

Determinación de frecuencias cardíacas mediante Transformada Rápida de Fourier



Autores:

Damm, Eugenio - Legajo: 57094

Calatayud, Agustín - Legajo: 57325

1. Resumen

Este trabajo nos muestra una utilización práctica de la Transformada Rápida de Fourier como una herramienta útil para el estudio de muestras de video y su audio. Utilizar éste método es conveniente ya que reduce el orden de operaciones matemáticas requeridas de $O(n^2)$ a $O(n \cdot \log(n))$, comparado con simplemente aplicar la Transformada de Fourier Discreta, que si bien para un número reducido de operaciones puede no parecer un cambio tan drástico, cuanto mayor sea la dimensión del problema, la diferencia pasa a ser muy importante.

2. Palabras Clave

- FFT : Transformada Rápida de Fourier
- TF : Transformada de Fourier
- DFT : Transformada de Fourier Discreta

3. Introducción

La FFT es una herramienta de análisis muy utilizada en el campo científico (acústica, ingeniería biomédica, métodos numéricos, procesamiento de señal, etc.). En la misma se transforma una señal representada desde el dominio del tiempo al dominio de la frecuencia sin alterar su contenido de información. La ventaja del análisis de Fourier radica en que nos permite descomponer una señal compleja en un conjunto de componentes de frecuencia única, por ello, ésta descomposición es útil para señales estacionarias. En casos en que la señal no es estacionaria, nos vemos obligados a tomar tramos o ventanas donde se la pueda considerar estacionaria y así aplicarle la TF.

A partir de esta información, sumada a aquella adquirida en el curso, logramos crear un método de FFT que logre determinar la frecuencia cardíaca en los canales de RGB a partir de una muestra de video aplicada sobre un dedo con iluminación de LED. El mismo se realiza sobre la base del espectro del valor medio de los píxeles en una región de cada trama.

En este informe mostraremos cómo funciona nuestra implementación en la sección Metodología, y a su vez, en la sección de Resultados expresaremos algunos datos y resultados numéricos concretos que nos permitan entender el funcionamiento del programa.

4. Metodología

Para este informe se realizaron diversas pruebas, entre ellas el análisis de cada componente de color, el análisis de las diferencias con otros metodos de obtencion (a saber contando el pulso sobre una de las muñecas) y finalmente el análisis sin la luz led.

4.1 Métodos para FFT

```
def fft(x):
    n = x.shape[0]
    if n == 1:
        return x
    even = fft(x[::2])
    odd = fft(x[1::2])

    exponential = np.exp(-2j * np.pi * np.arange(n/2) / n)
    ret = even + exponential * odd
    ret = np.concatenate([ret, even - exponential * odd])
    return ret
```

Código 1: Método recursivo de FFT

```
def fftshift(x):
    n = x.shape[0]
    displacement = int(n/2)
    for i in range(displacement):
        aux = x[i + displacement]
        x[i + displacement] = x[i]
        x[i] = aux
    return x
```

Código 2: Método para el shift FFT

4.2 Filtro de paso de banda

```
def bandpass_filter(lower_bound, upper_bound, data, frequencies):
    length = frequencies.shape[0]
    for i in range(length):
        if frequencies[i] < lower_bound or frequencies[i] > upper_bound:
            data[i] = 0
    return data
```

Código 3: Filtro pasabanda

5. Resultados

Previo al uso del programa, realizamos con el mismo individuo de prueba un testeo de las pulsaciones mediante el tacto en la muñeca durante 30 segundos, y multiplicando ese valor por 2 obtuvimos un aproximado a las pulsaciones por minuto para tener una idea dentro de qué valores deberíamos estar. Realizando ésta metodología contamos 36 latidos en 30 segundos, obteniendo así 72 en un minuto aproximadamente.

Posteriormente ejecutando nuestro programa obtuvimos 3 resultados: la frecuencia cardíaca en el canal del rojo, del verde y del azul de la siguiente forma:

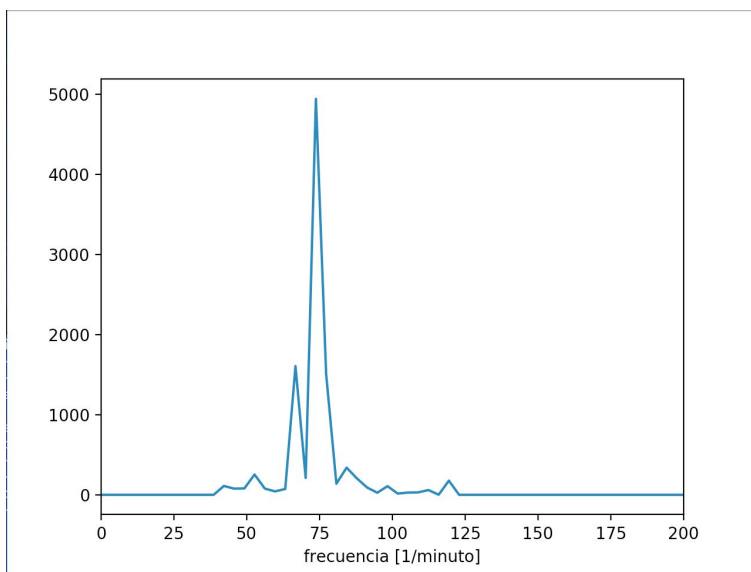


Figura 1: Gráfico de la frecuencia cardíaca en canal R (rojo)

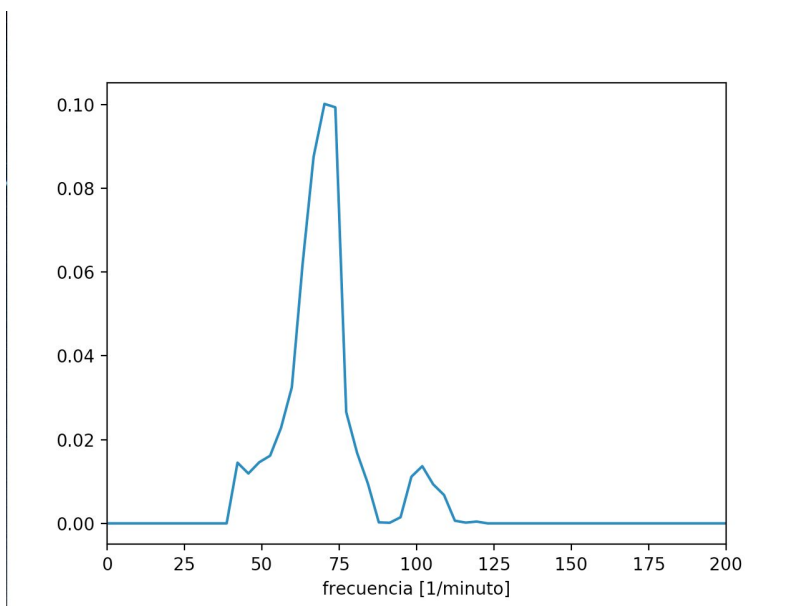


Figura 2: Gráfico de la frecuencia cardíaca en canal G (verde)

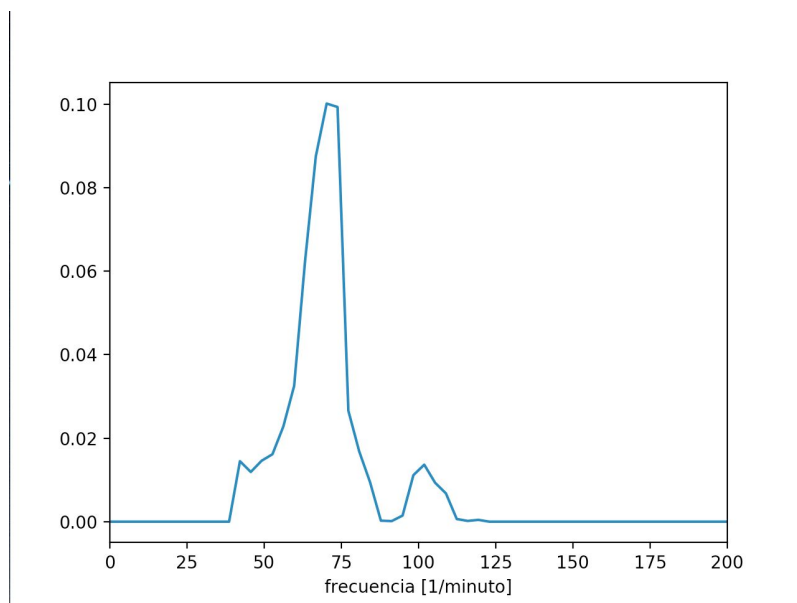


Figura 3: Gráfico de la frecuencia cardíaca en el canal B (azul)

