

textOsFtextTOsFliningLFliningTLFtextosflininglftabulartabproportionalprosuperiorSup
superiorSup
fontspechyperref

TITLE

Author1

University

DISEÑO 3D DE UN MODELO DE BRAZO ROBÓTICO

*Alan Daniel Díaz Andrade 1, Gabriel Segura Bernal 2
e-mails: adiaza1200@alumno.ipn.mx, gsegurab1200@alumno.ipn.mx
IPN, CIDETEC, Depto. de Posgrado 1,2

Introducción

La metodología que en este artículo se puede apreciar, muestra la creación de un modelo virtual a partir de un brazo robótico comercial haciendo uso de una técnica de modelado basada en imágenes, así como el diseño y aplicación de una estructura ósea 3D que le ha de permite definir los movimientos que puede realizar dicho modelo. Los fines de este procedimiento descrito forman parte del trabajo a futuro, como el control de un robot comercial en el cual se ha basado el diseño de este modelo 3D, trabajo que formará parte de posteriores publicaciones.

En 2003 D N D Kottege de la Universidad de Colombo (Sri Lanka) crea como proyecto de tesis, un programa informático para simular funciones de un robot manipulador real, en el cual se aprecia un brazo robótico virtual para imitar la cinemática de seis ejes de libertad y así reproducir los movimientos en el robot a través del puerto serial de la computadora [1]. De forma muy similar en 2008 en el Instituto Politécnico Nacional (CIDETEC), Eloy Loza controla un brazo robótico con una computadora en un ambiente de Realidad Virtual [2].

Así podemos apreciar qué tan importante es un correcto diseño del objeto virtual para la animación, en este caso, en el área de la robótica.

Interacción Remota

Se conoce como interacción remota al procedimiento de control de un aparato, mecanismo o sistema, a distancia o ante una separación física. Las aplicaciones y áreas de trabajo de la interacción remota o mando a distancia son muy diversos y traen muchos beneficios para la solución de diversos problemas, permitiendo la reducción de costos, tiempo y riesgos, ya que se usan en operaciones de gran peligro para una interacción directa.

La seguridad ha sido un tema principal en el control de dispositivos a distancia, situación que se puede apreciar en el proyecto "Tecnologías de Realidad Virtual Avanzadas Aplicadas a la Vigilancia y Sistemas de Seguridad", donde se permite controlar cámaras de vigilancia mediante Realidad Virtual Aumentada, haciendo uso de una cabina de inmersión, permitiendo así controlar a distancia la seguridad de más de un sitio [3].

Actualmente Internet es utilizado de forma habitual como medio de comunicación, también así como herramienta para llevar a cabo la interacción remota haciendo uso de sistemas que permiten por ejemplo, tener un acceso a una computadora distante, compartir el escritorio y trabajar en equipo sin la necesidad de estar frente a ella (Team Viewer) [4].

Máquina de Animación Blender

El uso de sistemas computacionales ha ido evolucionando con el paso del tiempo, de tal forma que hoy en día es indispensable contar con una interfaz para el usuario que sea atractiva, agradable y fácil

de utilizar. El uso de gráficos en tercera dimensión (3D) ha permitido alcanzar estos objetivos, incluso el control de robots con ambientes virtuales ya es común, permitido que nuevas áreas se integren.

Blender es una herramienta informática dedicada al modelado, animación y creación de gráficos 3D, software libre y multiplataforma [5] que además de permitir a este proyecto el modelado del brazo robótico, es utilizado como herramienta para la creación de la estructura ósea 3D con la cual se realizará una distinción de los movimientos permisibles por este robot.

De entre los distintos modeladores gráficos, Blender es software libre. Las ventajas de esto no es solo el precio de adquisición de la herramienta, por ser un programa de código abierto, Blender permite añadir scripts o elementos nuevos, aumentar las capacidades y mejorar el programa para que funcione y se comporte como el usuario, o en este caso el programador, lo desee.

