

La esfera de navegación en el BioVisualizador

Franklin Hernández-Castro; Jorge Monge-Fallas.

Abstract:

El problema de la navegación en espacios tridimensionales ha sido un problema que ha acompañado al hombre desde que fue posible navegar en ellos. En el espacio virtual tridimensional, este problema se vuelve más complejo al aumentar el tamaño del espacio de interés y por lo tanto la cantidad de datos en el mismo. Este artículo pretende dar una opción de navegación que minimiza la desorientación sin perder navegabilidad.

Palabras claves:

Navegación, hiper-espacio, conetrees

1. Introducción

Los seres humanos tienen una capacidad restringida de pensamiento en tres dimensiones. El proceso evolutivo no preparó a los Sapiens Sapiens en estas solicitudes del contexto. Basta comparar la capacidad de vuelo preciso de un águila al atacar un conejo o de un cardume de chacalotes al cazar sardinas para entender que algunos animales poseen una capacidad de navegación tridimensional muy superior a los humanos.

En realidad los seres humanos viven en la superficie de la tierra, ergo en un plano, y por eso lo más que se mueven (en estado natural) en las tres dimensiones es un par de metros (para alcanzar una fruta quizás).

Hasta hace poco la mayoría de las interfases de usuario eran basadas en paradigmas bidimensionales. Aun las interfases gráficas, como OS X o Windows, se basan casi exclusivamente en paradigmas en dos dimensiones. El hecho de que sea posible traslapar ventanas y documentos, recuerda la pequeña capacidad de los humanos para trabajar en tres dimensiones, es decir una interfase gráfica convencional es tridimensional, no obstante su profundidad en el eje z es de "apenas unos milímetros" en la imaginación del usuario.

Naturalmente esto fue también un resultado de la gran capacidad de cálculo necesaria para graficar verdaderos sistemas tridimensionales en las interfases, sin embargo, la idea general de tener una interfase 3D como espacio de trabajo, ha estado desde el principio en la mesa de discusiones [Robertson, Card & Mackinlay].

En el momento en que las primeras interpretaciones de espacios tridimensionales aparecen [Lieberman], aparecen con ellas los problemas de navegación y en cuanto el espacio crece la posibilidad de desorientarse crece en forma exponencial.

Muchos han propuesto [Card & Mackinlay] sistemas de representación de grandes cantidades de datos en espacios tridimensionales. Redes complejas como la Webtracer [Mackern] parece una opción lógica para representar datos relacionados de una forma intuitiva y natural, sin embargo, tan pronto aparecieron las representaciones de datos en espacios tridimensionales apareció también el problema de orientación en estos espacios, conocido como “perdidos en el hiperespacio” [Edwards & Hardman], parafraseando la famosa serie de los años sesenta.

El problema nace en el hecho de que, si bien es cierto, es natural e intuitivo leer relaciones en redes tridimensionales, no es igual de intuitivo navegar en ellas.

En el caso del BioVisualizador, grandes cantidades de datos organizadas en forma jerárquica son desplegados usando el paradigma de ConeTrees [Mackinlay, Card & Robertson]. En este paradigma cada nodo representa el punto superior de un cono en cuyo manto se distribuyen los nodos-hijos de éste (ver figura 1).

