

Inferencia de puntos estratégicos en mundos virtuales

Luciana Benotti and Martín Villalba

Universidad Nacional de Córdoba, Argentina
luciana.benotti@gmail.com,villalba@famaf.unc.edu.ar
<http://cs.famaf.unc.edu.ar/~luciana>
<http://www.7c0h.com.ar>

Resumen Este trabajo estudia la inferencia de puntos estratégicos de una tarea. Los *puntos estratégicos* son un tipo de waypoint, dentro de un mundo virtual o físico, que son cruciales para la realización exitosa de una tarea dada (e.g. puntos de decisión, puntos de acción, etc). En el área de videojuegos, los *waypoints* son una de las técnicas principales que permite el movimiento de agentes autónomos. Usualmente los waypoints son colocados a mano por el diseñador del mundo virtual, con lo cual por un lado, el movimiento de los agentes puede resultar anti-natural y poco convincente, y por el otro deben ser vueltos a colocar cada vez que la tarea o el mundo cambia. El objetivo de este trabajo es inferir automáticamente los puntos estratégicos de un mundo virtual tal que el comportamiento de los agentes autónomos que los usan sea natural. Por ejemplo, si el agente autónomo es un tutor virtual que ayuda al usuario a completar una tarea, los puntos estratégicos pueden ser usados para decidir cuándo la intervención del tutor es crucial. Para inferir puntos estratégicos, hemos investigado el comportamiento de participantes humanos al realizar una tarea en un mundo virtual, buscando patrones de comportamiento comunes. Los resultados obtenidos demuestran que las vías de navegación mediante waypoints de un entorno pueden ser inferidas del comportamiento humano (como se discute en [5]), pero es al identificar puntos estratégicos de un entorno donde esta técnica demuestra su mayor poder.

1. Introducción

Tradicionalmente, los *waypoints* se han utilizado como una ayuda para la navegación, desde la utilización de puntos geográficos distintivos (tales como formaciones montañosas o cursos de agua) hasta su definición actual, impulsada por la aparición de los sistemas de posicionamiento global (más conocidos como GPSs), donde se los identifica como puntos en el espacio físico. En el área de mundos virtuales y videojuegos, es una de las técnicas principales (junto con *navigation mesh*) que permite el movimiento de agentes autónomos [5].

El uso de waypoints posee ciertas limitaciones (discutidas en la Sección 2), muchas de las cuales pueden atenuarse notablemente si se consigue inferir automáticamente la ubicación de estos puntos a partir de comportamiento humano.

El objetivo de este trabajo es obtener, en primera instancia, un sistema que permita inferir automáticamente la ubicación de waypoints en un entorno virtual, reflejando el comportamiento natural de jugadores humanos y obteniendo mayor flexibilidad. Dado que la técnica que proponemos es automatizada, los waypoints podrían cambiar durante un juego de acuerdo al comportamiento del jugador. Nuestro segundo objetivo es clasificar ciertas áreas del entorno en base a su importancia para la táctica de la tarea, con criterios tales como dificultad de acceso, facilidad de tránsito o relevancia para el cumplimiento de un objetivo. Para lograrlo, hemos diseñado un experimento con jugadores humanos descrito en la Sección 3, cuyos resultados analizamos en la Sección 4. La Sección 5 presenta las conclusiones obtenidas y las distintas líneas de trabajo futuro.

2. Waypoints, Táctica y Estrategia

Si bien la utilidad de *waypoints* para la navegación ha sido establecido hace mucho tiempo, su utilidad en el área de la táctica no es menor. Definimos a la táctica como el conjunto de técnicas en combinación para el uso de unidades militares para derrotar a un enemigo en batalla; es el nivel más bajo de los cuatro niveles de un enfrentamiento (a saber: tácticas, operaciones, estrategia y objetivos políticos), y es considerada tanto un arte como una ciencia. En este área, identificar puntos estratégicos (condiciones del terreno, reservas, objetivos, puntos débiles, etc) es una tarea vital, razón por la cual clasificar un terreno por sus características *estratégicas* más que por sus características *físicas* es de suma importancia. Estos mismos conceptos pueden extenderse naturalmente a toda área donde se requiera algún tipo de estrategia para lograr un objetivo: estrategias deportivas, reportes de tránsito, salidas de emergencia o juegos de ajedrez, todos ellos incluyen la búsqueda de puntos estratégicos en un espacio para lograr un determinado objetivo.

