SPETTRO
calibrazione di spettri radioastronomici

Giovanni Comoretto

Sommario

Il programma SPETTRO è usato come primo passo di riduzione dei dati spettrali raccolti con l' autocorrelatore di Arcetri (A.D.L.B.).

Il programma riceve i dati in un file in formato Toolbox. Questo file contiene le funzioni di autocorrelazione del segnale e del riferimento, espresse in unità arbitrarie, relative ad una osservazione, oltre ad informazioni ausiliarie, come posizione, stato del sistema, banda passante, eccetera.

Il programma, sotto il controllo interattivo dell' osservatore, esegue la trasformata di Fourier delle funzioni di autocorrelazione, e calibra gli spettri di potenza così ottenuti. Gli effetti strumentali possono essere rimossi dallo spettro contenente il segnale, ed il risultato è archiviato nel file di uscita, sempre in formato Toolbox.

È possibile esaminare su terminale grafico e plottare su carta sia le funzioni di autocorrelazione che gli spettri di potenza, in ogni stadio del processo. È possibile inltre editare le funzioni di autocorrelazione, nel caso siano presenti canali evidentemente difettosi.

Il programma può girare sia on-line, non appena uno scan sia stato reso disponibile nel file di ingresso, sia off-line, su files registrati in precedenza.

Il programma esiste in 3 versioni, che girano rispettivamente sotto Sun, sotto PC (in modo DOS) e sotto DesqView-X[1] *(server X-11 per PC). I comandi sono gli stessi nelle diverse versioni, ma cambia l'interfaccia grafica usata.*

1 Guida d'uso

Questo manuale è diviso in tre sezioni. In questa sezione viene descritto l'uso del programma da parte dell'utente tipico. Non sono descritti tutti i comandi, ma solo quelli di uso più frequente. La descrizione è fatta seguendo una tipica sessione di uso del programma.

Nel secondo capitolo, il programma è descritto più in dettaglio. Viene data una descrizione formalmente corretta di tutti i comandi, compresi quelli di uso meno frequente, e vengono descritti gli algoritmi usati.

Nel terzo capitolo sono descritti dei dettagli di implementazione del programma, che possono essere utili per comprenderne alcune "idiosincrasie", ma che non interessano all'utente medio. Vengono inoltre descritte le differenze tra le varie versioni del programma che girano sotto DOS, Unix e DVX.

1.1 Come partire (e come finire)

Il programma viene lanciato, indipendentemente dall'ambiente in cui si lavora, con il comando

```
SPETTRO <infile> <outfile>
```

Il sistema operativo provvede automaticamente a scegliere la versione del programma adatta, a seconda che si operi in ambiente DOS, DesqView o Unix.

I nomi dei files di ingresso ed uscita sono opzionali. Nel caso vengano omessi entrambi, compaiono in sequenza i messaggi:

```
Enter input  filename:
Enter output filename:
```

[1] DesqView e DesqView-X sono marchi di fabbrica della Quarterdeck Inc.

a cui occorre rispondere con il nome rispettivamente dei files di ingresso e di uscita.

Se si specifica solo il file di ingresso, il programma ricava il nome del file di uscita sostituendo la desinenza `.spt` alla desinenza `.acf` con cui di norma termina il nome del file di ingresso.

La versione attuale del software di controllo dell'autocorrelatore scrive le funzioni di autocorrelazione su di un file con nome `MEDI0000.ACF`. I files vengono successivamente copiati nella directory ACFS dal programma `METTIVIA`, che ne modifica il nome in `M_yymmdd.ACF` , dove `yymmdd` è la data del giorno in cui è stata eseguita la procedura di archiviazione.

Pertanto a Medicina `SPETTRO` viene tipicamente eseguito con il comando `SPETTRO MEDI0000.ACF`, mentre a Firenze occorre specificare il nome del file che effettivamente contiene le funzioni di autocorrelazione di interesse.

Le versioni che girano sotto X11 aprono una finestra grafica. Nella versione corrente, il contenuto di questa finestra viene cancellata ogni volta che questa venga coperta da un'altra finestra. Pertanto conviene lasciarla in primo piano, eventualmente riducendone un pò le dimensioni, e lascire scoperta solo la porzione inferiore della finestra di testo da cui si impostano i comandi.

Nella versione DOS, grafici e testo compaiono sull'unico schermo disponibile, spesso sovrapponendosi. Inoltre la finestra grafica del PC non è disponibile il cursore di testo, che pertanto "scompare" quando SPETTRO entra in modo grafico, Infine, quando il cursore di testo si muove sotto l'ultima riga dello scermo, tutto lo schermo, inclusa la parte grafica, scorre verso l'alto. I parametri della grafica sono stati specificati in modo da consentire l'esame dello spettro anche quando questo sia stato spostato di 1-2 righe, e comunque lo schermo viene cancellato prima di ogni nuovo grafico, che viene posizionato correttamente.

Una volta lanciato, il programma comincia con aprire i files di dati di ingresso e di uscita. Se il file di ingresso specificato non esiste, genera un messaggio di errore, e ne richiede il nome.

Se uno di questi files contiene dati, ma non nel formato atteso, il programma genera un messaggio di errore. In questo caso occorre: 1) controllare di aver specificato il nome del file corretto; 2) contattare una persona che nesa di più per segnalare il problema e vedere il da farsi.

Il programma apre il file di dati in ingresso con accesso in sola lettura: può cioè solo leggere le funzioni di autocorrelazione prodotte da ADLB, ma non modificarle o cancellarle in nessun modo. Tutte le operazioni svolte all' interno di questo programma potranno cioè influenzare solo il file di uscita, ma non uello di ingresso. In questo modo si evita la possibilità di danneggiare, per errore o intenzionalmente, i dati originali.

Se tutto funziona per il meglio, dopo qualche secondo sullo schermo di testo compariranno i messaggi (*repetita juvant*):

```
Disc file test2.acf opened
 Input  disc file test2.acf opened.
Disc file test2.spt opened
 Output disc file test2.spt opened.
 >
```

Il carattere `'>'` indica che il programma è pronto per ricevere comandi, ed è detto 'prompt', in gergo calcolatoreccio. Dopo aver dato ogni comando, occorre SEMPRE aspettare che sullo schermo ricompaia il prompt.