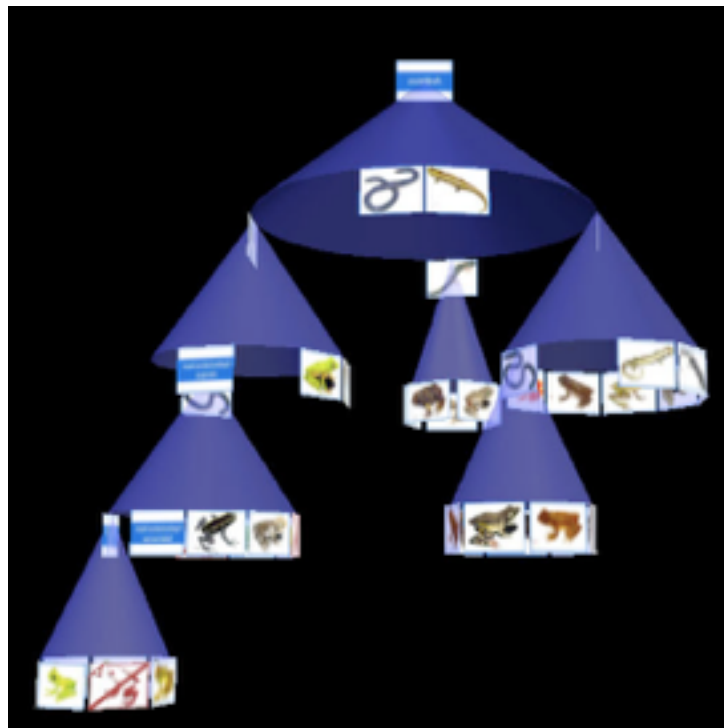


Figura 1. Organización de datos según el paradigma de ConeTree

Al aumentar la cantidad de datos que se desean representar con este paradigma, el problema de la desorientación aparece.

En el caso del BioVisualizador, se decidió restringir la navegación con un nuevo paradigma esférico que se detalla a continuación.

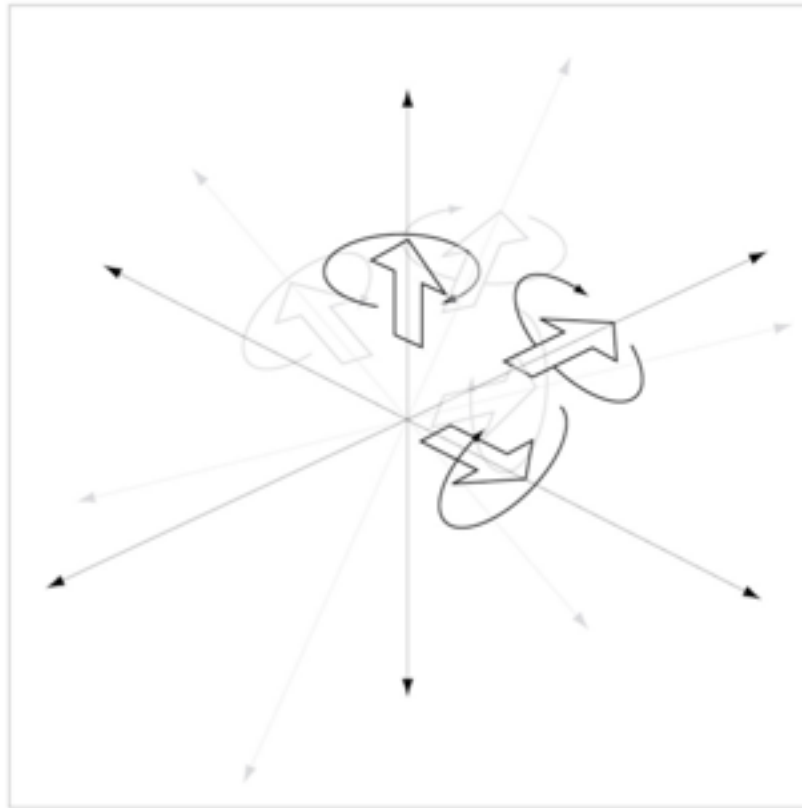


Figura 2. Los tres ejes significan también tres posibilidades de giro en el espacio tridimensional.

2. El bioVisualizador

El BioVisualizador es un sistema de visualización de la información desarrollado en la Escuela de Computación del Instituto Tecnológico de Costa Rica, como proyecto de graduación de la Maestría en Ciencias de la Computación de los autores Franklin Hernández-Castro y Jorge Monge-Fallas, guiado por el Doctor en Informática Erick Mata Montero.

El proyecto consiste en la visualización de grandes cantidades de información jerarquizada. Desarrollado en conjunto con el Centro Nacional de Biodiversidad de Costa Rica InBio, el proyecto tiene como primer objetivo visualizar en forma eficiente las categorías taxonómicas de algunas de las especies clasificadas en ese centro de investigación.

