

textOsFtextTOsFliningLFliningTLFtextosflininglftabulartabproportionalprosuperiorSup
superiorSup
fontspechyperref

SISTEMA DE REALIDAD AUMENTADA PARA LA REPRESENTACIÓN 3D DE ELEMENTOS DEL SISTEMA ÓSEO A PARTIR DE IMÁGENES MEDICAS 2D

Jesus Pimentel Cruz , Patricia Pérez Romero, Israel
Rivera Zárate

Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico en
Cómputo
Av. Juan de Dios Batiz S/N, C.P. 07738, México, D.F.,
México

correo@ejemplo.com

Referencia de este artículo [1].

1. Introducción

1.1 Realidad aumentada

La Realidad Aumentada es una técnica mediante la cual los usuarios pueden percibir la realidad superponiendo a los objetos reales modelos virtuales enriquecidos. El observador sin dificultad puede trabajar y examinar objetos 3D del mundo real mientras recibe información adicional sobre estos objetos o sobre la tarea que se está realizando. De este modo, la Realidad Aumentada permite al usuario permanecer en contacto con su entorno de trabajo, mientras su foco de atención no está en la computadora, sino en el mundo real. El papel que juega la computadora es el de asistir y mejorar las relaciones e interacciones entre las personas y el mundo real.

1.2 Realidad aumentada en Medicina

La Realidad Aumentada es una técnica mediante la cual los usuarios pueden percibir la realidad superponiendo a los objetos reales modelos virtuales enriquecidos. El observador sin dificultad puede trabajar y examinar objetos 3D del mundo real mientras recibe información adicional sobre estos objetos o sobre la tarea que se está realizando. De este modo, la Realidad Aumentada permite al usuario permanecer en contacto con su entorno de trabajo, mientras su foco de atención no está en la computadora, sino en el mundo real. El papel que juega la computadora es el de asistir y mejorar las relaciones e interacciones entre las personas y el mundo real.

Los sistemas de realidad aumentada aplicados al campo de la medicina pueden facilitar el trabajo del médico ya que a través de resonancias magnéticas es posible tomar datos del interior del paciente de manera no invasiva y realizar una reconstrucción que puede ser superpuesta sobre el cuerpo físico en tiempo real. Además, la realidad aumentada puede ayudar a enriquecer la información que proporcionan elementos como radiografías u otras herramientas de diagnóstico. **Ver figura 1.1.**

En el presente resulta necesario conseguir algoritmos que determinen con un alto grado de precisión la posición de los objetos virtuales para que la fusión con el cuerpo del paciente sea perfecta. Para conseguirlo es necesario adaptarse a las variaciones físicas del cuerpo y aplicar estas transformaciones a los modelos 3D.

Actualmente existen líneas de investigación trabajando en este sentido. Estos trabajos reciben el nombre de realidad aumentada sobre modelos deformables y son capaces de obtener una malla de puntos no rígida.

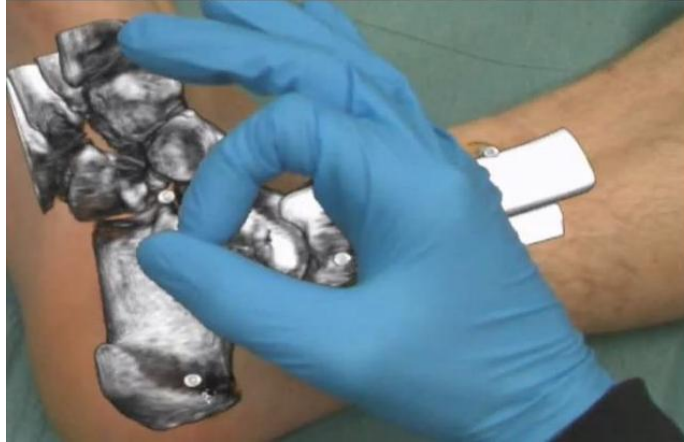


Figura 1: Aplicación de realidad aumentada en Medicina

1.3 ARToolkit

La Realidad Aumentada consiste en un conjunto de dispositivos que añaden información virtual a la información física ya existente. Esta es la principal diferencia con la realidad virtual, puesto que no sustituye la realidad física, sino que superimprime los datos informáticos al mundo real.

