

UN FILTRO ACÚSTICO PARA LA EXPERIENCIA INMERSIVA DE LA ARQUITECTURA

PACS: 43.75.St.

Josep Llorca¹, Jesús Alba², Héctor Mendoza¹, Ernesto Redondo¹

¹Universtat Politècnica de Catalunya. Departament de Representació Arquitectònica. Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona.

²Universitat Politècnica de València. Centro de Tecnologías Físicas: Materiales, Acústica y Astrofísica. Escuela Politécnica Superior de Gandía.

¹Av. Diagonal, 649. ²C/Paraninfo nº 1

¹08028 Barcelona. ²46730 Grao de Gandía

^{1,2}España

¹+34 93 401 63 29 / 63 3. ²+34 96 294 93 00

{Josep.llorca@upc.edu, jesalba@fis.upv.es, hector.mendoza@upc.edu, ernesto.redondo@upc.edu}

Palabras Clave: paisaje sonoro, arquitectura, música, gamificación.

ABSTRACT

Architectural representation with immersive techniques (Virtual Reality, Gamification, etc.) is based on visual and acoustic aspects. The visual aspects are fundamentals for the definition of the architectural environment. Meanwhile, the acoustic aspects give realism and detail to this representation. The high-resolution acoustic simulation of the urban environment is one of the objectives of any acoustic representation of the city. In this article, the possibility of creation of an acoustic filter that enhances immersive experience of urban soundscapes is presented.

RESUMEN

La representación de la realidad arquitectónica mediante técnicas inmersivas (Realidad Virtual, Gamificación, etc.) pone el énfasis, ante todo, en los aspectos visuales y acústicos. Si bien los aspectos visuales son básicos para la definición del entorno arquitectónico, los aspectos acústicos acaban de dotar de realismo y detalle a esa representación. Tratar de simular con la mayor fidelidad las características acústicas del entorno arquitectónico urbano es uno de los objetivos de cualquier representación acústica de la ciudad. En esta comunicación se lanza la posibilidad de creación de un filtro acústico que mejore la experiencia inmersiva de los paisajes sonoros de la ciudad, basado en el fenómeno de la correlación de señales.

Introducción

La Realidad Virtual (VR) ha recibido mucha atención en las últimas décadas debido a sus múltiples aplicaciones en una amplia variedad de aplicaciones: entrenamiento de la conducción, estrategias militares, entretenimiento, rehabilitación de invidentes, comprobaciones neurológicas, prácticas quirúrgicas, etc. VR es un entorno generado en el ordenador, en y con el cual el usuario puede operar e interactuar a tiempo real (Vorländer 2008). También tiene múltiples aplicaciones en el campo de la arquitectura, tales como el entrenamiento del diseñador (Henry & Furness 1993; Vicent Safont et al. 2015) o la participación ciudadana en el proceso del diseño urbano (Wu et al. 2010; Fonseca et al. 2016). Pero una característica que hay que subrayar es que la mayoría de las aplicaciones de VR confían mayoritariamente en los aspectos visuales y no ponen mucha atención a los acústicos, aunque otros campos relacionados con la arquitectura usan imágenes combinadas con sonido, tales como los juegos de ordenador. La falta de atención a los aspectos acústicos en las representaciones arquitectónicas en VR presenta un gran interés para aquellos que buscan una experiencia inmersiva experiencia arquitectónica.

Existen varios modos de incluir el audio en VR y se ha realizado mucha investigación respecto al desarrollo de estos formatos. Los tres que han tenido más éxito y difusión son los llamados el audio Multi Canal, el audio Basado en Objetos (Bleidt et al. 2014) y Ambisonics (MA 1976). Aunque cada una de estas tecnologías presenta sus propias ventajas sobre las otras, ninguna de ellas es capaz de contener el paisaje sonoro del lugar permitiendo el libre movimiento del oyente sin una gran matriz de altavoces, un gran uso de potencia de CPU o una grabación de múltiples caminos, respectivamente. Primero, no todos tiene la oportunidad de contar con una gran matriz de altavoces. Segundo, la media de la potencia del ordenador personal no es suficiente para soportar un juego como el presentado. Finalmente, una grabación de múltiples caminos sería demasiado cara y tediosa para un estudio de VR en arquitectura.

