

Interacción Inalámbrica con Dispositivos de Bajo Costo para Pantallas Horizontales

M.J. Ramírez¹ y R.E. Carmona¹

¹Centro de Computación Gráfica, Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela.

RESUMEN

El Centro de Computación Gráfica de la UCV cuenta con una mesa de proyección horizontal o Workbench, en donde se proyectan imágenes estereoscópicas. Actualmente, la interacción con la mesa de trabajo se logra con dispositivos alámbricos, los cuales son costosos, pueden resultar incómodos, y limitan los movimientos del usuario. En este trabajo se propone utilizar los controles de la consola de video juegos Wii, los cuales se pueden comunicar con el computador vía bluetooth. El rastreo de la posición de la cabeza del usuario se logra colocando unos leds infrarrojos en los lentes estereoscópicos para triangular con el control del Wii y determinar su posición. Con la posición del usuario, se realiza el despliegue estereoscópico para lograr el efecto 3D deseado. También se logra la manipulación de los objetos de la escena con otro control del Wii. Estas funcionalidades son encapsuladas en una librería para su posterior uso en aplicaciones que requieran de la interacción con la pantalla de proyección.

Palabras Clave: rastreo de cabeza, interacción humano-computador, realidad virtual.

ABSTRACT

Computer Graphics Center of UCV has a horizontal projection table or Workbench, where stereoscopic images are projected. Currently, the interaction with the workbench is achieved with wired devices, which are costly, can be uncomfortable, and limit the movements of the user. This paper proposes to use the Wii video game console controls, which can communicate with the computer via bluetooth. Tracking the position of the user's head is achieved by placing a few infrared leds on stereoscopic lenses. They are captured by Wii control camera to determine the user position. With such a position, the stereoscopic rendering is performed to achieve the desired 3D effect. Manipulation of objects in the scene is also achieved with other Wii control. These functions are encapsulated in a library for later use in applications that require interaction with the projection screen.

Keywords: headtracking, human-computer interaction, virtual reality.

1. Introducción

Una escena sintética está típicamente compuesta por un mundo virtual que es observado por el usuario desde un punto de vista. Típicamente, el punto de vista se asume perpendicular a la pantalla, y esto es relativamente cierto para la mayoría de los dispositivos de despliegue, incluyendo televisores, monitores, celulares, tablets, nintendos, etc. Pero en una mesa de proyección horizontal el usuario está de un lado de la mesa, observando la escena desde un ángulo arbitrario. Por esta razón, resulta importante hacer un rastreo de la posición de la cabeza del usuario, para poder generar la perspectiva correcta, más aún en el caso de hacer un despliegue estereoscópico.

En cuanto a la interacción del usuario con los objetos visualizados en la mesa horizontal, se tiene el problema de

que el usuario no tiene fácil acceso al teclado y al ratón. Tampoco a otros dispositivos alámbricos para hacer el rastreo de la mano, como los guantes de realidad virtual, joystick y otros. Aún extendiendo la longitud de los cables de estos dispositivos de entrada, resulta engorroso trabajar con ellos, pues los cables generan incomodidad cuando hay varios usuarios cercanos a la pantalla, además de limitar el libre movimiento del usuario.

En este trabajo se implementa una solución inalámbrica para lidiar con el rastreo de cabeza de usuario, así como la interacción del usuario y la escena (rastreo de la mano), en pantallas horizontales como el workbench. Para el rastreo de la cabeza del usuario, se evaluaron distintas alternativas inalámbricas económicas, incluyendo una webcam HD (entre 60\$ y 80\$), el sensor Kinect para PCs (120\$) y el control Wii Remote con su barra sensorial (50\$). La solución basada en control de Wii resulta ser la más económica,

no solo en costo, sino también en procesamiento, puesto que el computador recibe la ubicación (x,y) de cada uno de los LEDs desde el control del Wii, que son suficientes para triangular y determinar la posición del usuario. Ubicando un led infrarrojo a cada lado de los lentes estereoscópicos del usuario, se puede rastrear su posición con un control de Wii, ubicado en alguna posición fija cerca de la pantalla horizontal.

