

Experimentos de vista y oído,

para una pieza de arte sonoro.

Blanca Montalvo Gallego
Javier Artero Flores
Alberto Cajigal García
Arte y Arquitectura
Facultad de Bellas Artes
Universidad de Málaga (España)
blanca.montalvo@uma.es

Arcadio Reyes-Lecuona
Sergio Florido-Becerra
Juan José Navarrete-Gálvez
E.T.S.I. Telecomunicación
Universidad de Málaga
(España)
areyes@uma.es

RESUMEN

Presentamos la versión 3.0 del proyecto en proceso *Imagen imperfecta*. A través de esta investigación exploramos la visión periférica del individuo, que se encuentra en los límites de la percepción visual. En esta última versión, además, incorporamos a la experimentación un sistema de audio 3D binaural. Esta implementación redirige la investigación, lo que nos desplaza del arte electrónico al arte sonoro. Para llevar a cabo este proyecto, rediseñamos un prototipo de casco de visión periférica para su acoplamiento a unos auriculares de diadema que el usuario ha de portar para transitar la obra: una instalación compuesta por paneles LEDs animados.

Por último, nos planteamos una serie de mejoras técnicas (reducción de cableado, baterías, ergonomía del casco) que permitan ofrecer una experiencia óptima al usuario, al tiempo que analizamos las variaciones generadas en el proyecto, a nivel técnico, perceptual y conceptual.

*Article Title Footnote needs to be captured as Title Note

†Author Footnote to be captured as Author Note

Permission to make digital or hard copies of part or all of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the owner/author(s).

ABSTRACT

This time we present version 3.0 of the *Imagen imperfecta* (Imperfect image) project in progress. Through this research we explore the individual's peripheral vision, which is at the limits of visual perception. In this latest version, we also incorporated a binaural 3D audio system into the experimentation. This implementation redirects the investigation, which moves us from electronic art to sound art. To carry out this project, we redesigned a peripheral vision helmet prototype to be attached to a headset that the user must wear to walk around the site: an installation made up of animated LED panels.

Finally, we consider a series of technical improvements (reduction of wiring, batteries, ergonomics of the helmet) that allow us to offer an optimal user experience.

CCS CONCEPTS

• Human-centered computing • Visualization systems and tools • Visualization application domains • Visual analytics • Human-computer interaction(HCI) • Interaction techniques • Auditory feedback

KEYWORDS

Arte interactivo, percepción, visión periférica, sonido 3D, binaural.

Introducción

Durante el *XXII Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador*, celebrado en Teruel en septiembre de 2022, nos planteamos unir dos investigaciones que entendimos podían llegar a ser complementarias, ya que una se centra en la escucha y la otra en la vista.

Imagen imperfecta es un proyecto de arte electrónico que se fundamenta en la exploración y el desarrollo de una interacción adaptada a la percepción visual del espectador. Inspirados por los estudios que Brenda Laurel realizó a finales de los años ochenta [1], en los que entendió la interfaz no como un muro que separa, sino como un elemento que facilita y promueve la coincidencia del humano y la máquina a través del profundo entendimiento de nuestra percepción. Desde esta premisa desarrollamos una propuesta específica para la visión periférica. Si bien hasta la fecha no hemos podido confirmar ningún trabajo realizado en el campo del arte que explore este tipo de visión, podíamos situar los antecedentes de nuestra investigación en una amplia horquilla que va desde las investigaciones en torno a lo sensorial, la desmaterialización y la cuestión espacio temporal de la forma plástica, al uso de pantallas interactivas de texto o LEDs, sin olvidar algunos de los grandes representantes de la escultura y la instalación del arte contemporáneo.

En esta versión, nuestro prototipo integra un sistema de audio 3D binaural basado en el 3D Tune-In Audiotookit [2]. En un sistema de audio normal nos encontramos con un emisor de sonido (altavoz) y un receptor (nuestros oídos). Cuando utilizamos unos auriculares, ya sean normales o de diadema, los sonidos correspondientes al oído izquierdo y derecho son perfectamente separados. Si queremos crear sensación de audio 3D usando dicha configuración necesitamos fijar una fuente virtual en un punto, de manera que, cuando giremos la cabeza, tengamos esa percepción de espacialidad. Necesitamos, en realidad, un sensor que detecte los movimientos de la cabeza (tracker), así como un software que realice los cálculos necesarios para gestionar la simulación.

