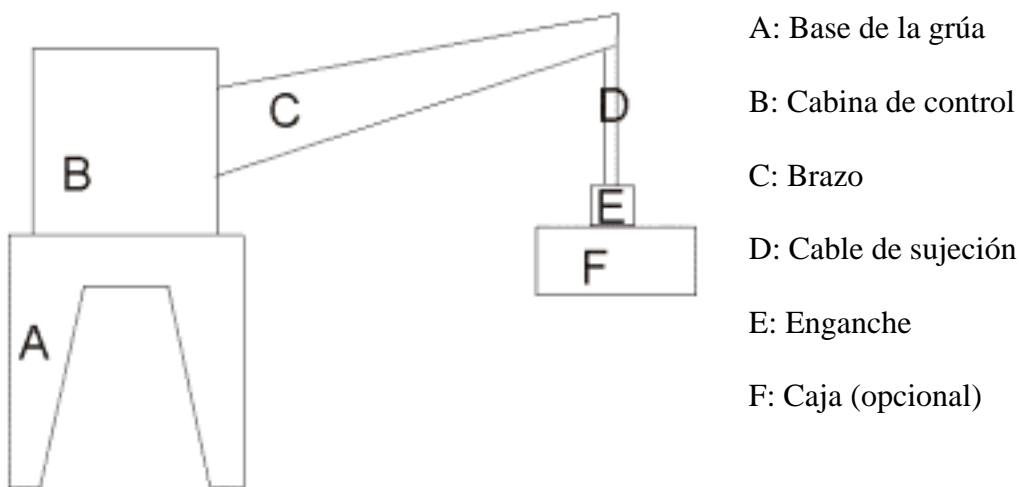


DOCUMENTACIÓN

La miniaplicación que se ha desarrollado dentro de las prácticas de la asignatura ha sido la simulación de un muelle de carga de un puerto. Por eso, al ejecutar el programa se puede apreciar un barco en el que se cargarán cajas, una grúa y un muelle en el que se encuentran los carriles por los que se desplaza la grúa.

Modelo jerárquico

El elemento más complejo de todos los que aparecen en la escena ha sido la grúa, ya que ha sido modelada siguiendo un esquema jerárquico y es el objeto sobre el que interactúa el usuario. A continuación se describe dicho modelo jerárquico junto con un esquema en el que se aprecian las distintas partes de la grúa.



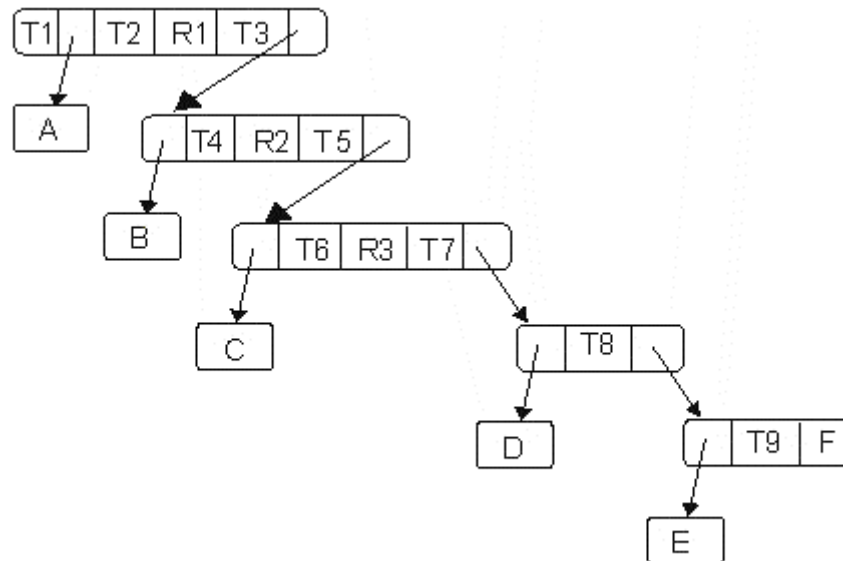
Con motivo de hacer más simple el dibujo de la escena cuando la grúa ha cogido una de las cajas, se ha incluido de manera opcional en el modelado jerárquico de la misma un elemento de tipo caja, el cual es dibujado o no dependiendo del valor de la variable 'cogido'.

El movimiento de las distintas partes es el siguiente:

- La base se mueve en una única dirección a través de los carriles.
- La cabina (y junto a ella el brazo) gira sobre su eje, que está situado en el centro de la base.
- El brazo gira hacia arriba y abajo.
- El enganche de la grúa se desplaza hacia arriba y abajo (el mismo desplazamiento lo sufre la caja (si hay) y el cable, que cambia de tamaño).