Para manipular los objetos de la escena, se plantea una idea similar a la del rastreo de cabeza de usuario. En este caso, la barra de LEDs infrarrojos está fija en algún lugar de la mesa, y el usuario manipula el control del Wii para seleccionar objetos.

Tanto la programación del rastreo de usuario como la interacción con la escena son encapsuladas en una librería o API con el objetivo de poder incorporar estas funcionalidades inalámbricas a distintas aplicaciones y proyectos que se llevan a cabo en el Centro de Computación Gráfica, de la UCV. En dicho centro, contamos con una mesa de proyección horizontal o workbench (CCGWorkbench), donde se hicieron pruebas de esta librería para demostrar su funcionamiento. Las aplicaciones que actualmente se ejecutan sobre el CCWorkbench asumen que el usuario se dispone de manera perpendicular a la mesa, como ocurre con un monitor convencional vertical. Esta asunción genera una perspectiva incorrecta, pues mientras el usuario se desplaza por la mesa observa la misma perspectiva de la escena. En este trabajo adicionalmente se lidia con este problema, y se realiza una proyección estereoscópica correcta desde la posición del observador obtenida con el sistema de rastreo.

En el resto del documento encontraremos los detalles de implementación de la solución, tanto el software como en hardware, así como las pruebas realizadas sobre el CCGWorkbench.

2. Trabajos previos

Una pantalla horizontal puede ser hoy en día simplemente un televisor pantalla plana acostado sobre una mesa, o típicamente una mesa (workbench) que permita reflejar en su superficie (pantalla de retro-proyección) la luz interna de la mesa que proviene de un proyector. Por lo general, se rastrea la posición de un usuario, y el resto de los usuarios observan la imagen desde la perspectiva del usuario rastreado.

Para realizar el rastreo de humanos en movimiento se pueden utilizar rastreadores mecánicos, electromagnéticos, ultrasónicos, ópticos e inerciales [Bro99]. A continuación se describen brevemente cada una de estas soluciones con algunos ejemplos.

Los rastreadores mecánicos están basados en una conexión física entre el objetivo del seguimiento y un punto fijo. Normalmente el objeto sobre el cual queremos medir su posición y orientación se encuentra en el extremo de un brazo articulado. Sutherland [Sut68] creó un sistema conectando desde el techo hasta la cabeza del usuario con un

pivote de rotación en ambos extremos. Estos sistemas proporcionan una latencia muy pequeña, pero tienen el inconveniente de la limitada movilidad y el peso, que los hace menos manejables.

Los rastreadores electromagnéticos miden los campos magnéticos generados por un transmisor fijo para averiguar la posición de un objeto receptor. Para ello hacen uso de la triangulación, empleando 3 emisores y un número variable de receptores. Normalmente proporcionan tiempos de latencia muy bajos, pero como contrapartida, son sensibles a verse interferidos por cualquier objeto que pueda crear un campo magnético. El productor más conocido de este tipo de rastreador es la compañía Polhemus. Proveen baja latencia (5 milisegundos) y puede hacer rastreo de múltiples objetos a la vez [Pol14]. El Centro de Computación Gráfica de la UCV utiliza actualmente uno de estos dispositivos (versión ISOtrack II) para hacer rastreo de usuario y manipulación de la escena 3D. Sin embargo, el alto costo de este dispositivo, problemas de interferencia, y el requerir cables lo hace poco atractivo para su uso en el workbench.

Los rastreadores ultrasónicos utilizan ultrasonido producido por un transmisor fijo (ubicado en el objeto a rastrear) y varios sensores ubicados en distintas partes del cuarto. Por cada sensor, se determina el tiempo en recibir el sonido emitido por el transmisor para calcular la distancia al transmisor, y así determinar la ubicación del objeto. Análogamente a los electromagnéticos, se pueden ver afectados por la interferencia de otros sistemas que utilicen ultrasonido, pero además por el eco del sonido. Suelen proporcionar una tasa de actualización baja. Sutherland en 1968 exploró el rastreo con ultrasonido pero midiendo la diferencia de fase entre dos ondas de sonido: una transmitida desde el objeto a rastrear, y otra desde un punto fijo conocido. Utilizó 4 receptores ubicados en el techo, pero presentó problemas de ambigüedad en el conteo del número de ciclos de desfase, e interferencia por el sistema de calefacción [Sut68].