El proyecto toma como paradigma de visualización los ConeTrees [Mackinlay, Card & Robertson] y grafica la información taxonómica (reino, filo, clase, orden, familia, especie y espécimen, por ejemplo) en forma de conos en los que se puede leer fácilmente las relaciones entre los distintos seres vivos.



Figura 3. Interfase del Biovisualizador

Además el sistema ofrece la posibilidad de consultar información en tres niveles:

1. A través de la navegación simple, consultando los nombres y las imágenes de los especímenes
2. A través de cédulas de información que son disponibles en un plano virtual previo a las estructuras tridimensionales
3. A través de consultas más profundas conectando el visualizador a la Internet y haciendo consultas a través de el mismo sistema.

3. El paradigma de la navegación esférica

El problema conocido como “perdidos en el hiper-espacio” radica en la complejidad de navegar en un espacio que tienen tres dimensiones y por tanto también tres ejes de giro. Así, en un sistema de “vuelo” normal se conocen los giros alabeo, dirección o guiñado y cabeceo (ver figura 2); los tres giros juntos definen el nuevo vector de dirección sobre el cuál un “nuevo sistema coordenado” se instala. En otras palabras, un usuario normal puede girar en los tres ejes y definir en qué dirección desea avanzar, esta idea se conoce como el vuelo de helicóptero [[Fairchild, Poltrock & Furnas].

Como es fácil imaginar la posibilidad de perderse en un sistema de este tipo es relativamente alta, el usuario normal no está muy familiarizado con este tipo de posibilidades de movimiento, como resultado, no se tiene claro como llegar al lugar donde se desea ir.

Una posible solución al problema es limitar las posibilidades de movimiento, por ejemplo, uno podría simplificar la navegación diciendo que solo es posible girar izquierda-derecha mientras que la navegación vertical se da por niveles. Con esta idea un usuario podría “caminar” por cada plano predefinido en un espacio 3D, como en los pisos de un gran edificio, cuando deseara subir o bajar debería de usar “el elevador”. Esta solución tiene la ventaja de ser más natural para los seres humanos, sin embargo, es posible que un usuario avance demasiado en una dirección dada y pierda de vista la estructura de interés.

Nuestra solución al problema también pasa por limitar los movimientos del usuario pero de otro modo. Partiendo de que siempre existe un centro de interés, se limita la navegación del usuario a la superficie de una esfera cuyo centro se ubica en este punto de interés.

Para llevar a la práctica esta idea hay dos puntos importantes que definir:

1. La posición de la cámara (C_p)
2. El punto al cual apunta la cámara (O_r)

La posición de la cámara está siempre en un punto de la superficie de la esfera de navegación y la misma apunta siempre al centro de la esfera (ver figura 4). De este modo, el observador lo que hace es navegar sobre de la superficie de la esfera girando alrededor del punto de interés.