Per uscire dal programma, si utilizza il comando

`EXIT o EX`

Il programma chiude tutti i files, chiude la finestra grafica, ed esce. Gli spettri non salvati con il comando OUT vengono persi (ma le funzioni di autocorrelazione da cui ripartire sono sempre li').

1.1.1 Riassumendo:

Per accedere al programma dare il comando:

`SPETTRO <infile>`

dove `<infile>` è il nome del file che contiene le funzioni di autocorrelazione. A Medicina, questo file si chiama `MEDI0000.ACF`. Il programma risponde con il prompt `'>'` per segnalare che è pronto ad accettare un comando.

Per uscire dal programma, si usa il comando

`EXIT`

1.2 Esame del file di ingresso

Per prima cosa, può interessare conoscere cosa è contenuto nel file di ingresso. Per far questo, disponiamodi due comandi, LOOK e DIR. LOOK serve per dare una rapida scorsa al file, mentre DIR ci consente un esame più dettagliato. Comiciamo con LOOK. Negli esempi successivi, la riga che segue il prompt è impostata dall' osservatore, mentre tutto quello che segue, incluso il successivo prompt, è la risposta del calcolatore.

```
> LOOK
Directory of input file:
1001   1002   1003   1004   1005   1006   1007   1008   1009   1010
1011   1012   1013   1014   1015   1016   1017   1018

>
```

Nell' esempio fatto, vediamo che nel file di ingresso ci sono 18 scans, numerati da 1001 a 1018. Uno scan è una serie di dati prelevata dall' autocorrelatore. Può essere formata da una funzione di autocorrelazione, o anche da più di una, se l' autocorrelatore era diviso in più sezioni.

I numeri di scan sono assegnati progressivamente dal programma di acquisizione. Pertanto i numeri che vedrete saranno tipicamente *molto* più alti.

Per esaminare più in dettaglio cosa è contenuto in ogni scan posso usare il comando DIR:

```
> DIR
Scan    Type  Source    Title    Date       Start time   Int. time

1001  SIG   S158     H2O       86/10/24  9:24:32.7      60.00
1002  REF   S158     H2O       86/10/24  9:26:45.2      60.00
1003  SIG   W3OH     H2O       86/10/24  9:32:12.3     300.00
1004  REF   W3OH     H2O       86/10/24  9:38:05.6     300.00
1005  SIG   W3OH     H2O       86/10/24  9:45:12.7     300.00
1006  REF   W3OH     H2O       86/10/24  9:51:55.0     300.00
1007  REF   W3OH     H2O       86/10/24 10:00:02.5     300.00
(eccetera)

>
```

Per ogni scan vengono specificati il tipo, alcune informazioni utili ad identificare la sorgente, la data e l'ora UT a cui lo spettro è stato raccolto, e il tempo di integrazione.

La lista comincia alla posizione corrente del file (quella sucessiva all'ultimo spettro ridotto) e continua fino alla fine.

Di solito gli spettri sono registrati in coppia, uno sulla sorgente prescelta ed uno in una regione adiacente del cielo o dello spettro, per calibrare la risposta dello strumento. Tuttavia questo non è sempre vero. E' possibile infatti avere due spettri consecutivi sulla sorgente o sul riferimento (nel nostro caso gli scan 1007 e 1008), oppure avere un solo riferimento per più scan su sorgenti diverse. E' possibile anche avere una lista solo degli scan di tipo SIG o REF. Ad esempio, è possibile dare il comando:

```
> DIR SIG
Scan  Type  Source    Title     Date      Start time    Int. time

1001  SIG   S158     H2O       86/10/24  9:24:32.7      60.00
1003  SIG   W3OH     H2O       86/10/24  9:32:12.3     300.00
1005  SIG   W3OH     H2O       86/10/24  9:45:12.7     300.00
(eccetera)

>
```

Il comando DIR, come altri comandi, utilizza un puntatore interno per tenere conto della posizione del file di ingresso a cui si sta lavorando. Quando si riduce uno spettro identificato da un certo scan number, tutta la parte del file di ingresso che precede questa posizione viene dimenticato dal programma. In questo modo, dando il comando DIR si listano solo gli scan successivi all' ultimo su cui si è lavorato. Per ripristinare la situazione originale (in cui tutti gli scan sono visibili) occorre dare il comando REWIND.

1.2.1 Riassumendo:

Per avere una lista degli scan presenti in ingresso (solo i numeri degli scan), dare il comando:

```
> LOOK
```

Per avere una lista più dettagliata:

```
> DIR         (tutti gli scan)
> DIR SIG     (solo scan sulla sorgente)
> DIR REF     (solo scan di riferimento)
```

Il comando DIR mostra solo gli scan successivi all' ultimo ridotto (con i comandi ONSCAN e OFFSCAN). Per riposizionarsi all' inizio del file di ingresso,dare il comando:

```
> REWIND
```

1.3 Visualizzazione di uno spettro

Per prima cosa occorre scegliere il tipo di rappresentazione dello spettro, cioè la variable da riportare sull'asse X del grafico.

Se non si specifica niente, l'asse delle X nel plot è graduato con il numero dei canali dello spettro rappresentato. Il numero dei canali è eguale al numero dei canali di ritardo nell' autocorrelatore, e puo' essere 256, 512, 768 o 1024. I canali sono numerati a partire da 1, e sono ordinati nel senso di frequenze crescenti, nel caso di osservazioni in Upper Sideband (USB). Sono possibili opzioni diverse. L' asse delle X puo' essere graduato in frequenza di ricezione (frequenza effettivamente ricevuta, NON corretta per il moto della Terra), o in velocità rispetto al Local Standard of Rest. I comandi da usare sono:

```
> X-CAPTION  CHANNELS   (standard, asse x espresso in canali)
> X-CAPTION  MHZ        (frequenza di cielo nell' asse X, espressa in MHz)
> X-CAPTION  kM/S       (velocit\'a rispteeo al LSR, espressa in KM/s)
> X-CAPTION             (per vedere l' opzione correntemente attiva)

  X-caption = km/s

>
```

Queste opzioni cambiano solo il modo in cui viene etichettato l'asse delle X, ed eventualmente il suo verso. Ad esempio gli spettri plottati con le opzioni KM/S sono speculari rispetto a quelli disegnati con le opzioni CHANNELS o MHZ, perchè a velocità crescenti corrispondono frequenze di cielo e canali decrescenti. Per il resto gli spettri sono plottati in modo identico. La scala dele ordinate rimane sempre invariata.

