

Astronomia observacional: Pràctica periodicitats

Manual del programa

Alumnes

- Ruiz Dern, Laura
- Peña Pérez, Dídac
- Subirà Vallés, Montserrat
- Blanco Cuaresma, Sergi

Índex

1	Objectiu	3
2	Disseny	3
2.1	Tecnologia	3
2.2	Fitxers d'entrada	3
2.3	Implementació	4
2.4	Fitxers de sortida	4
3	Compilació	5
4	Execució	6

1 Objectiu

El principal objectiu del programa implementat consisteix en l'anàlisi d'una senyal de raigs X obtinguda pel satèl·lit de la NASA Rossi X-Ray Timing Explorer. Els principals càlculs desenvolupats inclouen:

- Transformada discreta de Fourier clàssica i FFT
- Algorisme Clean
- Mínim quadrats
- Tractament de dades i generació de gràfiques

2 Disseny

2.1 Tecnologia

El programa ha sigut desenvolupat utilitzant el llenguatge de programació C++ mitjançant l'IDE codeblocks¹ compatible amb entorns Windows i GNU/Linux.

Per determinats càlculs s'ha fet ús de la GNU Scientific Library i la llibreria FFTW3, disponibles fàcilment per entorns UNIX/Linux.

Adicionalment, el programa genera un conjunt de dades i scripts a ser utilitzats pel programa gnuplot², per tal de crear diverses gràfiques relacionades.

A mode d'exemple, en una distribució basada en Debian (p.ex. Ubuntu) es possible fer la instal·lació de tot el software mencionat (requerit per a la execució del programa) mitjançant les següents comandes:

```
apt-get install codeblocks
apt-get install libgsl0-dev
apt-get install libfftw3-dev
apt-get install gnuplot
```

2.2 Fitxers d'entrada

Es requereix l'existència d'un fitxer d'entrada "input/lmcx4.dat" ubicat al mateix lloc a on s'executi el programa i que contingui les dades de raig X enregistrades en el següent format:

```
51381.0589,-1.,1.11
51385.171,0.434,0.394
51386.2697,0.653,0.3
51381.0589,-1.,1.11
51385.171,0.434,0.394
51386.2697,0.653,0.3
```

¹www.codeblocks.org

²www.gnuplot.info

```

51387.3514,0.429,0.195
51388.2474,0.303,0.257
51389.3129,-0.317,0.722
51390.2323,0.362,0.489
51391.2225,-0.066,0.334
...

```

La primera columna correspon al temps d'enregistrament en dies julians, la segona és el conteig d'electrons i la darrera l'error en la mesura.

2.3 Implementació

El programa ha sigut escrit en diversos fitxers '.cpp'³ i '.h'⁴:

main.cpp Flux d'execució a on es llegeix el fitxer d'entrada i es realitzen totes les crides a les funcions necessàries per l'anàlisi de la senyal.

files.h, support.h i vectors.h Funcions de suport per la lectura/escriptura de fitxers, tractament de cadenes de text i vectors.

nr3.h, nr3_moment.h, nr3_period.h Implementació del mètode Lomb-Scargle periodogram del llibre Numerical Recipes 3rd Edition.

fourier.h Funcions pel càlcul de la transformada discreta de Fourier i implementació de diferents finestres.

clean.h Implementació de l'algorisme Clean per a la obtenció d'un espectre net de les alteracions pròpies de la finestra utilitzada a la transformada.

least_squares.h Funcions per a l'execució de l'aproximació per mínims quadrats utilitzant les llibreries GNU Scientific Libraries.

2.4 Fitxers de sortida

El programa genera un conjunt de dades de sortida:

Pantalla En l'execució es visualitzen per pantalla els càlculs que s'estan efectuen i el temps de CPU que han consumit:

```

Fast Fourier Transform algorithm with FFTW3
>> CPU time taken: 9.17867e-05 seconds
Unevenly sampled Lomb periodogram with NR3 code
>> CPU time taken: 0.0195532 seconds
Plain DFT with Square window
>> CPU time taken: 12.022 seconds
Clean algorithm with Square window
>> CPU time taken: 1.02268 seconds

```

³Implementació dels mètodes

⁴Capçalera amb la definició de les classes

```

Plain DFT with Bartlett window
>> CPU time taken: 13.0012 seconds
Clean algorithm with Bartlett window
>> CPU time taken: 1.02046 seconds
Plain DFT with Welch window
>> CPU time taken: 13.9263 seconds
Clean algorithm with Welch window
>> CPU time taken: 1.92005 seconds
Plain DFT with Hann window
>> CPU time taken: 18.0209 seconds
Clean algorithm with Hann window
>> CPU time taken: 1.02162 seconds
Levenberg-Marquardt nonlinear least squares with GSL libraries
>> CPU time taken: 0.000976026 seconds

```

output/fftw3_DFT.dat Dades resultants d'aplicar FFT (Fast Fourier Transform)

output/nr3_lomb_periodogram.dat Espectre mitjançant el Lomb-Scargle periodogram

output/PlainDFT*_dirtySpec.dat Espectre brut de la transformada discreta de Fourier⁵

output/PlainDFT*_WFT.dat Finestra espectral de la transformada discreta de Fourier

output/PlainDFT*_clean.dat Resultat d'aplicar l'algorisme Clean

output/least_squares.txt Log de l'aproximació per mínims quadrats

output/lmcx4_in_phase.dat Representació de les dades inicials en fase

3 Compilació

La compilació del programa es pot realitzar per dos mètodes alternatius:

1. Utilitzant l'IDE codeblocks amb el compilador GNU GCC/G++, obrint el projecte "TransformadaFourier.cbp" i pressionant control + F9.
2. Des d'una línia de comandes de GNU/Linux, utilitzant el compilador GNU GCC/G++ i les llibreries FFTW3 i GSL (l'executable resultant s'anomenarà 'TransformadaFourier'):

```

cd TransformadaFourier/
g++ *.cpp -o TransformadaFourier -lm -lstdc++ -lfftw3 -lrt -lgsl -lgslcblas

```

⁵L'asterisc pot ser 'square', 'bartlett', 'welch' o 'hann' en referència a la funció finestra utilitzada

4 Execució

L'execució del programa es realitza en dos parts:

1. Execució del programa que generarà tots els fitxers de sortida especificats a la secció 2.4 a la pàgina 4. Existeixen dos alternatives per a l'execució segons com hem compilat el programa:

- (a) Mitjançant l'IDE codeblocks: amb el projecte obert es pressiona la tecla F9.

- (b) Des de la línia de comandes de GNU/Linux:

```
cd TransformadaFourier/  
./TransformadaFourier
```

2. Generació de les gràfiques mitjançant l'eina gnuplot des de la línia de comandes de GNU/Linux:

- (a) Original_lmcx4.png: Dades inicials

- (b) Original_lmcx4_in_phase_and_function.png: Dades inicials representades en fase

- (c) Doble versió dels següents fitxers (Original i Zoom a la zona amb la freqüència de màxima contribució):

- i. Original_fftw3_DFT.png: FFT

- ii. Original_PlainDFT_*_dirtySpec.png: Espectre brut de la transformada

- iii. Original_PlainDFT_*_WFT.png: Finestra espectral

- iv. Original_PlainDFT_*_WFT_dirtySpec.png: Combinació dels dos anteriors

- v. Original_PlainDFT_*_clean.png: Resultat d'aplicar algorisme Clean

Des de la línia de comandes de GNU/Linux:

```
cd output/  
gnuplot generatePlot.plot
```