En su nivel más básico, consideramos un waypoint de navegación como un punto que define la posibilidad de transitar por ese espacio. Si ampliamos el conjunto de características de los waypoints con características más generales (tales como facilidad de tránsito, conectividad con otras áreas, iluminación, visibilidad, etc) podemos entonces encontrar utilidad para los waypoints fuera del área de la navegación: en el área de estrategia. Clasificar los puntos estratégicos de un espacio nos permite brindar a un agente inteligente la posibilidad de realizar planes más eficientes y así facilitar el proceso de toma de decisiones [3].

Por ejemplo, si el agente autónomo es un tutor virtual que ayuda al usuario a completar una tarea, los puntos estratégicos pueden ser usados para decidir cuándo la intervención del tutor es crucial. Decidir cuándo es un buen momento para que un tutor virtual intervenga es un problema bien conocido de los sistemas generadores de instrucciones [1]. Si dichos sistemas conocieran los puntos estratégicos en el mundo virtual, podrían tomar decisiones más informadas de cuándo hablar para no bombardear con instrucciones al usuario ni dejarlo sólo al tomar decisiones cruciales para el resultado de la tarea.

Si bien es posible realizar un análisis general de un terreno, esta es una tarea costosa y cuyos resultados dependen de definir una heurística adecuada [5]. Por este motivo, si registramos el comportamiento de participantes humanos ante una tarea cuyo éxito dependa de adoptar una buena estrategia, podemos deducir cuáles puntos del espacio resultaron de mayor utilidad o importancia en la resolución de dicha tarea. Además, si agregamos una escala que permita medir el éxito (o fracaso) del jugador, podremos deducir también cuáles puntos y/o vías del entorno ayudaron o perjudicaron en mayor medida a los participantes.

Al comparar *waypoints* contra otras técnicas como *Navigation Mesh*, es inevitable la discusión sobre la naturalidad del movimiento. La navegación basada en waypoints tiende a favorecer movimientos en línea recta, dando la impresión de que el agente se traslada “sobre rieles”. Este problema se atenúa notablemente al incrementar el número de waypoints, pero esto a su vez afecta negativamente el rendimiento. Diseñar entonces un método que incremente la densidad de puntos en ciertas áreas puntuales es un desafío que vale la pena encarar.

Una primera aproximación consiste en incrementar de forma uniforme la cantidad de puntos en el espacio. Esta técnica, sin embargo, es ineficiente y los resultados no son los ideales, ya que el diseño mismo del espacio tiende a favorecer la preferencia de ciertos caminos por sobre otros [6]. Una aproximación más interesante consiste en analizar los movimientos naturales de los participantes, y luego reflejar estos patrones en la ubicación y densidad de los waypoints.

3. Diseño de un experimento

Diseñamos un mundo virtual y una tarea cuyo éxito se mide en base a determinados parámetros establecidos a priori (menor tiempo, menor distancia recorrida, menor desgaste, etc.) - explicitar esto último permite al participante planear de manera anticipada cómo llevar a cabo la tarea. Con este mismo fin, las ventajas estratégicas de cada camino deben ser evidentes al participante.

Con esto en mente, se diseñó un entorno virtual de extensión moderada (40m x 15m en la planta baja, 3 pisos extra de 40m x 5m y una pequeña plataforma en el techo), representando un edificio en construcción. Dentro de este entorno, se solicitó a los participantes realizar una serie de tareas, a saber:

- **Tarea 1:** Tomar un objeto de tamaño mediano y depositarlo en el escritorio de una determinada oficina (sobre un total de 16 posibles oficinas). Para acceder a la oficina el participante debe sortear vallas ubicadas en su camino, objetivo que puede cumplirse de más de un modo (por ejemplo, crear una escalera o empujar las vallas).
- **Tarea 2:** Similar a la tarea 1, pero ahora el objeto a transportar es de mayores dimensiones, haciendo incómodo el tránsito por ciertas vías.
- **Tarea 3:** Bajar desde el último piso una serie de objetos de grandes dimensiones. Dado que el mundo virtual implementa un avanzado sistema de colisiones y gravedad, esta tarea pretende descubrir soluciones ingeniosas al problema: nada evita que el jugador simplemente arroje el objeto por la

baranda del último piso. Se agregaron también personajes autónomos que recorren el entorno, con el objetivo de analizar de qué manera reaccionan los participantes cuando su vía principal se encuentra bloqueada de forma imprevista.

