

Audio 3D: Fundamentos y Aplicaciones

Andrés Pérez López¹²

¹Music Technology Group
Universitat Pompeu Fabra
Barcelona

²Unidad de Tecnologías Multimedia
Eurecat - Centro Tecnológico de Cataluña
Barcelona

Conservatorio Joaquin Rodrigo
23 Abril 2018

Outline

Introducción

Presentación

Contexto

Escucha espacial

Fundamentos de localización

HRTF

Síntesis de Sonido 3D

Panning de Amplitud

VBAP

Ambisonics

Wave Field Synthesis

Binaural

Transaural

Sumario

Aplicaciones

Realidad Virtual

Sonido Immersivo

Separación de Fuentes

Outline

Introducción

Presentación

Contexto

Escucha espacial

Fundamentos de localización

HRTF

Síntesis de Sonido 3D

Panning de Amplitud

VBAP

Ambisonics

Wave Field Synthesis

Binaural

Transaural

Sumario

Aplicaciones

Realidad Virtual

Sonido Immersivo

Separación de Fuentes

Presentación

Sobre mí



Presentación

Sobre mí



©2019 Google | Términos de uso | Información de la licencia

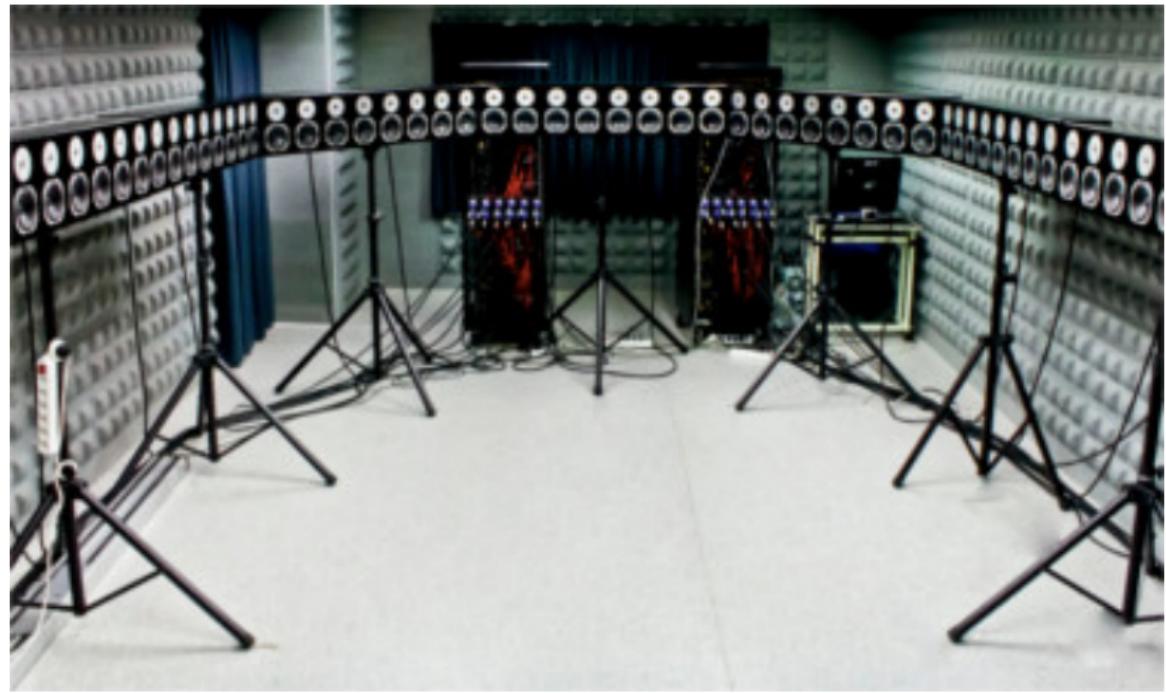
Presentación

Sobre mí



Presentación

Sobre mí



Presentación

Sobre mí



Outline

Introducción

Presentación

Contexto

Escucha espacial

Fundamentos de localización

HRTF

Síntesis de Sonido 3D

Panning de Amplitud

VBAP

Ambisonics

Wave Field Synthesis

Binaural

Transaural

Sumario

Aplicaciones

Realidad Virtual

Sonido Immersivo

Separación de Fuentes

Contexto

Audio 3D - Sonido Espacial

$$\frac{\partial^2 p}{\partial t^2} = c^2 \left(\frac{\partial^2 p}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 p}{\partial z^2} \right) \quad (1)$$