Per mostrare su schermo uno spettro (segnale o riferimento), si deve dare il comando PLOTSPET. Ad esempio, per vedere lo spettro contenuto nello scan 1001, occorre dare il comando:

```
> PLOTSPET 1001
```

Sul terminale grafico comparirà un grafico dello spettro prescelto. Di solito la sola cosa visibile sarà la banda passante dell' autocorrelatore, che di norma presenta 3 o 4 ondulazioni nella larghezza della banda passante. Non dovrebbero essere presenti forti righe. Di solito le righe astronomiche sono molto deboli, al contrario delle interferenze.

Per vedere le rige astronomiche, occorre pertanto sottrarre allo spettro che le contiene uno spettro di riferimento, che contiene solo la banda passante del ricevitore. Per far questo occorre specificare al programma quale scan si intende usare come sorgente e quale come riferimento. Per far questo, si usano i comandi ONSCAN e OFFSCAN. Ad esempio, se si vuole esaminare lo scan 1005 usando come scan di riferimento lo scan 1006, occorre dare i comandi:

```
> ONSCAN 1005
> OFFSCAN 1006
```

Il programma ci mette un po' di tempo a eseguire questi comandi, perchè deve leggere gli scan specificati, trasformare le funzioni di autocorrelazione in spettri di potenza, e trasformare l'intensità da conteggi a unità della lampada di calibrazione. E' obbligatorio specificare uno scan di tipo SIG nel comando ONSCAN, ed uno scan di tipo REF nel comando OFFSCAN. Se si specifica uno scan del tipo sbagliato, il programma emette il messaggio:

```
Error: scan   1385 is of the wrong type
 Ok to continue? [N]:
```

È possibile, rispondendo Y, forzare il programma a far finta che lo spettro indicato sia del tipo richiesto. La cosa però di solito non è molto utile.

Anche i comandi ONSCAN e OFFSCASN ricordano la posizione del file di ingresso a cui si sta lavorando. Se si specifica un numero di scan inesistente, o precedente alla posizione corrente, il programma risponde rispettivamente:

```
Error: scan   1333 not found           (se lo scan non esiste)

Scan   1406 is before current position
Scan not loaded
```

Nell'ultimo caso, al contrario di quanto mendacemente dice il programma, lo scan viene caricato.

Se si è sbagliato a specificare il numero dello scan, basta ripetere il comando con il numero corretto. Altrimenti, dare il comando REWIND, per "riavvolgere" logicamente il file di ingresso.

Il programma controlla che il numero dei conteggi nel canale 0, che in teoria è porporzionale al tempo di integrazione, sia pari al valore atteso e, in caso contrario, emette il messaggio

```
Error: channel 0 counts are abnormal.
(expected = 5.2167E6 actual = 1.79982E9 )
Could I try to correct? [N]
```

Se si preme 'y' (+ RETURN) il programma tenta di correggere la funzione di autocorrelazione. Se si preme 'n' (o solo RETURN) la lascia com'è. Solo la copia dello spettro contenuta nel programma viene modificata. *I dati sul file di ingresso non vengono comunque alterati.* Lo spettro eventualmente registrato nel file di uscita, essendo una copia di quello calcolato dal programma, viene influenzato da questa correzione.

All'inizio del funzionamento, per un errore hardware, l' autocorrelatore corrompeva il contenuto del canale 0 della funzione di autocorrelazione. Quindi, se si sta riducendo uno spettro vecchio (anteriore al 1988) e compare questo messaggio, rispondete Y.

Questo messaggio compare anche regolarmente quando l'autocorrelatore funziona a 25 MHz di banda (non so perchè). In questo caso *non correggete* lo spettro.

In altri casi un conteggio anomalo (soprattutto se fortemente anomalo) nel canale 0 è indice del fatto che qualcosa non ha funzionato. Se state utilizzando SPETTRO nel corso di un'osservazione, controllate il livello delle soglie dell'autocorrelatore, il livello del segnale, se avete specificato il canale di ingresso corretto, e amenità simili.

Dopo aver caricato gli spettri di segnale e di riferimento, se ne calcola la differenza con il comando REDUCE, e si esamina il risultato con PLOT. Se si dà solo il comando PLOT, il programma esegue automaticamente REDUCE. Queste due operazioni possono essere eseguiti insieme con il comando PLOTREDUCE (abbreviabile a PLOTR).

Per ottenere una copia su plotter[2] dello spettro su video (ottenuto con i comandi PLOTSPET, PLOT o PLOTR) dare il comando:

```
> HARDCOPY
```

Il comando HARDCOPY prende l' ultimo plot mandato allo schermo, e lo dirotta su plotter. Funziona anche se lo schermo del terminale è stato cancellato, perchè utilizza la copia nella memoria del calcolatore. Se non è stato ancora plottato niente sul terminale, il programma risponde con il messaggio:

[2] Nel seguito, con *plotter* si indicherà genericamente la periferica che esegue la copia su carta degli spettri ottenuti, in generale una stampante laser

```
Error: Hardcopy requires something to plot
```

E' possibile ottenere un ingrandimento di una parte dello spettro, per mezzo del comando WINDOW. Questo comando richiede come parametri il numero del primo e dell' ultimo canale che si desidera plottare. Ad esempio, per plottare la metà centrale di uno spettro di 512 canali, dare il comando:

```
> WINDOW 129 384
> PLOT
```

Il comando da solo mostra i valori attualmente attivi:

```
> WINDOW

  window = 129 384

>
```

Per ripristinare la situazione standard, in cui viene mostrato tutto lo spettro, dare il comando

```
> WINDOW 1 1024
```

Il comando WINDOW agisce solo sul plot. I dati in memoria restano invariati. Per selezionare i valori da assegnare al comando, è utile plottare lo spettro con l' opzione X-CAPTION CHANNELS.

I comandi X-CAPTION e WINDOW operano su tutti i grafici effettuati in seguito su terminale, sia con il comando PLOTSPET che con PLOT. Il comando HARDCOPY esegue sempre una fedele copia dell' ultimo plot su terminale, indipendentemente da quali comandi siano stati dati nel frattempo.

