

Design of an Array-Based Aid for the Hearing Impaired

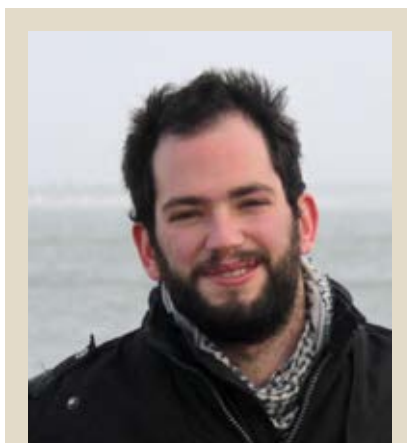
Tribunal:

Stephen J. Elliott, Sascha Spors
and Filippo Maria Fazi

Resumen:

La sensibilidad y agudeza de nuestro sistema auditivo disminuye con la edad, reduciendo así también la inteligibilidad del habla. Este es un hecho patente en muchas situaciones cotidianas de hoy en día. Un claro ejemplo es cuando espectadores de televisión de elevada edad incrementan el volumen del audio para recuperar la inteligibilidad del habla, lo que puede resultar molesto para espectadores con una audición sana que estén viendo la televisión conjuntamente. Con motivo de solventar este problema, esta tesis describe el diseño de un conformador de haz superdirectivo, destinado a incrementar el volumen del sistema de audio de la televisión en una zona reducida del espacio, permitiendo así que oyentes de distintas edades disfruten de la televisión al mismo tiempo.

Técnicas de control superdirectivas han sido empleadas para diseñar los filtros del conformador, y así obtener un diagrama de radiación de presión sonora muy direccional. Estas técnicas de procesamiento de la señal permiten incrementar las prestaciones del conformador en el rango de las bajas y medias frecuencias, sin embargo, necesitan de una elevada magnitud de potencia eléctrica para funcionar, y son muy sensibles a variaciones en la respuesta en frecuencia de los altavoces del conformador. La tesis describe el diseño de dos conformadores de haz, los cuales usan



Autor:

Dr Marcos Felipe Simón Gálvez

Director:

Stephen J. Elliott

Exposición:

27 de noviembre de 2014

Lugar:

Universidad de Southampton,
Reino Unido

e-mail:

M.F.Simon-Galvez@soton.ac.uk

altavoces de gradiente de presión para obtener un equilibrio entre las prestaciones acústicas deseadas y la cantidad de potencia eléctrica necesaria. Los altavoces de gradiente de presión han sido diseñados para tener un diagrama de radiación hipercardiode y así minimizar la presión reverberante creada dentro de un recinto. Con motivo de incrementar las prestaciones dentro de una habitación normal, el segundo de los conformadores de haz está constituido por 32 altavoces siguiendo una geometría plana, lo que minimiza las reflexiones provenientes del suelo y el techo.

La tesis también describe el procesamiento de la señal necesario

para crear los filtros de control del conformador, siendo estos investigados en los dominios del tiempo y de la frecuencia. El efecto de la reverberación en la respuesta del conformador dentro de una habitación normal ha sido tratado con gran importancia, ya que el diagrama de radiación del conformador se ve afectado por las reflexiones de primer orden y la verberación. La tesis presenta simulaciones basadas en monopolos, medidas en cámaras anecoicas y en habitaciones normales, demostrando que es posible incrementar el nivel de presión acústica unos 15 dB alrededor de los 5 kHz en una habitación normal.

Para probar la eficacia de los conformadores de haz a la hora de incrementar la inteligibilidad del habla, simulaciones usando el speech transmission index han sido incluidas en la tesis. Estas simulaciones han sido posteriormente corroboradas con experimentos subjetivos, que han demostrado que el conformador es capaz de incrementar la inteligibilidad del habla un 20%. El último capítulo de la tesis introduce un modelo matemático del oído interno, que ha sido empleado para investigar cómo puede reducirse el enmascaramiento y contribuir a una mayor inteligibilidad.

Partes de esta tesis ha dado lugar a cinco publicaciones en revistas internacionales y a dos premios a la mejor investigación; el Institute of Acoustics Young Persons' Award for Innovation in Acoustical Engineering y el premio Andrés Lara de la Sociedad Española de Acústica.

Abstract:

The performance of our hearing system degrades with age, causing a reduction in our ability to understand speech. This thesis describes the design of a personal audio system, aimed at enhancing the audio signal from a TV, for hard of hearing listeners. Such system generates a zone of high acoustic pressure in a specific area of a room, whilst minimizing the sound radiated to other zones.

In order to obtain a very narrow sound radiation, superdirective techniques are used. Such techniques improve the performance of an array of small dimensions at mid and low frequencies, but they can require the use of a large amount of power and can be very sensitive to errors in the source transfer functions. A practical balance between performance and array effort is achieved in a design that uses phase-shift sources. Two arrays have been built. The first array uses 8 phase-shift sources and provides a high directionality in the free-field. The second array uses 4 phase-shift sources vertically plus 8 horizontally and is more directional in a 3D sense, hence reducing the reverberant field excitation. The design of superdirective filters has been considered in both time and frequency domains. The effect of the reverberant field in the performance of superdirective radiators has also been investigated, by first examining how the radiation pattern is modified, and then by observing how the reverberant field affects the robustness of the control. The performance has been assessed by means of off-line simulations with point source Green functions and measured transfer responses, and by real time measurements in free-field and reverberant environments.

The later chapters of the thesis consider the subjective assessment of arrays as an aid for speech intelligibility. The assessment has first been performed using an objective metric, in particular the speech transmission index (STI). The performance has also been assessed in a subjective study, in which 30 participants have judged the increase in intelligibility. A cochlear model has also been utilized to investigate equalization methods that minimize masking and provide a better speech intelligibility, particularly for the hearing impaired. Although this has not been tested with behavioural experiments,

STI simulations have predicted that it can lead to an intelligibility improvement.