Contexto

Audio 3D - Sonido Espacial



Outline

Introducción

Presentación

Contexto

Escucha espacial

Fundamentos de localización

HRTF

Síntesis de Sonido 3D

Panning de Amplitud

VBAP

Ambisonics

Wave Field Synthesis

Binaural

Transaural

Sumario

Aplicaciones

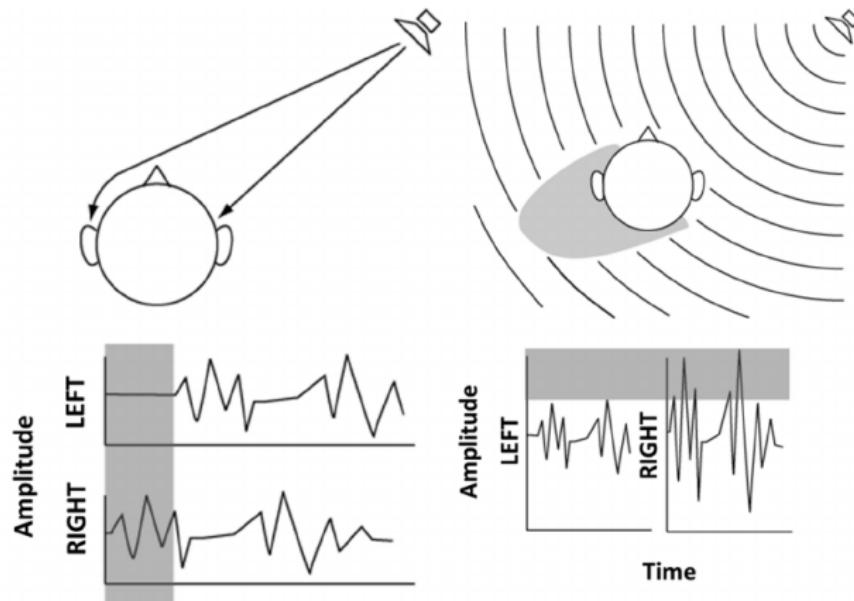
Realidad Virtual

Sonido Immersivo

Separación de Fuentes

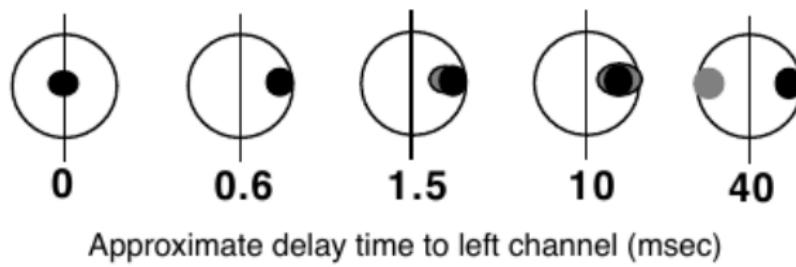
Fundamentos de localización

ITD & ILD



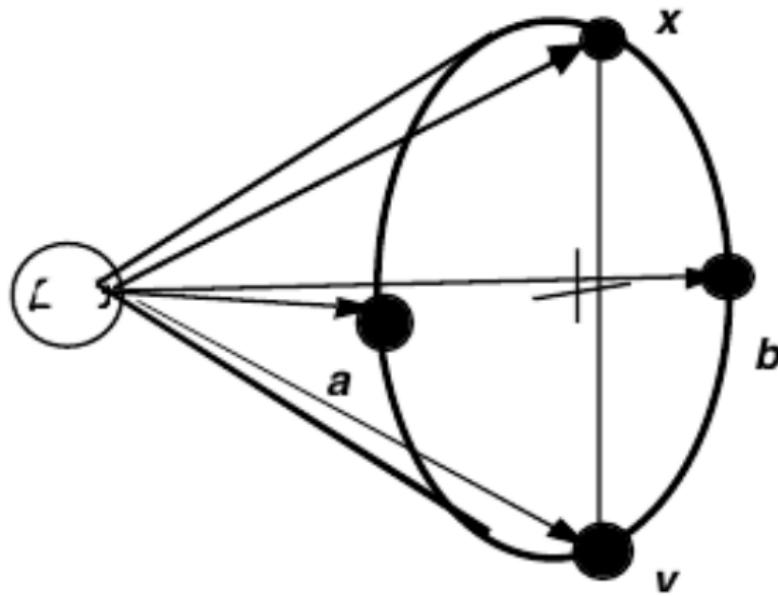
Fundamentos de localización

Efecto Haas



Fundamentos de localización

Cono de Confusión



Outline

Introducción

Presentación

Contexto

Escucha espacial

Fundamentos de localización

HRTF

Síntesis de Sonido 3D

Panning de Amplitud

VBAP

Ambisonics

Wave Field Synthesis

Binaural

Transaural

Sumario

Aplicaciones

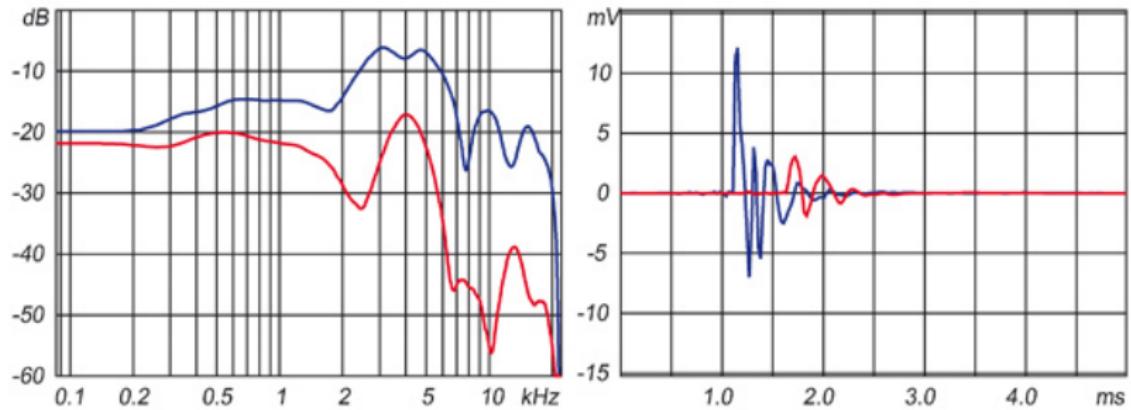
Realidad Virtual

Sonido Immersivo

Separación de Fuentes

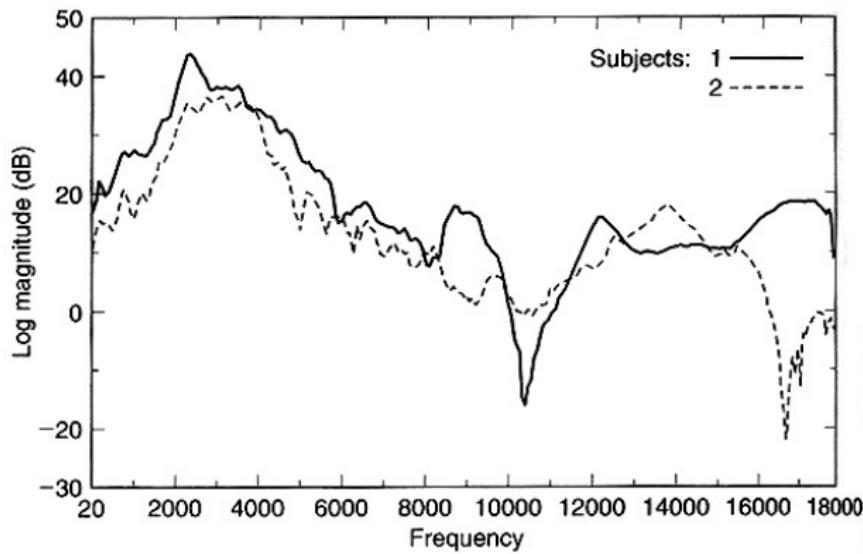
HRTF

Head-Related Transfer Functions



HRTF

Head-Related Transfer Functions



HRTF

Head-Related Transfer Functions

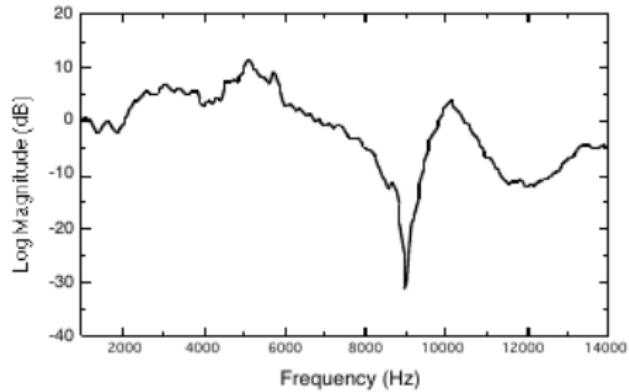


Figure 2.18. Difference in spectra between two front-back source locations on a cone of confusion: 60 and 120 degrees azimuth, 0 degrees elevation.

HRTF

Head-Related Transfer Functions

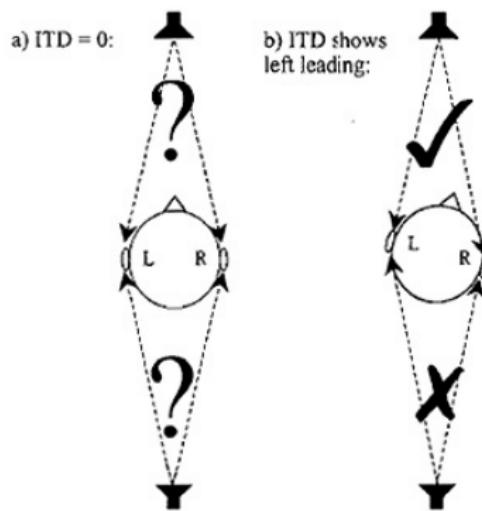
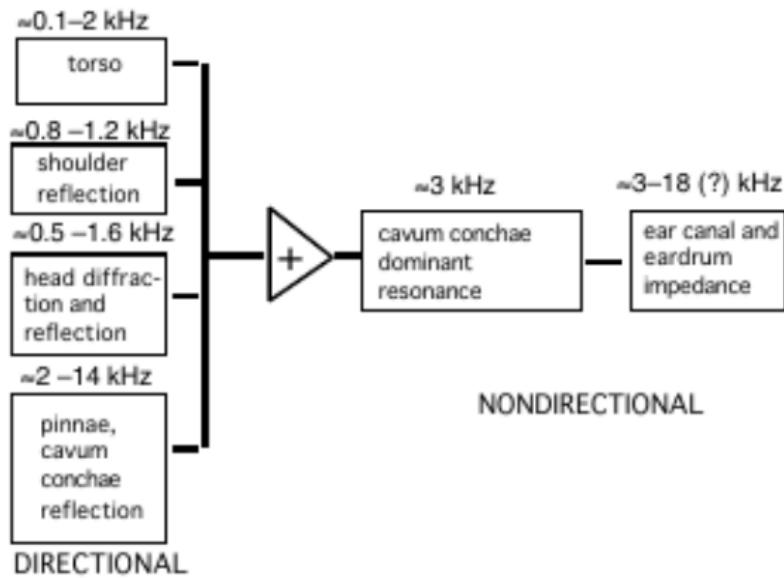


FIG. 9.10. An example of the use of head movements to resolve location ambiguities. A sound directly in front of the listener (a) produces the same interaural time difference and interaural level difference as a sound directly behind. The effect of turning the head on the interaural time difference (b) reveals the true situation.

