

Práctica 5 - Simulación de Ondas con Mapas de Altura

Duración: 1 Sesión

Objetivos:

- Implementar tres modelos de simulación de ondas basados en mapas de altura: onda radial, onda direccional y onda Gerstner, y probar los modelos con diferentes parámetros.
- Saber calibrar los parámetros de estos modelos para simular algún fenómeno natural.

Entrega: 1 semana después de finalizar la práctica. Se debe entregar el código y una memoria/documento donde se expliquen y se muestren los resultados obtenidos.

Introducción

Una de las técnicas básicas para la simulación de olas es utilizar una estructura de datos gráfica llamada *mapa de alturas*. Un mapa de alturas consiste en un conjunto de puntos con 3 coordenadas (x, y, z) distribuidos homogéneamente en un plano (por ejemplo, en una sección del plano XZ). Con esta disposición, las coordenadas x, z de los puntos del plano permanecerán constantes en dicho plano (o bien pueden variar ligeramente en una zona local en torno a la posición inicial o de reposo), mientras que la coordenada que representa la altura (y) estará sometida a variaciones en su valor que son producidas por una función periódica (o una combinación de varias), generalmente de tipo trigonométrico (seno, coseno).

En clase se han estudiado tres tipos de ondas, que se deberán implementar en esta práctica:

· **Onda radial:** la perturbación parte de un foco y se propaga en todas direcciones (ver Figura 1).

· **Onda direccional:** a diferencia de la anterior, este tipo de onda se propaga solamente en una dirección específica (ver Figura 2).

· **Onda Gerstner:** es una modificación de la onda direccional que pretende evitar que las crestas de las ondas sean demasiado redondeadas y perfectas, puesto que las ondas direccionales dan una sensación artificial. Para ello, la onda Gerstner posee un parámetro para controlar lo puntiaguda/rizada que es la cresta de la ola. A diferencia de los anteriores tipos, en estas ondas se modifican también las coordenadas (x, z) que no representan la altura del mapa (ver Figura 3), con el objetivo de hacer que las crestas de las olas sean menos

suaves (ver Figura 4). Es habitual combinar varias de estas olas para generar efectos como el mar de fondo y el rizado propio de los días de fuerte viento.