- **Tarea 4:** Seguir una escalera hasta el techo del entorno, recorrer un estrecho camino y recuperar allí un pequeño maletín sin caer en el proceso.

El mundo virtual ha sido desarrollado sobre la plataforma Source SDK, de la empresa Valve, lo cual posibilita la inclusión de las leyes de la física dentro de las tareas (tales como el apilado de elementos); el motor fue ligeramente modificado para incluir un sistema de volcado de información al sistema de archivos que nos permita registrar (y eventualmente evaluar) la posición y estado de los participantes en todo momento. La Figura 1 muestra algunos escenarios dentro del entorno.



Figura 1. Capturas de pantalla del mundo virtual utilizado en el experimento

La recolección de datos se llevó a cabo con un total de 14 voluntarios, con una edad promedio de 27 años, experiencia en videojuegos dispar y con enfoques académicos variados como se puede observar en la Figura 2.

Interés Académico %		Experiencia con Juegos %	
Matemática	28,57	Baja	21,43
Informática	28,57	Media	50,00
Medicina	14,29	Alta	28,57
Cs. Sociales	14,29		
Otros	14,29		

Figura 2. Análisis estadístico de los participantes: a) intereses académicos, y b) experiencia anterior con videojuegos. Edad promedio: 26,6 años ($\sigma = 4,8$)

El experimento se llevó a cabo de forma individual y personal, dando las instrucciones a los participantes al comienzo de cada nivel, y respondiendo a consultas en la medida que lo solicitaran, cuidando en todo momento que las respuesta no influenciaran su comportamiento.

Terminada esta fase, el paso siguiente fue el filtrado y análisis de la información obtenida. Para ello, se otorgó una clasificación al desempeño de cada

jugador en el entorno, basada en el éxito o fracaso de las tareas y el tiempo total del experimento. Paralelamente, se separaron los datos en dos sets: un primer conjunto de datos para la fase de exploración previa a la tarea, y un segundo conjunto con los datos de la realización de las tareas en sí—dado que la primera etapa busca familiarizar al participante con su entorno, es lógico suponer recorridos más amplios y caóticos que en las etapas posteriores, y por ende analizar ambos conjuntos por separado resulta lo más apropiado.

4. Resultados del experimento

Para analizar los resultados de las tareas, se diseñó una interfaz en Python (utilizando la librería gráfica PyGame) que reconstruye en un mapa bidimensional el resultado de cada partida, resultados que pueden apreciarse parcialmente en la Figura 3.a. Cada posición registrada del jugador se representa con un círculo de color rojo claro, de modo tal que al pasar por una misma sección más de una vez la opacidad de dicho punto aumente (la claridad depende en cierta medida del éxito del participante en la tarea - a mejores resultados, mayor opacidad). Este gráfico fue acompañado de un segundo mapa, donde se dividió el área total en una grilla de 20×50 y donde cada punto de la grilla corresponde a la cantidad de veces que dicha área fue atravesada, mapa que puede apreciarse en las Figura 3.b y 3.c.

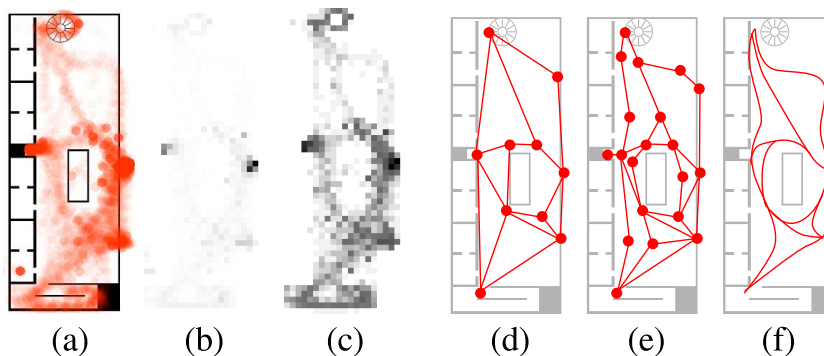


Figura 3. a) Recorridos de los participantes, b) distribución discretizada de las posiciones de los participantes (tono indica densidad), c) distribución discretizada con contraste mejorado, d) recorrido con 10 waypoints, e) recorrido con 20 waypoints, f) recorrido suavizado

En base a estos recorridos, podemos deducir ciertos patrones generales de comportamiento de los participantes, patrones que se resumen en la Figura 3.b. Antes de pasar a los resultados cuantitativos, hay diversos puntos cualitativos de los resultados del experimento que es interesante resaltar. Pasada la etapa