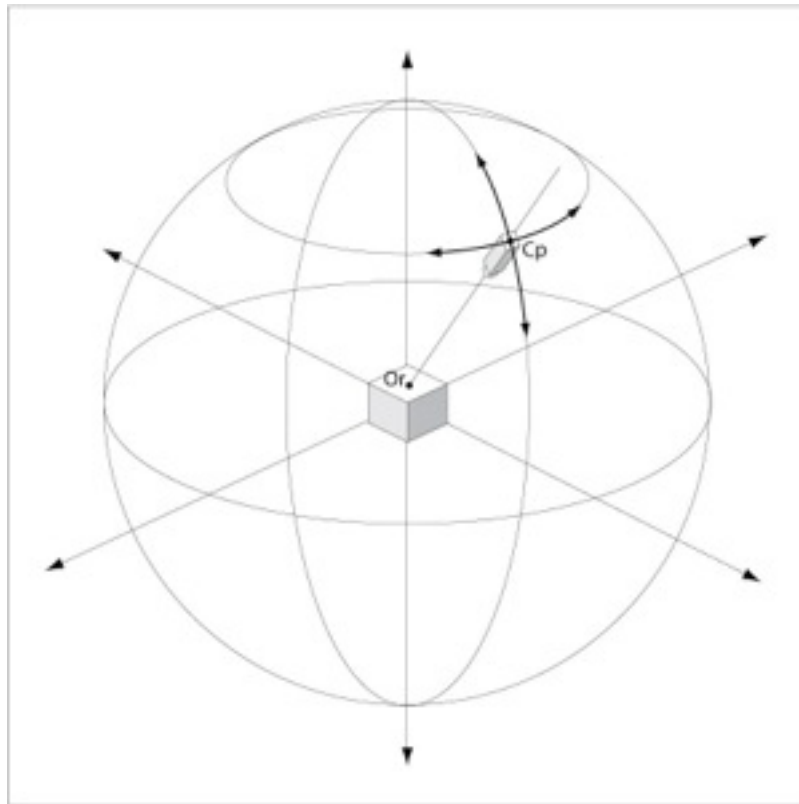


Figura 4. Definición de la esfera de navegación y los puntos de posición y donde apunta la cámara.

La primera necesidad es cubierta, cuando el observador puede sobrevolar todos los ángulos del objeto observado sin perderlo de vista. Esto ocurre de manera transparente e intuitiva al usuario, pues su interés es, en realidad, el de girar el objeto. Así él no se da cuenta que el objeto se mantiene en el mismo sitio y es el punto de vista el que gira alrededor del mismo.

Cuando el observador desea acercarse a algún punto en especial debería de poder hacerlo, la solución a esta necesidad se resolvió a través de la idea de acercamiento con un "zoom". En nuestro paradigma esto significa la variación del radio de la esfera. Así cuando se desea acercarse a un punto en específico el radio de la esfera se reduce y cuando se desea alejarse éste se amplía (ver figura 5).