Este tipo de tecnología ha avanzado en forma constante, brindando a los usuarios una amplia aplicación de esta en diversa soluciones a problemas que se creían difíciles de atacar. Esta técnica de superposición de imágenes sirve como ayuda para la visualización de objetos que simulen uno real, como por ejemplo un auto, este al ser llevado a un ambiente de RA, por medio de unas gafas especiales el propio dueño, verá su auto con una superposición de este mismo y así puede manipular cada parte para observar el proceso de armado de forma rápida, simple y en tiempo real.

Para esta nueva tecnología se tienen un conjunto de librerías y programas poderosos que brindan un mayor soporte al aplicar este tipo de proyecciones en tiempo real, permitiendo al usuario interactuar de forma más simple, haciendo de la RA algo fácil de emplear. Algunas herramientas de (RA) son: DART (Designers Augmented Reality Toolkit), osGAR y ARToolkit. Después al compilar y ejecutar el conjunto de librerías que las herramientas ya mencionadas nos proporcionan se tiene el reconocimiento del objeto físico y la superposición de la imagen. **Ver figura 1.2**

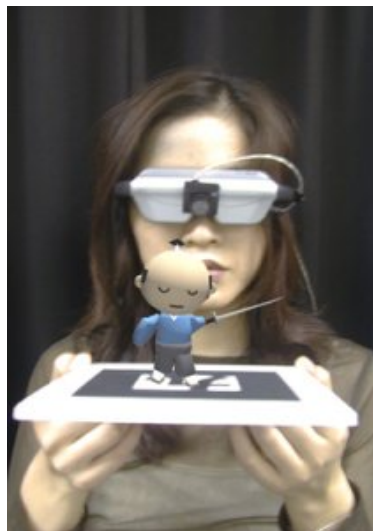


Figura 2: Unión de marcador y objeto 3d por medio de ARToolkit

ARToolkit es una estructura simple para crear aplicaciones de Realidad Aumentada en tiempo real, mostrando su practicidad, facilidad y portabilidad, debido a que es una aplicación multiplataforma (Windows, Linux, Mac OS X, SGI). Logrando superponer modelos 3D en marcadores reales (basado en el algoritmo de visión por computadora), permite la captura de video contando con una biblioteca estándar de video, soporta múltiples fuentes de entrada (USB, Firewire, tarjeta de captura), soportando múltiples formatos (RGB\YUV420P, YUV), el múltiple seguimiento rápido y eficaz de la cámara además de una rutina de calibración sencilla, soporta gráficos VRML, cuenta una rápida interpretación basada en OpenGL y además de tener una librería gráfica sencilla (basada en GLUT). [16]

1.4 Modelado 3D

En el proceso de modelado 3D existen dos corrientes principales a saber; la primera conocida como realidad virtual: que se refiere a la construcción de modelos artificiales de objetos reales o imaginarios para aplicaciones en videojuegos, diseño visual, diseño industrial, desarrollo de prototipos, entre otros. La segunda identificada como realidad virtualizada, que se enfoca en desarrollar modelos de objetos reales cuya información es adquirida mediante proyecciones 2D, visión estereoscópica, escáneres de rango, ENS, entre otros.

La principal diferencia radica en que los modelos de corresponden a la realidad virtualizada utilizan información 3D proveniente directamente del mundo real (adquirida mediante sensores físicos), en tanto que en la realidad virtual, la información utilizada para generar el modelo podría no provenir del mundo real y ser producto únicamente de la imaginación y el talento del diseñador.

Aprovechando el rápido avance de los sistemas de gráficos computacionales (tarjetas aceleradoras, memorias de mayor capacidad y procesadores más veloces), en los últimos años ha sido posible desarrollar una gran variedad de técnicas para el modelado 3D de objetos en entornos de realidad virtualizada. Algunos de ellos son: mallas de polígonos, parches paramétricos, geometría sólida constructiva (CSG), sistemas masa resorte, métodos de elementos finitos (FEM), modelos implícitos y redes neuronales.

