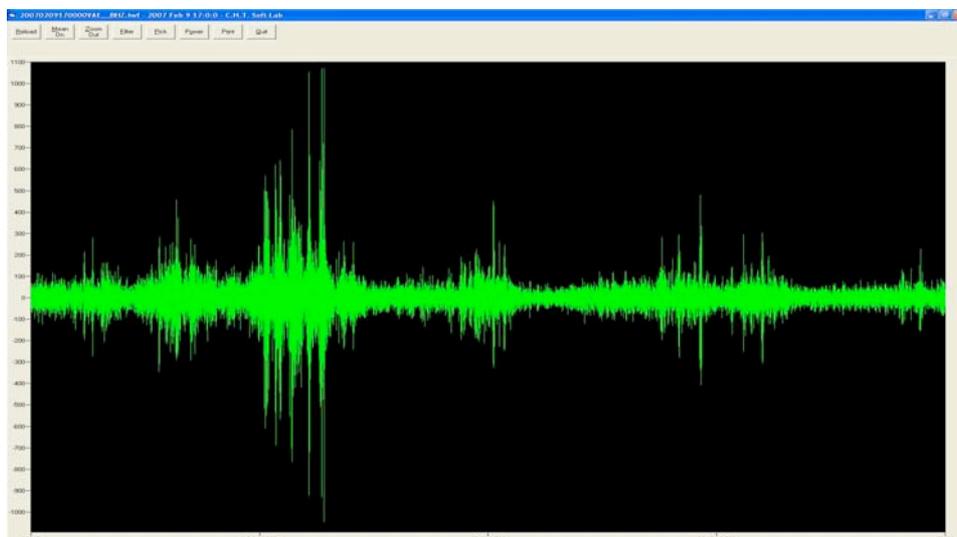


Figura 8. Particolare di una registrazione automatica.