1 Redefiniendo el contexto

Al unir las dos investigaciones, observamos que el proyecto se ha desplazado del arte electrónico al arte sonoro, lo que nos abre la puerta a esa *indisciplina* de la que habla José Iges [3], al tiempo que nos enlaza con las narrativas inspiradas por los orígenes del *Process*

Art, la poesía sonora y la performance. Vamos a tratar de enmarcar y definir mejor lo que esto supone.

En los años 60 observamos una autorreferencialidad casi tautológica, con prácticas muy sencillas, influenciadas por el *Minimal*, como en el icónico ejemplo de Alvin Lucier, *I'm sitting in a room* (1969), donde emplea un texto que enuncia el proceso que sigue, de manera que el sonido que se genera es resultado de la grabación en un espacio concreto y refleja la cualidad resonante de las habitaciones específicas en las que interpreta la pieza. Este es el texto de la obra,

I am sitting in a room different from the one you are in now. I am recording the sound of my speaking voice and I am going to play it back into the room again and again until the resonant frequencies of the room reinforce themselves so that any semblance of my speech, with perhaps the exception of rhythm, is destroyed. What you will hear, then, are the natural resonant frequencies of the room articulated by speech. I regard this activity not so much as a demonstration of a physical fact, but more as a way to smooth out any irregularities my speech might have.¹ [4]

Otra obra pionera de esta época y que utiliza el sonido como materia es de Brion Gysin, *I am that I am* (1960), donde explora permutaciones de las 6 palabras de su título para generar 720 versos que el autor interpreta con recursos electrónicos de transformación vocal.

En los años siguientes percibimos un giro desde la visión teatral que sitúa en el centro al performer-poeta-músico, a un desplazamiento hacia el oyente-espectador-usuario. En una de sus notas, Duchamp propone la realización de una “venus de Milo hecha de sonidos alrededor del oyente” [5], lo que sugiere una obra plástica creada en exclusiva por la disposición tridimensional y envolvente del sonido, que, no sólo anuncia un proceso de desmaterialización de la obra, sino que adelanta una obra permeable de centro indefinido y desplazado hacia el propio espectador [6]. Ejemplo de ese desplazamiento es una obra que destaca la fisicidad de la tecnología de reproducción de la obra, en un juego provocador que solapa autor y obra: de Vladan Radovanovic, *Voice From The Loudspeaker* (Tape-art 1) (1975), donde se descubre el lugar de la voz, las cualidades acústicas de las palabras y la función del altavoz. Esto es lo que se escucha:

... you can hear me / this voice is in you / this voice is in the loudspeaker / this voice has nothing to do with the

¹ Estoy sentado en una habitación diferente de la que tú estás ahora. Estoy grabando el sonido de mi voz al hablar y voy a reproducirlo en la habitación una y otra vez hasta que las frecuencias de resonancia propias de la habitación se refuercen tanto que no haya ningún parecido con mi discurso, tal vez con la excepción del ritmo. Lo que vas a oír son, por tanto, las frecuencias de resonancia naturales de la

habitación articuladas por mi discurso. No considero esta actividad la demostración de un acto físico, sino una forma de suavizar las irregularidades que mi discurso pueda tener.

loudspeaker / this voice is were the loudspeaker is / this
voice is were you are / this voice is reaching your ears...²

Desde la vertiente de la poesía podemos remontarnos a Dadá, un movimiento influyente de principios del siglo XX dedicado a crear poemas absurdos y collages de sátira mordaz. Pero algunas corrientes de este movimiento también tenían intereses científicos y participaron en un intento más general de las vanguardias por educar y adaptar el *sensorium* humano a las exigencias del mundo moderno, con los nuevos medios, el tráfico masivo y su guerra moderna. Raoul Hausman desde Berlín fue uno de sus mayores representantes, hacia 1918 desarrolló el concepto de optofonética, una propuesta destructiva, subversiva, y con la intención de devolver al lenguaje, que percibía como artificial, el carácter de criatura de la vocalización humana. Los poemas-carteles que creó constituyen una especie de partitura, una notación compuesta resultado de la utilización al azar de tipografía, combinada con signos de interrogación, exclamación y hasta el símbolo de la mano en muchos de sus carteles. Hausmann reivindicaba una nueva forma de arte que preparara a los seres humanos de cara a los nuevos entornos mediáticos a los que debían enfrentarse, tanto en el transporte (coche, trenes eléctricos, avión) como de comunicación (teléfono y radio). Hausmann creía que las tecnologías que la gente inventaba señalaban un potencial oculto de la fisiología humana [7].