En cuanto a los rastreadores ópticos hay dos variantes principales. El primero utiliza cámara(s) en la cabeza del usuario, y LEDs ubicados en lugares pre-establecidos en el ambiente [WAB92]. Como otra alternativa, las cámaras están ubicadas en el techo o en otro lugar fijo, mientras que los LEDs están ubicados en un casco en la cabeza del usuario [Cis09]. En ambos casos, la identificación unívoca de los LEDs en las imágenes capturadas por las cámaras sirve para determinar la ubicación del usuario. El problema que puede tener este método ocurre cuando la posición del usuario es tal que no se puedan apreciar los LEDs en las imágenes, o cuando hay objetos que obstruyen la visibilidad de los LEDs. La iluminación también puede afectar la eficacia del método.

Para el rastreo de la mano pueden utilizarse los mismos métodos, trasladando las conexiones hechas en la cabeza a la mano. En particular, el ISOtrack II de la compañía Polhemus permite hacer rastreo de varios objetos a la vez, incluyendo cabeza y manos [Pol14].

De los métodos estudiados, los electromagnéticos son los que han dominado en el mercado de realidad virtual, hasta la aparición de los rastreadores inerciales. Son llamados inerciales porque se basan en la inercia como se describe por primera ley del movimiento de Newton, que establece que "un cuerpo se encuentra en reposo o movimiento hasta que una fuerza lo perturbe". Si estas fuerzas se pueden medir con precisión suficiente, entonces el movimiento de rotación del objeto también se puede determinar con precisión.

Los sistemas inerciales utilizan unos pequeños sensores (normalmente acelerómetros y giroscopios) que recogen información sobre la aceleración y la velocidad angular del sensor. Un acelerómetro es básicamente un sistema de masa-resorte (*mass-spring*) amortiguado. Una fuerza externa desplaza la masa sobre el resorte, y el desplazamiento es proporcional a la aceleración. La aceleración angular es medida por un giroscopio. Con la información obtenida del acelerómetro y giroscopio es posible determinar eje de giro y velocidad angular de cualquier sensor.

En particular, el control de la consola de juegos Wii es un rastreador inercial, pues puede detectar la aceleración en cada uno de los ejes. A la vez es un rastreador óptico, puesto que requiere de una barra de sensores de LEDs infrarrojos que permite determinar (mediante una cámara ubicada en el extremo frontal del control) a qué posición está apuntando el control. El control de Wii ha sido utilizado para hacer tracking de los dedos (capturando el reflejo de luz infrarroja en los dedos), simular pantallas *multi touch* (colocando un LED infrarrojo en la punta de varios bolígrafos), y rastreo de cabeza frente a un monitor (colocando LEDs infrarrojos en la cabeza del usuario)[Lee14].

En este trabajo se toma la idea de Johnny Lee [Lee14] para hacer el rastreo de cabeza, pero esta vez sobre una pantalla horizontal estereoscópica. Adicionalmente, se utiliza un control de Wii para seleccionar objetos 3D proyectados sobre dicha pantalla.

3. CCGWorkbench

El Centro de Computación Gráfica de la Facultad de Ciencias de la UCV posee un workbench (Modelo QVW-001, Largo: 1.68m, Altura: 0.91m, Ancho: 1.30m, Peso: 206Kg, Serial: 02-100), que es utilizado para realizar investigación principalmente en el área médica. Aunque inicialmente contaba con dos proyectores, en la actualidad cuenta con un único proyector con el cual se puede implementar aún estereoscopia, utilizando la técnica de anáglifos.

La imagen saliente del proyector es reflejada por un espejo de alta reflectividad, y la reflexión del espejo es a su vez reflejada en la superficie de la mesa cuyo material no polariza la luz, permitiendo la posibilidad de implementar la estereoscopia con dos proyectores y filtros polarizados.

