

# **DOPPLER**

## **Un nuovo comando SNAP per il Field System (FS)**

Carlo Migoni

Rapporto Interno IRA N° 330/03

# Indice

Introduzione

<b>1</b>	<b>Problematica</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Comando Doppler</b>	<b>5</b>
2.1	Introduzione . . . . .	5
2.2	Utilizzo . . . . .	6
2.3	Realizzazione . . . . .	7
2.3.1	Chiamata di funzioni Fortran da codice C . . . . .	7
2.3.2	Gestione di variabili Fortran da codice C . . . . .	7
2.3.3	Compilazione e linking . . . . .	8
2.4	Libreria SLALIB . . . . .	9
	<b>Conclusioni</b>	<b>10</b>
	<b>Bibliografia</b>	<b>10</b>

# Introduzione

Le osservazioni spettroscopiche in radioastronomia richiedono, generalmente, tempi di integrazione lunghi, dell'ordine di qualche minuto; se durante questo intervallo di tempo, la frequenza apparente della riga osservata varia di una quantità confrontabile con la risoluzione spettrale della misura, si ha una diminuzione dell'intensità osservata (smoothing) perché la riga si sposta da un canale al canale adiacente.

La variazione della frequenza apparente della riga è dovuta, per effetto Doppler, alla variazione della velocità lungo la linea di vista dell'osservatore rispetto alla sorgente ( $V_r$ ), legata sia ai moti di rotazione e rivoluzione della Terra che alle coordinate della sorgente osservata.

Per compensare questo effetto è necessario aggiornare la frequenza apparente della riga, e quindi calcolare  $V_r$  ad intervalli di tempo opportuni; per questo scopo si è utilizzata la libreria di funzioni astronomiche SLALIB.

Il segnale radioastronomico ricevuto dal radiotelescopio, *Radio Frequency (RF)*, viene convertito in un segnale a media frequenza, *Intermediate Frequency (IF)*, da un primo oscillatore locale; un secondo oscillatore locale, che nel caso dei terminali MARKnn, è il video converter, *VC*, converte successivamente il segnale in banda video affinché possa essere utilizzato dai terminali di acquisizione e memorizzazione.

I video converter hanno una larghezza di banda variabile tra 0.125 e 16 MHz a seconda della larghezza del segnale che si intende osservare; la frequenza dei video converter determina così l'origine del segnale convertito ed è posta proprio metà banda prima della frequenza di questo segnale.

# Capitolo 1

## Problematica

La relazione classica che descrive l'effetto Doppler e':

$$v = -c \frac{\Delta\nu}{\nu_0} \quad (1.1)$$

dove  $v$  rappresenta la componente radiale di velocita' (lungo la linea di vista) della sorgente che emette una particolare riga rispetto all'osservatore (o viceversa),  $c$  la velocità della luce,  $\Delta\nu$  lo spostamento in frequenza e  $\nu_0$  la frequenza di riposo; il segno - nel secondo membro dell'equazione sta ad indicare che ad una velocita' di allontanamento (positiva per convenzione) corrisponde una diminuzione di frequenza (spostamento verso il rosso) e viceversa.

Dalla relazione precedente, per esempio, per una velocità di  $\mp 1 \text{ Km/s}$  e una frequenza a riposo di  $22235.079850$ , si ottiene uno spostamento Doppler di  $\pm 73 \text{ KHz}$ ; la riga a  $22235.079850 \text{ MHz}$  emessa dalla molecola dell'acqua e' di particolare interesse astronomico perche' amplificata per effetto maser in regioni di formazione stellare e intorno a stelle di tipo tardo.

Le velocità di spostamento dei maser sono dell'ordine delle decine di  $\text{Km/s}$ , per cui intervalli di emissione vanno da alcune frazioni a qualche  $\text{MHz}$ .

Per componente radiale di velocita' si intende la somma vettoriale della velocita' dell'osservatore e di quella della sorgente riportate sulla loro congiungente; e' importante puntualizzare questo concetto perche' se si dovesse tenere conto della sola velocita' della sorgente non sarebbe necessario utilizzare il comando Doppler in quanto lo spostamento in frequenza sarebbe fisso per tutta la durata della stessa osservazione e facilmente predeterminabile.

Dal momento però che la velocità dell'osservatore è variabile questo provoca uno spostamento continuo della IF dalla sua posizione di riposo; utilizzando il comando Doppler in maniera automatica è possibile aggiornare continuamente la frequenza del video converter.

È evidente che il comando è utile in ogni caso perché permette di programmare il/i video converter specificando la velocità della sorgente rispetto al Local Standard of Rest, che è il sistema di riferimento comunemente usato nei cataloghi: il comando Doppler calcola per l'osservatore la frequenza da assegnare al/i video converter per avere la riga al centro della banda video.