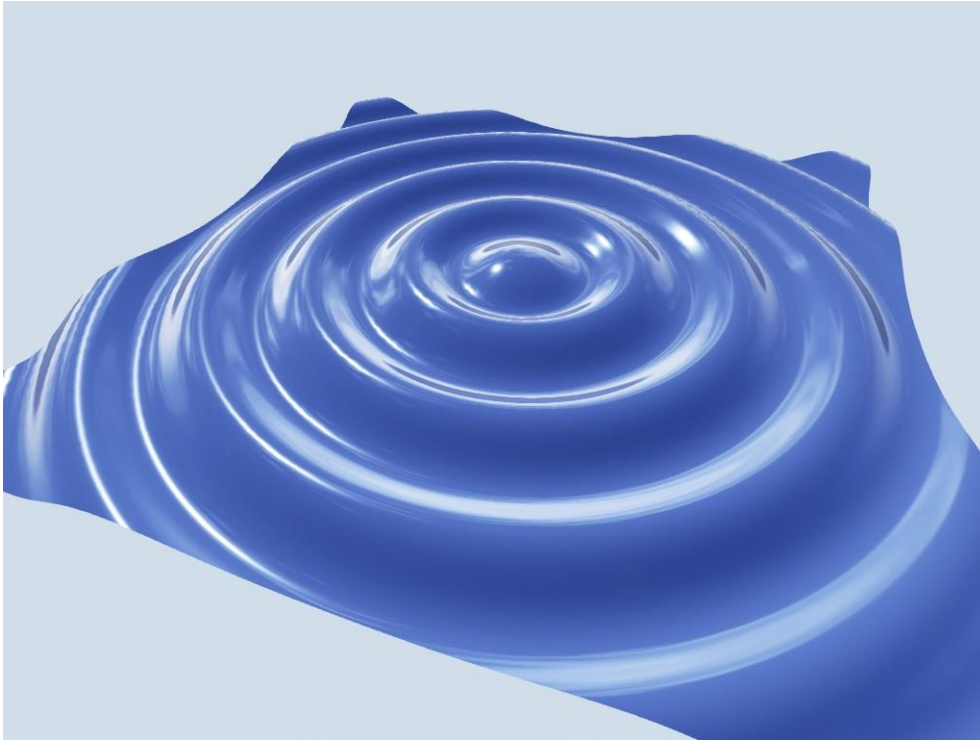


Figura 1. Mapa de altura simulando una onda radial.

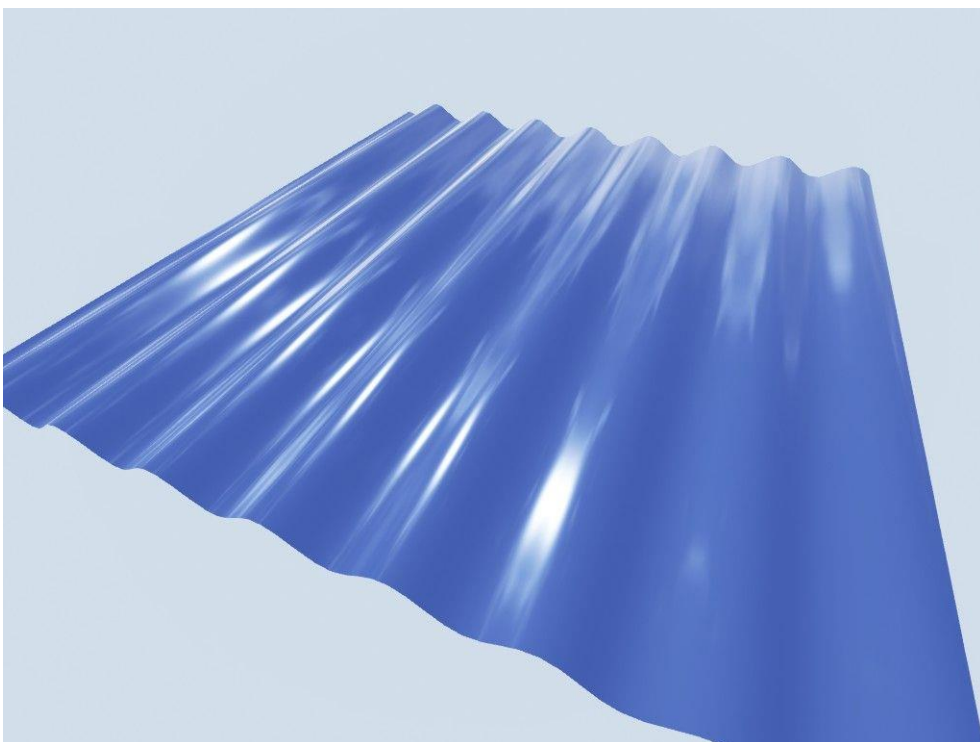


Figura 2. Mapa de altura simulando una onda direccional.