HRTF

Head-Related Transfer Functions



HRTF

Head-Related Transfer Functions



HRTF

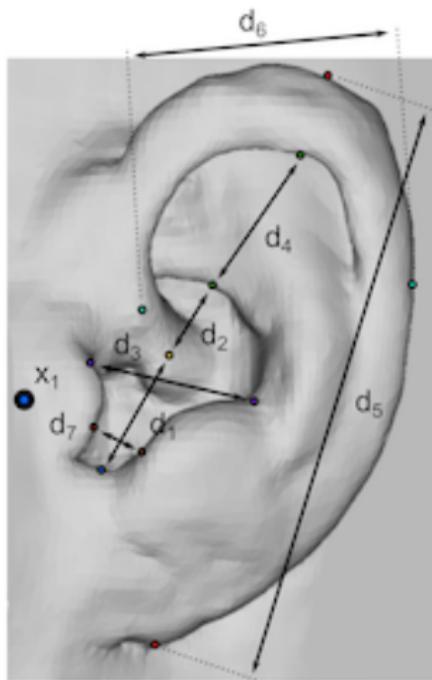
Head-Related Transfer Functions



The ITA HRTF-database: A high-resolution head-related transfer function (HRTF) and three-dimensional (3D) ear model database

HRTF

Head-Related Transfer Functions



HRTF

Head-Related Transfer Functions

SOFA

Spatially Oriented Format for Acoustics

www.sofaconventions.org

Outline

Introducción

Presentación

Contexto

Escucha espacial

Fundamentos de localización

HRTF

Síntesis de Sonido 3D

Panning de Amplitud

VBAP

Ambisonics

Wave Field Synthesis

Binaural

Transaural

Sumario

Aplicaciones

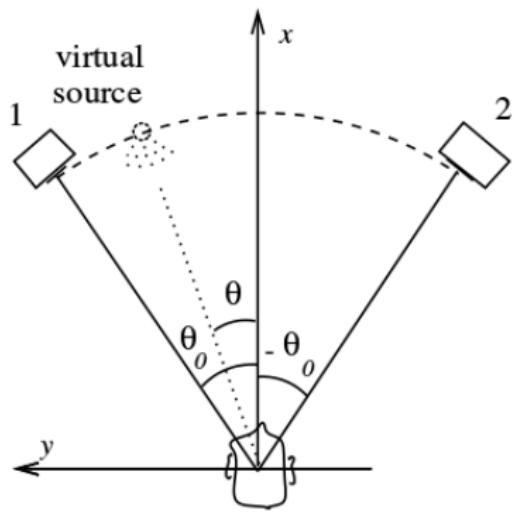
Realidad Virtual

Sonido Immersivo

Separación de Fuentes

Panning de Amplitud

Estereofonía



Panning de Amplitud

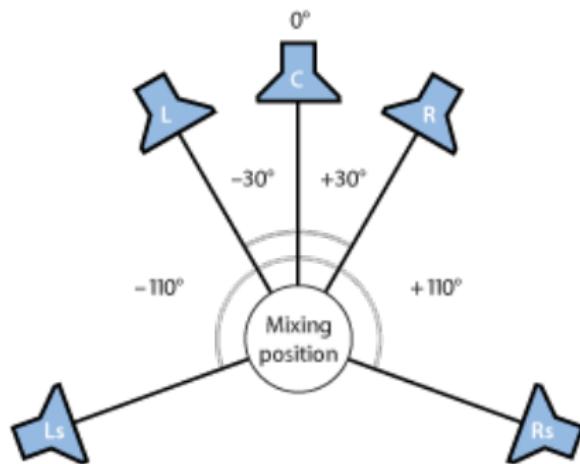
Estereofonía

$$\frac{\tan \theta_T}{\tan \theta_0} = \frac{g_1 - g_2}{g_1 + g_2} \quad (2)$$

$$\sqrt[p]{\sum_{n=1}^{n=N} g_n^p} = 1 \quad (3)$$

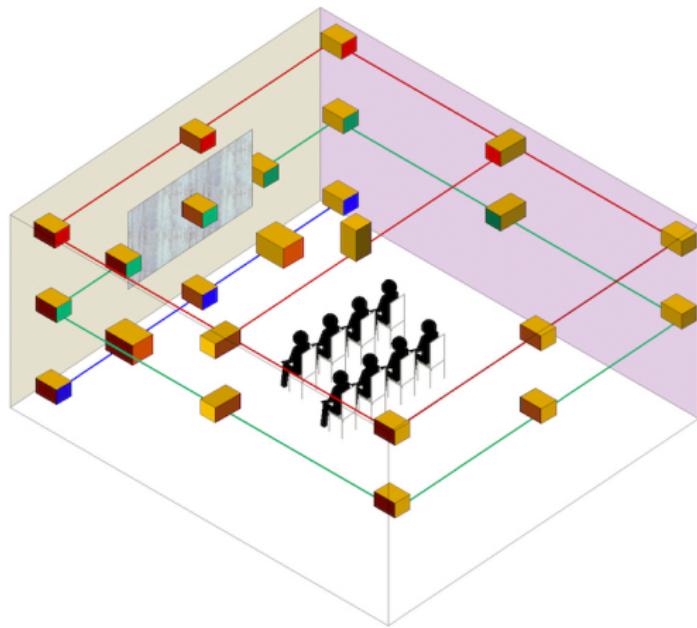
Panning de Amplitud

5.1 - ITU 775



Panning de Amplitud

Hamasaki 22.2



Outline

Introducción

Presentación

Contexto

Escucha espacial

Fundamentos de localización

HRTF

Síntesis de Sonido 3D

Panning de Amplitud

VBAP

Ambisonics

Wave Field Synthesis

Binaural

Transaural

Sumario

Aplicaciones

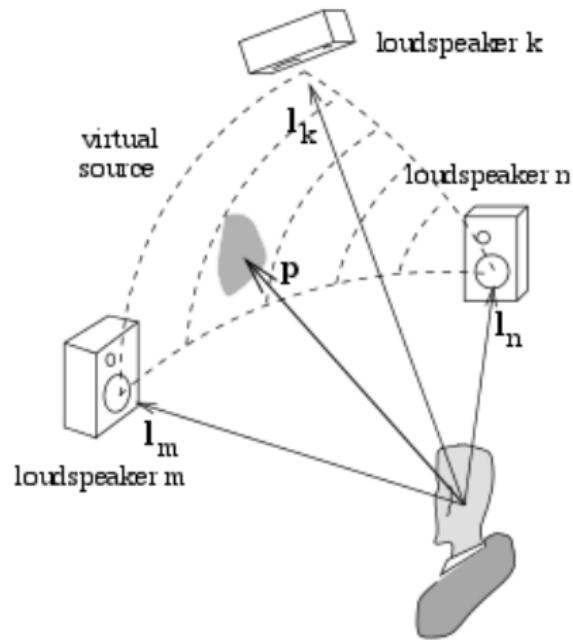
Realidad Virtual

Sonido Immersivo

Separación de Fuentes

VBAP

Vector-Based Amplitude Panning



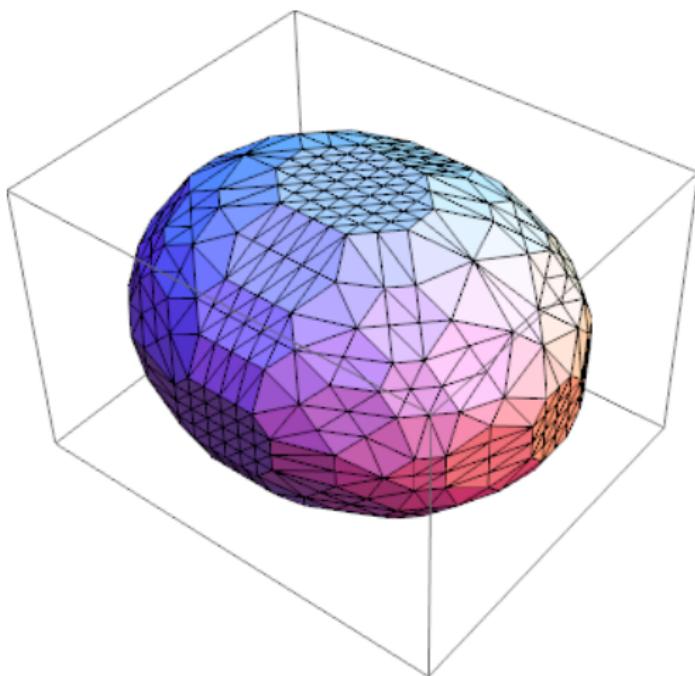
VBAP

Vector-Based Amplitude Panning

$$\mathbf{g} = \mathbf{p}^T \mathbf{L}_{nmk}^{-1} = [p_n \quad p_m \quad p_k] \begin{bmatrix} l_{n1} & l_{n2} & l_{n3} \\ l_{m1} & l_{m2} & l_{m3} \\ l_{k1} & l_{k2} & l_{k3} \end{bmatrix}^{-1} \quad (4)$$