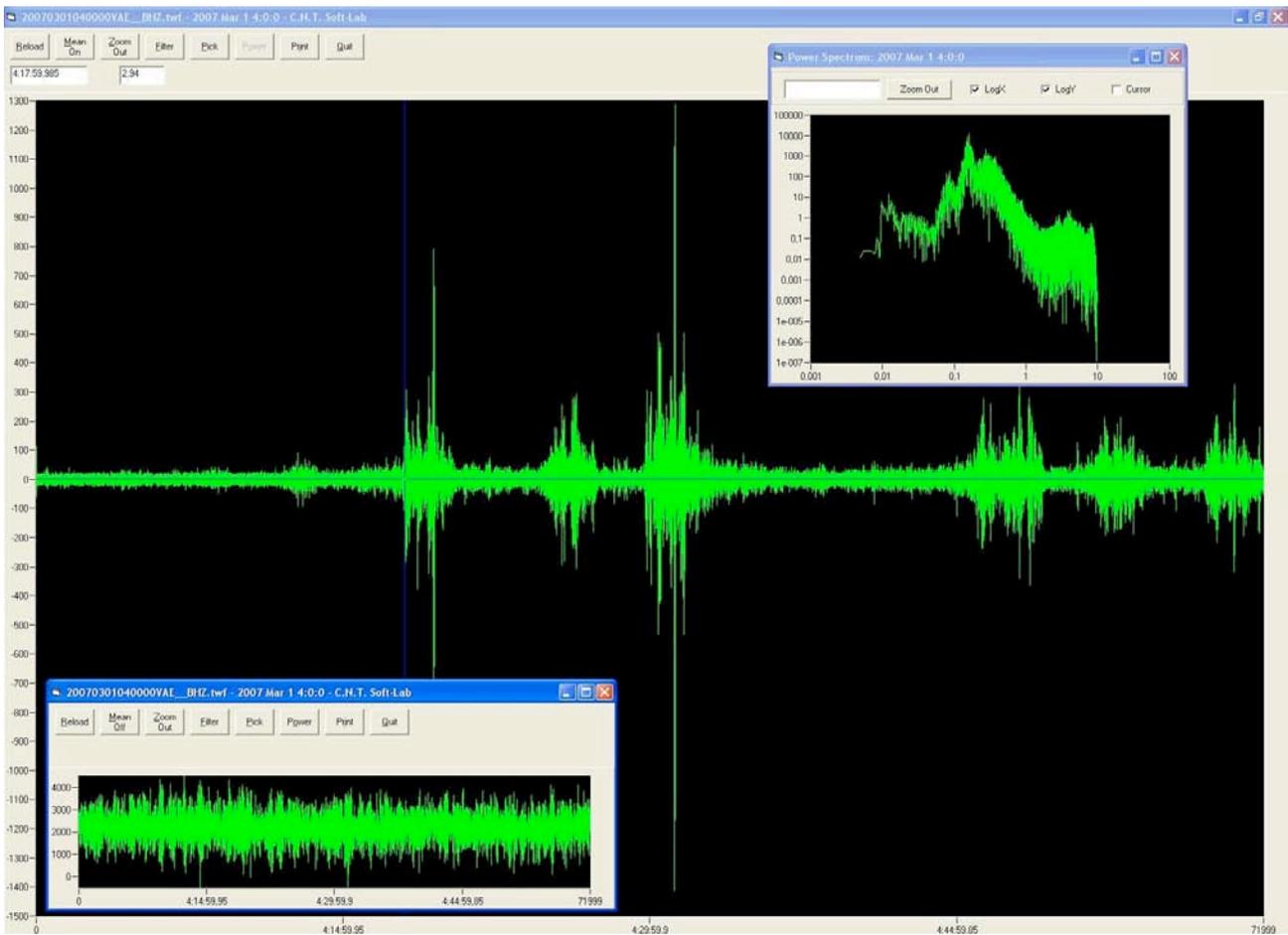


Figura 9. Particolare di una registrazione filtrata, con pick attivo e finestra con spettro di potenza.

Nella cartella del programma è presente anche un file denominato *backnet01.ast* (*acquired stations*) che mostra le latenze, ovvero i ritardi, tra i pacchetti acquisiti e quelli attesi, per ogni stazione (Figura 10).

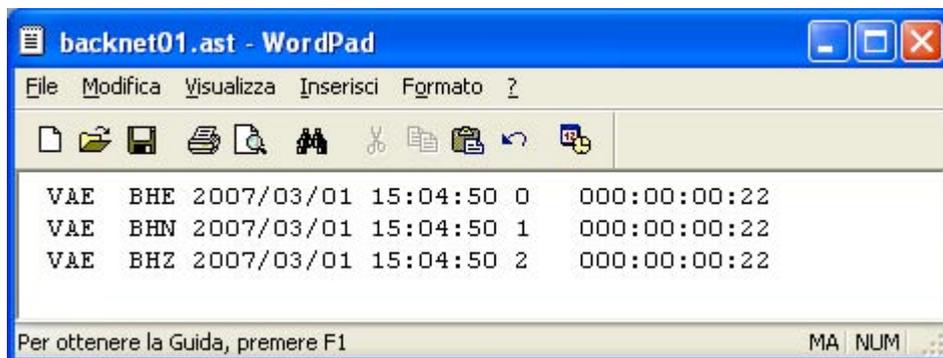


Figura 10. Il contenuto del file backnet01.ast.

3.4 Codici informativi e di errore

BackNet mostra informazioni sull'esecuzione tramite dei *codici* formati da 2 o 3 campi uniti dal carattere di sottolineatura. Nel caso in cui i campi siano tre, il primo indica il modulo che lo produce, il secondo può contenere una I, una W o una E per indicare rispettivamente una informazione, un avvertimento (warning) o un errore e il terzo fornisce la descrizione dell'avvenimento stesso.

