

Material adicional sobre percepción binaural

El material preparado se incluye en tres carpetas:

- Ejemplos_binauralidad: contiene 20 ficheros de audio con ejemplos para apreciar el efecto de la percepción binaural (también 5 scripts de Octave usados para generar estos ficheros de audio)
- PIISA_2019_percepcion_binaural: material resultado del proyecto PIISA “investigando la percepción binaural” edición de 2019
- PIISA_2023_percepcion_binaural: material resultado del proyecto PIISA “investigando la percepción binaural” edición de 2023

Descripción del material:

Proyectos PIISA:

El proyecto PIISA (Proyecto de Iniciación a la Investigación e Innovación en Secundaria en Andalucía, <https://piisa.es/>) surge de la colaboración entre la Delegación de Educación en Granada, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) y la Universidad de Granada (UGR) con el fin de ofrecer al alumnado granadino de secundaria una forma moderna e innovadora de aprender e interactuar con la ciencia.

Nuestro equipo de investigación ha participado en esta iniciativa, llevando a cabo dos proyectos sobre percepción binaural en las ediciones de 2019 y 2023.

Los proyectos incluyeron varias sesiones de trabajo realizadas en los institutos de enseñanza secundaria participantes y en la Escuela Técnica Superior de Ingenierías Informática y de Telecomunicación. Los institutos participaron además en la presentación, en el Parque de las Ciencias, de los resultados del proyecto, incluyendo una exposición oral y un poster.

En las carpetas adjuntas se incluyen, para cada edición, el poster, la presentación oral, y unas notas para la presentación de estos documentos. Este material describe detalladamente la investigación llevada a cabo por los equipos de alumnos de los institutos, la metodología seguida y los resultados obtenidos.

Ejemplos de percepción binaural:

En la carpeta de ejemplos de binauralidad se han preparado 20 ficheros de audio que ilustran el efecto de la percepción binaural. Estos ficheros de audio están concebidos para ser escuchados con auriculares (bien de tipo headphone, o de tipo earphone). Si se escuchan con un equipo estéreo en campo libre, el efecto de la percepción binaural no se va a apreciar con claridad. La idea es que el sonido del canal L llegue exclusivamente al oído izquierdo, y el sonido del canal R llegue exclusivamente al oído derecho.

Los ficheros contienen voz masculina y/o femenina con locuciones que consisten en cadenas de dígitos conectados. Cada grupo de ficheros contiene audio procedente de dos fuentes sonoras. Hay varias combinaciones:

- Voz masculina / voz femenina
- Voz masculina / ruido blanco
- Voz femenina / ruido blanco
- Voz masculina / ruido “bale”
- Voz femenina / ruido “bale”

En los ejemplos en los que se ha incluido ruido (ruido blanco o ruido “bale”), el nivel de ruido se ha ajustado para una relación señal ruido de -6 dB (es decir, el ruido tiene una potencia promedio 4 veces mayor que la señal de voz).

Para cada combinación de fuentes de audio, hay 4 ficheros de audio:

- digits_mono_female_balenoise.wav: En ambos canales tenemos ambas fuentes de sonido sumadas. La reproducción del sonido es “mono” en lugar de “stereo” (señal igual en ambos oídos). Las señales aparecen mezcladas, y las habilidades de percepción binaural no permiten que las fuentes de sonido sean separadas.
- digits_stereo_IID_fuente1_fuente2.wav: (IID: interaural intensity difference, diferencia interaural de intensidad). En un canal tenemos sólo la fuente 1 y en el otro canal sólo la fuente 2. Ilustra una situación con un efecto exagerado (o absolutamente exagerado) del efecto de sombra de la cabeza. El sonido de una fuente llega sólo al oído izquierdo, y el de la otra fuente llega sólo al oído derecho, proporcionando “separación absoluta” en caso de audición bilateral. La binauralidad se proporciona resuelta.
- digits_stereo_ITD_fuente1_fuente2.wav: (ITD: interaural time difference, diferencia interaural de tiempo). En ambos canales se presentan ambas fuentes de sonido, pero adelantando 500 microsegundos el canal izquierdo con respecto al derecho para una de las fuentes de sonido y adelantando 500 microsegundos el canal derecho con respecto al izquierdo para la otra fuente de sonido. Esto recrea, parcialmente, una situación de audición bilateral, donde el retardo temporal entre oídos (en función de la localización de las fuentes) es recreada, pero no se modela el efecto de sombra de la cabeza. En caso de percepción binaural, esta audición bilateral permite la separación de fuentes (y nos parecerá que las fuentes están en localizaciones espaciales distintas y las percibimos claramente separadas).
- digits_stereo_inv_ITD_fuente1_fuente2.wav: estos ficheros son similares a los anteriores, pero el retardo entre la fuente 1 y la 2 se ha invertido con respecto al caso anterior: la fuente sonora que antes parecía estar a la derecha ahora parece estar a la izquierda y viceversa.

¿Qué se aprecia al escuchar estos ficheros (con auriculares)?

Al escuchar los ficheros “mono”, ambas fuentes están mezcladas. Los dígitos son inteligibles a pesar de la fuente de sonido competidora, aunque puede la inteligibilidad puede resultar difícil (o requerir cierto esfuerzo para compensar con suplencia mental la pérdida de información).

Al escuchar los ficheros “stereo_IID”, las fuentes están claramente separadas. Los dígitos son más fáciles de entender (la inteligibilidad mejora). Podemos prestar atención fácilmente a una u otra fuente. Lógicamente, si retiramos el auricular de uno de los lados, apreciaremos que en el oído en el que mantenemos el auricular sólo hay una fuente de sonido (cada fuente de sonido está únicamente en un canal).

Al escuchar los ficheros “stereo_ITD”, si tenemos capacidad para percepción binaural, se produce la “magia de la binauralidad”, y las fuentes sonoras nos parecen claramente separadas, a pesar de estar presentes ambas fuentes de sonido en ambos canales. Si retiramos uno de los auriculares, descubrimos que cada canal incluye el sonido de ambas fuentes, y al poner de nuevo los dos auriculares, las fuentes sonoras las volvemos a percibir claramente separadas (parece como si una fuente desapareciera de uno de los lados, y la otra fuente desapareciera del otro lado).

Un sujeto que disponga de percepción bilateral sin habilidades de binauralidad no percibe como separadas las fuentes sonoras en la situación “stereo_ITD”.

Debe observarse que el retardo interaural introducido es de únicamente 500 microsegundos (medio milisegundo), que es el tiempo que tarda el sonido en recorrer 17 cm (aproximadamente la distancia entre ambos oídos). Disfrutar de habilidades de percepción binaural requiere una buena sincronización de la actividad neurológica asociada a la percepción auditiva, además del correcto funcionamiento de varios mecanismos de percepción auditiva que involucran la activación de varios grupos de neuronas en el tronco cerebral auditivo, la activación de las células ciliadas externas y la activación de mecanismos de inhibición contralateral a nivel subcortical y cortical. Estos aspectos fisiológicos son esenciales para la audición binaural y para la mejora de la percepción y la inteligibilidad en condiciones de ruido.

Material preparado por Angel de la Torre

Dpto. Teoría de la Señal, Telemática y Comunicaciones, Universidad de Granada.

atv@ugr.es

<https://wpd.ugr.es/~sig.proc.audiology/>