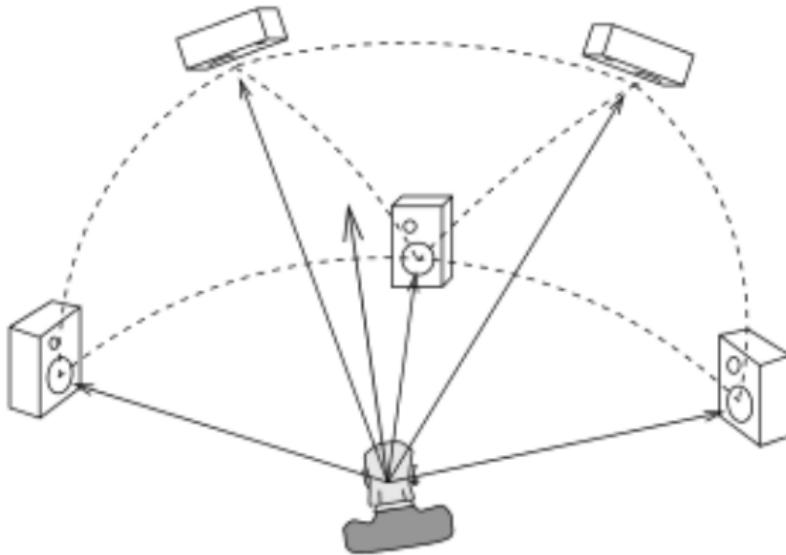
VBAP

Convex Hull



VBAP

Convex Hull



Outline

Introducción

Presentación

Contexto

Escucha espacial

Fundamentos de localización

HRTF

Síntesis de Sonido 3D

Panning de Amplitud

VBAP

Ambisonics

Wave Field Synthesis

Binaural

Transaural

Sumario

Aplicaciones

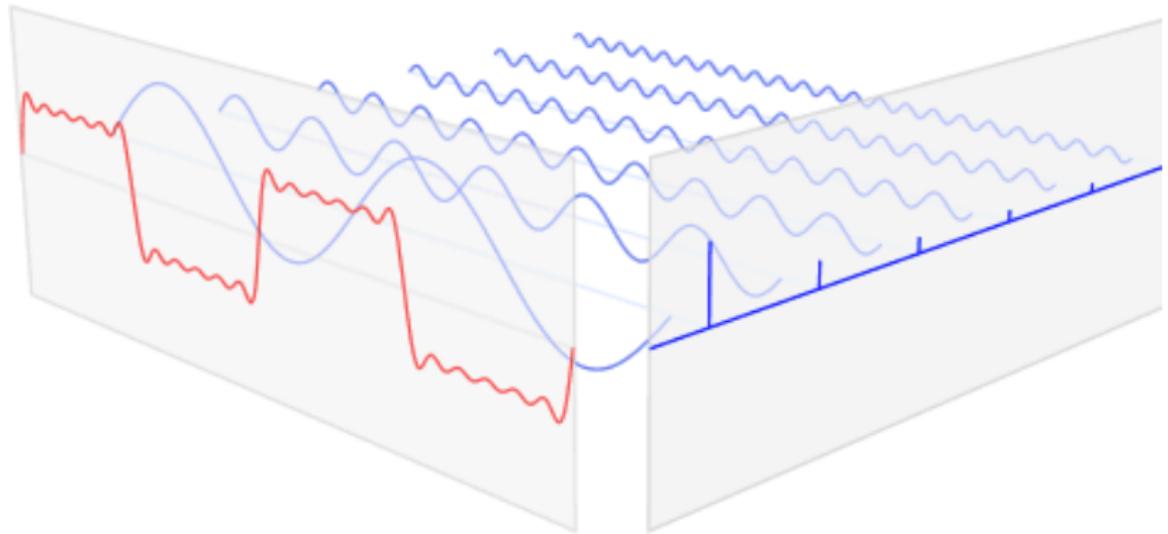
Realidad Virtual

Sonido Immersivo

Separación de Fuentes

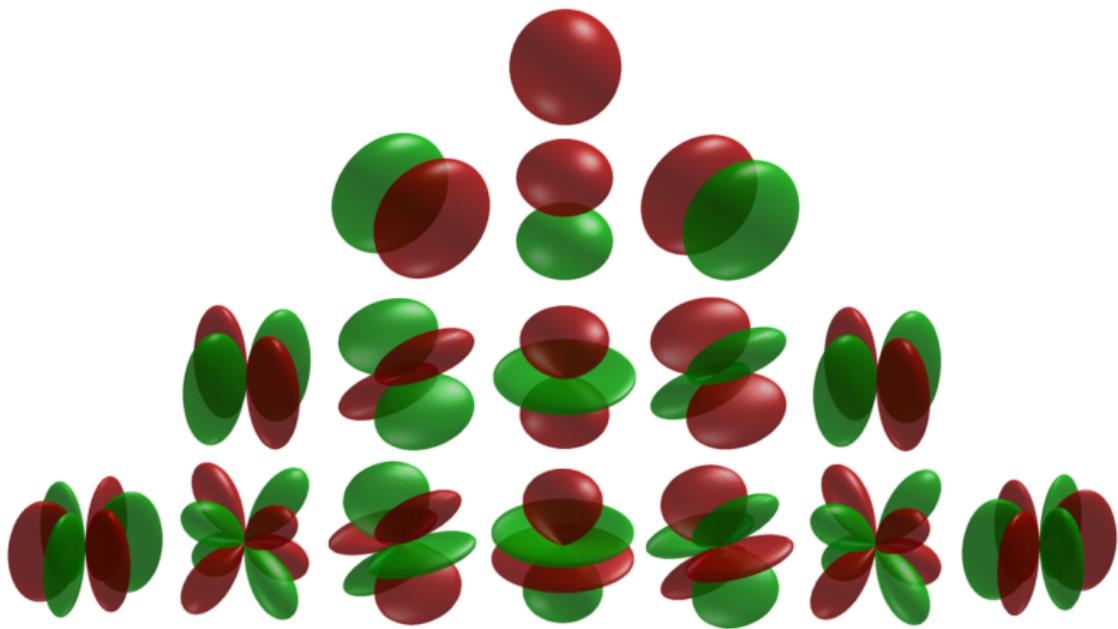
Ambisonics

Fundamentos



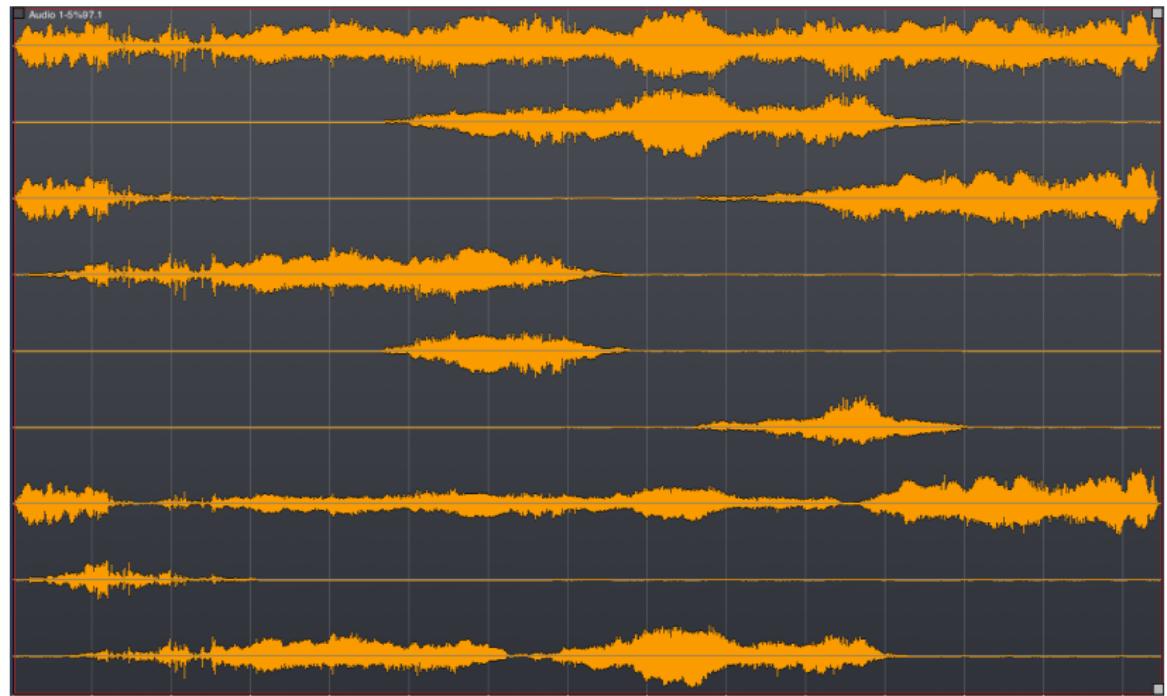
Ambisonics

Fundamentos



Ambisonics

Fundamentos



Ambisonics

Grabación



Ambisonics

Grabación

Réalisation pratique de l'encodage au format B

. Encodage direct :