Codici	Descrizione
MAP_RING	Canale riconosciuto e associato
UNMAP_RING	Canale disassociato
MAP_OVFL	Superato il numero massimo di canali disponibili
ERASE_CHAN	Canale cancellato
ADD_LOCAT	Aggiunto nuovo indirizzo del localizzatore
REM_LOCAT	Cancellato indirizzo del localizzatore
MND_QUIT	Ricevuto segnale di chiusura
PTIME_EXD	Tempo del pacchetto fuori limite accettabile
LOC_SER	Errore sul socket del localizzatore
LOC_SDN	Chiusura del localizzatore
LOC_STO	Time out del localizzatore
LOC_SCD	Localizzatore connesso
LOC_SNC	Localizzatore non connesso
BST_I_OPEN	Front-end (frontnet o simile) connesso
BST_E_INV	Errore di socket non valido
BST_E_READD	Errore su opzione di riutilizzo del socket
BST_E_BIND	Errore nel socket bind
BST_E_LIST	Errore nel socket listen
BST_E_ACCP	Errore di socket accept
BST_FULL	Errore di socket esauriti
BR_E_SKTO	Time out sul socket
BR_E_SKER	Errore sul socket
BR_I_SKCL	Socket chiuso
BR_W_CLTO	Socket client in time out
BR_W_CLST	Chiusura del lato client del socket
BR_E_CHOF	Errore per esaurimento del numero di canali
BR_W_CLNM	Errore nella ricezione della maschera del frame
BR_W_CHOT	Pacchetto vecchio fuori tempo
BR_W_GPSP	Pacchetto affetto da mancanza di secondo (Gaia gps)
BR_W_CLEN	Errore nella lunghezza del pacchetto
BR_I_CLAL	Front client invia pacchetto di segnalazione (forse timeout sulle seriali)
BR_I_CHUN	Canale sconosciuto, manca il nome nel file .sta
BR_I_EXIT	Chiusura del thread ricevitore di pacchetti
AN_E_SPNL	Errore nel pacchetto, sample rate pari a 0
AN_W_QRTO	Timeout su coda in memoria
AN_E_QRDB	Coda in memoria doppiata
AN_E_QSDN	Errore grave, chiusura della coda di acquisizione
AN_E_QRER	Errore nella lettura da coda in memoria
AN_E_QR??	Problema non gestito nella lettura dalla coda
AN_W_PHZP	Fase sismica non valida, ampiezza durata o periodo nulli
AN_W_PHCL	Fase anomala, possibile tempo troppo ravvicinato al precedente
AN_W_PHAN	Fase anomala che ancora non aveva iniziato una registrazione
AN_W_OSNF	Pacchetto in registrazione continua fuori tempo
AN_W_HONF	Errore nella registrazione al cambio dell'ora

4. Avvio del sistema

4.1 Avvio dell'ascolto e ricezione del flusso di dati

Per avviare il processo di ascolto del sistema, basta utilizzare il pulsante *Avvia* di INGV CD Receiver. A conferma dell'avvenuto cambiamento di stato, comparirà il messaggio "Inizio Ascolto" preceduto dall'orario locale e il led LS assumerà il colore verde. Il CRF viene inviato dal CD Sender (Client) agli indirizzi IP registrati nel suo file di configurazione, ad intervalli Δt pari a qualche minuto. La ricezione di tale pacchetto potrebbe, quindi, accadere subito dopo la messa in ascolto del sistema o, nel caso peggiore, dopo un intero Δt . A ricezione del CRF avvenuta, il programma legge il codice stazione contenuto nel pacchetto e lo confronta con gli elementi della lista dei codici delle stazioni presente nella finestra "Settings" (Figura 3). Se viene trovata una corrispondenza, per cui la stazione cui si riferisce il CRF è una di quelle che INGV CD Receiver (Server) deve ricevere, quest'ultimo risponde al Client inviando un PAF (Port Assignment Frame). La comunicazione viene quindi dirottata sulla nuova porta scelta dal Server. Contestualmente, viene instaurata una seconda connessione TCP/IP tra *INGV CD Receiver* e *BackNet* che servirà per il transito dei pacchetti dati RSD dall'uno all'altro. Sulla Console View comparirà prima il messaggio "Stazione Identificata: VAE" e dopo "Client Connesso alla porta 8003". Si accenderanno, inoltre, i led RX e TX (Figura 11).



