

Capítulo 2

Marco Teórico

2.1 Actores digitales

El problema de la generación de movimientos para actores digitales ha sido abordado desde dos perspectivas diferentes:

- Métodos basados en captura de movimientos
- Métodos basados en cinemática

El primer enfoque se basa en la captura de movimientos a través de sensores conectados al cuerpo de una persona real. Estos sensores se colocan cerca de las articulaciones para medir la posición o el ángulo entre ellos y envían dicha información a una computadora, en la que se registran las posiciones, ángulos, velocidad, aceleración e impulsos percibidos por los sensores, con lo que se crea una representación digital precisa del movimiento de la persona. Esta técnica se ha aplicado principalmente en la industria del entretenimiento para la producción de películas y video juegos, pues ha permitido reducir el costo de crear una animación, y que de otra forma, requeriría que un animador dibujara secuencias de acciones muy extensas. Su éxito se debe a que ha permitido acortar el tiempo de producción, además, permite crear movimientos más naturales que con la animación tradicional, pues captura detalles secundarios que pueden pasar desapercibidos por los animadores tradicionales. Este mismo enfoque ha sido aplicado en el área de la biomecánica y el deporte, en donde la información en tiempo real proporcionada por estos sistemas permite diagnosticar problemas o sugerir formas para mejorar el desempeño de los atletas [1][2][3].

Una variante de esta técnica utiliza los movimientos capturados para generar nuevas secuencias de acciones mediante la combinación y deformación de los mismos. Un ejemplo

de esto lo tenemos en el trabajo descrito en [4], en el que dada una posición inicial y una posición final para un actor digital en un ambiente virtual, se calcula una trayectoria libre de colisiones para un cilindro que envuelve el tren inferior de su cuerpo. Una vez que se tiene dicha trayectoria, se anima y debido a que la trayectoria es libre de colisiones para el tren inferior, se corrige la postura del tren superior mediante técnicas de deformación y combinación de movimientos. Esto último en caso de existir una colisión con el ambiente.

Un método similar utilizado en [5], realiza una búsqueda aleatoria sobre una jerarquía de grafos para seleccionar un conjunto de movimientos que generen una secuencia de calidad aceptable, que cumpla con ciertas restricciones. Dicha secuencia mantiene la suavidad y apariencia del movimiento humano, además de ser generada en tiempo real, lo que permite generar movimientos complejos de forma interactiva.

En la misma línea, en [6] se propone un esquema para la planeación de movimientos de una figura bípeda. En este esquema, se requiere una posición inicial y una posición final dentro de un ambiente virtual para generar una secuencia de movimientos que lleve a la figura bípeda de un punto a otro, utilizando un conjunto de movimientos capturados de manera previa. Este trabajo combina métodos probabilísticos para la planeación de rutas, y se realiza en tres fases: construcción de un mapa del terreno, búsqueda de una ruta en el mapa y generación de movimientos. Como resultado, el esquema permite a una figura bípeda realizar movimientos variados como correr en un terreno plano, saltar sobre una zanja y caminar sobre piedras para alcanzar un objetivo.

Sin embargo, a pesar del realismo que proporciona la captura de movimientos, una de las grandes desventajas de esta técnica es que sólo permite capturar movimientos realizables desde el punto de vista anatómico, y debido a que dichos movimientos son capturados en un ambiente particular, no es fácil adaptarlos a otros ambientes bajo diferentes restricciones, pues a pesar del uso de las técnicas de combinación y deformación antes mencionadas, cambios significativos en el ambiente llevan a movimientos irreales o no válidos [7].

Por otro lado, la segunda perspectiva utiliza métodos basados en cinemática para manipular un modelo jerárquico articulado, con determinado número de grados de libertad, que representa el esqueleto humano. Estos métodos se caracterizan por ser más flexibles que los métodos basados en captura de movimientos, debido a que pueden aplicarse a una gran variedad de ambientes con diferentes características, como la existencia de obstáculos (móviles o estáticos), irregularidades en el terreno, entre otras.

Estos métodos utilizan cinemática para generar movimientos humanos con el fin de alcanzar un objetivo afectando las diferentes articulaciones que puedan verse involucradas. Este enfoque ha sido utilizado en [1], [7], [8], [9], entre otros, con diferentes variaciones.

En el proyecto que se describe en [1], se utiliza un modelo basado en cinemática inversa para animar una figura humana con el fin de estudiar factores ergonómicos que afecta en el desempeño del ser humano, y esta orientado a mejorar el diseño de artículos, herramientas, vehículos, etcétera, que permitan incrementar la productividad y el desempeño del ser humano en su trabajo. En este trabajo las posturas y el movimiento de las articulaciones están sujetos a restricciones. Además, se utiliza una base de datos antropométrica con el fin de permitir ajustar las dimensiones del cuerpo humano, y así, estudiar la forma en que se acomoda a diferentes espacios.

En [7] se propone un método para generar movimientos en tiempo real para un actor digital en terrenos irregulares con obstáculos. En este método, propuesto para ser utilizado en aplicaciones tales como juegos en línea, la pelvis se toma como la raíz del modelo jerárquico articulado, y la generación de movimientos se divide para el tren inferior y para el tren superior, con el fin de obtener resultados en el menor tiempo posible. La implementación de este sistema esta hecha en Java y puede visualizarse en un navegador VRML.

