



VI Congreso Iberoamericano de Acústica - FIA 2008
Buenos Aires, 5, 6 y 7 de noviembre de 2008

FIA2008-A162

Extracción de parámetros de señales acústicas

Aguilar, Juan^(a), Salinas, Renato^(b)

(a) Instituto de Acústica, Universidad Austral de Chile. Casilla 567, Valdivia, Chile.
E-mail: jaguilar@uach.cl

(b) Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Santiago de Chile. Av. Lib. B.
O'Higgins 3633, Santiago, Chile. E-mail: rsalinas@lauca.usach.cl

Abstract

Feature extraction constitutes a set of data processing techniques which aims to represent a large data set through a reduced set of characteristic parameters or features. If the dimensionality of the problem is high, feature extraction would reduce the amount of information and subsequently its complexity and the time that the computer takes for solving it. The vector arrangement of the extracted features yields the feature vector, which constitutes the input to the computer intelligence algorithms. This work contains a brief review of two techniques employed in feature extraction of acoustic signals. In addition, a case study is presented in which feature extraction enables automatic classification of different noise signals.

Resumen

La extracción de parámetros constituye un conjunto de técnicas de procesamiento de datos orientada a representar un conjunto grande de éstos mediante un número reducido de parámetros característicos. Cuando la dimensionalidad de un problema es elevada, la extracción de parámetros permite reducir considerablemente la cantidad de información, reduciéndose también de esta forma la complejidad del problema y desde luego el tiempo que tardará el computador en resolverlo. El ordenamiento vectorial de los parámetros extraídos da origen al denominado vector de parámetros, el cual constituye la entrada a los algoritmos de reconocimiento de patrones y de aprendizaje supervisado. En este trabajo se realiza una revisión de dos técnicas empleadas en la extracción de parámetros de señales acústicas, tanto en el dominio del tiempo como en el dominio de la frecuencia. De igual manera, se presenta un estudio de caso en el cual, mediante la extracción de parámetros de las señales acústicas, se logró reconocer automáticamente diferentes tipos de ruido.

1 Introducción

Cuando se trabaja en problemas complejos, uno de los mayores inconvenientes que surgen es la gran cantidad de variables involucradas y, en definitiva, de datos que el computador debe procesar para obtener un resultado. La extracción de parámetros constituye un conjunto de técnicas de procesamiento de datos orientada a representar un conjunto grande de éstos mediante un número reducido de parámetros característicos. Estos parámetros representativos son obtenidos usando alguna técnica de análisis de señal. Sin embargo, los mejores resultados se alcanzan cuando es posible construir un conjunto de parámetros específicos para cada aplicación.

Cuando la dimensionalidad de un problema es elevada, la extracción de parámetros permite reducir considerablemente la cantidad de información. De esta forma se reduce también el costo computacional del problema y desde luego el tiempo que tardará el computador en resolverlo. Los parámetros extraídos se ordenan generalmente en la forma del así llamado vector de parámetros, el cual vendrá a constituir la entrada a los algoritmos de reconocimiento de patrones o de clasificación automática.

Este trabajo contiene la revisión de algunas técnicas empleadas en la extracción de parámetros de señales acústicas, tanto en el dominio del tiempo como en el dominio de la frecuencia. Entre éstas podemos mencionar las técnicas de downsampling, la transformada de Hotelling, y el análisis estadístico de orden superior. De igual manera se presenta un estudio de caso, en el cual, mediante la extracción de parámetros de las señales acústicas, fueron obtenidos vectores de parámetros que permitieron entrenar una red neuronal artificial para clasificar automáticamente diferentes tipos de ruido.