Per il calcolo della IF nell'algoritmo del comando Doppler si utilizza la seguente relazione:

$$IntFreq = \sqrt{\frac{C - VRad}{C + VRad}} * RestFreq - LOFreq; \quad (1.2)$$

IntFreq = intermediate frequency (MHz)

C = velocità della luce (Km/s)

Vrad = velocità radiale (Km/s)

RestFreq = frequenza di laboratorio (rest frequency o lab frequency) (MHz)

LOFreq = frequenza dell'oscillatore locale; (MHz)

La 1.2 è la forma relativistica della 1.1 che è più precisa e valida per qualunque valore di Vrad.

La soluzione è quindi quella di cambiare in modo automatico la frequenza del/dei video converter utilizzato/i, senza utilizzare il comando *vcnn* del Field System:

$$FreqVc = IntFreq - \frac{BW}{2} \quad (1.3)$$

FreqVc = frequenza del video converter

BW = larghezza di banda del video converter

## Capitolo 2

# Comando Doppler

### 2.1 Introduzione

Il software utilizzato per la gestione complessiva della parabola di Medicina e' il Field System (FS), un insieme di programmi sviluppato dalla NASA/GSFC (NASA Goddard Space Flight Center) per la gestione automatica dei terminali di acquisizione dati VLBI (MKII, MKIII, MKIV).

Il Field System si basa su un linguaggio appositamente studiato per l'astronomia, *SNAP (Standard Notation for Astronomical Procedures)*; il programma principale di controllo e' *boss* che accetta comandi inseriti da operatore o letti da schedula o procedura.

La maggior parte dei comandi e, in particolare quelli che interagiscono con l'hardware, sono implementati nei programmi *quikr*, *quikv* e *stqkr* che vengono schedulati da *boss* per eseguire le azioni specificate in questi comandi.

Mentre *boss*, *quikr*, *quikv* sono programmi in linguaggio Fortran, per i nuovi e' consigliato l'uso del linguaggio C.

Il comando *Doppler* e' stato inserito nella directory *stqkr* che contiene tutti i programmi specifici di stazione.

## 2.2 Utilizzo

Questo comando permette di impostare automaticamente la frequenza di uno o più videoconverter Mark4 affinché la riga che si desidera osservare venga convertita in banda video e possa essere utilizzata dall'uscita USB dei videoconverter.

La tipica sequenza di utilizzo del comando è:

- (1) specificare la frequenza dell'oscillatore locale con il comando *lo* e i *vc*'s utilizzati col comando *patch*;
- (2) settare su di essi la banda desiderata (deve essere uguale per tutti !);
- (3) puntare la sorgente con il comando *source*;
- (4) lanciare *doppler* specificando la velocità dell'oggetto e, se la prima volta, la rest frequency (a Medicina, per ogni ricevitore è già definita la rest frequency di default per la riga più comune nella banda di quel ricevitore).

Esempio:

```
lo=lo1,21964.0
patch=
patch=lo1,14h
vc14=*,4
source=w3oh,022704.69,615225.2,2000.0
doppler=20,22235.08
```

Sicuramente il comando trova una sua migliore applicazione se inserito nella procedura di puntamento dei maser più usati.

## 2.3 Realizzazione

### 2.3.1 Chiamata di funzioni Fortran da codice C

L'originalita' del comando Doppler sta nel fatto che, diversamente da tutti gli altri comandi di stazione e pur essendo scritto in C, necessita della chiamata dal suo interno di funzioni Fortran come la *vc2ma* per la preparazione del buffer da inviare alla MAT.

La chiamata di funzioni Fortran si esegue postponendo al nome della funzione il carattere `_` e passando tutti gli argomenti della funzione per indirizzo rispettando il tipo di dato che la variabile rappresenta (tipo Fortran e rispettivo tipo C): *integer* per *int*, *double precision* per *double*, ecc.

Esempio:

```
vc2ma_(&ibuf[2],cfreq,&fs->ibwvc[vc],&fs->ITPIVC[vc],  
      &iatu,&iatl);
```

### 2.3.2 Gestione di variabili Fortran da codice C

Il Field System usa una memoria condivisa composta da regioni a cui possono accedere sia programmi Fortran che C (*fscom.i* e *fscom.h* rispettivamente).

La regione Fortran e' a sua volta suddivisa in tre blocchi con un criterio basato sul come e da quali programmi le variabili in essi contenute possono venire modificate: di questi il blocco *fscom\_dum.i* contiene variabili modificabili da piu' di un programma.