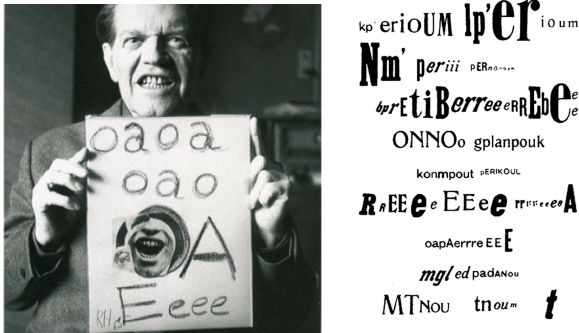


Figura 1: Raoul Hausmann declamando su poema *Oaoa*, (1965) y poema *Kp'erioum* (1946)

El absurdo de Dadá nos recuerda que un siglo después seguimos teniendo los mismos problemas y enfrentándonos a las mismas situaciones en relación al transporte, la comunicación y la guerra, aunque las tecnologías hayan cambiado.

En cuanto al plano visual de la pieza, José Val del Omar, es el primero y único que ha explorado las capacidades expresivas de la visión periférica, con su revolucionaria exploración del

“desbordamiento apanorámico de la imagen” [8], “la visión táctil” [9] y al afán experimentador con el que inventó artefactos técnicos con los que explorar sus teorías. “En cinema sólo transmitimos hoy noticia de la superficie (...) yo siento necesidad de tomarle el pulso y la temperatura. Yo quiero palpar, medir, adquirir conciencia plena y, aunque esta ambición tiene una frontera espaciotemporal, yo sé que hoy no utilizamos los grandes recursos técnicos que en nuestro caso, por ejemplo, la electrónica, nos brinda en luminotécnica.” [10]. Su idea era no sólo hacer visible lo sensorialmente perceptible, sino también hacer tangible lo inmaterial, lo corpóreo, lo espaciotemporal, todo ello manteniendo una visión total, en unidad plurisensorial, hacia donde se acerca cada día más esta propuesta.

2. Solución técnica para el audio espacial

Los seres humanos tenemos un sistema auditivo de tipo binaural, es decir, captamos el sonido con dos oídos. Después de que la cóclea de cada uno de los dos oídos transforme las vibraciones sonoras en señales eléctricas, el cerebro analizará toda esta información, la comparará y nos permitirá detectar la procedencia del sonido dentro de un espacio tridimensional. A la hora de realizar dicho posicionamiento, se utiliza de forma combinada una serie de mecanismos: el ITD (diferencia interaural de tiempo), el ILD (diferencia interaural de intensidad) así como otros mecanismos basados en la coloración que añade al sonido la interacción de la onda sonora con los pabellones auditivos [2][11].

La Respuesta Impulsiva Relativa a la Cabeza (HRIR, por sus siglas en inglés) y la su correspondiente versión en el dominio de la frecuencia, la Función de Transferencia Relativa a la Cabeza (HRTF, por sus siglas en inglés) son la forma de caracterizar los mecanismos de filtrado que permiten percibir la localización de una fuente sonora. Estos filtros representan las modificaciones acústicas que provoca la cabeza del oyente y resultan ser dependientes de la dirección desde la que proviene el sonido. A su vez, también dependen de la forma y las características únicas de la cabeza, el torso y las orejas del oyente. Su dependencia de la dirección de incidencia constituye un indicio de localización que, junto a los indicios interaurales y mencionados, brindan pistas importantes para localizar las fuentes de sonido, permitiendo experiencias auditivas realistas e inmersivas en realidad virtual, videojuegos, ingeniería de audio y otros campos que requieren una renderización precisa de audio espacial. Será un modelo de HRTF lo que utilicemos para simular cómo una persona debería detectar los diferentes sonidos según su posición.

² ...me oyes / esta voz está en tu interior / esta voz está en el altavoz / esta voz no tiene nada que ver con el altavoz / esta voz está donde el altavoz / esta voz está donde estás tú / esta voz llega a tus oídos...

