

CAPÍTULO 4:

ESTIMA DE LAS FRECUENCIAS DE RESONANCIA.

En el llanto no sólo es importante la frecuencia fundamental, sino también sus formantes o frecuencias de resonancia. Mientras la frecuencia fundamental está producida por las cuerdas vocales, las formantes, debido a que el neonato no produce sonidos vocales, están producidas por la glotis. Luego un buen desarrollo de esta vendrá indicado por unas formantes “sanas” y dentro del rango de la normalidad.

4.1.-Método para el cálculo de las frecuencias de resonancia.

Según se explico en la primera parte de este proyecto, la producción del sonido puede ser modelada por el siguiente sistema:

$$S(z) = U(z)H(z)R(z)$$

donde:

- S(z) es la señal sonora producida.
- U(z) es la fuente.
- H(z) es filtro producido por el tracto vocal.
- R(z) modelo de los labios.

Según la tesis realizada por D'Aniello [18] este modelo se puede simplificar englobando el modelo de los labios en el tracto vocal ya que su cometido sólo se limita a la caracterización de los efectos de amplitud.

También se ha visto con anterioridad que H(z) viene definida como:

$$H(z) = k \frac{1}{1 - \sum_{i=1}^N a_i z^{-i}}$$

H(z) es una función todo polo, así que para hallar sus formantes bastará hallar las frecuencias correspondientes a los N polos mediante su densidad espectral de potencia (PSD), es decir, habrá que recuperar el máximo dado por la siguiente PSD [9]:

$$PSD(f) = \frac{T\sigma^2}{\left|1 + \sum_{k=1}^N a_k e^{-j2\pi 2\pi f}\right|^2}$$

donde T es el periodo de muestreo y σ^2 es la varianza de la función de entrada.

El método del cálculo de la PSD se basa en el aprovechamiento paramétrico del espectro, mientras que las técnicas basadas en la FFT tienen términos no paramétricos. Una de las grandes ventajas que ofrece el método paramétrico es una alta resolución. El inconveniente que presenta esta técnica es que para voces con pitch muy altos, como es el caso de los neonatos, hay que elegir muy bien el orden del modelo: si se toma un valor muy alto se pueden causar división en los picos correspondientes a las formantes; si se toma un valor muy bajo estos picos pueden desaparecer.

Para que el sonido se propague por una de las secciones del tracto vocal debe recorrer un camino de largo ℓ en un tiempo $2t = \ell/c$. Considerando el tiempo de ida y vuelta del aire como $T = 4t$ y N el número de coeficientes de $H(z)$ que es igual al número de secciones, se tiene que $2Nt = NT/2$ es el tiempo necesario de la onda sonora para propagarse de la glotis a los labios.

Tomando el largo total del tracto vocal como $L = N\ell$ y teniendo en cuenta que $T = 2\ell/c = 2N\ell/Nc$. Se llega a la conclusión de que:

$$F_s = \frac{Nc}{2L}$$

De esta ecuación se puede sacar el orden en función de la frecuencia de muestreo. Si además se tiene en cuenta que el tracto vocal de un recién nacido está en torno de los 6-8cm el orden N será:

$$N = \frac{0.5F_s}{1000} \quad (4.1)$$

Algoritmo realizado

El algoritmo de estima de la frecuencia de resonancia está basado en el modelo ADMF usado para hallar la frecuencia fundamental. Los bloques usados para el modelo del tracto vocal así como su frecuencia fundamental serán los mismos que los usados por el método AMDF.

Para el cálculo de los frecuencias de resonancia no se tendrá en cuenta las partes unvoiced, por ello lo primero que se hace es comprobar si estamos en una parte unvoiced. Para ver si estamos en una parte unvoiced bastará ver si la frecuencia fundamental es cero ya que el vector con las frecuencias fundamentales que se le pasa a la función ha sido modificado de manera que toda parte unvoiced tenga F_0 nula. Si es así no se realizará el cálculo de la PSD y las formantes se pondrán directamente a cero. Sin embargo si la frecuencia fundamental es distinta de cero (parte voiced) la señal se pondrá a media cero ya que la media mete un error sistemático en los coeficientes del modelo AR.

Antes de calcular el modelo AR de orden N es necesario hallar el valor de N , para ello se usa la fórmula 2.1. Después se halla el modelo AR según se vio anteriormente y se pasa a calcular la PSD.

Para ver donde se encuentran las formantes se mira si la PSD es creciente o decreciente y se hallan así los valores máximos relativos hasta una frecuencia de 8000Hz. Si se hallan más de tres máximos a partir del cuarto vienen descartados.

A continuación se muestra una gráfica donde se pueden apreciar las frecuencias de resonancia con respecto al tiempo.

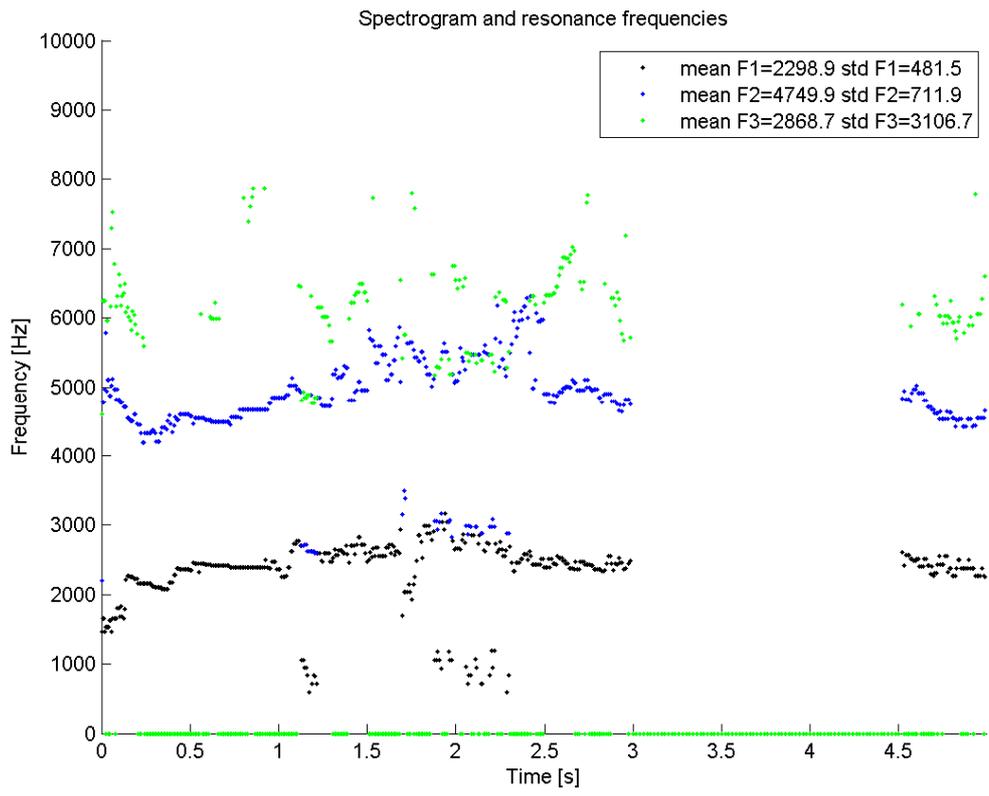


Figura 4.1: Frecuencias de resonancia.