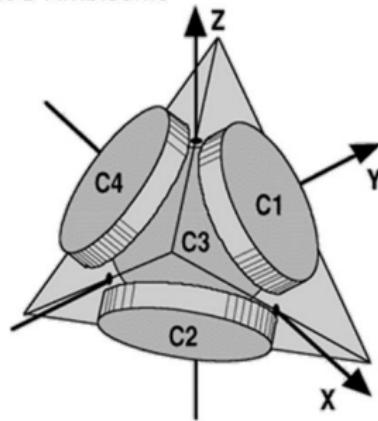
Passage du format A au format B Ambisonic

$$C1 + C2 + C3 + C4 = W$$

$$C1 + C2 - C3 - C4 = X$$

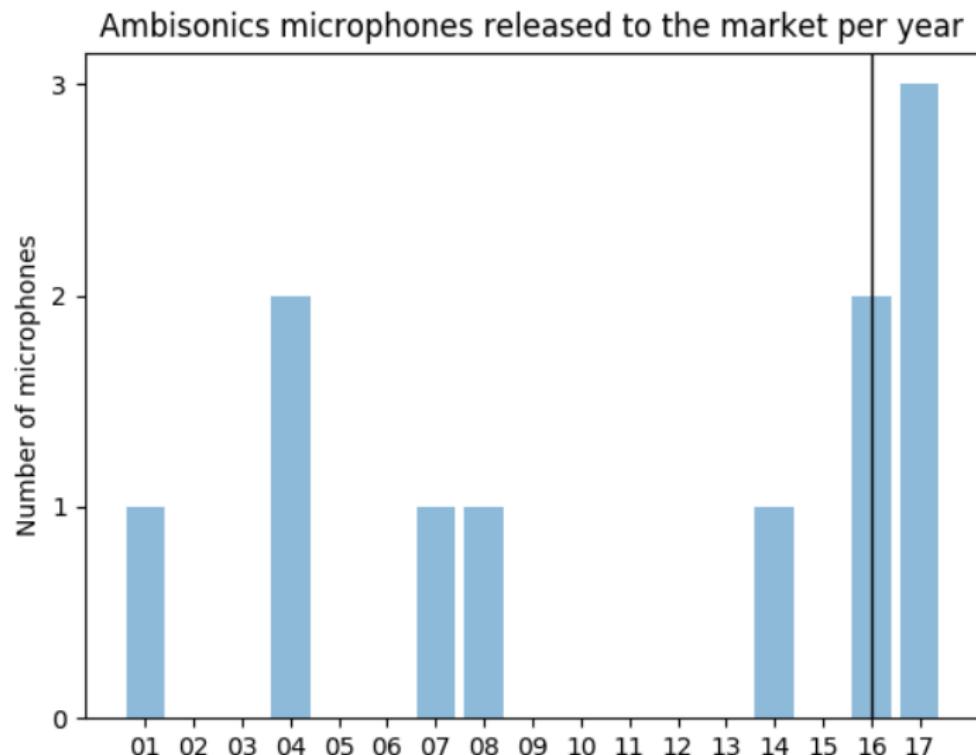
$$C1 - C2 + C3 - C4 = Y$$

$$C1 - C2 - C3 + C4 = Z$$



Ambisonics

Grabación



Ambisonics

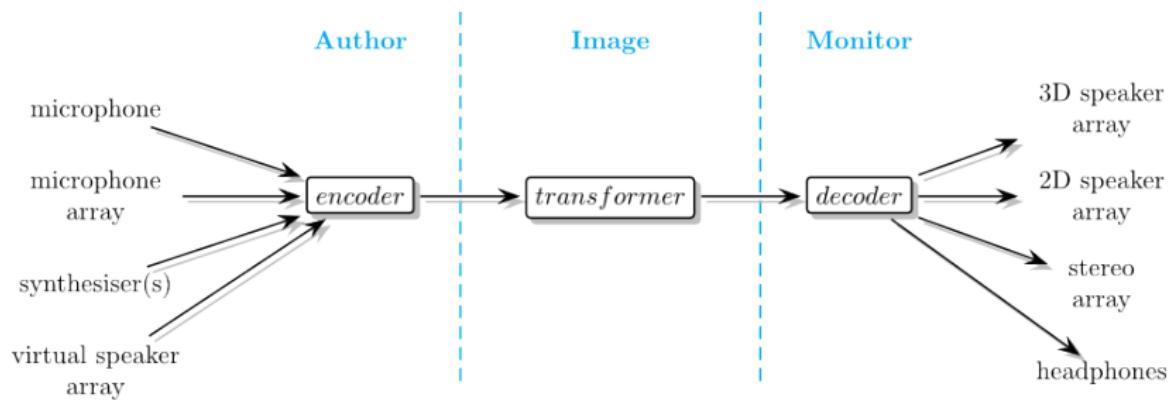
Codificación

Table 1 Ambisonic B Format Channels to 3rd. Order

Order	m,n, ζ	Channel	SN3D definition	FuMa weight
0	0,0,1	W	1	$1/\sqrt{2}$
1	1,1,1	X	$\cos\theta\cos\phi$	1
	1,1,-1	Y	$\sin\theta\cos\phi$	1
	1,0,1	Z	$\sin\phi$	1
2	2,0,1	R	$(3\sin^2\phi - 1)/2$	1
	2,1,1	S	$(\sqrt{3}/2)\cos\theta\sin(2\phi)$	$\sqrt{2}H_3$
	2,1,-1	T	$(\sqrt{3}/2)\sin\theta\sin(2\phi)$	$\sqrt{2}H_3$
	2,2,1	U	$(\sqrt{3}/2)\cos(2\theta)\cos^2\phi$	$\sqrt{2}H_3$
	2,2,-1	V	$(\sqrt{3}/2)\sin(2\theta)\cos^2\phi$	$\sqrt{2}H_3$
3	3,0,1	K	$\sin\phi(5\sin^2\phi - 3)/2$	1
	3,1,1	L	$(\sqrt{3}/8)\cos\theta\cos\phi(5\sin^2\phi - 1)$	$\sqrt{45}/32$
	3,1,-1	M	$(\sqrt{3}/8)\sin\theta\cos\phi(5\sin^2\phi - 1)$	$\sqrt{45}/32$
	3,2,1	N	$(\sqrt{15}/2)\cos(2\theta)\sin\phi\cos^2\phi$	$\sqrt{3}/\sqrt{5}$
	3,2,-1	O	$(\sqrt{15}/2)\sin(2\theta)\sin\phi\cos^2\phi$	$\sqrt{3}/\sqrt{5}$
	3,3,1	P	$(\sqrt{5}/8)\cos(3\theta)\cos^3\phi$	$\sqrt{5}/5$
	3,3,-1	Q	$(\sqrt{5}/8)\sin(3\theta)\cos^3\phi$	$\sqrt{5}/5$