Se debe considerar que los modelos basados en sistemas masa resorte son fáciles de construir y pueden ser animados más sencillamente que los modelos basados en polígonos. La desventaja reside en su precisión ya que depende del número de elementos de representación y los valores de masa y elasticidad usados en cada uno. Por el contrario, los modelos basados en splines requieren menos elementos de representación, lo cual es una ventaja en términos de tiempo de renderizado, sin embargo, es una representación mucho más compleja por la cantidad de parámetros requeridos.

Por su parte, la representación implícita es muy atractiva por el hecho de ser un modelo continuo, sin embargo, solo puede aplicarse a un número limitado de objetos. En tanto que la geometría sólida constructiva por ejemplo, ofrece la ventaja de ser continua o discreta según se desee, el resultado es un modelo relativamente simple, aunque no funciona bien para objetos con formas complejas. Finalmente se cuenta con los modelos basados en redes neuronales artificiales, los cuales pueden ofrecer representaciones continuas o discretas, volumétricas o superficiales, y con buena precisión empleando pocos recursos de memoria. Su desventaja es el alto costo computacional requerido en las etapas del entrenamiento, y la falta de una teoría bien definida sobre el diseño de las arquitecturas.

2. Desarrollo

En el presente proyecto se tiene como punto de partida el uso de imágenes radiológicas (aquellas que se obtienen por exposición a los rayos X), que sirvan como fuente de información 2D, a partir de la cual se puedan extraer los contornos de elementos óseos para su posterior modelado con la técnica propuesta. Para llevar a cabo esto se ha propuesto utilizar Matlab como herramienta de cálculo y ARtoolkit como herramienta de visualización.

De lo anterior mencionado se deriva entonces que se debe establecer una etapa de procesamiento digital de la imagen que permita la depuración de ruido en la misma, así como posibilitar la extracción de características.

Cabe señalar que los elementos óseos a modelar deberán ser rectilíneos o bien de curvas suaves y de volumen principalmente cilíndrico, tales como el húmero, el fémur o bien algunas falanges, exclusivamente. Este es un requisito ya que el algoritmo está en su primer etapa de desarrollo y se pretende escalar a elementos de mayor complejidad en un futuro proyecto.

La propuesta de nuestro proyecto se basa en el establecimiento de un sistema de coordenadas conocido como ortográfico. En este sistema se realiza una inserción de dos vistas, una superior y una lateral del objeto a modelar. **Ver figura 2.1.**

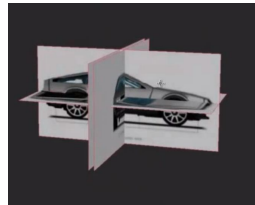


Figura 3: Primera figura

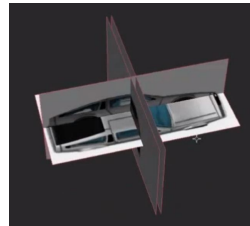


Figura 4: Segunda figura

El sistema ortográfico es ampliamente utilizado por las principales aplicaciones de modelado 3D existentes en el mercado. Nuestra propuesta consiste en desarrollar una metodología semejante al modelado por Splines que este tipo de aplicaciones emplea.

La metodología adoptada en el presente proyecto consiste de 3 pasos esenciales:

Metodología

[Paso 1:] Algoritmo de detección de bordes Canny.

[Paso 2:] Modelado geométrico usando Splines en el sistema de coordenadas ortográfico.

[Paso 3:] Algoritmo evolutivo de correlación espacial.

[Paso 4:] Visualización del modelo en el entorno de realidad aumentada.