Estructura Ósea 3D

Una estructura ósea 3D, también conocida como esqueleto o armadura (armature) es un elemento de la herramienta de animación Blender, el cual es utilizado para generar deformaciones y animar la malla del modelo en 3D. Se componen de una serie de elementos llamados huesos (bones) a los que Blender de forma natural les ofrece articulaciones esféricas, pudiendo así tener movimientos y giros en cualquiera de sus ejes (x,y,z), no obstante el programador puede especificar las limitaciones de algunos grados de libertad [6] consiguiendo con esto, definir los movimientos deseados en el modelo.

De la misma forma que en la naturaleza con los seres vertebrados, la estructura ósea 3D brinda la capacidad de movimiento, sostener por completo, en este caso, los vértices que componen a la estructura virtual en su sitio y darle forma durante su movimiento. Este esqueleto hace posible definir la locomoción del modelo.

Grados de Libertad y Movimientos

Los grados de libertad son el número mínimo de movimientos independientes necesarios para definir el estado cinemático de un sistema mecánico.

El movimiento puede definirse como un cambio de posición en el espacio que experimenta un cuerpo con respecto a sí mismo o a otro cuerpo, describiendo así una trayectoria.

Un cuerpo con la capacidad de desplazarse libremente en un movimiento, puede definirse en 3 rotaciones y 3 traslaciones de acuerdo al espacio 3D, a lo que se le conoce como articulación esférica. En la estructura ósea, cada uno de los huesos que está unido mecánicamente a otro, pierde algunos de estos movimientos elementales. Así, bajo el concepto de esqueleto 3D, podemos definir como grados de libertad a los movimientos independientes que conserva cada uno de los huesos que componen a la armadura.

Contribución

Metodología

El diseño de la estructura ósea se basa en un modelo 3D con las características del protocolo que utilizan los archivos con extensión OBJ (objeto), en el cual se almacenan las propiedades del modelo virtual como son vértices, mallas, polígonos, colores, texturas, etc.

Este proceso de diseño e implementación de la estructura ósea 3D se describe en 4 etapas fundamentales que son:

1. Modelado
2. Texturizado
3. Diseño de Estructura ósea
4. Distinción de movimiento

Etapas que se explican en cada uno de los siguientes apartados, donde se aprecia la creación del modelo virtual del brazo robótico, y la definición de sus movimientos.

Modelado

El objeto 3D del brazo robótico que es utilizado para aplicar la estructura ósea, fue realizado con una técnica de modelado basado en imágenes conocida como fotogrametría, en la cual a partir de una serie de fotografías o imágenes de dos dimensiones (2D) se obtiene información de las características

geométricas para guiar la construcción del modelo, como son medidas, posición y orientación. Logrando con esto un mayor realismo, reduciendo el tiempo de procesamiento y simplificando la tarea de modelado.

La fotogrametría es una técnica basada en la reconstrucción 3D de la realidad a partir de imágenes bidimensionales, es por esto que una correcta creación depende estrechamente de las formas apreciadas en las imágenes [7].

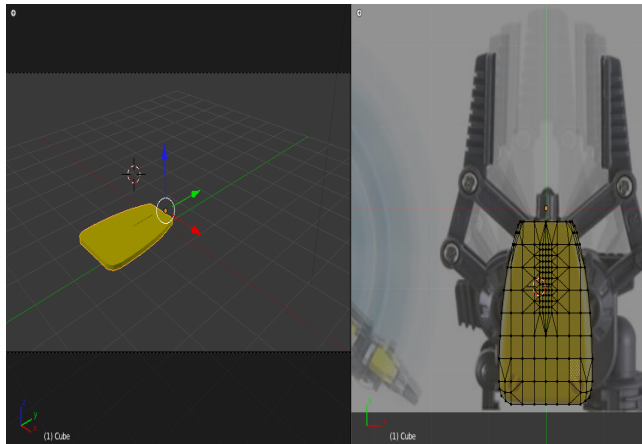


Figura 1. Modelado fotogramétrico de la figura

La medición se realiza sin tener contacto físico con el objeto a replicar, y debido a que las imágenes de los objetos se adquieren por medios fotográficos, obtener las características geométricas de estos objetos depende de la visión estereoscópica, que de forma natural posee el ser humano, y de la geometría proyectiva.