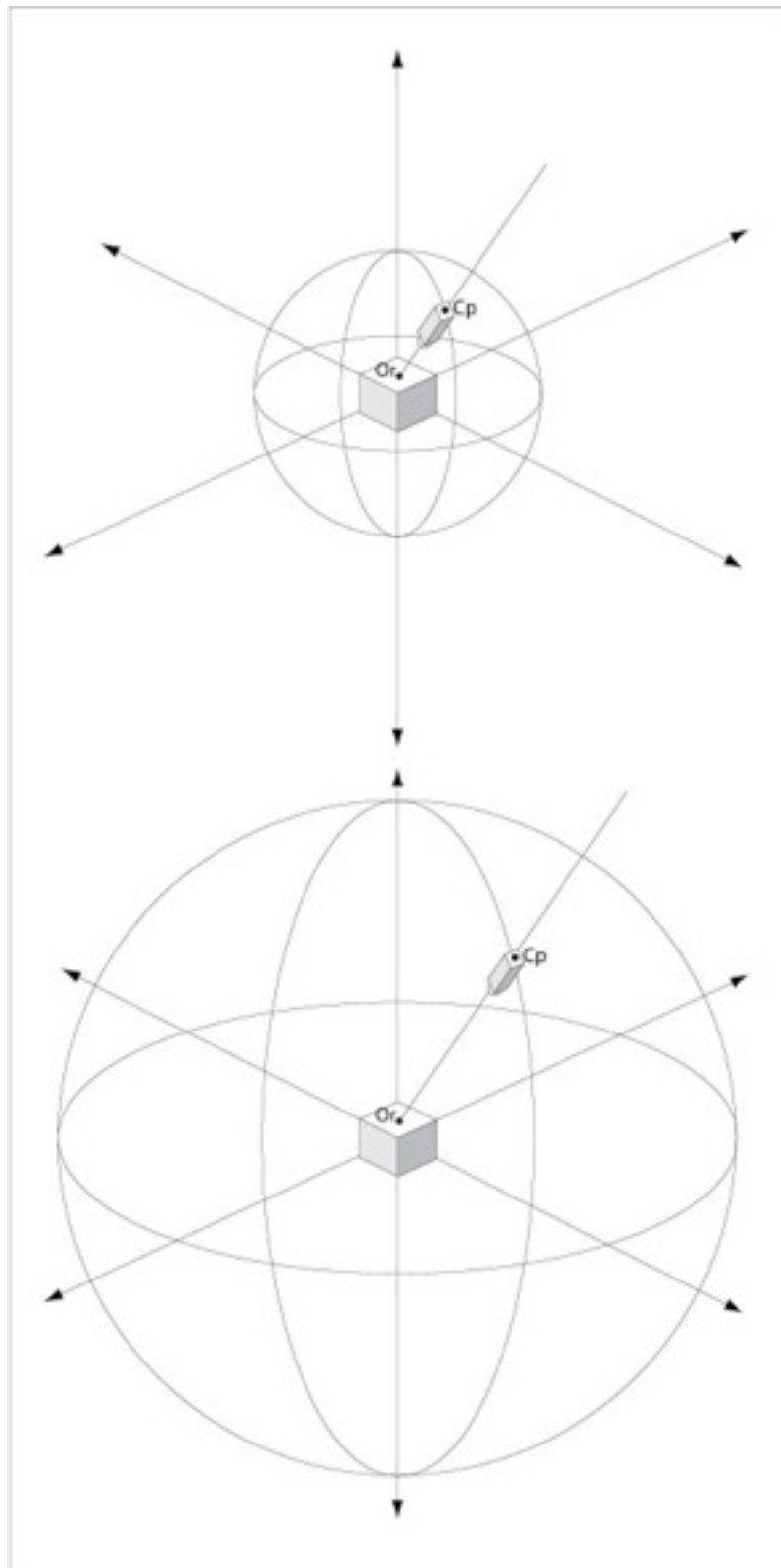


Figura 5. El efecto zoom in y zoom out es implementado en este paradigma cambiando el radio de la esfera.

Aun podría pasar que un observador desee cambiar su altura de observación, este sería un movimiento ascendente o descendente de la cámara. Para continuar con el paradigma de la esfera de navegación, esta idea fue implementada trasladando toda la esfera en el sentido vertical. De este modo la necesidad del paneo vertical se efectúa con la traslación de los puntos C_p y O_r y manteniendo el radio de la esfera en su estado actual.

Nótese que es posible trasladar la cámara (C_p) hacia arriba y hacia abajo sin trasladar el centro de la esfera (O_r , punto donde siempre apunta la cámara) con un ajuste del radio, sin embargo, esto afectaría la navegación intuitiva del paradigma, pues sería claro que es la cámara la que se está trasladando y no el objeto. Con la solución planteada el movimiento de paneo es muy natural y al observador le parece que el objeto observado se mueve hacia arriba y hacia abajo (ver figura 6).