Antes de dibujar cada una de las piezas (se dibujan siguiendo el orden marcado por las letras), se realizan las transformaciones geométricas necesarias, que afectan a todos los componentes que se dibujen con posterioridad. Así la rotación del brazo de la grúa provoca cambios que se ven reflejados en el brazo de sujeción y el enganche.

A continuación se muestran el esquema jerárquico y la explicación de las transformaciones:



T1 = Traslación a la posición de la grúa en sus carriles.

T2 = Traslación al centro de la base (eje de rotación de la cabina).

R1 = Rotación de la cabina.

T3 = Traslación a la posición de la cabina.

T4 = Traslación al centro de la cabina (eje de rotación del brazo).

R2 = Rotación del brazo.

T5 = Traslación a la posición del brazo.

T6 = Traslación al extremo del brazo.

R3 = Deshacer la rotación del brazo (necesario para que los siguientes elemento permanezcan perpendiculares al suelo).

T7 = Traslación a la posición del cable.

T8 = Traslación a la posición del enganche.

T9 = Traslación a la posición de la caja.

El dibujo de las partes A, B, C, D y E se realiza en nodos diferentes, ya que además de dibujar la pieza, se llama a la función `gLoadName` para cargar el nombre de la pieza en la pila de nombres (necesario para identificar cada una de ellas cuando el usuario hace clic con el ratón en una parte de la grúa).

Modo de colocación de cajas

Cuando el usuario selecciona esta opción del menú, se cambia a una vista con proyección paralela en la que se observa toda la escena desde arriba. En este momento, se pueden colocar hasta un máximo de 10 cajas en el muelle para luego poder cargarlas en el barco.

La colocación de las cajas se puede hacer haciendo clic con el ratón o bien pulsando y arrastrando el botón izquierdo del mismo. Las coordenadas en las que se coloca la caja se calculan haciendo la inversa de la transformación de visualización, y en este caso se ha optado por usar el mismo método que en la práctica 4, es decir la posición es:

$$((75.0 * x) / \text{viewX} - 2.0 , (75.0 * y) / \text{viewY} - 2.0)$$

Una vez conocida la posición de la caja basta con incluirla en el vector de cajas para que sea dibujada, aunque antes de eso se deben verificar una serie de restricciones:

- Debe situarse en el muelle: Fuera de los límites del mismo no está permitido.
- No se pueden colocar cajas a partir de la posición de los carriles. Así se consigue que la caja no esté ni en los carriles, ni en el barco ni en el agua.
- No puede solapar con ninguna de las cajas ya existentes en el muelle.

Para ver si se cumple esta última restricción hay que ir comprobando si el punto en el que se desea colocar la caja está dentro de los límites de las otras cajas que han sido colocadas antes.

Interacción

Aparte del menú en el que el usuario puede seleccionar las distintas opciones disponibles en el programa, éste puede interactuar con el modelo haciendo uso del ratón, seleccionando distintas partes de la grúa y moviéndolas a su antojo.

Para identificar el elemento seleccionado se usa el método de selección de OpenGL, aunque previamente, y como se indicó en el modelo jerárquico las distintas partes del modelo son etiquetadas antes de dibujarlas. Al estar etiquetadas usamos la función pick igual que se hacía en la práctica 4, aunque con la pequeña variación de que se identifica el elemento más próximo de entre todos los que están en el buffer de selección. Esto se ha hecho usando el código visto en clase de teoría y hace que se consiga una perfecta identificación de las distintas partes de la grúa sobre las que el usuario puede interactuar.

Una vez que se ha identificado el elemento de la grúa basta con almacenar la coordenada x (o y) en la que se ha pulsado el ratón para tenerla de referencia, y entonces cuando se arrastre el ratón calcular el incremento que existe entre las dos posiciones y en función del mismo aumentar o disminuir una variable que nos puede indicar el desplazamiento de la grúa sobre sus carriles o los ángulos de rotación de la cabina y el brazo.

Coger y soltar cajas

Esta parte ha sido la ḿs compleja de todo el proyecto, ya que para ver si se puede coger una caja o no, hay que comprobar que el gancho est́ situado sobre alguna de las cajas que aparecen en la escena. Para ello, es necesario calcular las coordenadas del gancho.

Podŕa pensarse que solamente basta con calcular las coordenadas x y z, ya que la altura a la que se encuentra situado el gancho no es muy relevante. Esto no es aś, ya que se pretende que el gancho baje el solo hasta el suelo o hasta las cajas, y que dependiendo de lo que tenga debajo coja o no una caja.