A partir de las tres figuras, podemos observar la lectura que genera nuestro código a partir de una muestra de video de nuestro dedo iluminado con LED como fue mencionado previamente. Es claro notar a partir de las mismas que el pico de frecuencia es el resultado final que se dará. En este ejemplo el programa nos devuelve 3 lecturas cercanas del ritmo:

```
Frecuencia cardíaca en R: 73.74351940518535 pulsaciones por minuto
Frecuencia cardíaca en G: 70.23192324303368 pulsaciones por minuto
Frecuencia cardíaca en B: 73.74351940518535 pulsaciones por minuto
```

Figura 4: Resultados para cada canal del programa de prueba

En este caso en particular la frecuencia estimada da alrededor de 72 pulsaciones por minuto, lo cual corresponde con un ritmo promedio del cuerpo en estado de reposo.

Se observan variaciones en los resultados de cada canal principalmente debido a que el video que se utiliza es una imagen roja generada por el LED atravesando el tejido del dedo, entonces la lectura más acertada probablemente la realice el sensor con canal R.

Por otro lado, si utilizamos, por ejemplo, una muestra donde no utilizamos la luz LED, la imagen es muy oscura, prácticamente negra. Previo al uso de la misma ya creíamos que los resultados no iban a ser óptimos, y así fue:

```
Frecuencia cardíaca en R: 70.081875 pulsaciones por minuto
Frecuencia cardíaca en G: 747.54 pulsaciones por minuto
Frecuencia cardíaca en B: 116.80312500000001 pulsaciones por minuto
```

Figura 5: Resultados para cada canal del programa de prueba utilizando un video sin LED

Dependiendo cómo hace su respectivo análisis cada canal, se obtuvieron resultados muy distintos, sin ningún factor en común entre uno y otro.

Finalmente también se midió sin un filtro pasabanda, se puede ver que se encuentra una frecuencia de mayor amplitud que la de la frecuencia cardíaca (al menos en el canal azul mostrado a continuación).

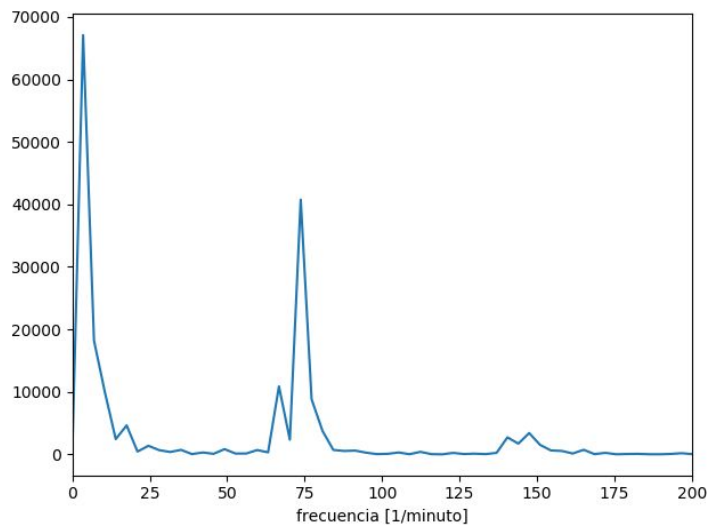


Figura 6: Resultados del canal azul sin filtro para un sujeto con ritmo de 72 pulsaciones aproximadamente.

6. Conclusiones

Como conclusión cabe destacar que este método resulta ser bastante preciso cuando se ilumina una zona con el led para ayudar al discernimiento de la frecuencia. Además como se pudo relevar de los datos es conveniente, para la obtención de los valores correctos, el uso del filtro pasabanda sobre todo en los canales donde los cambios de amplitud son bajos con el latido (azul y verde).

Por la comparación con un método más manual si se quiere de obtención del ritmo cardíaco, se pudo determinar que el método da buenos resultados. En cuanto a las diferencias en los ritmos obtenidos para cada canal de color, el hecho de no tener amplitudes grandes de cambios en los canales verde y azul en nuestros videos llevó a que los mejores datos de medición los provea el canal rojo. Teniendo bajas amplitudes un cambio pequeño del color modifica el resultado.

Finalmente el uso de la iluminación led parece fundamental a la hora de medir un resultado coherente ya que sin resaltar la zona del cuerpo a medir, los cambios son prácticamente imperceptibles.

7. Bibliografía

- FFT - https://en.wikipedia.org/wiki/Cooley–Tukey_FFT_algorithm
- FFT - <https://jakevdp.github.io/blog/2013/08/28/understanding-the-fft/>
- Código provisto por la cátedra.