Todo el procesamiento para posicionar el audio en tres dimensiones se basa en el uso de la librería 3D tune-In Audiotookit [2], disponible bajo licencia de código abierto³. Como plataforma elegida para soportar el sistema tenemos la denominada ‘BeagleBone’ (la cual cuenta con un procesador Texas Instruments ‘Jacinto TDA4VM’), junto con el complemento ‘Bela’: una placa especializada en audio capaz de procesar con una latencia ultra baja los diferentes datos y sensores [12]. Dispone, además de audio estéreo y 8 canales de 16 bits, tanto CAD (Convertor Analógico-Digital) como CDA (Convertor Digital-Analógico). Se ha utilizado el formato ‘Mini’.

El sensor elegido ha sido el ‘BNO055’. Este sensor de tipo inercial absoluto consta de un giróscopo, magnetómetro y acelerómetro, se basa en un sistema IMU (Unidad de Medida Inercial) y ofrece una comunidad notable en el entorno de las redes. Su funcionamiento es simple: el chip integrado capta los datos provenientes del sensor, los procesa y los devuelve en formato de cuaterniones. Se trata de una solución similar a la planteada en proyectos similares que se pueden encontrar en la literatura [13][14]

En cuanto a electrónica extra, se ha utilizado una placa pretaladrada para construir un circuito adicional que nos sirva de soporte para el sistema. Dicha placa incluye dos potenciómetros y un botón que permiten el control de diversos parámetros, así como un diodo LED que nos muestra su estado.

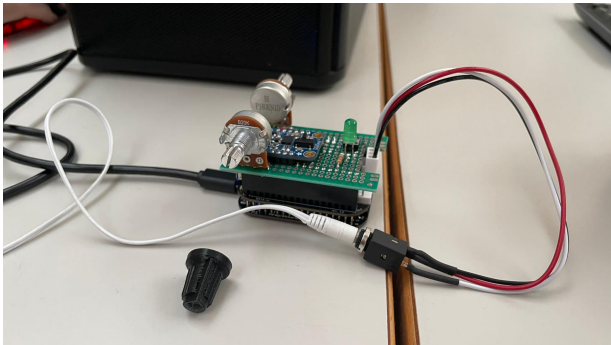


Figura 2: Prototipo ‘Bela’

Bela consta de un IDE (Integrated Development Environment o Entorno de Desarrollo Integrado en español) propio donde se pueden realizar programas en los lenguajes de programación C++ y Pure Data, sin embargo, no se pueden depurar. Como el funcionamiento del sistema que buscamos es relativamente complejo y costoso a nivel de procesamiento, necesitamos tener la capacidad de depurar el programa. Además, Bela en su IDE utiliza una distribución característica para sus proyectos que complica la integración de la librería 3DTI Toolkit en el mismo. Por estas

razones, se decidió utilizar la compilación cruzada con Eclipse en Ubuntu mediante una carpeta compartida entre el ordenador y Bela para poder depurar y acceder a todos los archivos internos de la placa pero almacenar el resto de archivos en el ordenador. Esto nos permite el desarrollo de la aplicación con la que se leerán los datos del sensor inercial y se interpretarán para adecuar la posición en el espacio de las fuentes de audio previamente situadas. Para el procesamiento y espacialización de las fuentes de audio se ha utilizado un HRTF y una pista de audio almacenados en Bela, sin embargo, empezamos a encontrar limitaciones por parte del hardware. Aún con la reverberación deshabilitada, independientemente del tamaño de muestra, Bela no era capaz de procesar el audio lo suficientemente rápido.

Para disminuir el procesamiento necesario para cada muestra, fue necesario crear una versión de la librería en la que la aritmética en *double* se sustituye por *float*. Con estos cambios, obtuvimos una mejora de velocidad suficiente como para poder tener una fuente de audio sin problemas y tener un poco de margen para cualquier otro procesamiento. Sin embargo, no tenemos suficiente margen como para reproducir dos fuentes simultáneamente.