En el CCG se implementó un sistema de rastreo de usuario utilizando una cámara web [Val07]. Este usa una cámara WEB para saber la posición aproximada del usuario con

respecto a la mesa de trabajo virtual, mediante la captura y procesamiento de imágenes. Debido a que la intensidad de la luz influye en la detección del movimiento con la cámara, la aplicación se puede ajustar mediante unos parámetros para aplicar unos filtros u otros dependiendo de la intensidad de la luz presente en el ambiente de implementación. Uno de los mejores resultados se obtuvo donde se tenía un fondo constante unicolor y las luces encendidas, independientemente del color de la ropa que el usuario utilice. Dicha solución no tomó la posición del usuario a la hora de realizar el despliegue 3D de la escena virtual, lo cual reduce el efecto de inmersión cuando el usuario se mueve alrededor de la mesa.

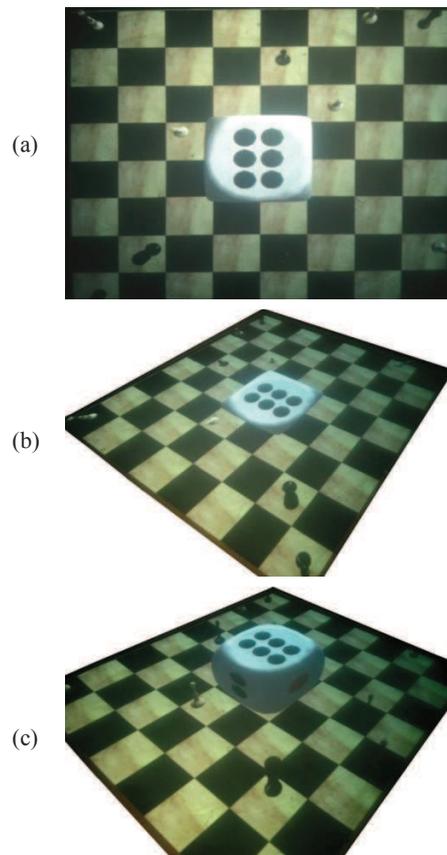


Figura 1: Imágenes generadas en el CCGWorkbench. (a) Imagen generada a ser proyectada hacia el workbench. (b) Imagen anterior proyectada en el workbench y fotografiada desde el punto de vista del usuario. (c) Imagen generada y proyectada sobre la mesa, considerando la ubicación del usuario respecto a la mesa.

Actualmente, el sistema de rastreo que utiliza el CCGWorkbench es el ISOTrack II, provisto por la empresa Polhemus. Este es un sistema preciso y de baja latencia, pero alámbrico y de alto costo, lo cual es incómodo y dificulta su reproducción en otras localidades del país. Aún con este equipo, el CCGWorkbench no considera la posi-

ción del usuario a la hora de realizar el despliegue 3D. En la Figura 1a muestra una imagen de un tablero de ajedrez y un dado, que se proyectaría en la mesa si no se toma en cuenta el verdadero punto de vista del usuario. Como se puede observar, el despliegue se hizo como si el usuario estuviese frente a la pantalla. Al realizar la proyección trasera de esta imagen sobre la mesa, el usuario real percibirá la proyección como la Figura 1b desde su verdadero punto de vista. Como se puede observar, el usuario está percibiendo una perspectiva incorrecta de la escena, pues la misma no consideró su ubicación respecto a la mesa. Finalmente, en la Figura 1c podemos observar cómo percibe el usuario la imagen cuando su posición real es considerada por la aplicación de despliegue. Observe que se perciben las caras del dado y demás piezas en el tablero de una manera similar a como el usuario los observaría si estos objetos existieran en el mundo real.

4. Rastreo utilizando Wiimote

A continuación se describe como se logra hacer el rastreo utilizando los controles (Wiimotes) de la consola del Wii, y como a partir de la posición del usuario se realiza el despliegue de la escena sintética.

