

## CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

En este último capítulo de la memoria mostraremos las conclusiones obtenidas tras el estudio realizado sobre el sistema de detección e identificación de audio (en particular anuncios de radio) analizado y futuras líneas de investigación que se pudieran desarrollar con el objetivo de mejorar los sistemas basados en huellas digitales.

### 5.1. CONCLUSIONES

En el desarrollo de este proyecto podemos distinguir tres líneas de trabajo dependientes entre sí.

En la primera se ha realizado un exhaustivo análisis del algoritmo de extracción de huellas utilizado en el sistema de detección e identificación de objetos de audio desarrollado por Philips, "**Hash Audio**" (véase apartado 2.5). Fruto de este análisis modelamos la probabilidad de no alarma con la función densidad de probabilidad de una distribución Weibull y la probabilidad de falsa alarma con la función densidad de probabilidad de una distribución normal. Los parámetros (media y desviación típica) de ambas distribuciones se calculan experimentalmente. Una vez modelado la  $P_n$  y la  $P_f$ , estudiando las colas de ambas funciones de probabilidad llegamos a la conclusión de tomar 0.18 como umbral de decisión en la BER entre dos *fingerprints* para considerar que se produce una detección. El criterio para tomar este umbral fue hallar el valor medio entre los dos puntos, uno por cola, a partir de los cuales estas valen 0.

En la segunda línea de trabajo, tras las múltiples pruebas realizadas hemos obtenido una optimización de los parámetros del algoritmo de extracción de huellas digitales. De esta forma hemos pasado de los valores propuestos en el sistema original desarrollado por Philips a estos otros:

- Número de muestras por trama: 2960 -> **4960 muestras**
- Factor de overlap: 31/32 -> **31/32**
- Número de bandas espectrales: 32 bandas -> **32 bandas**
- Tiempo de captura de la señal de entrada: 3 seg. -> **1 seg.**

Con estos nuevos valores de los parámetros obtenemos un algoritmo que es de media unas 7 u 8 veces más rápido que el algoritmo con sus parámetros originales. Si tenemos en cuenta que el sistema *audio fingerprinting* mejoraba en 5 o 6 veces de media en velocidad al sistema de detección de audio basado en la correlación, entonces la optimización lograda supera en velocidad a este último en unas 40 veces. Esto permite trabajar con muchos más anuncios y cadenas simultáneamente.

Esta mejora también repercute en otro aspecto tan importante como lo es el tamaño de la base de datos necesaria para almacenar las huellas digitales de los anuncios que son objeto de seguimiento. Conseguimos pasar de un tamaño de *fingerprint* de 229x32 bits a 20x32; es decir, una reducción de memoria necesaria de un 90% aproximadamente. Esta mejora, al mismo tiempo, reducirá los tiempos de búsqueda en la base de datos.

En la tercera línea de trabajo, realizamos una serie de pruebas para estudiar el comportamiento del algoritmo optimizado ante diferentes distorsiones que pudiera sufrir la señal de audio de entrada al sistema. Como conclusión de esta batería de pruebas obtenemos que el sistema mantiene el grado de robustez que poseía con el algoritmo original.

En conclusión, hemos obtenido una mejora del algoritmo de extracción de huellas digitales usado en el sistema "**Hash Audio**". Mejora que se traduce en un algoritmo más eficaz computacionalmente, tanto desde el punto de vista de rapidez de cómputo de las huellas como en el tamaño de la base de datos necesaria, conservando un correcto funcionamiento del sistema global y un alto grado de robustez ante distorsiones de la señal de audio de entrada.

## 5.2. LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

En este último apartado de la memoria expondremos algunas de las posibles líneas de investigación para mejorar este proyecto y conseguir un sistema de identificación de audio cuyo rendimiento sea aun mayor:

- OPTIMIZACIÓN DEL ALGORITMO DE BÚSQUEDA

Desarrollar los diferentes algoritmos de búsqueda en la base de datos que se describen en el apartado 2.2.3 de la memoria. Sería necesario escoger el algoritmo que minimice el tiempo de exploración de la base de datos para mantener en niveles aceptables el tiempo de computación desde que se capta un segundo de la señal de entrada al sistema hasta que se decide si se corresponde con un anuncio de seguimiento o no.

- OTRAS TÉCNICAS DE EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS

Desarrollar y optimizar otros posibles algoritmos de extracción de *fingerprints*, es decir, otros algoritmos que se basen en otras características de la señal de audio para formar la huella que lo identifica. De los apartados 2.2.1 y 2.2.2 se obtienen nuevas ideas para conformarlas.

- IMPLEMENTACIÓN EN UNA APLICACIÓN DEL ALGORITMO OPTIMIZADO

Implementar en una aplicación real, podríamos pensar en una de las desarrolladas por Javier Ponce Suárez o por Ernesto Subirá Nimo, el algoritmo de extracción de huellas digitales propuesto en este proyecto para comprobar su funcionamiento en tiempo real y analizar hasta qué número de anuncios está capacitado el programa para detectar simultáneamente, ya sea con anuncios detectados en la misma frecuencia que fueron grabados o en distinta. Del mismo modo se podría estudiar el comportamiento del programa al trabajar con varias sintonías.

- DESARROLLO COMPLETO DETECTOR ANUNCIOS TV

Desarrollar una aplicación destinada a la detección de los anuncios de TV teniendo en cuenta tanto el audio como el video.

Al tener en cuenta ambos factores se tiene mayor información de la señal capturada y esto conlleva una menor probabilidad de error en la detección