Por esta razón, nosotros presentamos una serie de criterios para la generación de un nuevo formato de audio VR que satisfaga las necesidades que otros formatos tienen. Este nuevo formato está basado en la creación de un filtro que contiene la información del lugar. Estos criterios fueron descritos en la ponencia que el autor pronunció en el congreso Human Computer Interaction 2017 y que recoge el artículo "Acoustic Filter: A new audio format pretends to enhance immersive experience in Virtual Reality" (Lorca et al. 2017)

Allí se presentaba un proceso de diseño del filtro que consistía en la definición de los criterios del filtro, la preparación de una serie de casos de estudio donde el filtro se debía comprobar y la evaluación del filtro en estudiantes de arquitectura y usuarios genéricos. Para ello, se anunció que era necesario realizar un experimento que consta de cinco fases: 1) la grabación en cámara anecoica del sonido básico, 2) el análisis del sonido básico, 3) la reproducción del sonido básico en el lugar de estudio, 4) la grabación del sonido básico en el lugar de estudio, 5) el análisis del sonido resultante.

Se ha tenido la oportunidad de realizar dicho experimento durante la primera mitad del año 2017. En este trabajo nos proponemos describirlo y enunciar los pasos siguientes de la investigación. Para resumirlo debemos decir que se han grabado un total de 15 pistas de audio en 4 espacios públicos distintos, que a su vez se desglosaban en 4 o 5 puntos de grabación cada uno. De este modo se ha obtenido un total de 350 muestras de audio. A continuación detallaremos las distintas fases del experimento:

Fase 1: Grabación en cámara anecoica del sonido básico

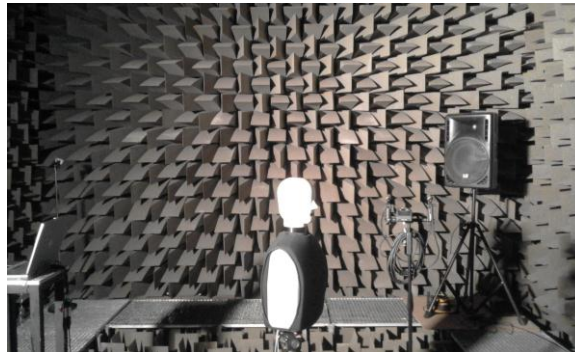


Figura 1. Instalación para la grabación en la cámara anecoica del Campus de Gandía.

La cámara anecoica de la Universitat Politècnica de València - Campus de Gandia ha sido el recinto acústico de esta primera fase. Este espacio fue diseñado "ex profeso" para eliminar cualquier reflexión buscando escuchar el sonido tal y como sale del emisor. Ni reflexiones, ni difusión o dispersión, ni coloraciones, ni transmisiones relevantes pueden tener lugar allí debido a los materiales y su geometría, estructura de aislamiento acústico y aislamiento a vibraciones, entre otros. Si en el mundo cotidiano, los humanos estamos acostumbrados a la normal convivencia entre el sonido y sus múltiples reflexiones en la arquitectura, en la cámara anecoica el rebote éstas se han eliminado y queda desnudo el sonido puro (o sonido directo) haciendo posible así su análisis más detallado.

Para el experimento se decidieron grabar muestras de conjuntos instrumentales variados para poder ser reproducidos en los distintos espacios públicos. Desde instrumentos solistas, dúos, hasta agrupaciones corales y orquestales. Dada la imposibilidad por envergadura de grabar todos los tipos de agrupaciones instrumentales que se requerían para el experimento, para los conjuntos instrumentales y corales se buscaron grabaciones de buena calidad y, a ser posible, realizadas en estudios de grabación, que son entornos similares al de la cámara anecoica. Además, se pretende así tener el equipamiento electroacústico calibrado. Se desplaza el mismo equipamiento a los entornos a estudiar y se pretende reducir al máximo posibles variaciones de las condiciones del experimento. En concreto, se realizaron las grabaciones de los siguientes fragmentos:

- (1) Nota "La" de afinación de oboe. (2) Fragmento de Mendelssohn de oboe. (3) Fragmento de Brahms de oboe. (4) Fragmento de Tchaikovsky de oboe. (5) 63Hz. (6) 160 Hz. (7) 400Hz. (8) 1000Hz. (9) 2000Hz. (10) 4000Hz. (11) Victoria. (12) Stravinsky. (13) Lucien. (14) Dvorák. (15) Puccini. (16) Orff.