4.1 Funcionamiento natural del control de Wii

La barra “sensora” del Wii viene originalmente con un arreglo de 6 LEDs IR en sus últimas versiones (las primeras versiones venían con 10 LEDs) distribuidos 3 LEDs al extremo izquierdo y 3 LEDs al extremo derecho de la barra. En cada lado hay una resistencia de 20 Ohm. Los LEDs están conectados en paralelo al cable principal que se conecta a una salida de 12 Voltios proveniente de la consola del Wii. El control de Wii tiene dos pilas AA que lo alimentan, y una cámara infrarroja en la punta que captura la luz infrarroja de los LEDs. Por esta razón, para la consola del Wii, la barra de LEDs se coloca centrada en la parte superior del televisor. Si el control de Wii apunta directamente hacia esta barra, en la imagen capturada aparecerán los LEDs centrados en dicha imagen. Así, si apuntamos hacia arriba o hacia abajo, los LEDs aparecerán abajo o arriba en la imagen, permitiendo determinar hacia donde apunta el control en el eje Y. Para determinar la coordenada X hacia donde apunta el control se hace un análisis similar, y en este caso los LEDs aparecerán a la izquierda o a la derecha de la imagen conforme movamos el control del Wii.

El resto de las capacidades del control de Wii (aceleración respecto a cada uno de los ejes) es ignorado en este trabajo.

4.2 Hardware

Empezaremos por describir la construcción del hardware para hacer el rastreo de cabeza. Los lentes estereoscópicos fueron adquiridos a un precio de 39Bs, con montura de

plástico y con la combinación rojo y azul para anáglifos dado que no se encontraba rojo y cyan.



Figura 2: Lentes anáglifos con LEDs infrarrojos

Para colocarle los LEDs infrarrojos a los lentes se extrajeron dos de los LEDs de una barra de LEDs del Wii. A la montura de los lentes se le adhirieron dos LEDs (uno de cada lado) conectados por un cable. A su vez, estos LEDs están conectados a una resistencia de 10 Ohm cada uno, para evitar el exceso de energía y para que tenga una duración más prolongada. Como batería para alimentar los LEDs se utilizaron dos pilas recargables AA de 1.2 Voltios a 2700 mAh (ver Figura 2).

El control del Wii es colocado en algún lugar frente al usuario (por ejemplo, a 2m de distancia, y a una altura de 1.8m). Dicho control captura imágenes de 1024x768 en donde puede distinguir la posición de los LEDs, y a través de la conexión inalámbrica por Bluetooth informará al computador sus posiciones relativas a la imagen capturada. Mediante triangulación (ver 4.3) se podrá determinar la ubicación del usuario respecto a la mesa.

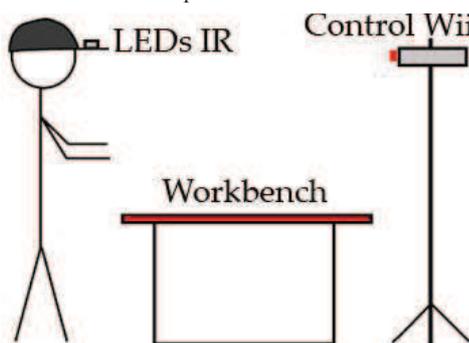


Figura 3: Ubicación del usuario y el control de Wii

La Figura 3 muestra cómo está ubicado el usuario y el control de Wii respecto a la mesa.

Para la manipulación de la escena, se utiliza otro par Control-Barra. Como se indicó anteriormente, la barra de LEDs originalmente se conecta a una salida de 12 Voltios proveniente de la consola del Wii. Es necesario que esta

barra tenga su propia fuente de energía para que sea móvil y se pueda utilizar en la mesa de trabajo. Para convertirla en inalámbrica se le adhiere un encapsulador para 4 baterías AA al cable principal, y se le cambian las resistencias a 100ohm para que de esta forma tenga la mayor cantidad de corriente posible sin perjudicar la duración de los LEDs. La Figura 4 muestra una imagen de la barra de LEDs alimentada por una cápsula de 4 pilas AA.

La barra de LEDs puede ser ubicada del lado opuesto al usuario, mientras el usuario toma de su mano un control de Wii para seleccionar objetos en la escena proyectada sobre la mesa.