La controparte C di queste variabili, contenute nel *fscom.h*, e' accessibile da programmi Fortran tramite un set di funzioni contenute nel programma *prog* della libreria *newlb* (*fs\_set\_X(x)*, *fs\_get\_X(x)*), e da programmi C, molto piu' semplicemente, utilizzando il puntatore all'area di memoria condivisa.

E' necessario evidenziare questa caratteristica della memoria perche' il FS, tramite i programmi *checkr* ed, eventualmente, *checks* per i comandi di stazione, ogni 20 secondi fa un controllo sui valori delle variabili in memoria.

Il comando Doppler imposta e modifica variabili presenti sia sulla zona di memoria Fortran che su quella C; *checkr* e *checks* sono programmi Fortran che accedono al blocco di memoria Fortran e ogni eventuale discrepanza tra



i valori delle variabili modificate da Doppler e quelli presenti nella loro zona di memoria viene segnalata con un errore.

Per leggere e modificare variabili presenti nella zona di memoria Fortran sono state scritte due funzioni ad hoc, *getcommon* e *setcommon* rispettivamente: *getcommon* legge i valori di attenuazione del videoconverter utilizzato che dovranno poi essere passati alla *vc2ma*, *setcommon* imposta il valore della frequenza del videoconverter calcolato da Doppler.

Esempio:

```
// gets USB and LSB attenuator
getcommon_(&iatu,&iatl,&vc);

// sets new vc frequency in shared memory
setcommon_(cfreq,&freqvc,&vc);
```

### 2.3.3 Compilazione e linking

La necessita' di fare dialogare codice C con codice Fortran ha comportato:  
i - la modifica del Makefile di *stqkr* con l'aggiunta di tutta una serie di librerie Fortran necessarie per l'utilizzo della *vc2ma* e di altre funzioni da lei richiamate al suo interno per cui l'elenco completo delle librerie utilizzate e': *medlib.a*, *stlib.a*, *poclb.a*, *clib.a*, *rtelb.a*, *port.a*, *libsla.lib*, *fslb.a*, *lnfch.a*, *newlb.a*;

ii - l'inserimento di *getcommon.o* e *setcommon.o* tra gli objects (.o);

iii - l'utilizzo tra i vari flag di linking di *-lf2c*, necessario per poter richiamare funzioni Fortran da codice C.

## 2.4 Libreria SLALIB

L'autore di questa libreria di funzioni astronomiche e' Peter Wallace (e-mail: ptwtpsoft.demon.co.uk).

La versione utilizzata e' quella scritta in codice C (traduzione ad opera dello stesso autore dell'originale scritta in Fortran).

E' composta da circa 180 funzioni di varia applicazione: astronomiche, puntamento di telescopi, trigonometriche, numeriche.

Le funzioni richiamate all'interno del codice del comando Doppler sono prevalentemente di carattere astronomico: *slaRverot*, la funzione per il calcolo della velocita' dell'osservatore, ha una risoluzione dell'ordine di 0.0005 km/s; *slaEvp*, la funzione per il calcolo della velocita eliocentrica della Terra ha un'accuratezza di 42 cm/s; *slaRvlsrk* e' la funzione per il calcolo della componente di velocita' della Terra rispetto al Local Standard of Rest (LSR).

Per l'elenco completo delle funzioni utilizzate si faccia riferimento al codice sorgente di Doppler.

# Conclusioni

Il nuovo comando Doppler, dopo una fase di testing, e' stato inserito nell'ultima versione stabile del Field System (9.5.17) dell'antenna Vlbi di Medicina e presentato allo sviluppatore e mantentore del Field System (Ed Himwich).

Contemporaneamente e' stato presentato alla comunita' scientifica italiana che si occupa di spettroscopia e che utilizza l'antenna di Medicina.

Inoltre, se di interesse e se compatibile con i terminali vlba, il comando potra' essere installato nell'antenna Vlbi di Noto.

Un ringraziamento particolare a Giuseppe Maccaferri per la sua utilissima collaborazione.

# Bibliografia

- [1] Himwich E., Vandeberg N. R.: *Mark IV Field System Documentation — Version 9.3 — September 1, 1997*
- [2] Wallace P. T.: *SLALIB - Positional Astronomy Library - 2.4-8, Programmer's Manual* ,  
*<http://star-www.rl.ac.uk/star/docs/sun67.htx/sun67.html>*
- [3] Pisanu T., Orfei A., Maccaferri G., Morsiani M.: *Correzione di errori sistematici di puntamento sulla parabola VLBI di Medicina*, Rapporto Interno IRA N. 307/01