Librería 3DTI Toolkit	HRTF Frame		
Con float	128	256	512
Buffer Size	1282.58ms (88.9%)	3.49ms (120.3%)	5.43ms (187.1%)
	2564.82ms (83.0%)	4.83ms (83.2%)	7.09ms (122.1%)
	51210.08ms (86.8%)	10.10ms (87.0%)	10.09ms (86.9%)
	102420.60ms (88.7%)	20.62ms (88.8%)	20.65ms (88.9%)
	204841.29ms (88.9%)	41.33ms (89.0%)	41.32ms (89.0%)

Tabla 1. Tiempo y porcentaje de ocupación del procesador para el procesamiento de una fuente de audio en tiempo real dependiendo del tamaño de frame y la longitud de la respuesta al implslo almacenada en el HRTF.

Una vez tuvimos una fuente de audio funcional, se incorporó el sensor BNO055 cuya lectura de datos nos sirve para modificar la orientación del usuario dentro del programa. Teniendo en cuenta la posición inicial y este movimiento, la propia librería 3DTI Toolkit se encarga de adaptar las fuentes de audio para que no acompañen el movimiento. Se ha diseñado un ‘driver’ que facilite la comunicación entre el sensor y Bela, utilizando un protocolo de comunicación I2C. La gestión del sensor se realiza mediante una hebra creada exclusivamente para dicho propósito, y los datos obtenidos del mismo se proporcionan al ‘Tool-Kit’ para que los procese en forma de cuaterniones.

Una vez configurada la placa y el sensor, nos hemos propuesto diseñar un circuito que albergue todo el sistema y que permita una utilización más cómoda de la aplicación, aprovechando el puerto GPIO (Entrada/Salida de Propósito General) de la Bela. Además, se añadieron dos potenciómetros (uno para controlar el volumen y

³ https://github.com/3DTune-In/3dti_AudioToolkit

otro para controlar la canción), un botón (para fijar el punto de referencia) y un diodo LED (el cual nos ayuda a identificar el estado del sistema).

Para finalizar, se diseñó una carcasa a medida utilizando un programa de diseño 3D y luego se imprimió empleando plástico de tipo PLA. La carcasa se fija sobre la diadema de los auriculares con bridas y todo el sistema se alimenta utilizando una batería USB.

3. Experimentos de vista y oído: casco de visión periférica y audio 3D binaural (prototipo)

La presente propuesta, como hemos comentado, parte del interés por unir dos investigaciones, una centrada en lo visual y otra en lo auditivo. Durante los últimos 3 años hemos experimentado con las posibilidades de la visión periférica mediante el desarrollo de una propuesta artística fundamentada en los límites de la percepción visual. En este tiempo hemos explorado diferentes dispositivos que mostraban un texto en movimiento al que el espectador debía acceder a través de la visión periférica. Trabajamos con proyectores, monitores y matrices LED en las que el texto (la palabra INVISIBLE, por ejemplo) se desplazaba de derecha a izquierda, con la particularidad de que nunca podíamos acceder a la palabra completa a la vez, sino que las letras se revelaban una tras otra. Las diversas pruebas nos sirvieron para averiguar cuáles eran las condiciones óptimas para la activación de la visión periférica. En cuanto a la apariencia del texto, determinamos una velocidad de movimiento de 1 segundo por letra, color blanco sobre fondo negro, tipografía sin serifa y mayúscula.

Para llevar a cabo estos experimentos elaboramos un dispositivo que el usuario de la pieza debía emplear. A través de una serie de pruebas llegamos a la conclusión de que si queríamos que el usuario hiciera uso de la visión periférica debíamos forzarlo a ello, pues pequeñas modificaciones del ángulo de visión se realizan a menudo involuntariamente. Esto se traduce en la necesidad de restringir la visión frontal. Para tal fin, diseñamos diferentes prototipos de lo que denominamos casco de visión periférica.

El primer prototipo estaba fabricado de goma con esqueleto de alambre para ajustarse a cada individuo. La estructura consistía en una diadema con una superficie rectangular colgante para anular la visión central del usuario. Tras sucesivos ensayos apreciamos que los materiales se deterioraban fácilmente y perdíamos la precisión requerida en las pruebas.