1.3.1 Riassumendo:

Sono stati descritti i comandi necessari per esaminare, ridurre, e plottare uno spettro:

```
> PLOTSPET 1023      - esamina uno spettro (nell' esempio il 1023)
> ONSCAN  1023       - seleziona uno scan come spettro sulla sorgente
> OFFSCAN 1024       - seleziona uno scan come spettro di riferimanto
> REDUCE             - calcola lo spettro differenza (senza plot)
> PLOT               - plotta uno spettro differenza
> PLOTR              - plotta uno spettro differenza (ricalcolandolo)
> HARDCOPY           - produce una copia su carta dell' ultimo plot
```

Il plot prodotto con PLOTSPET e PLOT è modificato da alcuni comandi. Per scegliere l' asse delle x si usa il comando X-CAPTION:

```
> X-CAPTION  CHANNELS   (standard, asse x espresso in canali)
> X-CAPTION  MHZ        (frequenza di cielo nell' asse X, espressa in MHz)
> X-CAPTION  KM/S       (velocit\'a rispetto al LSR, espressa in Km/s)
> X-CAPTION             (per vedere l' opzione correntemente attiva)

  x-caption = km/s

>
```

Per esaminare una porzione ridotta dello spettro si usa il comando WINDOW:

```
> WINDOW 129 384        (per selezionare i canali da 129 a 384)
> WINDOW                (per mostrare la window corrente)

  window = 129 384


> WINDOW 1 1024         (per ripristinare la situazione standard)
```

I comandi X-CAPTION e WINDOW restano attivi finchè disabilitati, influenzano i successivi plottati eseguiti con i comandi PLOTSPET, PLOT e PLOTR, e non modificano lo spettro calcolato in memoria.

1.4 Scrittura su file in uscita

Lo spettro calcolato con i comandi REDUCE o PLOT deve essere scritto su disco, per poter essere utilizzato da altri programmi. Non è necessario scrivere i dati su disco durante l' osservazione, questo può essere fatto anche in seguito (ad esempio ad Arcetri), ma finchè i dati raccolti non sono stati "digeriti" da SPETTRO, e scritti su disco, non è possibile farci niente (se non, appunto, esaminarli con SPETTRO). Il comando per scrivere i dati ridotti su disco, occorre dare il comando:

```
> OUT
```

Il comando va dato dopo aver ridotto i dati (con i comandi REDUCE o PLOT), altrimenti si registra su disco non si sa bene che cosa. Per come sono fatti i programmi che leggono il file prodotto da SPETTRO, è bene che non ci siano nel file due scan con lo stesso numero. Il numero dello scan registrato è quello dello scan sorgente che si è utilizzato,

È possibile ridurre e scrivere nel file di uscita più spettri consecutivi con un singolo comando, a condizione che questi siano stati registrati in sequenza, come coppie spettro sorgente – spettro riferimento. Ad esempio, supponendo che questo sia successo per gli scan compresi tra il numero 1025 (spettro sorgente) e 1050 (spettro riferimento), posso ridurre queste 13 coppie ON–OFF con la sequenza di comandi:

```
> MULTIPLE                       (abbreviabile a MULT)
Multiple reduction mode entered.
1st ON scan number:  1025        (1^ scan)
last ON scan number: 1049    (ultimo scan, sorgente)
Scan 1025 written to disk
Scan 1027 written to disk
Scan 1029 written to disk
.....
Scan 1049 written to disk

>
```

1.4.1 Riassumendo:

Per appendere al file di uscita lo spettro appena ridotto, si usa il comando:

```
> OUT
```

Per ridurre e salvare in un colpo solo più spettri, si usa il comando

```
> MULTIPLE
```

seguito dal numero del primo e dell'ultimo scan *sulla sorgente* che si intende ridurre.

2 Descrizione dei comandi

L' osservatore controlla il programma per mezzo di comandi, del tipo
`comando=parametro`

Il comando può essere abbreviato con la sola condizione che sia specificato in modo univoco. I parametri sono separati dal comando per mezzo di un carattere di '=', un blank, o di qualsiasi combinazione dei due. I parametri sono separati tra di loro per mezzo di una virgola, un blank, o combinazioni dei due. Si possono usare indifferentemente maiuscole e minuscole.

Esempi di formati validi sono:

```
DELETE=2,3
DELETE = 2 3
deLe 2 ,3
```

Il primo parametro può essere costituito, per alcuni comandi, da una keyword. Il secondo parameto è sempre numerico. Molti comandi assumono valori di default.

La sequenza di operazioni per arrivare ad uno spettro calibrato è, tipicamente, la seguente:

- definizione del file di ingresso
- esame del file di ingresso, e, eventualmente, anche di quello di uscita
- esame dei singoli scan in ingresso, sia come funzione di autocorrelazione che come spettri di potenza
- posizionamento nel file di ingresso
- definizione dello scan di segnale e di riferimento che si intendono usare
- definizione dei parametri per la riduzione: tipo di tapering, eventuale editing dei dati, eccetera
- definizione dei parametri di plot
- esecuzione della riduzione, plot del risultato, e scrittura su file
- eventuale hardcopy di qualsiasi grafico su terminale

Nei paragrafi seguenti si descrivono brevemente i comandi, raggruppati secondo le funzioni elencate. Le convenzioni usate per la sintassi sono le seguenti:

- I comandi e le keywords che devono essere scritte come indicato sono in maiuscolo, ad eccezione dei nomi di files nella versione UNIX, che devono essere in minuscolo
- I parametri numerici sono indicati con un nome in minuscolo
- I valori racchiusi tra parentesi quadre, [xxx], sono opzionali
- I valori tra parentesi graffe, e separati da barre

  ```
  {A | B | C}
  ```

  indicano opzioni alternative. La prima opzione è sempre quella di default, che il programma assume all'accensione.

2.1 Selezione del file di ingresso

Il file di ingresso ha di solito l'estensione `.acf`, e nel caso di un file generato dal programma ADLB4, ha il nome convenzionale `MEDI0000.ACF`. Il nome viene successivamente modificato quando il file viene archiviato dalla procedura METTIVIA. Un file archiviato nel giorno `yymmdd` ha il nome `M_yymmdd.ACF` e risiede nella directory `/ADLB4/ACFS/` sul PC a Medicina, e in `/usr1/datispettrali/medicina/19yy/` sul Sun ad Arcetri.