Una variación del problema, que considera la manipulación de objetos mientras el actor digital está en movimiento ha sido abordada en [8]. En su propuesta, se genera una trayectoria libre de colisiones para el actor digital y posteriormente, se generan de manera

dinámica, movimientos factibles para la manipulación de objetos, que incluyen el transportar una caja o una barra.

De manera similar, en [9] se aborda el problema de animar personajes mientras manipulan objetos. Este esquema calcula una ruta para el actor digital que cumpla con ciertas restricciones geométricas y cinemáticas, de tal forma que permita al actor digital mantener una postura adecuada. Esta postura es comparada con movimientos capturados almacenados en una base de datos, con el fin de lograr una apariencia natural.

Algunos otros trabajos incorporan restricciones físicas en el modelo que representa al actor digital, de tal manera que se logra un mayor realismo al considerar impulsos, inercia, fricción, entre otras fuerzas físicas [1].

Todos estos enfoques están orientados hacia la generación de movimientos que se asemejen lo más posible a los realizados por una persona real bajo ciertas condiciones.

2.2 Planeación de rutas

La planeación de rutas es un área que en los últimos años ha despertado un gran interés por parte de diversos grupos de investigadores. Las investigaciones sobre este tema se han desarrollado principalmente en el área de robótica en donde se tiene la necesidad de convertir especificaciones de alto nivel sobre una tarea para seres humanos en descripciones de bajo nivel sobre como moverse [10].

Sin embargo, es importante resaltar que las aplicaciones de la planeación de rutas se extienden a áreas como la animación por computadora y el desarrollo de video juegos, en donde la posibilidad de determinar la ruta que debe seguir un personaje para desplazarse de un lugar a otro reduciría de forma considerable el trabajo de los animadores. En biología molecular, para el diseño de drogas mediante el análisis de la forma en que las moléculas se acoplan entre sí. En medicina, para desarrollar herramientas que permitan a los médicos realizar procedimientos quirúrgicos, que por ser de alto riesgo, requieren de movimientos

precisos para no dañar tejidos sanos, como el nervio óptico. Estas y otras aplicaciones de la planeación de rutas se describen en [11].

Para describir el problema de planear una ruta, generalmente se recurre al problema del piano, que es un problema de planeación clásico. En este problema, se tiene una casa en la que se encuentra un piano, que sirven de entrada para un algoritmo, cuyo propósito es determinar la manera de mover el piano de una habitación a otra dentro de la casa, sin golpear el piano con algún otro obstáculo, por ejemplo, las paredes.

De esta descripción del problema del piano, podríamos pensar que la planeación de rutas es un problema sencillo, y sin embargo no lo es, pues como se demuestra en [12], el problema de planeación de rutas es un problema *PSPACE-complete*, y ésta, es una clase de problemas que están más allá de los problemas NP. Por esta razón, es importante tener esto en mente, ya que como se menciona en [11], una de las principales dificultades para el desarrollo de actores digitales tiene que ver con la planeación.

Recordar que la planeación de rutas es un problema complejo es muy importante, ya que hasta la fecha los algoritmos completos desarrollados para solucionar este problema requieren de tiempo exponencial en el número de grados de libertad del robot, lo que hace que su uso en aplicaciones reales sea impráctico [11].

De esta manera, surge la necesidad de emplear métodos prácticos y factibles de ser utilizados en aplicaciones reales, y es aquí donde los métodos probabilísticos representan una opción para la solución de este problema. Los métodos probabilísticos han demostrado un buen desempeño en aplicaciones de diversas áreas, incluso con problemas intratables por otros métodos, por lo que se han convertido en el enfoque más exitoso para abordar el problema de planeación de rutas [13][14][15].

La idea central detrás de los métodos probabilísticos, es dedicar tiempo a la exploración del espacio de trabajo, y no solamente enfocarse en encontrar una solución.

Esta idea fue introducida en un método conocido como Ariadne's Clew. Este método se describe en [16], y un ejemplo de su aplicación se presenta en la tesis descrita en [17].

El método Ariadne's Clew influyó en el desarrollo de otros métodos, basados en la generación de un árbol de búsqueda, por ejemplo, Rapidly Exploring Dense Tree (RRT) y sus variantes, que se caracterizan por ser métodos de consulta simple, es decir, para cada problema de planeación, deben ejecutarse por completo. Sin embargo, a pesar de tener un buen desempeño en la práctica, estos métodos no reutilizan los resultados obtenidos durante la exploración del espacio de trabajo [11].

Una alternativa en la que se reutilizan los resultados obtenidos de la exploración del espacio de trabajo, la constituyen los métodos basados en la generación de un mapa, que se utiliza para responder a múltiples consultas. La primera descripción de estos métodos fue introducida en [15], bajo el nombre de Probabilistic Roadmap Method, y este método es el que se propone para solucionar el problema central de esta tesis: la planeación de rutas para un actor digital en un ambiente virtual.