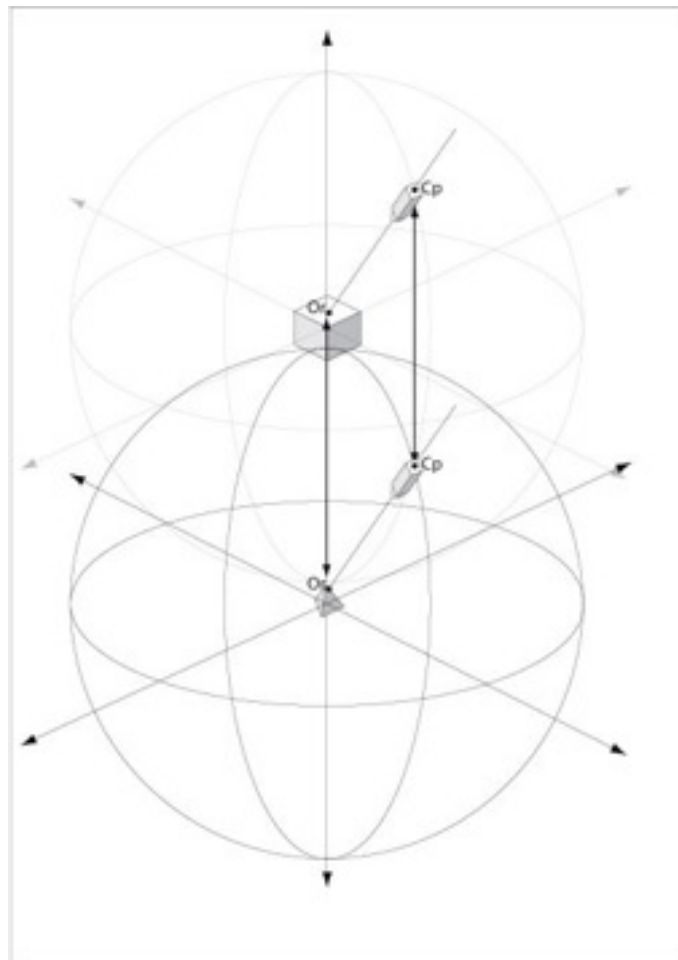


Figura 6. Solución del paneo vertical dentro del paradigma de navegación esférica.

A pesar de que en el BioVisualizador no se hace necesario más movimientos, pues lo que se desea es observar estructuras

jerárquicas, es posible usar la misma estrategia para implementar los paneos horizontales. En este caso, se trasladarían ambos puntos (Cp y Or) en el sentido horizontal de la cámara.

Quedan aun por comentar dos decisiones importantes que se tomaron en la implementación de este concepto, el primero es qué pasaría si la cámara se acerca al centro (acercándose con un *zoon in*) hasta que lo sobrepase y el segundo qué pasaría si el usuario sube o baja la cámara hasta uno de los polos de la esfera y lo sobrepasa.

En el primer caso la situación que se presenta es que el observador se acerca tanto al objeto deseado (sobrepasándolo) de modo que éste queda de espaldas a la cámara. Esta situación no es deseable pues puede presentar desorientación, el observador no sabe ¿qué se hizo el objeto?

Hay tres posibles opciones posibles ante esta situación:

1. El observador continua hacia fuera de la esfera con el objeto detrás de la cámara, o sea, fuera de su campo visual.
2. La cámara gira 180° al llegar al centro de la esfera de modo que se vea cómo se aleja del objeto de nuevo
3. La cámara no puede sobrepasar este punto pues ahí se detiene el movimiento

La primera opción es la que causa la desorientación, en muchos casos el observador pierde su orientación y simplemente el objeto se le pierde de vista, por esta razón se desechó esta opción

En la segunda opción se notó en pruebas implementadas que no es muy natural y que el giro automático de la cámara no se toma como lógico resultado de sobrepasar el centro, sino más bien como un cambio brusco de posición que no deja claro donde se encuentra el observador al final del mismo.

De este modo, se optó por la opción 3, y así, la cámara no puede sobrepasar el punto central de la esfera. Aunque parezca extraño, los usuarios encuentran natural y entienden inmediatamente que ese es un límite y retroceden de forma intuitiva para seguir observando los objetos.

Nuestra segunda decisión importante, como se explicó, es la situación que se presenta cuando un observador al realizar un giro normal hacia arriba o hacia debajo de la esfera sobrepasa uno de los polos. En este caso hay dos posibles opciones.

1. La cámara continúa su movimiento sin ningún cambio, lo que dejaría al objeto cabeza abajo pues la cámara ya estaría en ese momento viajando hacia abajo.
2. La cámara se gira automáticamente haciendo que el objeto se vea siempre en forma normal, esto es, con su lado superior hacia arriba.

Como en la decisión anterior, un giro inesperado de la cámara solo causó desorientación. De pronto el observador no sabe más que pasó y cuál es la posición actual. Así que la decisión más natural fue la de no intervenir y dejar que la cámara siguiera boca-abajo, en este caso, los objetos se ven de este modo indicándole al usuario que sigue girando. El resultado es un movimiento muy fluido e intuitivo que se entiende sin el menor esfuerzo, es decir puede devolverse si se desea, o continuar hasta el próximo polo y volver a la posición normal de la cámara.