Il nome del file di uscita tipicamente è uguale a quello del file di ingresso, con l'estensione `.spt` invece che `.acf`.

Per specificare il nome del file di ingresso (e di uscita) esistono 3 possibilità:

1. Specificare entrambi i nomi quando si lancia il programma, come parametri. Esempio:

   ```
   SPETTRO MEDI0000.ACF MEDI0000.SPT
   ```

2. Specificare solo il nome del file di ingresso, come nell'esempio:

   ```
   SPETTRO MEDI0000.ACF
   ```

   In questo caso, il nome del file di uscita viene ricavato sostituendo l'estensione `.SPT` a quella del file di ingresso, che deve essere obbligatoriamente `.ACF`. In caso contrario, il programma chiede il nome di un file di uscita.

3. Non specificare parametri. Il programma allora chiede il nome del file di ingresso e di uscita all'utente.

Se il programma non riesce ad aprire i files di ingrasso e/o di uscita, termina con un messaggio di errore.

Non è possibile cambiare il file di ingresso, o quello di uscita, mentre il programma è in esecuzione. Occorre necessariamente uscire dal programma e rientrare.

2.2 Lista degli scans presenti

Per esaminare i files di ingresso e di uscita, esistono 3 comandi.

- LIST
- LOOK
- DIR

Il comando LIST dà un elenco degli scans presenti nel file di ingresso. Di ogni scan viene fornito solamente il numero. Serve per avere una rapida indicazione di quali scan siano presenti.

Il comando LOOK dà un elenco degli scans presenti nel file di uscita. Anche questo comando fornisce solamente i numeri di scan, senza ulteriori informazioni.

Il comando DIR fornisce un elenco più dettagliato degli scans presenti nel file di ingresso. Per ogni scan viene riportato il numero di scan, il nome della sorgente, il titolo, ed il tipo (SIG o REF). Di default, vengono listati solo gli scan a partire dall' ultimo esaminato (vedi par. x.x).

La sintassi del comando è

```
DIR [ = {ALL | SIG | REF} ]
```

Il comando senza parametri, o con il parametro ALL, lista gli scans a partire dall' ultimo esaminato. I parametri SIG e REF specificano di listare tutti gli scans del tipo corrispondente a partire dall' ultimo esaminato di quel tipo.

2.3 Esame di uno scan

Per esaminare uno scan, sono disponibili due comandi:

- PLOTACF [=scannumber]
- PLOTSPET [=scannumber]

Il comando PLOTACF plotta su terminale la funzione di autocorrelazione dello scan specificato, mentre PLOTSPET ne plotta lo spettro di potenza.

Il formato del plot è influenzato dai comandi WINDOW, X-CAPTION e Y-CAPTION. I dati visualizzati vengono inoltre influenzati da tutti i comandi che specificano il modo di riduzione.

2.4 Posizionamento nel file di ingresso

Alcuni comandi possono utilizzare come scan di ingresso il successivo scan del tipo corretto (SIG o REF) presente nel file di ingresso.

Pertanto è necessario conservare la posizione dell' ultimo scan di ciascun tipo letto dal programma. Esistono corrispondentemente alcuni comandi per posizionare questi puntatori.

Il comando REWIND esegue un rewind logico del file di ingresso: entrambii puntatori sono posti all'inizio del file.

Il comando POSITION=num posiziona entrambi i puntatori allo scan scan indicato, in modo che il successivo comando DIR listi gli scan *successivi* a quello specificato. Questo comando influenza solo i puntatori dello scan corrente, ma non legge in memoria nessuno scan.

I comandi ONSCAN=num e OFFSCAN=num posizionano il rispettivo puntatore sullo scan preso, purchè questo sia del tipo corretto, e ne leggono il valore in memoria.

Se un comando trova una condizione di errore, il puntatore resta invariato.

2.5 Selezione degli scans

Il programma produce uno spettro differenza, partendo da uno spettro on source (SIG), ed uno di riferimento (REF). La selezione di questi due spettri viene effettuata per mezzo dei comandi ONSCAN ed OFFSCAN. Con i comandi:

```
ONSCAN=num
OFFSCAN=num
```

il programma controlla che lo spettro sia del tipo giusto, lo carica in un buffer in memoria, e ne produce lo spettro di potenza.

Se lo scan non è del tipo corretto, il programma chiede all'osservatore, prima di caricarlo, se questiintende convertirne il tipo. In caso affermativo, l'header dello scan *in memoria* viene modificato in modo da farlo diventare a tutti gli effetti uno scan del tipo richiesto (es. scan sorgente nel caso sia stato dato il comando ONSCAN). Il comando può essere utile nel caso sia stato osservato uno scan del tipo sbagliato, o nel caso ci si accorga dela presenza di un segnale nello spettro di riferimento. Se l'osservatore risponde negativamente, lo scan *non* viene caricato in memoria.

2.6 Definizione dei parametri per la riduzione

Per effettuare la riduzione, occorre specificare diversi parametri. Nella maggior parte dei casi, i parametri di default funzionano egregiamente, e eventuale "editing" dello spettro può essere fatto successivamente, ma talvolta può essere utile modificare i valori di default, ad esempio per eliminare canali difettosi dalla funzione di autocorrelazione.

I comandi relativi sono quelli nella lista seguente:

```
RESTORE  [= {3LEV | OFF | 2LEV } ]
TAPERING [= {UNIFORM | TRIANGLE | HANNING | COSINE}
DROPACF   = first, last
DROP      = first, last
DELACF    = first [,last]
DELETE    = first [,last]
CLIPACF   = min, max
CLIP      = min, max
MAKE     [= {S-R/R | S-R} ]
```

I valori definiti da questi comandi restano in effetto fino a che non vengano esplicitamente rimodificati. Ad esempio, se eseguo il comando `DROP 20 20` *tutti* gli spettri ridotti in seguito risultano privati dei primi ed ultimi 20 canali.