4.3 Determinación de ubicación del usuario

A continuación se detalla el proceso para determinar la posición del usuario. Los valores de entrada para el cálculo son:

1. La ubicación relativa de los puntos (LEDs) en una imagen 1024x768. Estos puntos los llamaremos $p_1(x_1, y_1)$ y $p_2(x_2, y_2)$, y conociendo que las coordenadas de la imagen están en los rangos $[0, 1023]$ para x y $[0, 767]$ para y .
2. El campo de visión de la cámara del Wiimote, el cual es 41° en el eje x (Hfov), y 31° en el eje y (Vfov). Hfov y Vfov están representados en radianes.
3. La distancia física real en milímetros entre los dos LEDs ($df=185.42\text{mm}$).



Figura 4: Barra de LEDs inalámbrica

Debido a que hay infinitos pares (ver Figura 5) de puntos en el espacio que dan como resultado los puntos (x_1, y_1) y (x_2, y_2) , es necesario hacer una asunción para poder obtener una estimación de la posición del usuario. Esta asunción es que los ambos LEDs están paralelos al plano $x=0$ del control de Wii. Si el usuario rota su cabeza en el eje y , se obtendrá una estimación burda de la posición del usuario.

Para determinar la posición del usuario frente a la mesa, consideramos el espacio de coordenadas del workbench y el espacio de coordenadas de imagen del wiimote. La aplicación pasa primero por una etapa de calibración donde el

usuario se coloca los lentes estereoscópicos y se ubica en cuatro posiciones de calibración (ver Figura 6). Los puntos a y b son las posiciones más bajas en que el usuario puede colocarse sin perder la visibilidad en la mesa. La posición a corresponde a la esquina izquierda de la mesa (aprox. a una altura de 0.9m) mientras que la posición b corresponde a la esquina derecha de la mesa. La posición c también se captura en la esquina izquierda de la mesa, pero con el usuario en posición erguida (aprox. a 1.70m del suelo); similarmente la posición d se ubica en la esquina derecha de la mesa con el usuario en posición erguida.

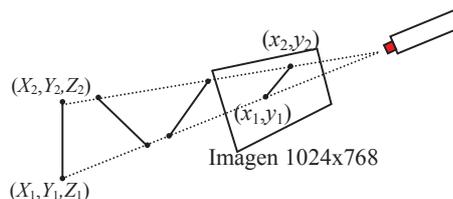


Figura 5: Proyección de distintos pares de LEDs, separadas por la misma distancia, que dan el mismo resultado proyectado.

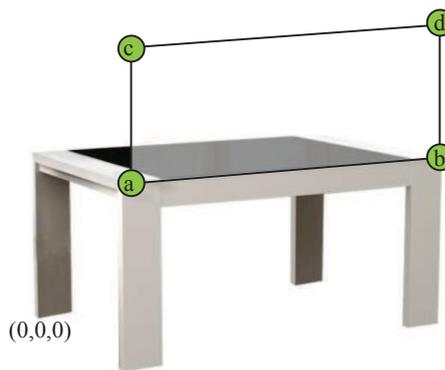


Figura 6: Puntos de calibración

Estos 4 puntos tienen asociados coordenadas físicas respecto a la mesa del workbench. Por ejemplo, el punto inferior izquierdo (punto a) será el punto $(0, h, d)$ en el espacio de workbench, mientras que el punto b tendrá coordenadas (w, h, d) , donde $w=1.30\text{m}$ es el ancho del workbench, $h=0.91\text{m}$ es su alto, y $d=1.30$ su profundidad. Observe que la esquina inferior trasera izquierda del workbench sería entonces el $(0,0,0)$ en este sistema de coordenadas. En coordenadas de la imagen capturada en el wiimote, los puntos a, b, c, d también tendrán su ubicación, en el rango $[0, 1023]$ para x y $[0, 767]$ para y , lo que permitirá hacer un mapping entre ambos espacios.