3. Implementación

La implementación de este paradigma es relativamente simple. Lo primero que se debe definir son los parámetros relacionados (ver figura 7):

- C_p punto de posición de la cámara (vector $C_p=(C_x,C_y,C_z)$)
- O_r punto a donde apunta de la cámara (vector $O_r=(O_x,O_y,O_z)$)
- R_{mayor} radio de la esfera
- R_{menor} radio del paralelo actual en que se encuentra la cámara
- α ángulo sobre el meridiano donde se encuentra la cámara
- β ángulo sobre el paralelo donde se encuentra la cámara

con estos parámetros definidos, el cálculo de la posición de la cámara se logra por simple trigonometría.

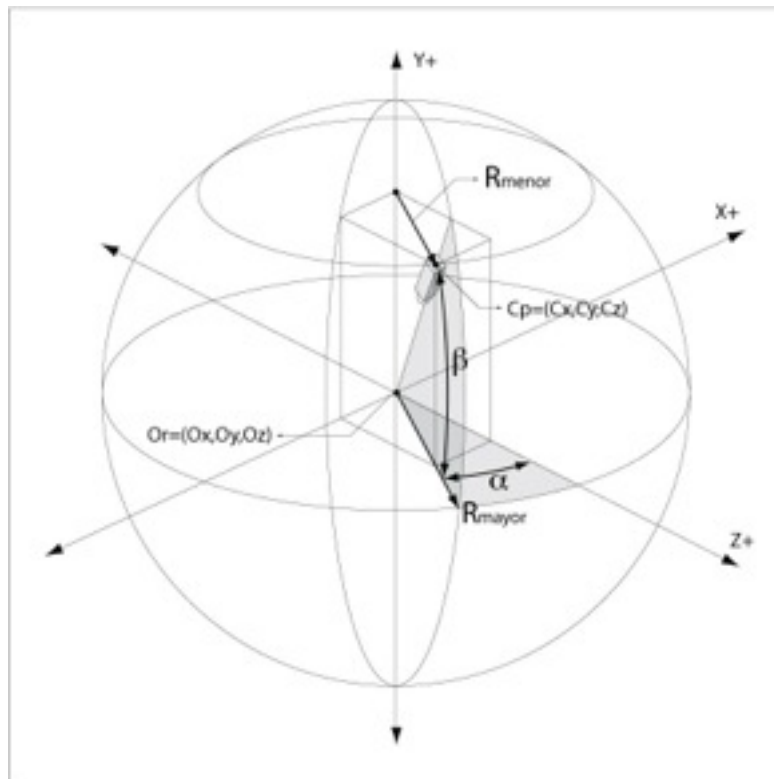


Figura 7. Definición de los parámetros para la implementación.

En el caso del giro alrededor del eje Y^1 (o giro horizontal), naturalmente las variables involucradas serían las coordenadas C_x y C_z de la cámara y su posición varía según el ángulo α . En un primer momento el ángulo se incrementa, se modula y luego se calculan las coordenadas correspondientes, esto es:

¹ La posición de los ejes en la figura fue determinada por la posición de los mismo en el lenguaje de programación Lingo, con el cual se hizo la implementación

$$\alpha = \alpha \pm \Delta_{\text{angular}}$$

$$\alpha = \alpha \bmod (2\pi)$$

$$C_x = R_{\text{mayor}} * \cos(\alpha) + O_x$$

$$C_z = R_{\text{mayor}} * \sin(\alpha) + O_z$$

Naturalmente el incremento de los ángulos debe estar modulado en 2π .

El giro vertical involucra los dos radios y los dos ángulos, en este caso el R_{menor} está en función del R_{mayor} y el ángulo de giro vertical:

$$\beta = \beta \pm \Delta_{\text{angular}}$$

$$\beta = \beta \bmod (2\pi)$$

$$R_{\text{menor}} = R_{\text{mayor}} * \cos(\beta)$$

Y con este radio se definen las coordenadas>

$$C_x = R_{\text{menor}} * \cos(\alpha) + O_x$$

$$C_y = R_{\text{mayor}} * \sin(\beta) + O_y$$

$$C_z = R_{\text{menor}} * \sin(\alpha) + O_z$$

Las operaciones de paneo vertical se realizan con la simple adición de un delta incremental a las variables del origen, las cuales influyen tanto en el punto de posición de la cámara como en el punto donde apunta la misma.