Il comando RESTORE serve a specificare il tipo di funzione utilizzata per ripristinare la funzione di autocorrelazione unclipped. Le tre possibilità corrispondono a nessuna correzione (utile per test), clipping a 2 livelli (1 bit, correzione di Van Vleck), e clipping a 3 livelli (2 bit, correzione polinomiale). Di default la correzione usata è quella a 3 livelli. *IMPORTANTE: Se si specifica un valore non corrispondente a quello effettivamente usato dall'autocorrelatore, la scala dello spettro risulta sbagliata.*

Il comando TAPERING specifica la funzione di tapering applicata alla funzione di autocorrelazione prima della FFT. Sono riconosciute solo le prime 2 lettere della keyword. Di default non viene applicato nessun tapering (`TAPERING=UNIFORM`) . Questo provoca notevole *ringing* nello spettro se sono presenti interferenze, o righe strette. In questi casi è preferibile usare un tapering, che elimina questo problema, a spese di una riduzione della risoluzione.

DROPACF e DROP servono per tagliare i primi e gli ultimi canali, rispettivamente nella funzione di autocorrelazione e nello spettro differenza. Servono per eliminare canali problematici. Nella funzione di autocorrelazione, può servire talvolta eliminare gli ultimi canali. È fortemente sconsigliabile eliminare i *primi* canali della funzione di autocorrelazione, in quanto sono quelli con il massimo di informazione sulla forma della banda passante (e quindi sulla calibrazione).

DROP è molto più utile, in quanto molto spesso i primi e gli ultimi canali dello spettro differenza contengono dati inutilizzabili per foldover della banda, limitata banda passante, eccetera. Nella ACF, i canali eliminati vengono sostituiti con zeri, mentre nello spettro vengono marcati come non validi. L'effetto di questi comandi è permanente, nel senso che per riottenere i canali cancellati occorre ridurre nuovamente lo spettro a partire dalle funzioni di autocorrelazione.

DELACF e DELETE servono per eliminare rispettivamente dalla ACF o dallo spettro differenza uno o più canali con problemi noti (es. un integrato non funzionante, una interferenza radio). Nella ACF, i canali eliminati vengono sostituiti con una interpolazione dei canali adiacenti. Il primo parametro indica il numero del primo canale da eliminare ed il secondo, se specificato, il numero di canali complessivi da eliminare. Ad es. `DELACF 385 16` elimina dalla funzione di autocorrelazione il contributo dela prima scheda della 4^a scatola.

CLIP e CLIPACF servono per eliminare i canali della ACF o dello spettro differenza che escono da una finestra dati. Questo serve per eliminare grossi spikes, indipendentemente da dove si trovino.

MAKE serve a selezionare il tipo di spettro differenza. Con "S-R" lo spettro differenza è dato dalla formula $D = S - R$ (differenza non normalizzata), mentre con "S-R/R" lo spettro differenza è: $D = T_{sys} \cdot (S - R)/R$. Se non si specifica il comando, viene selezionata automaticamente una differenza normalizzata, che è l' unica accettata dai successivi programmi di riduzione dati (DRAW2 e CLASS)

I parametri specificati con RESTORE sono applicati sempre alla ACF (quindi anche nel comando PLOTACF). Queli specificati con DROPACF, DELACF, e CLIPACF sono applicati immediatamente prima della FFT, quindi non influenzano PLOTACF, ma influenzano PLOTSPET. DROP, DELETE, CLIP e MAKE sono usati solo per lo spettro differenza. In questo modo, è sempre possibile vedere lo spettro prima delle correzioni.

2.7 Parametri dei grafici

Il formato dei grafici prodotti dai comandi PLOTACF, PLOTSPET, PLOTREDUCE e PLOT può essere modificato con i comandi:

```
WINDOW=first,last
X-CAPTION [= {CHANNELS | MHZ | KM/S} ]
Y-CAPTION [= {UNITS | K} ]
```

Il comando WINDOW permette di plottare solo una parte dello spettro o della ACF. I parametri indicano il primo e l' ultimo canale da plottare (i canali partono da 1). Per default viene mosdtrato l'intero spettro (equivalente a `WINDOW 1 1024`).

I comandi X-CAPTION e Y-CAPTION controllano cosa viene plottato nei due assi. La funzione di autocorrelazione viene sempre plottata con X-CAPTION=CHANNELS, e Y-CAPTION=UNITS.

Il comando X-CAPTION modifica la scala rappresentata sull'asse delle X dello spettro, secondo la tabella seguente:

```
X-CAPTION  CHANNELS   (standard, asse x espresso in canali)
X-CAPTION  MHZ        (frequenza di cielo nell' asse X, espressa in MHz)
X-CAPTION  KM/S       (velocit\'a rispetto al LSR, espressa in Km/s)
```

Se non si specifica niente, l'asse delle x nel plot è graduato con il numero dei canali dello spettro rappresentato (`X-CAPTION=CHANNELS`). Il numero dei canali è eguale al numero dei canali di ritardo nell' autocorrelatore, e puo' essere 256, 512, 768 o 1024. I canali sono numerati a partire da 1, e sono ordinati nel senso di frequenze crescenti, nel caso di osservazioni in Upper Sideband (USB). Sono possibili opzioni diverse. L' asse delle X puo' essere graduato in frequenza di ricezione (frequenza effettivamente ricevuta, NON corretta per il moto della Terra), o in velocità rispetto al Local Standard of Rest. Queste opzioni cambiano solo il modo in cui viene etichettato l' asse delle X, ed eventualmente il suo verso. Ad esempio gli spettri plottati con le opzioni KM/S sono speculari rispetto a quelli disegnati con le opzioni CHANNELS o MHZ, perchè a velocità crescenti corrispondono frequenze di cielo e canali decrescenti. Per il resto gli spettri sono plottati in modo identico. La scala dele ordinate rimane sempre invariata.

2.8 Calcolo dello spettro differenza

Il comando REDUCE esegue la riduzione vera e propria. Il risultato può essere visualizzato con il comando PLOT. I due comandi sono runiti in PLOTREDUCE, che esegue la riduzione e plotta il risultato.

Il comando PLOT esegue anche una riduzione, se gli spettri on ed off sono cambiati rispetto a quelli usati per generare l'ultimo spettro differenza. Conviene comunque usare il comando PLOTREDUCE (o PLOTR) per essere sicuri della consistenza dello spettro differenza rispetto ad i rimanenti due.