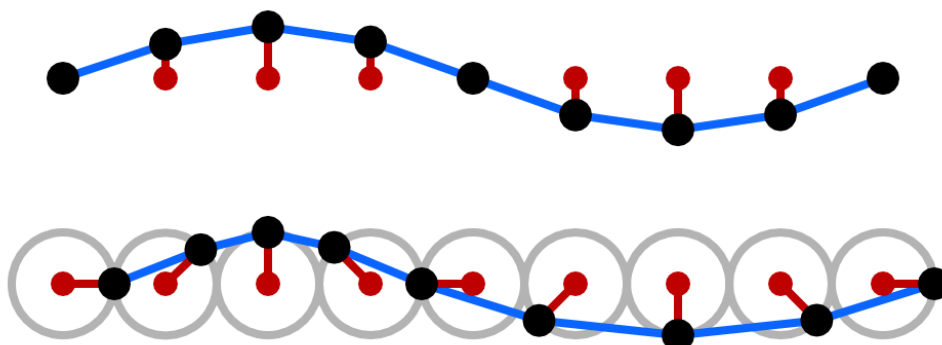


Figura 3. Funcionamiento (en 2 dimensiones) de una onda Gerstner (abajo) en comparación con una onda sinusoidal convencional (arriba). Se puede observar que en la onda sinusoidal sólo se modifica la altura, pero en la onda Gerstner también se modifica la otra componente, de modo que la cresta se hace más puntiaguda.

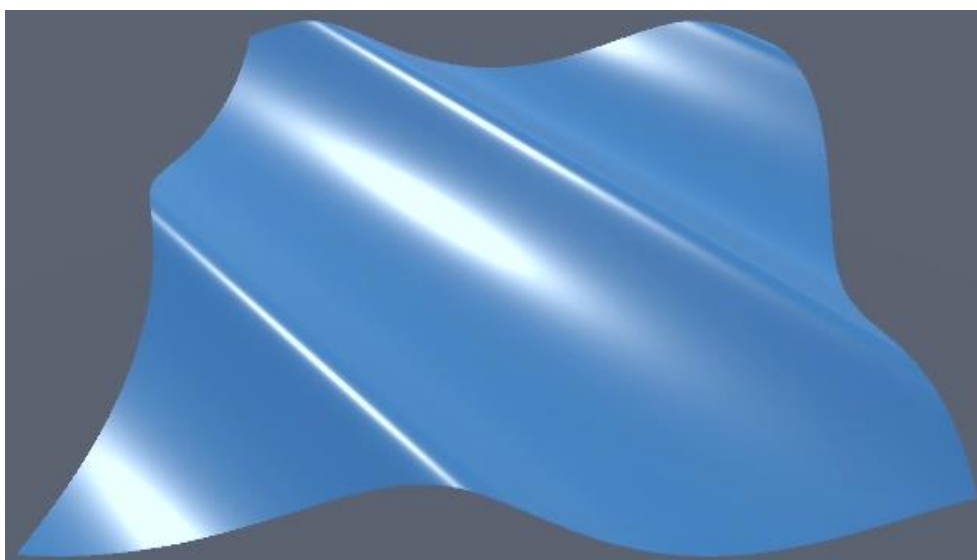


Figura 4. Mapa de altura simulando una onda Gerstner.

Primera Parte – Desarrollo de los Modelos de Deformación y Pruebas Funcionales

En esta primera parte se deben desarrollar las estructuras de datos y el código necesario para simular los tres tipos de ondas que se piden en esta práctica. El programa debe contener tres ficheros:

- **Fichero *HeightMap*:** contiene la clase *HeightMap* con la malla de puntos (que representa el mapa de altura) y la función para dibujar la malla.
- **Fichero *Wave*:** implementa los tres tipos de ondas. Se puede implementar de dos maneras: (a) como una única clase (*Wave*) con varias funciones o (b) con tres clases (*RadialWave*, *DirectionalWave* y *GerstnerWave*) que deriven de una cuarta clase base (*Wave*). Se

recomienda utilizar la aproximación (b) puesto que está mejor estructurada.

· **Programa principal**, que instancia los objetos pertinentes y controla la simulación. Deberéis usar la librería *PeasyCam* (usada ya en la práctica 4) de Processing para establecer interactivamente el punto de vista de la escena. Este programa principal debe permitir, al menos, crear cada uno de los tres tipos de ondas y modificar interactivamente sus parámetros. También debe poderse alternar entre visualización *wireframe* y visualización con textura.