$$C_y = C_y \pm \Delta_{\text{vertical}}$$

$$O_y = O_y \pm \Delta_{\text{vertical}}$$

Las operaciones de *zoom in* y *zoom out* se llevan acabo, como se explicó, mediante el redimensionamiento de los radios. El primer paso a seguir sería redimensionar el radio principal de la esfera de navegación R_{mayor} (sumando o restando un delta predefinido) y consecuentemente, el radio secundario R_{menor} (en el que se encuentra en ese momento la cámara) se redimensionaría en proporción:

$$R_{\text{mayor}} = R_{\text{mayor}} \pm \Delta_{\text{zoom}}$$

$$R_{\text{menor}} = R_{\text{mayor}} * \cos(\beta)$$

Una vez definidos los nuevos radios se actualizan las tres coordenadas de posición de la cámara:

$$C_x = R_{\text{menor}} * \cos (\alpha) + O_x$$

$$C_y = R_{\text{mayor}} * \sin (\beta) + O_y$$

$$C_z = R_{\text{menor}} * \sin (\alpha) + O_z$$

Con esta teoría se implementó el concepto de navegación en el ambiente Lingo 3D con resultados positivos. En general los usuarios encuentran tan natural el paradigma de navegación que no se dan cuenta que su navegación está siendo restringida a la superficie de una esfera. La desorientación es prácticamente inexistente, y las demás restricciones resultan completamente transparentes al usuario.

4. Conclusiones

Debido a la gran posibilidad de desorientación que se experimenta en la navegación libre en espacios tridimensionales se debe inevitablemente restringir el “vuelo libre” en estos espacios.

El sistema de navegación esférico presentado en el presente artículo representa un subconjunto de restricciones a la navegación en los espacios tridimensionales. Estas restricciones permiten al observador navegar en espacios tridimensionales con el fin de conocer estructuras complejas minimizando la posibilidad de la desorientación.

Las restricciones resultan muy naturales e intuitivas permitiendo que el usuario use el sistema casi sin fricciones o molestias de navegación.

El paradigma de navegación esférica permite una gran fluidez en los ángulos en que el usuario puede observar un objeto con la ventaja de eliminar virtualmente la desorientación.

5. Bibliografía

[Edwards & Hardman] Edwards, D. and Hardman, L. (1989) **Lost in hyperspace: cognitive mapping and navigation in a hypertext environment.** En R. McAlise (Ed.) *Hypertext: theory into practice.* Intellect: Oxford.

[Card & Mackinlay] Stuart K. Card and Jock Mackinlay. **The Structure of the Information Visualization Design Space.** Xerox PARC, Palo Alto, CA, USA.

[Fairchild, Poltrock & Furnas] Fairchild, K.M. Poltrock S.E. Poltrock, G.W. **SemNet: Three-Dimensional Graphics Representations of Large Knowledge Bases.** En R. Guindon. *Cognitive Science and Its Application for Human-Computer Interaction.* Hillsdale, New York, 1998.

[Mackern] Brian Mackern. **Navegadores web alternativos.** <http://hipercubo.uniandes.edu.co/redes03/pdf/hipe/browsers.pdf>, consulta 12.02.2004

[Robertson, Card & Mackinlay] Robertson, George G., Card, Stuart K., and Mackinlay, Jock D., **Information visualization using 3-D interactive animation**, Communications of the ACM 36, 4 (April 1993), 56-71.

[Lieberman] H. Lieberman. **Powers of Ten Thousand: Navigating in Large Information Spaces.** Media Laboratory, Massachusetts Institute of Technology. Proceedings of the 7th annual ACM symposium on User interface software and technology. California. Pages: 15 - 16 . 1994

[Mackinlay, Card & Robertson] J. D. Mackinlay, S. K. Card, G.G. Robertson. **Cone Trees: Animated 3D Visualizations of Hierarchical Information.** UIR-R-1995