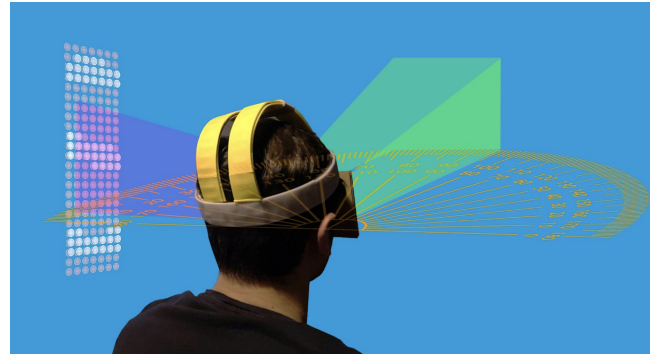


Figura 3: 1er prototipo de casco de visión periférica.

El segundo prototipo parte de una impresión 3D de máscara de protección facial. Para adaptar este diseño a nuestros requisitos empleamos un plástico opaco de 21 x 12 centímetros que se curva longitudinalmente hasta anular la visión frontal del usuario. Como resultado, el espectador se ve forzado a hacer uso de la visión periférica, pues los ángulos accesibles para su mirada son aquellos que se localizan en la periferia, esto es, a partir de los 40° aproximadamente con respecto a un punto frontal (90°).



Figura 4: 2º prototipo de casco de visión periférica.

Fruto de la incorporación del apartado sonoro al proyecto, el casco requiere de una modificación para su correcto funcionamiento. Puesto que el usuario ha de portar unos auriculares para percibir el audio 3D, las almohadillas de estos interfieren con las patillas de la visera.

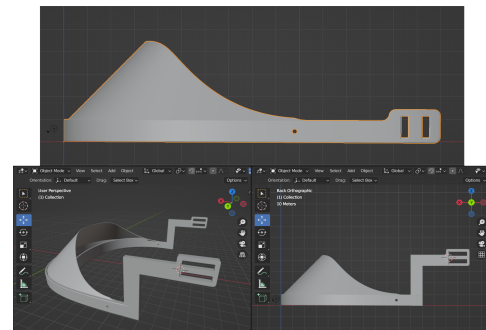


Figura 5: diseño de nueva visera para impresora 3D

Para sortear este obstáculo se rediseñan las patillas de la visera, elevándolas 2,5 centímetros en forma de L, así como se modifica la orientación de los pasadores (del sentido vertical al horizontal). De este modo los nuevos pasadores se acoplan y ajustan mediante un sistema de bridas a la felpa perforada de los auriculares. Este mismo sistema de felpa es el que permite el acople de una caja contenedora de un ordenador desde el que se envía el audio 3D.



Figuras 6 y 7: nueva visera y acoplamiento con auriculares de diadema

3.1 Los experimentos

Una vez conseguimos acoplar la visera al prototipo de casco + Bela, procedimos a la experimentación en distintos sujetos. El usuario que porta el casco y la visera se desplaza en un espacio controlado recibiendo dos estímulos: por un lado, el audio que cambia de dirección según el propio movimiento del sujeto, y la visión periférica, acotada por la propia visera, que recibe el estímulo de un monitor dispuesto verticalmente.

En el apartado sonoro utilizamos las siguientes grabaciones:

- Una locución de la palabra violeta
- El sonido de unos pasos sobre un suelo de tierra y grava
- Un zumbido producido por los dientes y la lengua
- Una locución de la palabra tierra registrada a diferentes distancias entre el locutor y la grabadora

En el apartado visual trabajamos con los siguientes textos:

- VIOLETA
- VIOOLEEETAAAA
- AAAA

La hipótesis de esta primera prueba era testear qué posibles repercusiones perceptivas tenían para el sujeto la combinación de

un estímulo auditivo (y fonético) con la combinación del texto visual. Por ejemplo, nos preguntamos cuál sería el resultado de que el usuario escuche la palabra VIOLETA a través de los auriculares y simultáneamente pueda leerla mediante la visión periférica.