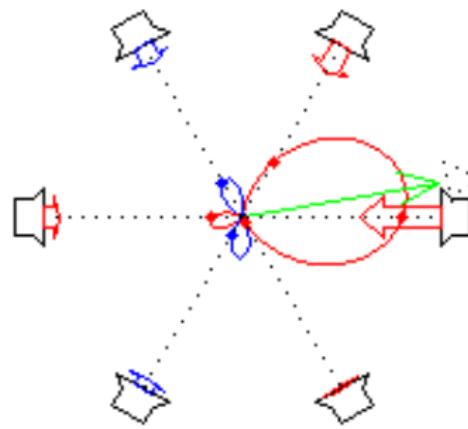
Ambisonics

Workflow



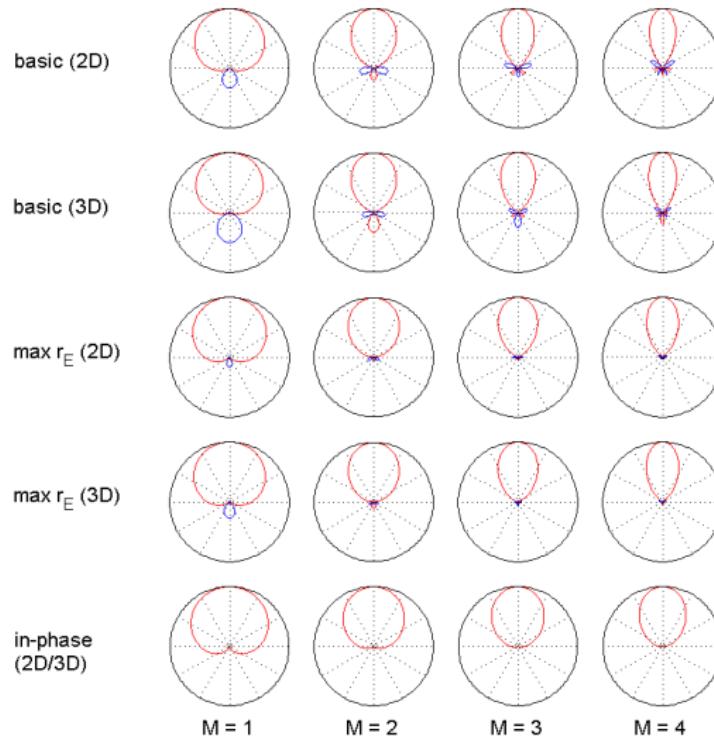
Ambisonics

Decodificación



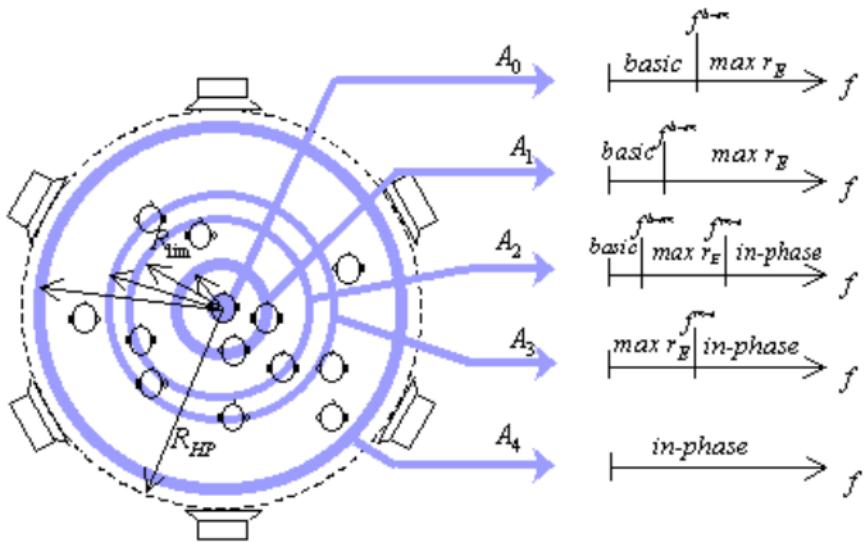
Ambisonics

Decodificación



Ambisonics

Decodificación



Outline

Introducción

Presentación

Contexto

Escucha espacial

Fundamentos de localización

HRTF

Síntesis de Sonido 3D

Panning de Amplitud

VBAP

Ambisonics

Wave Field Synthesis

Binaural

Transaural

Sumario

Aplicaciones

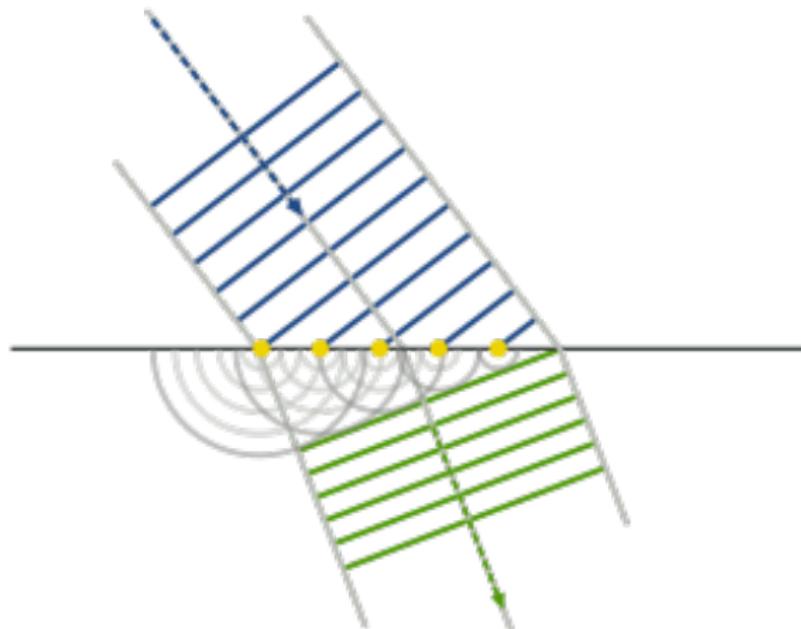
Realidad Virtual

Sonido Immersivo

Separación de Fuentes

Wave Field Synthesis

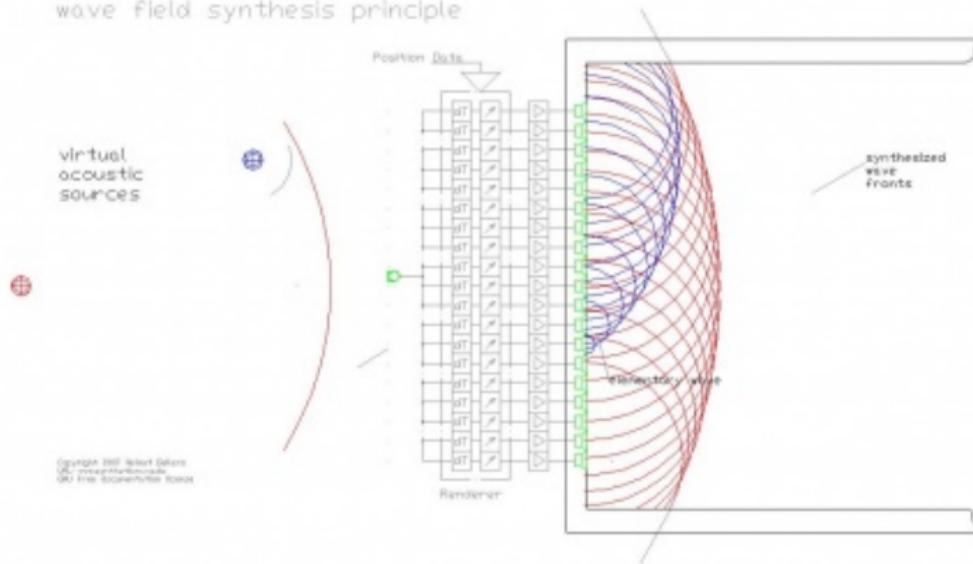
Principio de Huygens



Wave Field Synthesis

Wave Field Synthesis

wave field synthesis principle



Copyright 2007 Albert Gellersen
Gesellschaft für Informatik e.V.
Gesellschaft für Informatik e.V.