Figura 11. Comunicazione CD Sender – INGV CD Receiver - BackNet CTBT instaurata.

Il programma comincia a ricevere i pacchetti secondo il protocollo CD-1, quindi li riordina secondo il loro campo *nominal time* (i pacchetti non arrivano in ordine), e li converte nel formato RSD. Successivamente, essi vengono inviati a BackNet che ne effettua lo storage in file orari. Contemporaneamente a tutte queste operazioni, *INGV CD Receiver* rimane in ascolto della porta iniziale. In caso di ricezione di CRF di altre stazioni attivate in ascolto, esso, ripercorrerà le fasi già descritte, assegnando però al nuovo canale di comunicazione una porta successiva a quella già utilizzata dal primo

(nel caso dell'esempio, la 8004). In assenza di problemi di connessione dei vari socket TCP/IP, il programma può rimanere attivo per un tempo indefinito.

4.2 Interruzione dell'ascolto

Alla pressione del tasto *Ferma* vengono chiusi tutti i socket utilizzati nelle connessioni. Si ottiene, così, l'interruzione del flusso di pacchetti CD-1 dal Client al Server e del flusso di pacchetti RSD dal Server a BackNet. Il tasto *Avvia* viene abilitato (durante la ricezione dei dati viene disabilitato) per permettere all'utente di poter riavviare nuovamente l'ascolto.

4.3 Problemi durante la ricezione dei dati

L'intero sistema di comunicazione si basa su connessioni TCP/IP. Ciò comporta che malfunzionamenti vari della rete si tramutino in disconnessioni improvvise dei socket del sistema. Queste situazioni critiche vengono gestite da parti del codice sviluppate appositamente.

Il *sistema di gestione degli errori* di INGV CD Receiver intercetta l'errore causato da una caduta di connessione e reagisce fermando automaticamente l'esecuzione normale del programma; esegue, quindi, specifiche routine che riavviano l'esecuzione da principio, occupandosi di ristabilire tutte le connessioni. Il messaggio che descrive l'errore, inoltre, viene scritto in coda al file *Error.log*. Tale meccanismo consente all'utente di conoscere tutta la storia dei problemi operativi del programma. Per maggiore visibilità, lo stesso messaggio viene scritto nella *Console View* della finestra principale. Contemporaneamente, la caduta della connessione, viene riconosciuta anche da BackNet CTBT che procede alla chiusura del suo thread di ricezione dei dati. Viene data conferma di ciò mediante la visualizzazione del messaggio BR_I_EXIT sulla sua console. Lo stato di ascolto sulla sua porta predefinita viene immediatamente ripristinato, in modo tale che il programma sia nuovamente pronto a ristabilire le comunicazioni interrotte.

Bibliografia

AA.VV., (1998). *The pattern Handbook, Techniques, Strategies and Applications*. Cambridge University Press.

Amato A., Badiali L., Cattaneo M., Doumaz F., Delladio A., Mele F., (2006). *The real-time earthquake monitoring system in Italy*. Géosciences, 4 September 2006, BRGM.

Amato A., Badiali L., Boschi E. et al., (2007). *Cooperation on Congo Volcanic and Environmental Risks*. EOS, Vol. 88, No. 16-17, April 2007, pages 177-188.

Badiali L., Cattaneo M., Martini M. et al., (2003). *La rete sismica a larga banda dello Stromboli*. GNGDTS 22 Convegno Nazionale, 18-20 November 2003.

Coplien J.O., (1992). *Advanced C++, Programming Styles and Idioms*. Addison Wesley.

Gamma E., Helm R., Johnson R., Vlissides J., (1994). *Design Patterns*. Addison Wesley.

IDC Documentation, (2001). *Formats and Protocols for Continuous Data Cd 1.1*. CTBTO Preparatory Commission.

IDC Documentation, (2003). *Continuous Data Subsystem Cd 1.1*. CTBTO Preparatory Commission.