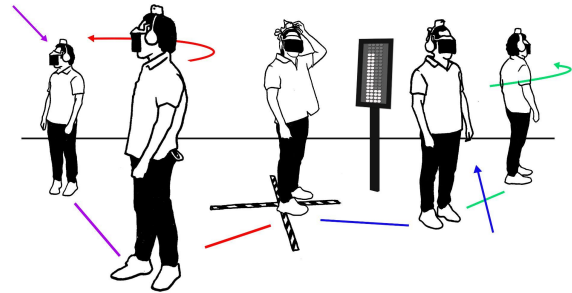
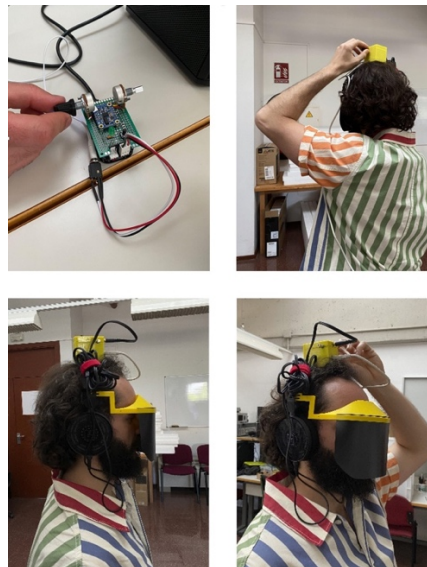


Figura 8: Dibujo que ilustra el desplazamiento del usuario por el espacio, y señala la colocación y el desplazamiento de los sonidos con respecto al usuario

Durante la misma práctica corroboramos la necesidad de concebir el proyecto, en su fase final, materializado como una instalación inmersiva. Las condiciones lumínicas son de vital importancia a la hora de reducir el exceso de información visual, reduciendo la atención a la luz de los monitores, los cuales deben franquear el espacio en el que se encuentre el sujeto, permitiendo que en su desplazamiento no cese de recibir estímulos periféricos. Esto se vio reforzado por la capacidad de percepción de las formas y letras en función de las tendencias (zurdo o diestro de ojo) del usuario.



Figuras 9-12: Las pistas de audio eran modificadas por el propio sujeto, así como el volumen.

3.2 Análisis de los resultados

Tras las primeras pruebas hemos podido apreciar una serie de mejoras y necesidades que enumeramos a continuación:

- Hemos confirmado la importancia de situar la pantalla en el lado del ojo preferente, lo que facilita la visión periférica, por lo que la instalación definitiva ha de tener pantallas a ambos lados.
- Las modificaciones en el prototipo del casco con la inclusión de los auriculares, el hardware y la batería no entorpecen la visión periférica, aunque hemos de reducir el cableado y la batería, incluso pensar otra posición para colocarla, que no desestabilice el casco.
- Para el uso autónomo del casco en una demo o una sala de exposiciones, se han diseñado botones de volumen y de selección de canal, así como el de reseteo para calcular la ubicación en el espacio, pero deberemos crear un entorno que facilite su uso, con un gráfico de instrucciones quizás junto a la recogida del casco.
- Es fundamental que encontremos la manera de comunicar sonido e imagen, para que cuando el usuario cambie de sonido, la pantalla también. O bien que creemos una narración optofonética que esté ya sincronizada, con lo que el usuario no tendría que seleccionar ningún canal. O explorar la combinación de ambas opciones.
- Hasta ahora hemos realizado las pruebas con auriculares que dejan pasar el sonido ambiente. ¿Cambiaría la percepción sonora y/o visual, si utilizamos auriculares con cancelación de ruido?

Conclusiones

Además de los resultados analizados en el apartado anterior, podemos extraer algunas conclusiones de la evolución de la propuesta. Desde que iniciamos las primeras pruebas (versión 1.0) hemos mejorado los mecanismos para activar la visión periférica mediante el diseño de un casco que anula la visión frontal, así como el perfeccionamiento de las características de los textos que el usuario debía leer (luminosidad, color, velocidad, tamaño, etc.). Sin embargo, las últimas pruebas realizadas y la reciente incorporación de nuevos miembros al equipo nos lleva a plantearnos algunos cambios y mejoras. Si bien en todas las versiones del proyecto hemos trabajado con texto, es decir, diferentes palabras que se desplazaban por la pantalla de izquierda a derecha, la incorporación de estas y otras palabras en versión auditiva a través de los auriculares ha resultado en una sobrecarga de estímulos para el

usuario. Esta sobreestimulación se ha traducido en una imposibilidad para atender simultáneamente el apartado visual y el sonoro. Hemos entendido que a través de la visión periférica podemos percibir, con un esfuerzo considerable, las formas de algunas letras, pero difícilmente leer una palabra completa. Esta labor resulta casi imposible si intentamos atender al texto y al sonido a la par. Por esta razón, de cara a versiones posteriores nos planteamos sustituir el texto escrito por imágenes figurativas y/o planos de color que no requieran de un nivel atencional tan elevado para ser percibidas. Al mismo tiempo, la incorporación de nuevos miembros al equipo, profesionales del campo de la informática, nos brinda la posibilidad de implementar el apartado visual de la propuesta, esto es, sustituyendo la pantalla utilizada en las pruebas por un dispositivo de leds. Esta mejora nos permitirá aumentar el contraste y la luminosidad de los contenidos, así como trabajar con más libertad en cuanto a la forma y las dimensiones del dispositivo de cara a la instalación definitiva.