Para el modelado del robot en Blender se hizo uso de la fotogrametría colocando dibujos del modelo real como referencia de frente y de perfil, empezando con una forma básica de Blender como es el cubo, que abarca el aspecto general del objeto y después se fue detallando parte por parte, extrudiendo, moviendo, rotando, borrando y escalando los vértices, líneas y caras de la forma.

Texturizado

Una vez creado el objeto elegido con la similitud deseada, se continúa con el proceso de definir los materiales de los polígonos asignando color y textura a cada una de las caras del modelo 3D, así como efectos de transparencia y refracción. En este aspecto las texturas no son táctiles, sin embargo mediante Blender pueden generarse sensaciones a través de la vista, que en la memoria perceptiva del espectador son asociadas con las características físicas del objeto.

Para aplicar una textura en Blender puede hacerse uso de imágenes bidimensionales que son colocadas a las caras de los polígonos que conforman al modelo, no obstante para este caso no se utilizó dicho método.

Los materiales en este software de modelado se componen principalmente por cuatro elementos:

1. Color base
2. Shader o renderizado
3. Reflejos y/o transparencias
4. Texturas

Aunque a todo este proceso se le conoce comúnmente como texturizado.

En el caso particular de este modelo únicamente se hizo uso de la definición del color base y los reflejos, obteniendo los efectos que en la figura 2 pueden apreciarse. De forma complementaria, se colocaron luces para que pueda ser apreciado el texturizado.

Diseño de Estructura Ósea

Ya con el modelo tridimensional a trabajar se procede a diseñar y configurar la estructura ósea 3D, que se compone de 4 huesos y 3 articulaciones para que resulte realmente funcional, a este proceso se le conoce como "rigging" y puede definirse como la técnica de animación esquelética que se compone de un conjunto jerárquico de huesos interconectados para plantear los fotogramas claves de la malla; haciendo el proceso de animación más intuitivo controlando la deformación de los objetos.

La cadena de huesos se forma insertando primeramente el hueso de la base que ha de definir el movimiento de giro del brazo sobre la base misma, y a partir de este se crea el siguiente extrudiendo (dar forma a una masa haciéndola salir por un área en específico [8]) la cola de este hueso, quedando encadenados desde su creación, y así sucesivamente hasta tener los 4 huesos dentro de la figura, donde se desea brindar el movimiento.

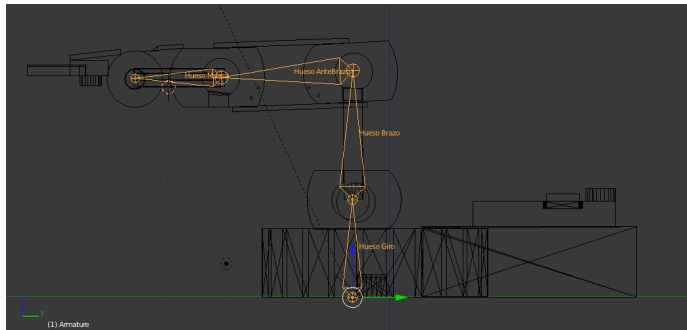


Figura 2. Estructura ósea 3D

Como se observa en la figura 2, a cada uno de los huesos se le asigna un nombre para poder identificarlos entre sí, y en este caso se nombraron en base a la jerarquía del movimiento que tienen.

Es importante resaltar que la posición de los huesos y las articulaciones debe ser exactamente donde el manipulador lo requiere, situación que se puede evaluar también en la figura 3.