Los fragmentos se reprodujeron con un altavoz direccional de potencia 90W. Los niveles de reproducción se fijaron en 1/2 el volumen general y 3/4 el volumen del canal de reproducción.

Los fragmentos se grabaron con tres equipos de grabación distintos para poder comparar los resultados.

El primer equipo consta de un par de micrófonos RODE NT 55 con cápsulas cardioides intercambiables. Los números de serie de los micrófonos son 11978 / 11979. Estos micrófonos se conectan a una grabadora portátil ZOOM H6 con número de serie 128268.

El segundo equipo consta del mismo par de micrófonos RODE NT 55 con cápsulas omnidireccionales intercambiables. De nuevo conectados a la ZOOM H6.

El tercer equipo consta de un HATS con micrófonos

Fase 2: El análisis del sonido básico

Se ha comprobado que todos los sonidos básicos grabados no saturasen la grabación con micrófonos. Además, se han normalizado todas las grabaciones a un nivel de -1 dB. Para ello se ha utilizado el software de edición de audio Adobe Audition.

Fase 3: La reproducción del sonido básico en el entorno.

Los mismos sonidos reproducidos en la cámara anecoica se reprodujeron en las plazas a estudiar con el mismo equipo de reproducción. Los equipos de grabación en las plazas corresponden al primero y al segundo, es decir, a los micrófonos RODE NT 55 tanto omnidireccionales como cardioides conectados a la grabadora ZOOM H6. El día 30 de marzo de 2017 se grabó en la Plaça de Sant Felip Neri, el 6 de abril de 2017 se grabó en la Plaça del rei, el 7 de abril de 2017 se grabó en la Plaça de Sant lu y el 24 de abril se grabó en el Carrer de Santa Llúcia.

Fase 4: Grabación del sonido básico en el lugar de estudio.

En cada uno de los lugares de estudio se grabaron todos los fragmentos correspondientes en cuatro o cinco puntos distintos. Es lo que hemos denominado "posición". Cada entorno se ha grabado desde cuatro o cinco posiciones distintas repartidas dentro del entorno. A continuación, se muestran la planta de los distintos entornos con las posiciones correspondientes.