Wave Field Synthesis

Game of Life



Outline

Introducción

Presentación

Contexto

Escucha espacial

Fundamentos de localización

HRTF

Síntesis de Sonido 3D

Panning de Amplitud

VBAP

Ambisonics

Wave Field Synthesis

Binaural

Transaural

Sumario

Aplicaciones

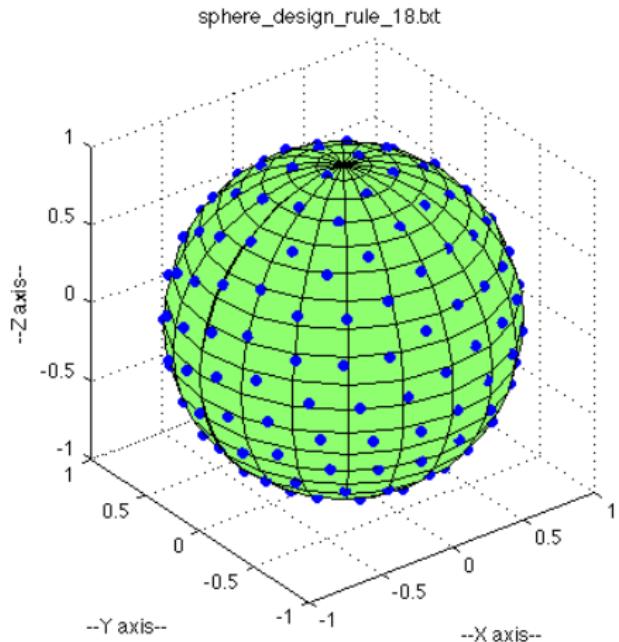
Realidad Virtual

Sonido Immersivo

Separación de Fuentes

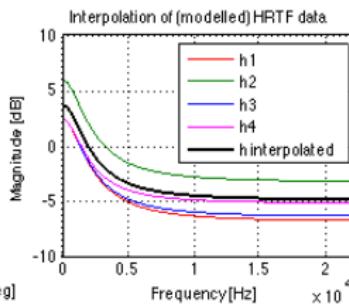
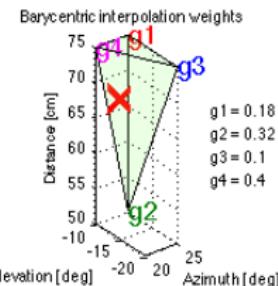
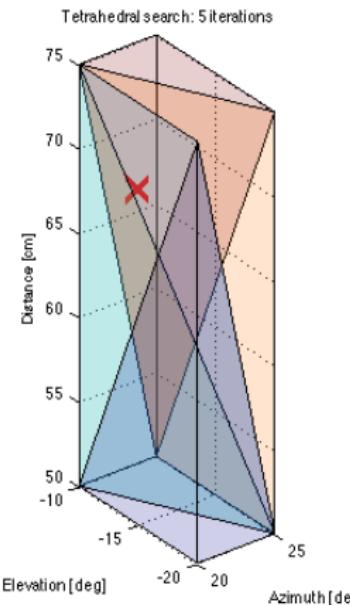
Binaural

Muestreo de la esfera



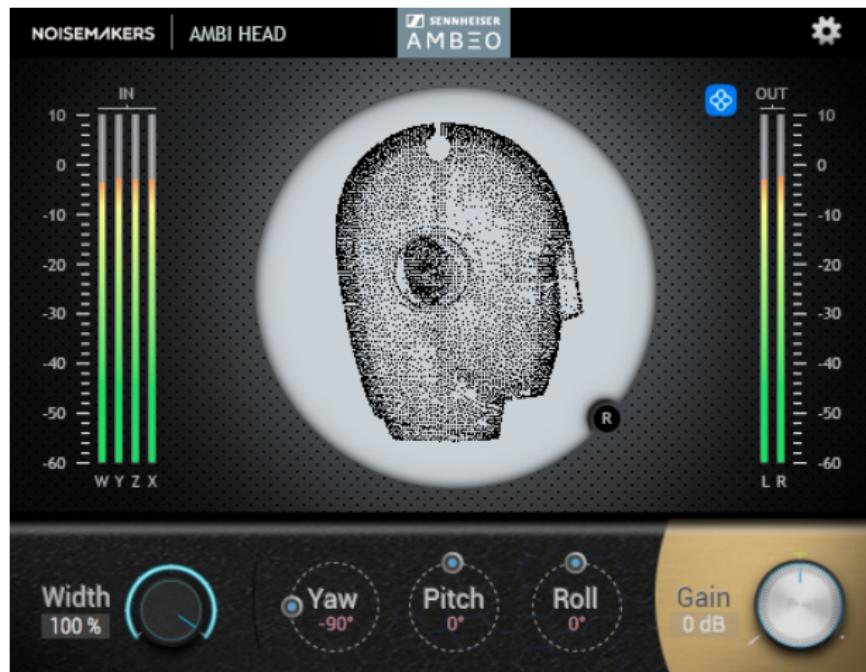
Binaural

Interpolación de HRTFs



Binaural

Ambisonics - Binaural



Outline

Introducción

Presentación

Contexto

Escucha espacial

Fundamentos de localización

HRTF

Síntesis de Sonido 3D

Panning de Amplitud

VBAP

Ambisonics

Wave Field Synthesis

Binaural

Transaural

Sumario

Aplicaciones

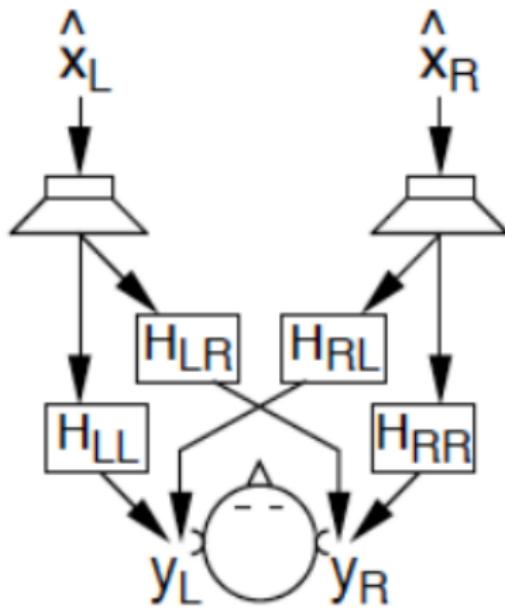
Realidad Virtual

Sonido Immersivo

Separación de Fuentes

Transaural

Binaural sobre altavoces



Transaural

Binaural sobre altavoces

$$\mathbf{e} = \mathbf{H}\mathbf{Cx} \quad (5)$$

$$\mathbf{C} = \mathbf{H}^{-1} = \frac{1}{D} \begin{bmatrix} H_{RR} & -H_{RL} \\ -H_{LR} & H_{LL} \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$D = H_{LL}H_{RR} - H_{LR}H_{RL} \quad (7)$$