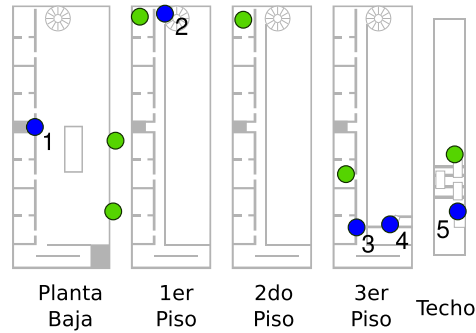


Figura 4. Puntos de mayor relevancia del mapa (verde: puntos relevantes para las tareas - azul: puntos de mayor complejidad)

de pruebas, la gran mayoría de los participantes optó por la vía más cómoda (la rampa, ubicada en el extremo inferior del mapa), incluso cuando no fuera la óptima. Su experiencia con la escalera caracol (que resulta compleja de transitar al cargar objetos) llevó a los participantes a descartarla casi siempre, aún cuando en la etapa de descubrimiento fuera un punto de mucho tránsito. Además, los participantes raramente se mueven en línea recta, aún cuando resulte la opción más eficiente - el comportamiento general de los participantes consistió en fijar un objetivo, caminar unos pasos hacia el mismo, reorientar el personaje en la dirección correcta y repetir hasta llegar al objetivo. Este comportamiento es mucho frecuente en jugadores novatos. Durante las tareas 2 y 3, en la cual tienen que transportar objetos de grandes dimensiones y que obstaculizan notablemente la visión, el proceso de re-orientación resulta mucho más evidente. El trazado del recorrido de cada participante es fuertemente afectado por los elementos del entorno, incluyendo aquellos que son meramente decorativos. Estos patrones de comportamiento han sido observados y utilizados con anterioridad en la construcción de parques y espacios verdes [7], y dada la similitud reportada en el movimiento dentro de espacios reales y virtuales [4], resulta lógico encontrarla también aquí. Finalmente, los jugadores más experimentados exhiben patrones de comportamiento diferentes: al estar familiarizados con las peculiares leyes físicas del entorno, su comportamiento resulta mucho menos natural pero, a la vez, más eficiente. Esto nos lleva a considerar la importancia de seleccionar correctamente el grupo de individuos de pruebas, ya que será su comportamiento el que se vea reflejado en los futuros resultados.

Tomando los datos recolectados como base, podemos construir una red de waypoints que refleje el comportamiento de jugadores humanos. Las Figuras 3.d y 3.e nos demuestran iteraciones del proceso de reconstrucción. Notemos que la segunda iteración no utiliza los nuevos waypoints para incrementar el rango de movimientos en el mapa, sino mayormente para suavizar el recorrido a lo largo del nivel—de no haber investigado previamente los movimientos de los participantes, la decisión más lógica hubiera sido distribuir los puntos de modo

uniforme a lo largo del nivel, dando lugar al típico movimiento “sobre rieles” que se atribuye a esta técnica.

Observar la densidad de los puntos del mapa nos presenta información importante acerca de los puntos estratégicos del entorno. La figura 4 muestra los puntos del mapa donde los participantes invirtieron mayor parte del tiempo de las tareas, puntos fácilmente identificables por su densidad. Estos puntos se clasifican en dos tipos: (a) Los puntos verdes son puntos del mapa indispensables para el cumplimiento de las tareas. (b) Los puntos azules son los puntos donde los participantes tuvieron mayores dificultades. Los puntos difíciles del entorno deben su complejidad a distintas razones. Primero, el manejo del ascensor probó ser problemático debido a una combinación de diseño inusual y bugs del motor (principalmente, por objetos atravesando el piso), lo cual puede apreciarse en el punto 1. Segundo, el punto 2 es un reflejo de las situaciones provocadas por el bloqueo del acceso a la escalera caracol desde el 1er piso. Aquellos participantes que decidieron atravesarlo lo hicieron con dificultad. Finalmente, los puntos 3 a 5 corresponden todos a la última tarea, la cual requiere saltar sobre vía muy pequeñas, con el riesgo constante de caer. Desde el primer salto (donde los participantes tomaron tiempo extra intentando alinear su posición antes de intentarlo) hasta el regreso, cada paso fue realizado lentamente y con mucho cuidado.