Lo spettro finale può essere quindi memorizzato nel file di uscita con il comando OUT [=num]. Il comando senza parametri memorizza lo scan con il numero dello scan on source. Se viene specificato un parametro, questo diventa il numero dello scan in uscita.

2.9 Possibilità di hardcopy

Dopo aver plottato qualsiasi cosa, è possibile avere un hardcopy su plotter con il comando HARDCOPY.

La routine di plot salva automaticamente tutti i parametri con cui è stata chiamata. Il comando HARDCOPY specifica come unità grafica il plotter, e riesegue la routine di plot con i parametri salvati in precedenza. In questo modo si ottiene un plottato il più fedele possibile all' immagine su schermo.

Il plotter impiegato dipende dalla versione del programma. Le versioni per PC usano una stampante laser HP LaserJet+ emulazione HP-GL, attaccato alla porta parallela. La versione per Sun usa la stampante laser, in modo Postscript.

2.10 Terminazione del programma

Il comando EXIT termina la sessione, chiude tutti i files aperti, e rientra a livello di sistema operativo

3 Descrizione del programma

Scopo di questo capitolo è esaminare in dettaglio gli algoritmi usati nel processo di riduzione dati, e la loro implementazione nelle varie versioni del programma.

3.1 Algoritmi

Per ottenere uno spettro utilizzabile astronomicamente, occorre eseguire alcune operazioni:

- Normalizzare la funzione di autocorrelazione digitale, dividendo i conteggi in ciascun canale per quelli nel canale 0
- ricostruire la funzione di correlazione analogica a partire dalla rappresentazione digitale. Nel caso di segnale rappresentato ad 1 bit, questa é nota come correzione di Van Vlek.
- Applicare un tapering alla funzione di autocorrelazione, per evitare che righe molto strette presentino lobi laterali.
- Calcolare la trasformata di Fourier della funzione di autocorrelazione, ottenendo lo spettro di potenza non calibrato.
- Calibrare lo spettro contenente il segnale, utilizzando uno spettro di riferimento e informazioni di total power contenute nel file di ingresso.
- Lo spettro così ottenuto può essere plottato su schermo, e, se soddisfa l' osservatore, registrato nel file di uscita.

3.1.1 Normalizzazione

In teoria è la fase più semplice, in quanto è sufficente dividere la funzione di correlazione calcolata per il valore nel canale 0. Questo valore è valido solo se la funzione calcolata è un'autocorrelazione, e pertanto il programma SPETTRO *NON può essere impiegato per la riduzione di funzioni di cross-correlazione.*

Il programma controlla che il valore dei conteggi nel canale 0 sia compatibile con il tempo di osservazione. In linea teorica, il canale 0 accumula conteggi ad una frequenza di 52167.0 Hz (50MHz/512·0.534). Il programma ammette un errore massimo dell'1% di rispetto a questo valore, ed avverte l'osservatore se l'errore è maggiore. L'osservatore può decidere di:

- buttare lo spettro incriminato (scegliendo una qualsiasi delle opzioni possibili, e non proseguendo la riduzione). Probabilmente la decisione più saggia.
- Correggere il canale 0, assegnandovi il valore teorico, e proseguire con la normalizzazione. Fino al 1988, un errore hardware nell'autocorrelatore causava sporadicamente valori assurdi nel canale 0. In questo caso, conveniva correggere.
- Non correggere il valore nel canale 0, assumendo che siano tutti sbagliati in conseguenza. Quando si pone la banda a 25 MHz, il conteggi risultano sistematicamente sbagliati di un 2-3% In questo caso, conviene *NON* correggere.

3.1.2 Ripristino della funzione di autocorrelazione

Un autocorrelatore digitale calcola una approssimazione della funzione di autocorrelazione, ottenuta quantizzando il segnale in ingresso in un numero finito di livelli (nel nostro caso 2 o 3), e calcolando la funzione di autocorrelazione di questo segnale digitale.

Se il campionamento è fatto rispettando alcuni criteri, è possibile risalire alla funzione di autocorrelazione partendo dalla sua approssimazione digitale. Alla fine del processo, l' unico effetto è quello di un peggioramento del rapporto segnale/rumore.

Per utilizzare la funzione di correlazione, occorre ricostruire la funzione di autocorrelazione (normalizzata) $\rho_{true}(\tau)$ partendo dai conteggi normalizzati forniti dall' autocorrelatore $\rho(\tau)$.

Nel caso di un segnale quantizzato ad un bit, la funzione di correlazione viene ricavata applicando la nota correzione di Van Vlek: $\rho_{true}(\tau) = \sin(\pi * \rho(\tau)/2)$.

Nel caso di quantizzazione a 2 bit, non è possibile dare una espressione analitica a questa correzione, e si adopera una approssimazione polinomiale. L'approssimazione usata da SPETTRO è calcolata in appendice, e è data dalla formula: $\rho_{true} = \rho * 1.236 - 0.119 * \rho^3 - 0.087 * \rho^5 - 0.03 * \rho^7$

3.1.3 Fast Fourier Transform e riduzione

La routine di Fast Fourier Transform impiegata sfrutta il fatto che la funzione di autocorrelazione è pari e reale, per risparmiare tempo di calcolo e memoria (cosa importante soprattutto nel vecchio HP-1000).

Prima della trasformata, il programma cancella i canali specificati da DELACF e DROPACF. I canali cancellati da DELACF vengono sostituiti da un'interpolazione lineare sui canali "buoni" adiacenti, mentre quelli eliminati con DROPACF vengono semplicemente azzerati.

3.2 Struttura del programma

Nella versione originale per HP-1000, il programma era diviso in segmenti, in quanto era troppo grosso per essere presente tutto in memoria allo stesso tempo. Nella versione attuale, i segmenti sono sostituiti da subroutines, che conservano però la struttura originale di blocchi indipendenti che comunicano attraverso alcune aree common. Questi common contengono sia i parametri necessari ad eseguire un' operazione che un codice che specifica l' operazione richiesta.