2 Técnicas de Extracción de Parámetros

2.1 Transformada Hotelling

La transformada de Hotelling - conocida también como transformada discreta Karhunen-Loeve, o análisis de componentes principales - es una transformación lineal basada en la representación estadística de variables aleatorias [1]. Supongamos que tenemos un vector aleatorio x , donde

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$$

la media de este vector corresponde a $\mu_x = E\{x\}$, y la matriz de covarianza corresponde a $C_x = E\{(x - \mu_x)(x - \mu_x)^T\}$. Dado que la matriz de covarianza es simétrica, podemos calcular una base ortogonal encontrando sus valores y vectores propios, los cuales son soluciones de la ecuación característica

$$|C_x - \lambda I| = 0$$

Donde λ representan los valores propios e I es la matriz identidad.

Ordenando los vectores propios en orden descendente de los valores propios, es decir, el valor propio más grande primero, es posible establecer una base ortogonal ordenada y cuyo primer vector posee la mayor varianza de los datos. De esta forma es posible encontrar la dirección en la cual el conjunto de datos posee la mayor cantidad de energía.

Supongamos entonces que hemos resuelto la ecuación característica de la matriz de covarianza, es decir, hemos calculado sus valores y vectores propios, que hemos ordenado dichos vectores como filas en una matriz que llamaremos A. Transformado el vector x de datos tenemos:

$$y = A_k (x - \mu_x)$$

El cual constituye un punto en el sistema coordenado ortogonal definido por los vectores propios. Los componentes de y pueden ser vistos como coordenadas en una base ortogonal. Los datos originales, es decir, el vector x, puede ser obtenido desde el vector y usando la relación

$$x = A^T y + \mu_x$$

Ahora bien, si en vez de utilizar todos los vectores propios de la matriz de covarianza construimos una base ortogonal con solo algunos de ellos, digamos los primeros k vectores propios, podemos crear una transformación tal que

$$\hat{y} = A_k (x - \mu_x)$$

y

$$\hat{x} = A_k^T y + \mu_x$$

Eligiendo los vectores propios con los valores propios más grandes minimiza el error cuadrático medio entre el dato y su representación mediante un número reducido de vectores propios.

2.2 Análisis Estadístico de Orden Superior

Usualmente, los algoritmos de análisis de señales transforman una serie de tiempo en un espectro el cual finalmente adquiere la forma de un vector. Dado que el espectro de una señal acústica puede contener gran cantidad componentes de frecuencia, las que incluso pueden abarcar el rango ultrasónico, resulta conveniente parametrizarlo mediante alguna técnica.

La aplicación de este tipo de análisis se basa en la observación de que en ciertos casos la forma que posee el espectro de una señal, es decir, la envolvente, se asemeja a la forma que tiene una función de densidad de probabilidad. Bajo esta premisa se utilizan medidas estadísticas que permiten extraer los parámetros calculando un conjunto de momentos

estadísticos de orden superior, ya sea en el espectro completo o en una determinada banda de frecuencia.

La kurtosis de una función de densidad de probabilidad (PDF) corresponde a una medida de su Gaussianidad, es decir, de cuánto se asemeja una PDF dada a una distribución Gaussiana. La kurtosis normalizada del espectro se calcula utilizando la expresión

$$kurtosis = \frac{\int_0^{\infty} (f - f_c)^4 |S(f)|^2 df}{\left(\int_0^{\infty} (f - f_c)^2 |S(f)|^2 df \right)^2}$$

Donde $S(f)$ corresponde al espectro de la señal.

La asimetría del espectro es otro momento estadístico de orden superior que puede ser utilizado para parametrizar la envolvente del espectro. Esta se calcula mediante la operación

$$Asimetría = \frac{\int_0^{\infty} (f - f_c)^3 |S(f)|^2 df}{\left(\int_0^{\infty} (f - f_c)^2 |S(f)|^2 df \right)^{3/2}}$$

El centroide o centro de gravedad del espectro también es utilizado como una manera de representar la forma de un espectro

$$Centriode = \frac{\int_0^{\infty} f |S(f)|^2 df}{\int_0^{\infty} |S(f)|^2 df}$$

3 Estudio de Caso

Los gráficos de la figura 1 muestran los espectros del ruido acústico producido al deslizar una pequeña escobilla sobre la superficie de dos diferentes tipos de papel. A simple vista es fácil reconocer las diferencias, tanto en amplitud como en sus componentes de frecuencia. Cada espectro posee 10k componentes lo cual resulta inapropiado, excesivamente grande, para poder utilizar el vector completo en un algoritmo de clasificación automática [2].