Figura 2. Instalación para la grabación en la Plaça de Sant lu



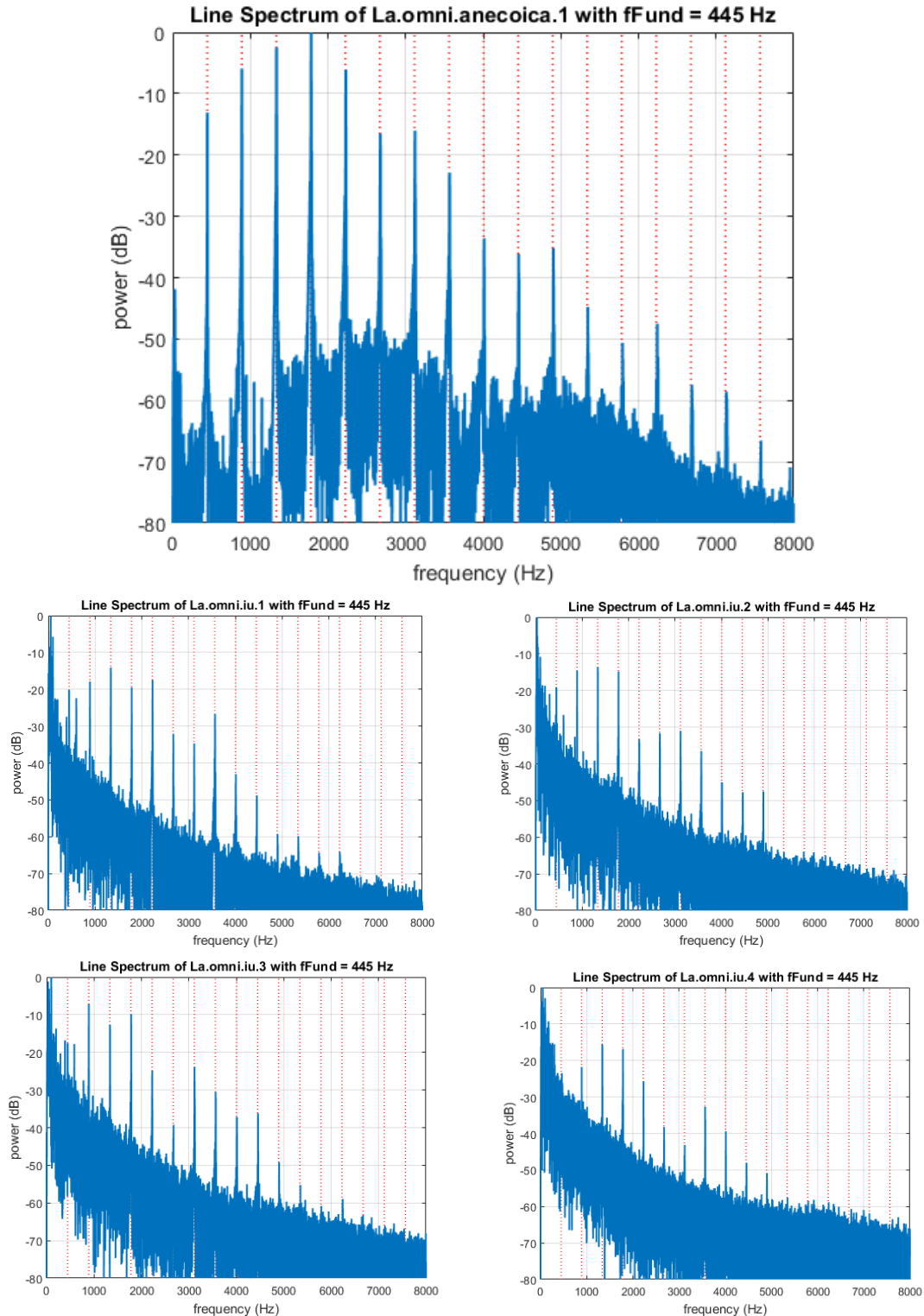
Figura 3. Instalación para la grabación en la Plaça del rei.

Fase 5: Análisis del sonido resultante.

Los sonidos resultantes fueron recortados y normalizados a -1 dB con el software de edición de audio Adobe Audition.

Primeros resultados

A continuación, mostramos la comparación de los espectros de frecuencia grabados en la cámara anecoica y las cuatro posiciones de una de las plazas estudiadas, la Plaça Sant Iu. Se pueden observar las diferencias en la desaparición de ciertos armónicos y su potencia.



Conclusiones

El experimento realizado ha dejado abiertos varias líneas de continuación:

- Hallar la respuesta inversa de cada una de las señales correspondientes a cada punto de grabación en cada entorno.
- Comparar el resultado de la grabación directa con la emulación acústica a través de la respuesta inversa. Esta comparación ofrecerá el grado de fidelidad de las mediciones.
- Extraer los parámetros que caractericen el filtro acústico para elaborarlo de forma paramétrica.
- Introducir el filtro acústico en un entorno de realidad virtual inmersiva.

Bibliografía

Bleidt, R. et al., 2014. Object-Based Audio: Opportunities for Improved Listening Experience and Increased Listener Involvement. *SMPTE Motion Imaging Journal*.

Fonseca, D. et al., 2016. Informal interactions in 3D education: Citizenship participation and assessment of virtual urban proposals. *Computers in Human Behavior*, 55, pp.504–518.

Henry, D. & Furness, T., 1993. Spatial perception in virtual environments: Evaluating an architectural application. In *Proceedings of IEEE Virtual Reality Annual International Symposium*. IEEE, pp. 33–40.

Llorca, J. et al., 2017. Acoustic Filter. In Springer, Cham, pp. 22–33.

MA, G., 1976. Multidirectional sound reproduction systems.

Vicent Safont, L. et al., 2015. Virtual learning scenarios for qualitative assessment in higher education 3D arts. *Journal of universal computer science*, 21(8), pp.1086–1105.

Vorländer, M., 2008. *Auralization : fundamentals of acoustics, modelling, simulation, algorithms and acoustic virtual reality*, Springer.

Wu, H., He, Z. & Gong, J., 2010. A virtual globe-based 3D visualization and interactive framework for public participation in urban planning processes. *Computers, Environment and Urban Systems*, 34(4), pp.291–298.