De este modo, resulta sencillo identificar dos tipos de puntos importantes desde un punto de vista estratégico: aquellos cruciales para la realización de una tarea (puntos que debemos explotar si queremos mejorar el rendimiento de nuestros agentes), y aquellos que presentan dificultad adicional (puntos en los cuales deberemos dar ayuda a los participantes o, en última instancia, evitar directamente). La inferencia automática de estos puntos puede aumentar considerablemente la naturalidad y efectividad de nuestros agentes.

5. Conclusiones y Trabajo Futuro

La primera conclusión importante que hemos obtenido del presente trabajo es la importancia de abandonar una visión *funcional* de la colocación de waypoints (intentando cubrir el mayor área posible) en favor de un enfoque más *natural*, ubicando waypoints de navegación allí donde el movimiento natural de los jugadores lo indique. De estos resultados se desprenden dos posibles caminos futuros: el diseño de un algoritmo capaz de tomar una red de waypoints y suavizarla, por una parte, y la determinación de reglas concretas que deba respetar esta nueva red para cumplir con su objetivo: poder asegurar que el nodo más natural sea también el nodo más eficiente es un resultado importante para la aplicación de esta técnica en mayor escala.

Ya en el área de la táctica, los resultados han demostrado que la relación entre el desempeño de los participantes y su entorno resulta evidente al analizar los datos: mientras que los recorridos de los jugadores con menor desempeño evidencian todo tipo de demoras en las áreas más problemáticas, los caminos de los jugadores expertos son mayormente directos y veloces. La unión de ambos

datos nos permite identificar las vías de tránsito más veloz, los puntos de difícil navegación y las áreas más complicadas de una tarea (en las cuales, por ende, es preciso prestar mayor atención), entre otras. Este tipo de entrenamiento resulta de gran utilidad tanto para la implementación de un agente autónomo (que deba navegar el entorno o guiar a un usuario para mejorar su desempeño) como para la creación de estrategias para tareas que tengan lugar en un terreno similar.

Un aspecto que pensamos abordar en trabajo futuro es la cuestión de identificar la diferencia entre una tarea y un juego. En este sentido, la última tarea de nuestro experimento (tarea que requería recorrer un espacio angosto, a gran altura, con el riesgo de caerse y *perder*) fue la que mayores reacciones visibles causó por parte de los participantes. Al llegar a este punto, los participantes se enfocaron en un grado mucho mayor en la tarea, y expresando en más de una ocasión lo interesante que les resultó la misma. Esta tarea fue diseñada siguiendo los lineamientos de [8] acerca de qué constituye “juego riesgoso”, siendo el objetivo testear hasta qué punto existe (si existiera) una relación entre “perder” y el disfrutar o no con un mundo virtual [2]. El que la tarea más convocante de nuestro experimento fuera aquella que realmente representa algún tipo de riesgo para los participantes sugiere que, aunque incompleta, esta hipótesis puede tener algún valor.

Finalmente, una línea de investigación que pensamos seguir, usando los resultados de este trabajo, es informar con los puntos estratégicos la tarea de decidir cuándo es el mejor momento para que un instructor virtual de una nueva instrucción.

Referencias

1. Benotti, L., Denis, A.: Giving instructions in virtual environments by corpus based selection. In: Proceedings of the SIGDIAL 2011 Conference. p. 68–77. Association for Computational Linguistics, Portland, Oregon (June 2011)
2. Croshaw, B.: Death in videogames. *The Escapist* (March 2011)
3. Doornbos, J.: Those darn sims: What makes them tick? Game Developers Conference (2001)
4. McGregor, L.G.: Situations of play: Patterns of spatial use in videogames. In: Akira, B. (ed.) *Situated Play: Proceedings of the 2007 Digital Games Research Association Conference*. pp. 537–545. The University of Tokyo, Tokyo (September 2007)
5. Millington, I., Funge, J.: *Artificial Intelligence for Games*. Morgan Kaufmann, Burlington, MA, USA (2009)
6. Myhill, C.: Commercial success by looking for desire lines. In: Masood Masoodian, S.J., Rogers, B. (eds.) *Computer Human Interaction: 6th Asia Pacific Computer-Human Interaction Conference*. pp. 293–304. Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag (June 2004)
7. Rogers, S.: Everything i learned about level design i learned from disneyland. Game Developers Conference (2009)
8. Sandseter, H.E.B.: Categorising risky play-how can we identify risk-taking in children’s play? *European Early Childhood Education Research Journal* 15(2), 237–252 (2007)