Resumen

Los sistemas de audio han experimentado un gran desarrollo en los últimos años gracias al aumento de dispositivos con procesadores de alto rendimiento capaces de realizar un procesamiento de audio cada vez más eficiente. Por otra parte, la expansión de las comunicaciones inalámbricas ha permitido implementar redes en las que los dispositivos pueden estar ubicados en diferentes lugares sin limitaciones físicas, a diferencia de las redes cableadas. La combinación de estas tecnologías ha dado lugar a la aparición de las redes de sensores acústicos (ASN). Una ASN está compuesta por nodos equipados con transductores de audio, como micrófonos o altavoces. En el caso de la monitorización del campo acústico, sólo es necesario incorporar sensores acústicos (o micrófonos) en los nodos de la ASN. Sin embargo, en el caso de las aplicaciones de control, los nodos deben interactuar con el campo acústico a través de altavoces.

La ASN puede implementarse a través de dispositivos de bajo coste, como Raspberry Pi o dispositivos móviles comerciales, capaces de gestionar varios micrófonos y altavoces y de ofrecer una buena capacidad computacional. Además, estos dispositivos pueden comunicarse mediante conexiones inalámbricas, como Wi-Fi o Bluetooth. Este diseño de ASN proporciona una gran potencia de procesamiento y una gran flexibilidad gracias a los procesadores y las comunicaciones inalámbricas que ofrecen los dispositivos móviles actuales. Por ello, en esta tesis se propone una ASN compuesta por dispositivos móviles comerciales conectados a altavoces inalámbricos a través de un enlace Bluetooth. El problema de la sincronización entre los dispositivos de una ASN es uno de los principales retos a abordar ya que el rendimiento del procesamiento de audio es muy sensible a la falta de sincronismo. Por lo tanto, también se lleva a cabo un análisis profundo del problema de la sincronización entre los dispositivos comerciales conectados a los altavoces inalámbricos en una ASN. En este sentido, una de las principales contribuciones es el análisis de la latencia de audio de los dispositivos móviles cuando los nodos acústicos en la ASN están compuestos por dispositivos móviles que se comunican con los correspondientes altavoces a través de enlaces Bluetooth. Una segunda contribución significativa de esta tesis es la implementación de un método para sincronizar los diferentes dispositivos de una ASN, junto con un estudio de

sus limitaciones. Por último, se ha introducido el método propuesto para implementar aplicaciones de zonas de sonido personal (PSZ). Por lo tanto, la implementación y el análisis del rendimiento de diferentes aplicaciones de audio sobre una ASN compuesta por dispositivos móviles comerciales y altavoces inalámbricos es también una contribución significativa en el área de las ASN.

En los casos en los que el entorno acústico afecta negativamente a la percepción de la señal de audio emitida por los altavoces del ASN, se utilizan técnicas de ecualización con el objetivo de mejorar la percepción de la señal de audio. Para ello, en esta tesis se define e implementa un sistema de ecualización inteligente. Para ello, se emplean algoritmos psicoacústicos con el fin de implementar un procesamiento inteligente basado en el sistema auditivo humano capaz de adaptarse a los cambios del entorno, y así aumentar la percepción de la señal de audio de forma dinámica. Por ello, otra contribución importante de esta tesis es el análisis del enmascaramiento simultáneo (o frecuencial) entre dos sonidos complejos. Este análisis permitirá calcular el umbral de enmascaramiento de un sonido sobre el otro de forma más precisa que los métodos utilizados actualmente. Este método se utiliza para implementar una aplicación de ecualización perceptiva que pretende mejorar la percepción de la señal de audio en presencia de un ruido ambiental. Para ello, esta tesis propone dos algoritmos de ecualización diferentes: 1) la pre-ecualización de la señal de audio para que se perciba por encima del umbral de enmascaramiento del ruido ambiental y 2) el diseño de un ecualizador de ruido activo (ANE) para que el nivel de ruido ambiental percibido esté por debajo del umbral de enmascaramiento de la señal de audio. Por lo tanto, la última aportación de esta tesis es la implementación de una aplicación de ecualización perceptiva con los dos diferentes algoritmos de ecualización embebidos y el análisis de su rendimiento a través del banco de pruebas realizado en el laboratorio GTAC-iTEAM.

Palabras clave: Redes de sensores acústicos, sincronización entre dispositivos, zonas de sonido personal, psicoacústica, ecualización inteligente, experimentos perceptuales.