ACKNOWLEDGMENTS

Este Trabajo ha sido parcialmente financiado por:

Ministerio de Ciencia y Tecnología, dentro del Plan Nacional de I+D a través del proyecto SAVLab – Laboratorio Virtual de Audio Espacial (PID2019-107854GB-I00);

Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. Programa Nacional Promoción General del Conocimiento – Hª y Arte (BHA) *Cuerpos Conectados II. Nuevos procesos de creación y difusión de las prácticas artísticas identitarias en la no-presencialidad*. PROYECTO I+D+I: PID2020-1166999RB-100 <https://www.ub.edu/archID/>

Ayudas Margarita Salas. Next Generation EU.

REFERENCES

- [1] Brenda Laurel. 1991. *Computer as Theatre*. Addison-Wesley Publishing. Nueva York.
- [2] M. Cuevas-Rodríguez, L. Picinali, D. González-Toledo, C. Garre, E. de la Rubia-Cuevas, L. Molina-Tranco, A. Reyes-Lecuona, “3D Tune-In Toolkit: An open-source library for real-time binaural spatialisation”, *PLoS One*, vol. 14, no. 3, p. e0211899, marzo, 2019, DOI: 10.1371/journal.pone.0211899.
- [3] Iges, José. 2022. *Arte sonoro: una indisciplina*. EXIT, México D.F.
- [4] Hasse, S. (2012). I am Sitting in a Room. *Body, Space & Technology*, 11. <http://doi.org/10.16995/bst.71>
- [5] Marcel Duchamp. 1989. Nota nº 183, en *Notas*. Tecnos, Madrid.
- [6] Javier Ariza. 2020. Abriendo puertas, en *Disonata*. Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía. Madrid.

- [7] Arndt Niebisch. 2020. Imágenes sonoras / sonidos visuales. Sobre la evolución del arte multisensorial, en *Disonata*. Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía. Madrid.
- [8] Val del Omar, J. 1957. “Desbordamiento apanorámico de la imagen,” en las *Actas del IX Congresso Internazionale della Tecnica Cinematografica*, Turín, del 29 de septiembre al 1 de octubre de 1957. Disponible en la página web dedicada al autor: http://www.valdelomar.com/pdf/text_es/text_6.pdf
- [9] Val del Omar, J. 1959. “Teoría de la Visión Táctil”, publicado en la revista *Espectáculo*, Madrid, nº 132, febrero 1959, p. 28. Disponible en la página web dedicada al autor: http://www.valdelomar.com/pdf/text_es/text_5.pdf
- [10] Val del Omar, J. 1957 “Desbordamiento apanorámico de la imagen,” en las *Actas del IX Congresso Internazionale della Tecnica Cinematografica*, Turín, del 29 de septiembre al 1 de octubre de 1957. Disponible en la página web dedicada al autor: http://www.valdelomar.com/pdf/text_es/text_6.pdf
- [11] Algazi, V., Duda, R. (2011). Headphone-based spatial sound. *IEEE Signal Processing Magazine*, 28(1), 33–42. <https://doi.org/10.1109/MSP.2010.938756>
- [12] B. Stewart, G. Moro, “Put a Bela On Your Head”, 2020. Repositorio disponible en: <https://github.com/theleadingzero/belaonurhead> [Última visita: 25 de abril, 2023].
- [13] McPherson, A., & Zappi, V. (2015, May). An Environment for Submillisecond-Latency Audio and Sensor Processing on BeagleBone Black. *Audio Engineering Society Convention 138*. <http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=17755>
- [14] M. Romanov, P. Berghold, D. Rudrich, M. Zaunschirm, “Implementation and Evaluation of a Low-cost Head- tracker for Binaural Synthesis”, *proc. of 142nd Convention Audio Engineering Society*, pp. 1–6, Berlin (Alemania), 2017.