Distinción de Movimiento

Como ya se había comentado en la definición de una estructura ósea 3D, de manera natural Blender le asigna a cada uno de los huesos una articulación esférica, y pueden perder algunos de sus movimientos elementales, dependiendo de su jerarquía y asociación. Debido a esto es necesario definir el o los movimientos elementales que distinguen a cada uno de los huesos, así como los ejes sobre los cuales han de desplazarse.

Para que el movimiento que distingue el hueso se genere sobre el modelo tridimensional, debe relacionarse la estructura ósea con la maya del objeto, indicando a detalle cada uno de los vértices que se vinculan a las deformaciones que genere dicho hueso sobre el objeto mismo. Es decir que cada hueso en el esqueleto se asocia con una parte de la representación visual del robot.

□@@

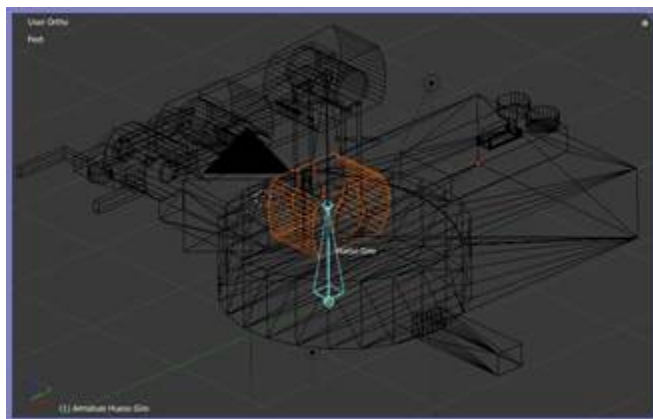


Figura 3. Distinción y definición de movimiento para el hueso giro

Por ejemplo, para el hueso nombrado Hueso Giro que se encuentra en la base, se asocia únicamente el polígono que representa al motor apoyado sobre la base y a los vértices que lo componen, pero todo el brazo gira con él debido a que jerárquicamente los demás huesos dependen de este y en consecuencia los vértices de ellos (figura 3).

Resultado y análisis

En la figura siguiente se aprecia una deformación que aunque los vértices fueron asignados correctamente, es ocasionada por la falta de definición de los movimientos elementales que han de ser permitidos para este hueso. En otras palabras, al Hueso Muñeca requiere restringírsele girar sobre los ejes y y z. De la misma manera fueron evaluados cada uno de los movimientos elementales de los huesos, mediante el análisis de las deformaciones que podrían generar.

☐@|@

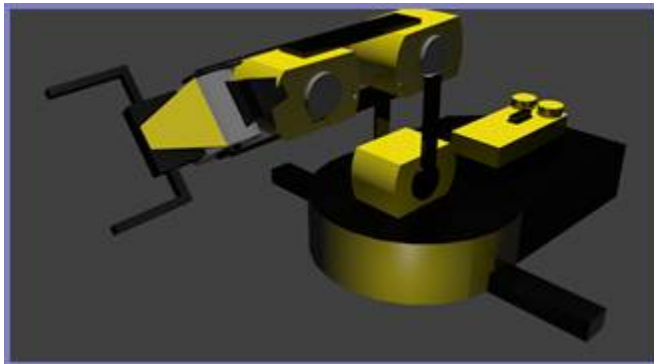


Figura 4. Deformación sin distinción de movimientos

De forma muy similar se realiza la evaluación de vértices de la maya que deben asociarse con cada hueso, a fin de generar el movimiento deseado sin deformaciones, ya que el brazo robótico real está formado por componentes sólidos. Así el usuario percibirá la simulación del funcionamiento de los motores que integran al robot manipulador.

Como resultado final se obtiene un brazo robótico con el movimiento correcto en cada uno de sus respectivos grados de libertad, sin deformaciones erróneas y con una semejanza verdaderamente significativa al robot real. Estos movimientos sin deformaciones pueden apreciarse en la figura 5.