Para averiguar las coordenadas hay que ir siguiendo las transformaciones geométricas que se le aplican a los distintos elementos de la grúa, con lo que partiendo del punto de inicio (0,0,0) éste se va transformando con las sucesivas transformaciones. Cuando se aplican traslaciones el efecto que sufre la posici3n del enganche es trivial, por lo que el problema viene cuando se realizan rotaciones. La soluci3n por la que se ha optado es la que aparece en el c3digo fuente dentro de la funci3n `grua_puerto`, y que se basa en sumarle a la posici3n inicial del enganche un incremento que depende de los ángulos de rotaci3n de la cabina y de la base.

Dicho incremento ha sido calculado de la siguiente forma en el caso de la rotaci3n del brazo: Se han sumado todas las traslaciones que son realizadas en x e y despu3s de dicha rotaci3n (no se ha restado la longitud del cable puesto que no debe ser tenida en cuenta en este caso). Una vez sumado, sabemos las traslaciones que se realizan tras la rotaci3n (xt, yt). A estos valores se les aplican las fórmulas:

$$\begin{aligned} dx &= (xt * \cos(\text{grua.a2})) - (yt * \sin(\text{grua.a2})) - xt; \\ dy &= (xt * \sin(\text{grua.a2})) + (yt * \cos(\text{grua.a2})) - yt; \end{aligned}$$

Con lo que obtenemos el incremento en x e y. Para la rotaci3n de la cabina se sigue un proceso similar pero con las fórmulas de rotaci3n en el eje y. Destacar que este incremento en x e y que se obtiene con la rotaci3n del brazo debe ser tenido en cuenta para calcular los incrementos que se producen con la rotaci3n de la cabina. Esta forma de averiguar las coordenadas del gancho funciona, ya que se ha hecho un seguimiento de las posiciones calculadas y coinciden al 100% con la posici3n del enganche de la grúa a pesar de que se realicen o no rotaciones.

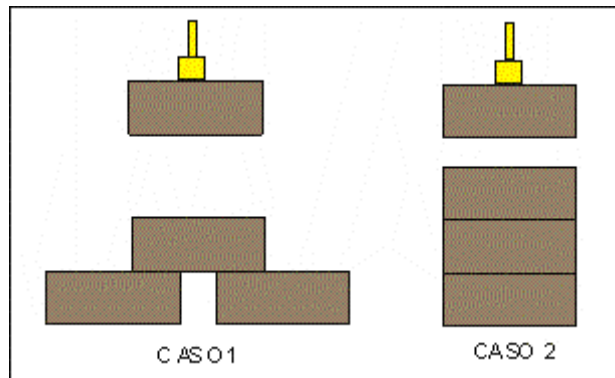
Una vez conocidas las coordenadas del gancho, se verifica que el mismo est́ en una zona en la que puede descender y si es aś, busca si hay alguna caja debajo suya. Una vez determinada si hay una caja debajo o no, se usa la funci3n de evoluci3n para realizar el movimiento del enganche. Con variables se controla el inicio de la animaci3n, el movimiento del gancho (ascendente o descendente), si debe coger o no una caja, etc.

Hay veces que por problemas de redondeo y de estimaci3n, a pesar de que el enganche se encuentre situado sobre una caja, al intentar cogerla descende el enganche, pero sube “de vací3”. Esto es aś porque a pesar de que se conoce uno de los puntos de referencia del gancho, los deḿs son estimados. No obstante, si se colocan las 10 cajas en la escena, a lo sumo una puede ser que no se coja.

La parte de soltar cajas sigue una mecánica parecida, ya que una vez que se ha determinado que se va a dejar la caja en la zona de carga del barco, se buscan las cajas que hay debajo suya y se determina el nivel máximo de ellas. El nivel sería el número de cajas que están apiladas calculado de la siguiente forma:

$$\text{nivel} = 1 + ((\text{cajas}[i].y - \text{barco}.y) / 3);$$

Este nivel calculado de esta forma sirve para conocer la altura a la que se debe apilar la caja, ya que no basta solamente con contar el número de cajas que hay debajo, porque esto puede inducir al siguiente error:



Como se puede ver en la imagen, en los dos casos debajo de la caja que tiene la grúa se encuentran 3 cajas, aunque en el primero se debe situar a un nivel de 3 y en el segundo caso a un nivel de 4. Por este motivo, antes de soltar la caja se averigua el máximo nivel de las cajas que hay debajo, porque si nos limitásemos a contar el número de cajas, el resultado sería erróneo.

La función de evolución del modelo, que se llama como función de fondo es la que se encarga, como ya se ha dicho antes de realizar los movimientos del enganche, determina la altura a la que debe bajar el mismo, y también se encarga de que se suba el gancho. Todo ello indicado por una serie de variables que se encuentran comentadas en el código fuente.