Segunda Parte – Simulación de un Escenario Real

A partir de las clases implementadas en el código de la primera parte, se propone que generéis una simulación de algún fenómeno natural mediante ondas.

Esta parte es libre, pero es importante que se use alguno de los tres métodos de simulación ondas implementados en la primera parte.

Nota importante: en esta segunda parte deberéis usar necesariamente el código (las clases, no el programa principal) implementado en la primera parte, y debe proporcionarse un programa principal separado del que se solicita en la primera parte.

Entrega

Se deberá entregar el código y una memoria en la que, en primer lugar, se explique y se muestre visualmente la solución implementada en la primera parte de la práctica y, en segundo lugar, se explique cómo se han instanciado y parametrizado las ondas implementadas en la primera parte para realizar la simulación del escenario real que hayáis escogido en la segunda parte de la práctica.

Se deben incluir en la memoria enlaces a videos que ilustren la simulación, tanto de la primera como de la segunda parte de la práctica. Es recomendable que estos videos incluyan alguna explicación. Se valorará tanto la **complejidad** de la simulación escogida como la **calidad** del resultado.

Apéndice A – Ecuaciones (suponiendo el mapa sobre el plano XZ)

Onda Radial:

$$W(x, z, t) = A \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}(s - v_p t)\right)$$

donde:

- A es la amplitud de la onda (m)
- λ es la longitud de la onda (m)
- v_p es la velocidad de propagación de la onda (m/s)
- s es la distancia al centro de la onda (m)
- $s = \sqrt{(x - x_c)^2 + (z - z_c)^2}$
- (x_c, z_c) es el centro de la onda (m)

Onda Direccional:

$$W(x, z, t) = A \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}\left(\vec{d} \cdot \overrightarrow{(x, z)} + v_p t\right)\right)$$

donde:

- \vec{d} es el vector (normalizado) que representa la dirección de propagación.

Onda Gerstner:

$$W(x, z, t) = \begin{bmatrix} QAd_x \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}\left(\vec{d} \cdot \overrightarrow{(x, z)} + v_p t\right)\right) \\ A \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}\left(\vec{d} \cdot \overrightarrow{(x, z)} + v_p t\right)\right) \\ QAd_z \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}\left(\vec{d} \cdot \overrightarrow{(x, z)} + v_p t\right)\right) \end{bmatrix}$$

donde:

- Q es el factor que controla la inclinación de la cresta de la onda.

Otros parámetros habituales y sus equivalencias:

$$f = 1/T$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi/T$$

$$k = 2\pi/\lambda$$

$$v_p = \lambda/T = \omega/k$$

$$\omega = kv_p$$

donde:

- T es el periodo
- f es la frecuencia
- ω es la frecuencia angular
- k es el número de onda

Apéndice B – Sugerencias

Algunas sugerencias (de menor a mayor complejidad) para la segunda parte de la práctica:

- Simular la interferencia entre varias ondas radiales generadas desde distintos focos.
- Simular el mar mediante un conjunto apropiado de ondas Gerstner.
- Simular un tsunami con ondas direccionales o Gerstner teniendo en cuenta la profundidad del mar.
- Simular el mar mediante un conjunto de ondas Gerstner, añadiendo objetos flotando sobre él.
- Simular la caída de gotas de lluvia sobre una superficie de agua mediante ondas radiales con atenuación correctamente temporizada.
- Simular el efecto de la reflexión de ondas sobre paredes.
- Simular el efecto de la difracción de ondas radiales.
- Simular el experimento de la doble rendija.

Algunos videos útiles:

<https://www.youtube.com/watch?v=WRMhFUoPXyQ>

<https://www.youtube.com/watch?v=SlwZzbGh7Cw>

<https://www.youtube.com/watch?v=Jqm4f55soJQ>

https://www.youtube.com/watch?v=muxh_9ni80Y

<https://www.youtube.com/watch?v=trus6OWFCpQ>