Mario Sandri, *mario.sandri@gmail.com, www.astronomiavallidelnoce.it*

Un simulatore per studiare le pulsar

IARA, Astronomia Valli del Noce, PNdR RadioAstronomia UAI, IMO

Abstract
Project CLEA (Contemporary Laboratory Experiences in Astronomy) has developed laboratory exercises that illustrate modern astronomical techniques using digital data and color images. They are suitable for high-school and college classes at all levels. Project CLEA puts to disposition of the didactic instruments dedicates to the radio astronomy. One is the specific programs in this sense: Radio astronomy of pulsars. For the program it will be described the peculiarities, the didactic fine and the procedures for the obtaining of meaningful measures.

Introduzione
La radioastronomia non è certamente una disciplina facile da affrontare a livello amatoriale e tanto meno lo è da un punto di vista didattico. Infatti, al suo interno, vengono convogliate diverse discipline, passando dalla fisica e dall'astronomia per giungere all'elettronica ed all'informatica, solo per fare un esempio. Dunque in radioastronomia confluiscono molte conoscenze derivanti da ambiti alquanto diversi. Se questa è una complicazione che affligge in maniera considerevole l'attività del radioastronomo amatoriale, che si potrebbe tranquillamente anche definire radioastrofilo, colpisce, in maniera altrettanto predominante l'attività didattica.
In commercio esistono dei radiotelescopi che si possono comprare ed assemblare e coi quali è possibile fare un certo tipo di ricerca amatoriale e/o professionale. Tuttavia un tale tipo di approccio risulta inadeguato per le esigenze del docente o dell'educatore. Infatti, in questo tipo di attività ci sono degli ostacoli che necessitano di essere inevitabilmente superati.
Si immagini una qualsiasi persona che voglia ricreare un esperimento in cui si voglia misurare la distanza di una pulsar. Gli strumenti amatoriali attuali ci permettono di farlo, ma la complessità è tale che è dedicata solo agli specialisti del settore. L'inconveniente che si aggiunge è che un tale tipo di preparazione richiede molto tempo, che magari in una classe non si ha a disposizione [1].

Il Progetto CLEA
Il Progetto CLEA (Project CLEA) [2], acronimo di Contemporary Laboratory Experiences in Astronomy, ha sviluppato esercizi di laboratorio che illustrano le moderne tecniche astronomiche utilizzando dati digitali e immagini. Esso è concepito come strumento didattico sia per la scuola secondaria superiore sia per l'università ed in generale per ogni attività didattica.
Questo lavoro racchiude in sé vari moduli distinti e liberamente scaricabili. Tuttavia il progetto è stato chiuso, ma si possono ancora scaricare i vari moduli.
Ogni esercizio include un programma informatico, un manuale per gli studenti e una guida per il docente e/o educatore, dove vengono descritti i formati dei file, le opzioni dei programmi e gli algoritmi usati.

Radio astronomy of pulsars
Ovviamente non tutti i software sono adatti per didattica radioamatoriale in quanto alcuni di essi si riferiscono sono ad esperienze nel visuale. Estremamente utile ed interessante per capire il funzionamento dei radiotelescopi, ma anche di come sarebbe possibile effettuare una ricerca radioastronomia amatoriale è il software che ci permette di analizzare il comportamento delle pulsar: Radio Astronomy of Pulsars. Questo è contenuto del software generico VIREO
Gli obiettivi del programma sono:

- capire il funzionamento di un radiotelescopio e riconoscere somiglianze e differenze rispetto ad un telescopio ottico;
- capire come gli astronomi, per mezzo dei radiotelescopi, riconoscono le proprietà caratteristiche delle pulsar;
- capire il significato di dispersione interstellare e come esso ci permette di misurare le distanze delle pulsar;
- imparare a utilizzare un simulatore di radiotelescopio dotato di una apparato ricevente multicanale;
- imparare a far funzionare i comandi del ricevitore per ottenere la migliore ricezione dei segnali della pulsar;
- imparare a registrare i dati acquisiti;
- imparare a analizzare i dati per determinare le proprietà delle pulsar quali il periodo, la potenza del segnale alle differenti frequenze, i tempi di arrivo dell'impulso, la potenza relativa dei segnali.;
- imparare a capire come le differenze nei tempi di arrivo degli impulsi radio alle differenti frequenze permettano di calcolare la distanza della pulsar;
- capire il funzionamento e le caratteristiche di base di un radiotelescopio;
- confrontare i differenti periodi delle pulsar e capire il range dei periodi delle pulsar;
- capire come la potenza del segnale dipende dalla frequenza;
- determinare la distanza di parecchie pulsar.

Procedura ed esercitazioni

Il laboratorio si articola nelle seguenti parti:

1. familiarizzazione col radiotelescopio;
2. osservazione di una pulsar con un apparecchio radioricevente ad un solo canale per imparare il funzionamento del ricevitore e le caratteristiche dei segnali radio emessi da una pulsar alle varie regolazioni del ricevitore;
3. determinazione dei periodi di parecchie pulsar;
4. la misura della distanza di una pulsar usando il ritardo nei tempi di arrivo degli impulsi alle differenti frequenze dovuto a dispersione interstellare;
5. determinazione della distanza di una pulsar usando le tecniche appena imparate.

Il software permette inoltre di effettuare delle esercitazioni supplementari che mettono in luce le difficoltà di questo tipo di ricerca in ambito professionale.