☐@|@

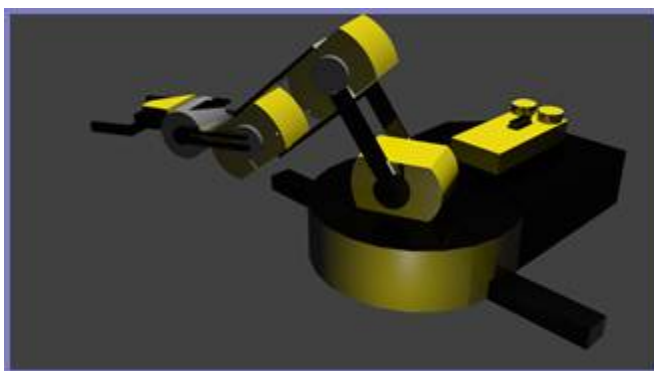


Figura 5. Modelo final del brazo robótico en movimiento

Conclusiones

Como ha podido observarse durante todo el documento, el uso de una estructura ósea 3D en el modelo de este brazo robótico permite semejar los movimientos reales del robot sin verse deformaciones que no puedan ser generadas físicamente. La importancia del esqueleto tridimensional en un elemento

virtual es vital para su animación, si no se quieren programas todos los algoritmos matriciales que los movimientos requieran, logrando con esto ganar tiempo significativamente.

Para una malla poligonal (como se trabajó) cada vértice puede tener un peso de mezcla para cada hueso. El uso de este tipo de estructuras facilita la animación de objetos virtuales, más aún para calcular la posición final de los vértices, haciendo que cada transformación del hueso se aplique a la posición de los vértices escalado por su peso en relación al hueso. Aplicando sin la necesidad de programación lineal, la aplicación de aspectos de matriz de la paleta, en otras palabras, Blender es una herramienta que permite con el uso de este tipo de estructuras generar más fácilmente las operaciones matriciales que los movimientos de la animación requieren.

Este artículo sirve de referencia para trabajos contemplados a futuro como es la animación en forma de este robot y su uso en una interacción remota.

Referencias bibliográficas

1. D N D Kottege: Virtual Robot Arm Control Model, University of Colombo, Sri Lanka (2003)
2. Eduardo Eloy Loza Pacheco: Brazo Robótico Controlado por una Computadora en un Ambiente de Realidad Virtual, IPN-CIDETEC, México (2008)
3. Renaud Ott, Mario Gutierrez: Advanced Virtual Reality Technologies for Surveillance and Security Applications. Virtual Lab Florida, ITESM Toluca
4. TeamViewer GmbH: <http://www.teamviewer.com> (2011)
5. Roland Hess: The Essential Blender: Guide to 3D Creation with the Open Source Suite Blender. San Francisco, CA, USA: No Starch Press (2007)
6. Herman Bruyninckx: Blender for robotics and robotics for Blender. Dept. of Mechanical Engineering, KU Leuven, Belgium (2004)
7. Blachut T., Burkhardt R.: Historical development of photogrammetric methods and instruments, ISPRS, Falls Church (1988)
8. Real Academia de la Lengua Española: Diccionario de la Lengua Española, 22ª edición, ESPASA-CALPE, Madrid (2001)

Referencias

- [1] <http://www.robotis.com/x/darwin/en>
- [2] Brushless DC (BLDC) Motor Fundamentals, Padmaraja Yedamale Microchip Technology Inc.
- [3] Técnicas de control para motores Brushless Comparativa entre conmutación Trapezoidal, conmutación Sinusoidal y Control Vectorial, Roger Juanpere Tolrà.

Referencias

- [1] Albert Einstein, Isaac Newton, Marie Curie, Galileo Galilei, Charles Darwin (*mayo - junio, 2025*) *La teoría de la evolución biológica. Boletín UPIITA. año 19, (108) 2025* [liga del artículo](#)