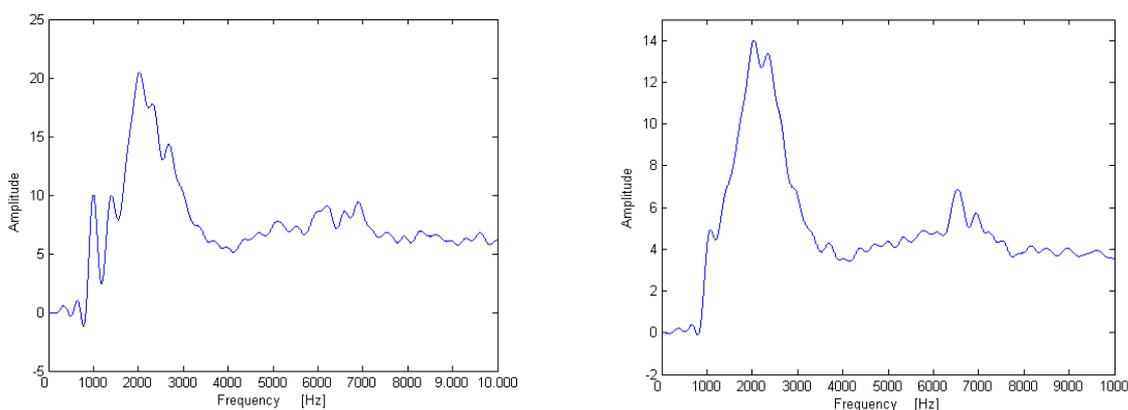


Figura 1. Espectros de frecuencia de dos diferentes tipos de papel (Tipo 1; Tipo 724).

Por otra parte, la tabla N°1 muestra algunos de los valores obtenidos de los momentos de orden superior calculados para este problema, para cinco diferentes tipos de papel:

Tabla N°1.- Valores típicos de los parámetros espectrales para diferentes tipos de papel.

Tipo de Papel	Kurtosis	Asimetría	Centroide
Tipo 1	2.22	0.28	4502.61
Tipo 50	1.98	0.29	4500.49
Tipo 37	1.99	0.11	4476.37
Tipo 86	2.122	0.27	4486.16
Tipo 724	1.86	-0.16	4409.79

En los valores de la tabla N°1 se puede observar la variación de los parámetros espectrales, o momentos estadísticos de orden superior, la cual de alguna manera refleja las variaciones globales de los espectros desde un tipo de papel a otro.

4 Conclusiones

La extracción de parámetros es un conjunto de técnicas de procesamiento de datos orientada a reducir un conjunto grande de ellos mediante la utilización de ciertos parámetros que son característicos de las señales.

La transformada Hotelling es una transformación lineal que representa el cambio de base ortogonal constituido por los vectores propios de la matriz de covarianza de un conjunto de valores.

Representar un espectro mediante un número reducido de parámetros que caracterizan su forma o envolvente, permite efectivamente reducir la cantidad de información que contiene

el espectro. Mediante esto es posible entonces diferenciar entre tipos de espectro utilizando para ello solo algunos elementos y no todo el vector de espectro completo.

El estudio de caso presentado demuestra la utilidad práctica que representa la extracción de atributos a partir de un conjunto grande de datos para resolver un problema de interés industrial.

Referencias

- [1] Tou, J. and Gonzalez, R., *Pattern Recognition Principles*. Addison-Wesley, 1977.
- [2] Aguilar, J., Salinas, R., and Briones, L., "Acoustics-based surface roughness measurement of paper". Proceedings of the 19th International Congress on Acoustics ICA 2007, Spain, Madrid, September 2007.