1. la distanza di una pulsar di breve periodo;
2. misurazione della larghezza del fascio del radiotelescopio.
   Si misura il tempo che intercorre affinché il segnale di una pulsar si dimezzi in potenza quando il radiotelescopio non insegue l'oggetto. Poiché la terra gira un grado ogni 4 minuti, si può calcolare, con questo tempo, quanto lontana si trova la pulsar rispetto al centro che il radiotelescopio stava indicando (in gradi) quando la potenza relativa ricevuta del segnale si è dimezzata. Questo è 1/2 della "larghezza del fascio a metà potenza" (half-power beam width o HPBW) del radiotelescopio (il fattore 1/2 viene dal fatto che il HPBW è misurato rispetto a entrambi i lati del centro);
3. misurazione del rallentamento di una pulsar.
   Le pulsar rallentano con il tempo, perché perdono energia. Si può misurare questo effetto con questo radiotelescopio, anche se i particolari del metodo sono troppo elaborati per descriverli. L'idea di base è misurare il periodo in una certa data e successivamente in una data diversa. Si necessita di una precisione estremamente alta (circa una parte in 10^{15}) per misurare il rallentamento. Così le due date di osservazione devono essere separate da un anno o da due per permettere di rilevare l'effetto di questi piccoli cambiamenti;
4. ricerca di pulsar.
   Il radiotelescopio può funzionare come strumento "di transito" - con il motore d'inseguimento non operante si lascia che la Terra sposti il radiotelescopio nel cielo e si osservano le pulsar quando entrano nella linea di vista. Se la larghezza del fascio del radiotelescopio è troppo piccola, occorrerà molto tempo per trovare le pulsar in questo modo, poiché occorrerà molto tempo per esplorare l'intero cielo. Ma si può regolare il radiotelescopio in modo che abbia una grande larghezza del fascio e poter trovare più facilmente le pulsar. Questo può essere un progetto di lunga durata. Oltre 500 pulsar sono incluse nel catalogo per questo radiotelescopio.

Misura della distanza della pulsar usando la dispersione

La maggior parte delle pulsar non possono essere viste con i telescopi ottici, cosicché non è possibile usare le loro dimensioni assolute per determinare la distanza. Come è possibile allora determinare la loro distanza? Un metodo efficace utilizza il fenomeno della dispersione. Tutte le forme di radiazione elettromagnetica, comprese le onde radio, viaggiano alla stessa velocità nel vuoto. Questa è la velocità della luce.

Tuttavia, lo spazio interstellare non è abbastanza vuoto. In media il mezzo interstellare consiste di alcuni atomi e di alcuni elettroni liberi in ogni centimetro cubo. Non è molto, ma è abbastanza per rallentare un po' le onde elettromagnetiche. Più bassa è la frequenza, più lentamente la radiazione viaggia. Ciò significa che, benché l'effetto sia piccolo, gli impulsi di una pulsar arrivano una frazione di secondo prima alle più alte frequenze che alle frequenze più basse, perché gli impulsi di più alta frequenza viaggiano più velocemente nel mezzo interstellare. Si può vedere facilmente ciò per mezzo del radiotelescopio, poiché si può ricevere simultaneamente i segnali fino a tre lunghezze d'onda e si può confrontare i tempi di arrivo sui tre dispositivi grafici.

Misurando il tempo d'arrivo degli impulsi dalla stessa pulsar a differenti frequenze si può determinare la distanza della pulsar, conoscendo la velocità delle onde radio nel mezzo interstellare alle differenti frequenze. In effetti si conosce che la frequenza modifica la velocità della radiazione elettromagnetica e ciò lo suggerisce la teoria dell'elettromagnetismo sviluppata 100 anni fa.

Le leggi della fisica ci permettono di calcolare la velocità della radiazione elettromagnetica nel mezzo interstellare e di derivare una formula per la distanza percorsa in termini del ritardo nell'arrivo fra gli impulsi radio ricevuti alle differenti frequenze. Frequenze più basse viaggiano più lentamente, arrivando successivamente. In più, il numero di particelle cariche - la densità elettronica - del mezzo interstellare è causa del ritardo, aumentando se la densità è più alta. In generale, la velocità della radiazione elettromagnetica è proporzionale al quadrato della frequenza divisa per la densità elettronica e la teoria prevede la seguente equazione:

$$v = \frac{f^2}{4150 \cdot n_e}$$

Per gli scopi di questo laboratorio, si supporrà che la densità elettronica del mezzo interstellare sia uniforme ed abbia valore di 0.03 elettroni/cm^3, un numero derivato dalle osservazioni delle pulsar alle distanze conosciute usando altri metodi. Di conseguenza,

$$v = \frac{f^2}{124.5}$$

Usando questa assunzione e osservando che T_1 è il tempo d'arrivo (in secondi) di un impulso da una pulsar a frequenza radio f_1 (in MHz) e T_2 è il tempo d'arrivo dello stesso impulso a frequenza f_2, allora la distanza, D, della pulsar (espressa in parsec) è:

$$D = \frac{T_2 - T_1}{124.5\left(\frac{1}{f_2^2} - \frac{1}{f_1^2}\right)}$$

Così per determinare la distanza di una pulsar, si deve semplicemente misurare il tempo d'arrivo di un impulso a due differenti frequenze.

Bibliografia

[1] Sandri M., *Astronomia UAI*, **6**, 41-45 (luglio-agosto 2007)

[2] Project CLEA, http://www3.gettysburg.edu/~marschal/clea/CLEAhome.html