Teniendo los 4 puntos en coordenadas de workbench asociados a 4 puntos en coordenadas imagen de wiimote, podemos saber en cualquier momento las coordenadas de workbench de un led capturado en la posición (x', y') de la

imagen del wiimote, mediante interpolación lineal. De esta manera, los puntos (x_1, y_1) y (x_2, y_2) pueden ser llevados fácilmente a coordenadas de workbench (X_1, Y_1) y (X_2, Y_2) . Particularmente nos va a interesar las coordenadas del punto medio entre estos dos puntos, pues a partir del punto medio se determina la posición del ojo izquierdo y ojo derecho del usuario para realizar la estereoscopia.

En cuanto a la profundidad del usuario respecto a la mesa (eje Z) utilizaremos una fórmula de aproximación encontrada en [Wmp14]. El valor de Z se calcula como

$$Z = \frac{df}{2 * \tan(\alpha) * 1000}$$

donde

$$\alpha = \frac{\left(\frac{HFOV}{1024} + \frac{VFOV}{768}\right) \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}}{4}$$

Note que se realiza una división entre 1000, para llevar la unidad de milímetros a metros.

4.4 Corrección de perspectiva

Para realizar la corrección perspectiva, debemos primero establecer un mapping entre el sistema de coordenadas del wiimote, el sistema de coordenadas de la mesa o Workbench, y el sistema de coordenadas de la escena sintética. Por simplicidad, hacemos coincidir las coordenadas del espacio real (coordenadas de workbench) con las coordenadas de la escena sintética. Para ello, asumimos que la esquina trasera inferior izquierda de la mesa es la $(0,0,0)$, mientras que la frontal superior derecha es (w,h,d) . El usuario se encuentra frente a la mesa, y en particular su cabeza de posición (X,Y,Z) debe estar en el rango de $0 < X < w$, $0.91 < Y < 2.3$, $1.3 < Z < 5$.

Para el despliegue, se deben colocar objetos virtuales sobre o “adentro” de la mesa, tomando en cuenta el sistema de coordenadas de la mesa. El objetivo es que los objetos que se coloquen sobre la mesa, se vean efectivamente flotando sobre ella, mientras que los que se coloquen “por debajo” de la superficie de la mesa, se vean dentro de ella. Para ello, utilizamos proyección estereoscópica. Fijamos el plano de paralaje cero en la superficie de la mesa para lograr el efecto deseado (ver Figura 6). Programáticamente la idea es que los planos *top*, *left*, *right* y *bottom* de la pirámide de visualización se intersecten con los bordes de la mesa.

4.5 Dispositivo de señalamiento

Para controlar el cursor utilizando el dispositivo de señalamiento se leen las posiciones dadas por el wiimote, utilizando la función `GetCursorPositionAbsolute` de la librería `wiiusecpp`. Estas posiciones ya vienen traducidas de tal forma que se puede hacer un mapeo a una pantalla de 1024x768; sin embargo las pantallas actuales tienen una resolución de hasta 1920x1080, por lo que hay que realizar un mapeo a la resolución actual de la pantalla.

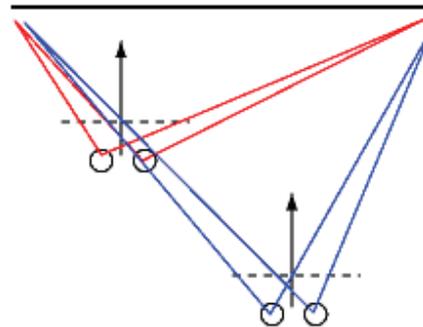


Figura 7: pirámides de visualización para dos puntos de vista distintos. Note que la pirámide de visualización se “acomoda” por cada ojo para que coincida con la superficie de la mesa.

Para lograr esto se calcula la relación entre la resolución actual y la resolución en la que viene la posición del cursor y este valor se usa para escalar la posición del cursor leído del wiimote, y la resolución `screenResX` se calcula el resultado final mediante la fórmula:

$$CursorX = xCursor * \frac{screenResX}{1024}$$

Existe un problema en el mapeo directo que genera saltos en el movimiento. Para solucionar esto se suaviza el cambio de una posición a la otra mediante el promedio de las últimas N posiciones, logrando una aceptable fluidez en el movimiento.