2.1 Algoritmo de detección de bordes Canny

A partir de las imágenes de vista superior y lateral de placas de rayos x se procede al tratamiento digital y a la extracción de características para su posterior modelado 3D. Esta etapa se integra de 5 pasos a saber:

Algoritmo Canny

1. Suavizado (Smoothing): Remoción de ruido. En esta etapa se aplica un filtro Gaussiano con una desviación estandar =1.4. Mientras esta variable se incrementa, se eliminan puntos de inflección insignificantes y la forma se va suavizando.
2. Identificación de gradientes: Se identifica el borde o contorno de la imagen con base en los puntos donde el gradiente observa un valor alto. En esta etapa se aplica el operador Sobel.
3. Máximos locales: Solo aquellos puntos identificados como máximos locales se marcarán como bordes potenciales.
4. Doble humbral (Double thresholding): Bordes potenciales son determinados por un nivel de umbral específico.
5. Seguimiento de Borde por histéresis: Se eligen los bordes definitivos mediante la supresión de aquellos que no están fuertemente conectados entre si.

El resultado observado aparece en la **figura 2.2** siguiente:



Figura 5: Primera figura

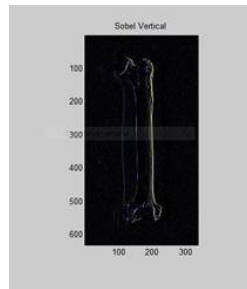


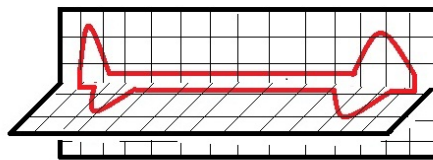
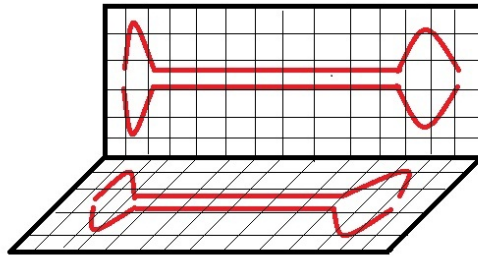
Figura 6: Segunda figura

2.2 Modelado geométrico usando Splines en el sistema de coordenadas ortográfico

En este proyecto se propone la resolución de esta etapa en dos procesos esenciales: el establecimiento del sistema ortográfico por una parte y la definición de puntos de control e interpolación en dos planos por otra.

2.2.1 Sistema ortográfico propuesto

En esta etapa se parte de establecer el sistema de proyecciones ortográfico (**ver figura 2.3**) que establece una intersección de las vistas 2D. En el proyecto se realiza la superposición de las vistas superior y lateral de la imagen radiológica estableciendo por programación una escala adecuada para la correspondencia de sus dimensiones espaciales.



2.2.2 Interpolación propuesta

En el caso de nuestro proyecto se propone trabajar a nivel de cuadrantes donde se realizará la interpolación como se indica en la **figura 2.4**. Se puede observar que se hacen dos recorridos, uno primero tomando como eje principal el eje X donde se van realizando la obtención de curvas entre puntos definidos en el plano formado entre los ejes Y-Z. Lo anterior da origen a una sucesión de puntos correspondientes a P0 hasta P4.

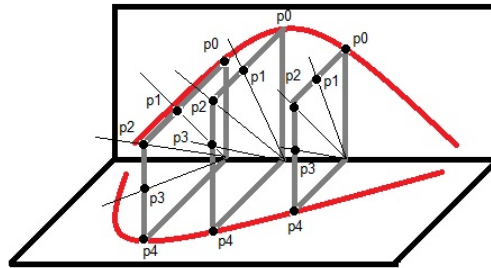


Figura 7: Ejemplo de definición de puntos para la interpolación en el sistema ortográfico

Referencias

- [1] Alan Jay Smith. Cache memories. *Computing Surveys*, 14(3):473-530, September 1982.
- [2] Sally A. McKee and Wm. A. Wulf. Access ordering and memory-conscious cache utilization. In *Proceedings of the First International Symposium on High-Performance Computer Architecture*, pages 253-262, January 1995.
- [3] Disponible 16 de octubre 2012. <https://www.cs.tcd.ie/Jeremy.Jones/vivio/caches/MESIHelp.html>
- [4] William Stallings, *Computer Organization and Architecture Designing for Performance*, Fourth Edition Prentice Hall.

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