Le principali routines che compongono il programma sono:

- SPETTRO - È il principale, che chiama le altre routines quando serve
- CMDINT - Interprete dei comandi. Esegue inoltre i comandi più semplici, come quelli che predispongono dei parametri. L'interprete di comandi è funzionalmente descritto nel capitolo introduttivo relativo alla descrizione dei comandi.
- INIZ - Esegue l' inizializzazione del programma: apre i files, inizializza il file di uscita se necessario, inizializza il sistema grafico, azzera i buffer di lavoro e pone allo stato di default tutti i parametri.
- PLOTS - esegue le operazioni di plot e di hardcopy.
- DISK - esegue le operazioni di lettura, scrittura, ricerca di uno scan su disco. Si basa sulla libreria di funzioni di accesso ad un file in formato TOOLBOX, TOOLLIB.LIB
- REDSP - esegue la trasformta di Fourier e le operazioni di riduzione dati. Questa routine è descritta funzionalmente nella sezione relativa agli algoritmi di riduzione dati.

3.2.1 Routines grafiche

La routine di plot consiste in una routine generica, che plotta un grafico arbitrario scegliendo in modo opportuno la scala da plottare. Quando viene eseguito un plot su schermo, i parametri del plot sono memorizzati in un'area common, e vengono utilizzati dal comando HARDCOPY per produrre un plot identico sulla stampante.

La routine di plot utilizza una serie di funzioni di basso livello, e quindi facilmente trasportabili su sistemi operativi e macchine differenti, per eseguire operazioni quali il tracciamento di una linea o la scrittura di una stringa di caratteri.

Le funzioni di basso livello a loro volta chiamono funzioni analoghe, scritte specificatamente per il tiplo di device grafico impiegato. La selezione del device grafico (stampante o schermo) viene fatta cambiando il valore di una variabile, subito prima di eseguire il plot. In questo modo il pot assume esattamente lo stesso aspetto indipendentemente dal device impiegato.

Sono state scritte librerie grafiche per il sistem X11 (in modo nativo), per il linguaggio HP-GL, utilizzando la grafica standard Microsoft per PC, e in PostScript. A seconda della libreria impiegata, abbiamo quindi 3 versioni del programma:

- Versione per MS-DOS, che utilizza la grafica a tutto schermo del Fortran Microsoft e una stampante HP in emulazione HP-GL. Il driver gestisce automaticamente l'inizializzazione dell'emulazione HP-GL, l'emissione del foglio al termine del plot, e il ripristino del modo default della stampante quando questa non è usata
- Versione per DVX sotto X11. La grafica utilizza una finestra X11, mentre la stampa utilizza la stampante HP con emulazione HP-GL già descritta
- Versione per SUN. Utilizza una finestra X11, e scrive l'hardcopy su di un file temporaneo. Al termine del plot, il file viene inviato in stampa con il comando Unix `lpr`.

La libreria X11 non gestisce, per limitazioni "filosofiche", il refresh della finestra quando questa viene coperta da un'altra finestra e quindi riesposta. Per ripristinare il plot occorre ridare il comando che lo ha generato, o evitare di coprire la finestra grafica nel suo uso. L'hardcopy viene comunque sempre eseguita corettamente.

3.2.2 Uso della memoria

Il programma è diviso in routines che comunicano tra di loro per mezzo di variabili in common. Questa struttura è legata alla struttura ad overlay del programma originalmente scritto su HP-1000.

Esistono tre aree common dedicate, corrispondenti alle routines PLOTS, DISK e REDSP, più sei aree common generiche, conteneti rispettivamente:

- `ToolInBuf` e `ToolOutBuf`: le strutture di dati ed i common realitivi alla gestione dei file di ingresso e di uscita in formato ToolBox
- `parameters`: il valore dei parametri relativi sia al comando corrente, che alla riduzione dati. Per ciascuno degli spettri sorgente, riferimento e differenza sono inoltre memorizzati i parametri di riduzione, legati ai comandi RESTORE, TAPER, DROP, DELETE, CLIP, DELACF, DROPACF, CLIPACF, MAKE., che sono stati effettivamente utilizzati. In questo modo il programma è in grado di determinare se i parametri sono stati cmabiati, ed decidere se ricalcolare gli spettri necessari o utilizzare quelli presenti in memoria.
- `lu`: le unità logiche usate dal programma
- `posit`: la posizione nel file di ingresso ed il numero di can dello scan correntemente letto
- `data`: un buffer di dati che contiene 6 spettri completi. I primi 3 buffer contengono la funzione di autocorrelazione, ed i successivi 3 lo spettro di potenza, rispettivamente dello scan sorgente, di quello di riferimento, e dello spettro differenza. Il 3^o buffer (autocorrelazione della differenza) in realtà non viene mai usato.

I tre buffer `diskparams, plotparams, redparams` contengono i parametri delle subroutine `DISKS(), PLOTS(), REDSP()` rispettivamente. Sono stati usati common invece di parametri formali solamente perchè nell'HP-1000 non è possibile passare parametri formali ad un overlay. I parametri di ciascuna subroutine terminano con la lettera con cui inizia la subrroutine: ad esempio i parametri di `DISKS()` terminano per `d`.

La subroutine `INIT()`, avendo bisogno solo del parametro `icodei`, non ha un common separato, ma invece utilizza per il passaggio del parametro il common `lu`.

La subroutine `GETCM()` legge il comando ed i parametri associati, e pone i codici corrispondenti nel common `parameters`. Il codice del comando viene posto in `icmd`, ed il valore dei parametri in `ip1, ip2` come 2 interi, e `rp1, rp2` come due reali. Se il comando non aveva parametri associati, i valori corrispondenti vengono posti a zero. Se il comando aveva parametri in forma di keyword, `ip1` assume un valore negativo corrispondente al codice della keyword. Tutti i codici usati sono elencati nel sorgnete della subroutine `INTERPRETE()`. Se `GETCM()` è in grado di eseguire il comando, non rientra, ma passa direttamente a leggere il comando successivo.

Ciascuna subroutine, essendo concettualmente un overlay, può compiere diverse funzioni logicamente simili. Ad esempio `DISKS()` gestusce tutte le operazioni di accesso al disco. L'operazione viene selezionata da una variabile che inizia per `icode`, es. `icoded`, tramite un'istruzione di GOTO indicizzato, posto all'inizio della subroutine stessa. Le funzioni svolte in corrispondenza dei codici usati sono listate in un commento in testa a ciascun file sorgente.

Il codice di ritorno della subroutine, se necessario, viene posto in una variabile di nome `iretx`.

Contents