Outline

Introducción

Presentación

Contexto

Escucha espacial

Fundamentos de localización

HRTF

Síntesis de Sonido 3D

Panning de Amplitud

VBAP

Ambisonics

Wave Field Synthesis

Binaural

Transaural

Sumario

Aplicaciones

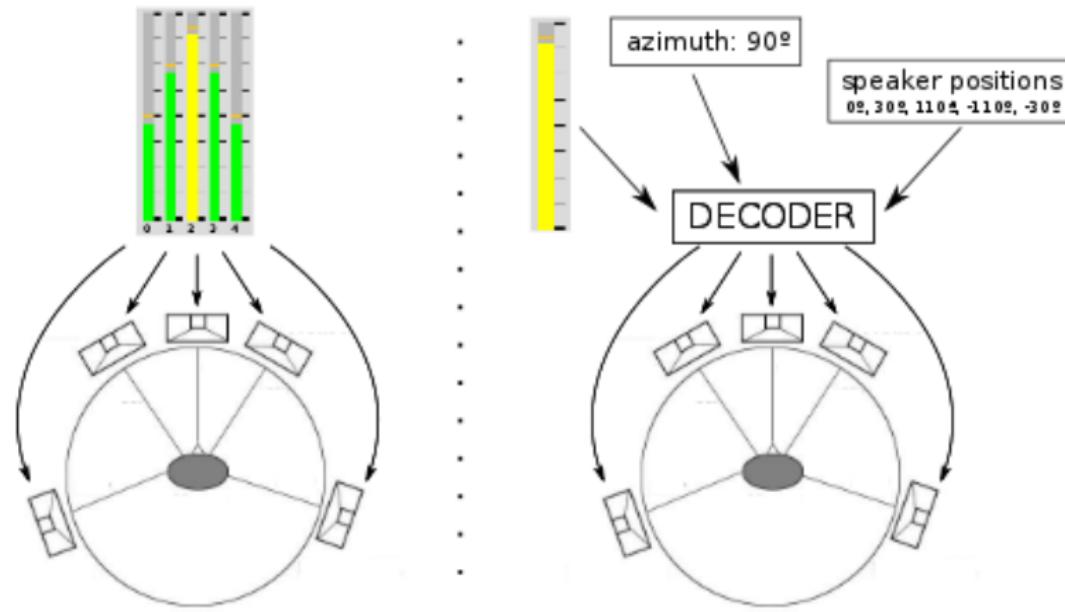
Realidad Virtual

Sonido Immersivo

Separación de Fuentes

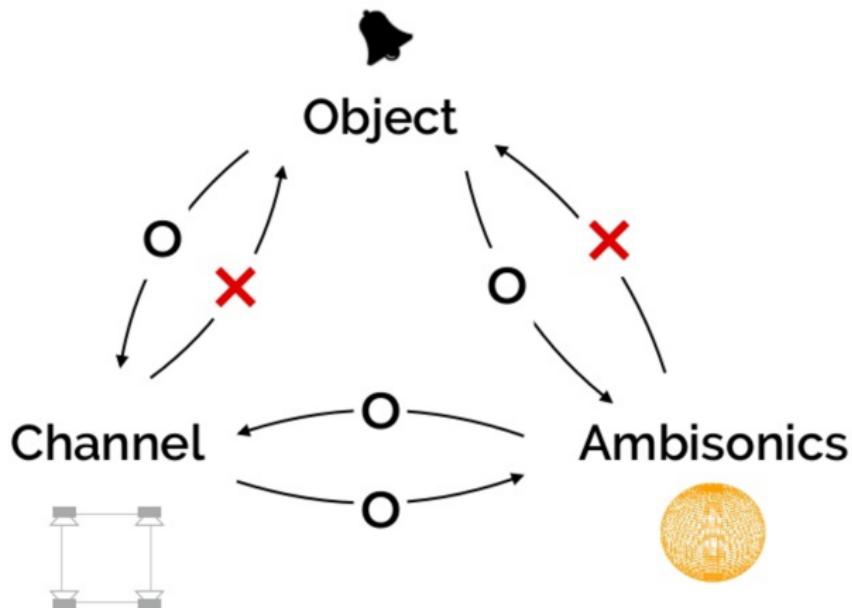
Sumario

Channel-Based vs. Object-Based



Sumario

Tipología de Formatos Espaciales



Comparación

VBAP

- + Simple
- + Sweet Spot grande
- Tamaño de fuente variable
- Carga computacional (búsqueda de triángulos)

Comparación

Ambisonics

- + Representación intermedia
- + Conversión a binaural
- Orden alto para buen sweet spot y directividad
- Necesidad de decodificación

Comparación

WFS

- + Sweet Spot máximo
- + Sonido dentro del Sweet Spot
- Sólo horizontal
- Carga computacional

Outline

Introducción

Presentación

Contexto

Escucha espacial

Fundamentos de localización

HRTF

Síntesis de Sonido 3D

Panning de Amplitud

VBAP

Ambisonics

Wave Field Synthesis

Binaural

Transaural

Sumario

Aplicaciones

Realidad Virtual

Sonido Immersivo

Separación de Fuentes

Realidad Virtual



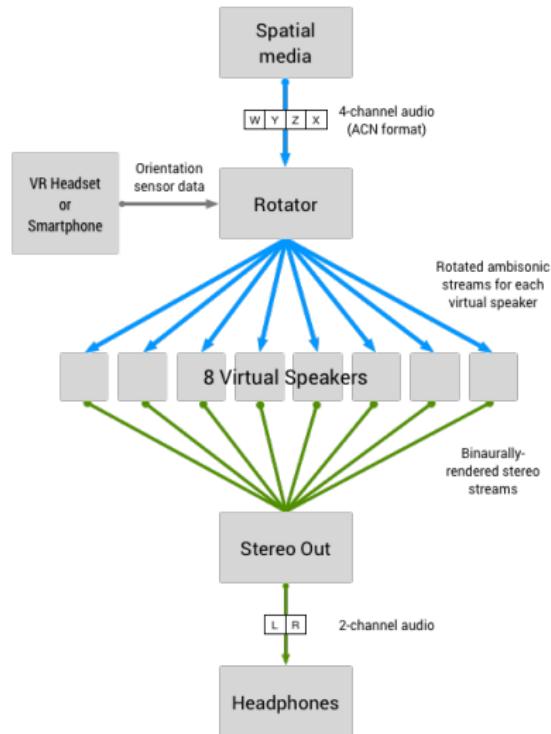
Ambisonics y Realidad Virtual

- ▶ Representación intermedia es channel-based:
 - ▶ Formato consistente
- ▶ Transformaciones geométricas
 - ▶ Directional Loudness
 - ▶ Warping
 - ▶ **Rotación: Head-Tracking**

Realidad Virtual



Realidad Virtual



Outline

Introducción

Presentación

Contexto

Escucha espacial

Fundamentos de localización

HRTF

Síntesis de Sonido 3D

Panning de Amplitud

VBAP

Ambisonics

Wave Field Synthesis

Binaural

Transaural

Sumario

Aplicaciones

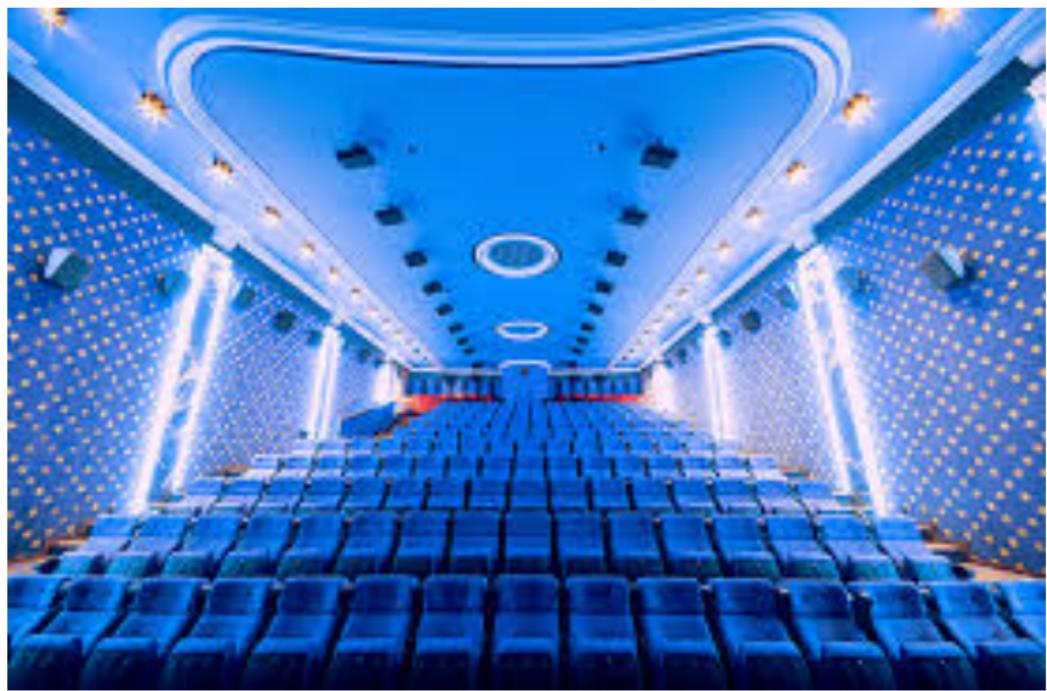
Realidad Virtual

Sonido Immersivo

Separación de Fuentes

Sonido Immersivo

Dolby Atmos



Sonido Immersivo

Sfear Dome



Outline

Introducción

Presentación

Contexto

Escucha espacial

Fundamentos de localización

HRTF

Síntesis de Sonido 3D

Panning de Amplitud

VBAP

Ambisonics

Wave Field Synthesis

Binaural

Transaural

Sumario

Aplicaciones

Realidad Virtual

Sonido Immersivo

Separación de Fuentes

Separación de Fuentes

Efecto Cocktail-Party

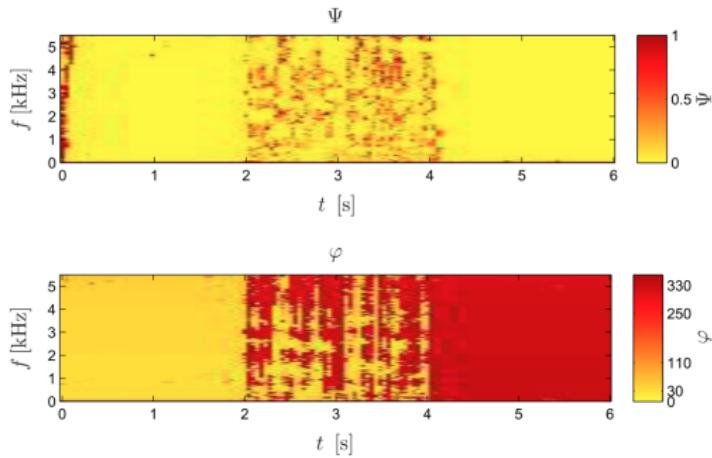


Separación de Fuentes

Análisis del Vector Intensidad

$$\Psi(k, n) = 1 - \frac{\| \langle I_a(k, n) \rangle_t \|}{\langle \| I_a(k, n) \| \rangle_t}$$

$$I_a(k, n) = \frac{1}{2} \Re \left\{ P(k, n) \cdot \overline{U(k, n)} \right\}$$



¡Gracias!
¿Preguntas?