Para el cálculo de la posición del cursor en el eje Y se realiza de manera similar, a diferencia de que el rango en este eje cambia de $0..767$ a $0..screenResY$.

5. Implementación y Pruebas

El API fue implementado en Visual C++ 2010, y probado en un PC, con procesador Intel Core 2 Duo E6550 de 2.33Ghz, Tarjeta de video Nvidia GeForce 8800gts, 4 Gb de memoria RAM y Sistema operativo XP.

Se ideó una escena simple que consiste en un tablero de ajedrez y un dado. El tablero fue posicionado en la superficie de la mesa, para dar la sensación de que las piezas y el dado están ubicadas encima de la mesa (ver Figura 1c). El sistema fue probado por varios usuarios, quienes manifestaron la sensación de creer que las piezas estaban dispuestas sobre la mesa conforme se movían alrededor de ella. Para el despliegue de las imágenes 3D se utilizó la librería gráfica OpenGL®.

La aplicación se ejecutó a una velocidad de 150FPS, en la que se pudo manipular las piezas que están sobre el tablero de ajedrez levantando las piezas y moviéndolas de un lado a otro. Los resultados fueron satisfactorios ya que se percibe la perspectiva correcta desde la posición real del

usuario, como se puede observar en la Figura 1c. En cuanto al uso de la librería creada, es muy sencillo ya que solo requiere de una inicialización y de unas llamadas para actualizar y hacer el despliegue.

La dificultad más importante que se tuvo en la implementación fue la de conseguir una buena potencia y estabilidad en la energía de los LEDs IR para que tuviesen un alcance óptimo.

6. Conclusiones

Se creó un sistema inalámbrico de bajo costo para el rastreo de la cabeza del usuario y manipulación de los objetos de la escena. La instalación del sistema en una pantalla horizontal es una tarea relativamente simple, pues necesitamos conectar un dongle bluetooth en un puerto USB, colocar una barra sensorial y un control de Wii en determinadas posiciones, y ejecutar alguna aplicación que utilice el API.

La ubicación del usuario dentro del ambiente es un factor fundamental para generar la perspectiva correcta del fenómeno a visualizar, mejorando así la sensación de inmersión en el usuario.

Como trabajo a futuro se puede añadir soporte para más controles. Así, dos o más usuarios pueden interactuar con el sistema. También se desea migrar aplicaciones reales del Centro de Computación Gráfica de la UCV que requieran ser ejecutadas en el CCGWorkbench, para probar finalmente la usabilidad del API.

References

- [Çiz*09] MAHMUD RESID ÇIZMEZI: 3D Head Tracking and VRML Editor for the Responsive Workbench System. *Trabajo especial de grado en Ingeniería en Computación*. Universidad de Boğaziçi. (Junio 2009).
- [Pol*14] POLHEMUS: <http://www.polhemus.com>. (2014).
- [Sut*68] SUTHERLAND I.: A Head-Mounted Three Dimensional Display. in *Proceedings of the Fall Joint Computer Conference*. AFIPS Press, Montvale, N.J. (1993), pp. 757-764.
- [WAB*92] WARD M., AZUMA R., BENNETT R., GOTTSCHALK S., FUCHS H.: A demonstrated optical tracker with scalable work area for head-mounted display systems. *Proceedings del symposium on Interactive 3D graphics*, pp. 43-52. (Proc. I3D '92).
- [Lee*14] LEE J.: <http://johnnylee.net/projects/wii/>. (2014).
- [Val*07] VALBUENA J. E.: Localizador de Usuario para la Mesa de Trabajo Virtual utilizando Captura de Video vía Webcam. *Biblioteca Alonso Gamero, Universidad Central de Venezuela. Trabajo Especial de grado para la Licenciatura en Computación*. (2007).
- [Bro99] BROOKS F.: What's Real About Virtual Reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 19(6), (Nov. 1999), pp. 16-27.
- [Wmp14] Wiimote physics: <http://wiiphysics.site88.net/physics.html> (Abril 2014).