Estructuras de datos utilizadas

Aparte de las variables empleadas para controlar el estado del movimiento, guardar la posición del enganche, etc. hay tres estructuras básicas:

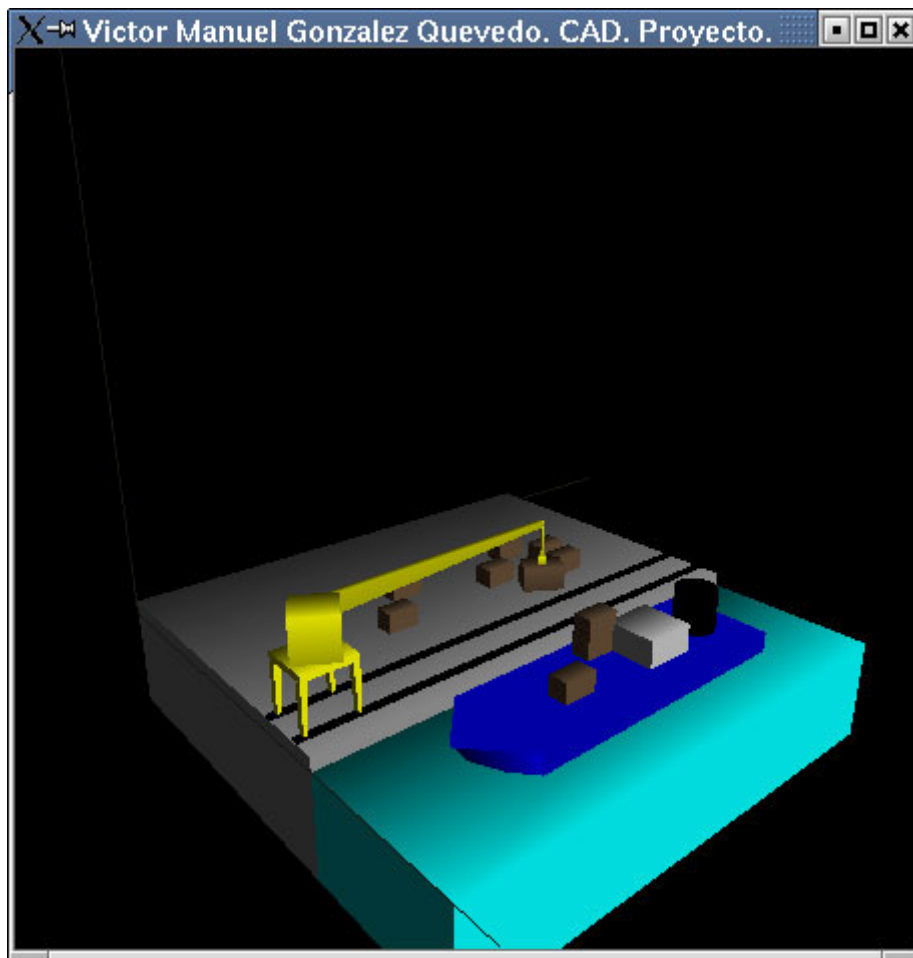
- ESCENA: Describe elementos de la escena como el agua, el puerto y el barco, almacenando su posición, sus dimensiones y su color.
- CAJA: Describe las cajas a partir de su posición, ya que todas tienen el mismo tamaño y color.
- GRUA: Almacena las variables que nos determinan la posición de la grúa: Posición sobre los carriles, ángulos de rotación y longitud del cable.

Manual de usuario

El funcionamiento de la aplicación es bastante simple, aunque a continuación se van a indicar los pasos a seguir para la prueba de la misma.

1. Una vez ejecutada la aplicación, aunque se puede comenzar a interactuar con la grúa, se recomienda que primero y mediante la opción del menú dispuesta para ello, se coloquen unas cuantas cajas en la escena.
2. Una vez colocadas las cajas, se puede volver a la escena mediante la opción Modelo del menú y mover las distintas partes de la grúa (base, cabina y brazo) situar el enganche sobre la caja deseada.
3. Usar la opción del menú de coger cajas hasta que la grúa levante una caja.
4. Si la grúa no levanta la caja, corregir su posición hasta que pueda levantarla.
5. Dejar mediante la opción Soltar cajas del menú la caja en el barco, se pueden apilar una sobre otras si se desea.

En cualquier momento (excepto durante la colocación de cajas) se puede hacer zoom en la ventana, desplazar la cámara, etc tal y como se explica en la ayuda en pantalla.



Cuando la cámara está como en la imagen de arriba, la base y la cabina se mueven seleccionándolas y arrastrando el ratón hacia la izquierda y la derecha, mientras que el brazo se mueve hacia arriba y abajo.