

Grupo Colaborativo Transportando Objetos

Angel Rodríguez Cerro¹ y Rafael J. Martínez Durá¹

¹Instituto de Robótica, Universidad de Valencia, Spain

Abstract

En computación gráfica, muchos investigadores han estudiado el problema de la navegación en entornos virtuales, pero ha sido en las últimas décadas cuando la formación de grupos de agentes ha tomado cierta relevancia. Se emplean tanto métodos de navegación global para mover al grupo como un individuo indivisible, como métodos de navegación local que afectan al interior del grupo. En cualquier caso, todas las técnicas siempre aplican la misma función a todos los miembros del grupo por igual, para computarlos todos juntos de una manera rápida y sencilla. Este artículo demuestra las ventajas de usar diferentes papeles para cada miembro del grupo, haciendo posible la realización de tareas complejas, como puede ser el transporte de objetos de grandes dimensiones, con una gran simplicidad y de una manera colaborativa. La clave es descomponer el trabajo a realizar en subtareas, que se asignan a los diferentes agentes que forman el grupo y que por tanto se ejecutan simultáneamente y asincrónicamente. De este modo es posible construir un grupo modular con una base central y proporcionar nuevas funcionalidades gracias a los papeles que se asignan a cada uno de sus miembros.

Categories and Subject Descriptors (according to ACM CCS): Humanos virtuales y vida artificial

1. Introducción

Actualmente hay muchas aplicaciones que simulan entornos reales. En ellas, es común encontrar agentes moviéndose e interactuando entre sí. Diversos investigadores han estudiado esta navegación de entidades tanto en computación gráfica como en robótica y sus resultados se han empleado en videojuegos y películas o en otras aplicaciones, como la simulación de multitudes realizando procedimientos de escape de emergencia.

En el contexto de estos estudios sobre la navegación por entornos virtuales, uno de los objetos de interés son los grupos de entidades, en los que diferentes individuos colaboran para alcanzar un objetivo común. Habitualmente, los escenarios son discretizados con el fin de obtener la información relevante para la navegación. Para ello se usan diversas técnicas, como son los mapas de carreteras [Ove05], grids o quadtrees [NRG04]. Posteriormente, a partir de la información obtenida, se utilizan algoritmos de *path finding* para buscar caminos libres de colisiones, que lleven a un individuo desde un punto inicial hasta otro final.

Al trabajar con grupos, los investigadores utilizaban estos mecanismos aplicados a cada individuo por separado, sin aprovechar realmente las nuevas ventajas que ofrece una

agrupación. El grupo se puede considerar como una única entidad que sigue un camino. Además, se necesita controlar la distancia entre los vecinos, hacer que las entidades se desplacen con velocidades y direcciones similares, para que realicen movimientos de forma cohesiva, y mantener una posible formación predefinida.

En este trabajo de investigación se implementa un planificador de caminos basado en el Método de Mapa de Carreteras Probabilístico (PRM). También se implementa un nuevo mecanismo de definición de grupo, orientado al caso práctico del transporte de objetos, simulando el experimento realizado por Streuber [SCMB08]. A cada miembro se le va a asignar una tarea diferente a ejercer dentro del grupo, y con la ejecución de todas ellas asincrónicamente y de forma distribuida, se va a llevar a cabo la tarea principal objetivo.

2. Trabajos relacionados

La navegación de grupos de agentes ha sido estudiada principalmente en las últimas décadas. Hasta entonces las investigaciones se centraban en la circulación de individuos. Para ello usaban técnicas basadas en campos potenciales, las cuales presentaban problemas de mínimos locales. Además,

utilizaban técnicas basadas en seguir a un líder para conseguir una sensación de grupo.

Reynolds fue quien presentó un primer modelo, el modelo de boids, que pretendía simular una bandada de pájaros usando reglas básicas idénticas para cada individuo [Rey87]. El modelo se basaba en que cada individuo evitase las colisiones con sus compañeros, intentasen ir a la velocidad de ellos y mantenerse dentro del grupo.

Kamphuis y Overmars consiguieron dotar de coherencia a la agrupación mediante el uso de formas deformables [KO04b]. Todos los individuos se quedaban en el interior de un polígono que limitaba la forma del grupo. Se simulaba una silueta externa del grupo usando campos potenciales, evitando que los agentes escapasen de la formación y que colisionasen con sus vecinos. Siguiendo esta misma idea, Overmars trató de aplicarla a caminos calculados con un PRM para dar lugar a un mapa de pasillos [KO04a]. Dentro del pasillo estableció un mecanismo para controlar la dispersión del grupo.

También existen otros trabajos en los que los individuos alcanzan metas de una manera colaborativa sin dar importancia a la coherencia de grupo. Burchan Bayazit [BLA02] definió mapas de carreteras con reglas, en donde cada individuo marca su camino con alguna regla que comparte con el resto de miembros del grupo.

El presente artículo trata de orientar todo este estudio hacia el transporte de objetos desde un punto a otro. Reynolds no garantiza la coherencia de grupo necesaria para el transporte del objeto, pudiendo individuos abandonar la formación. Mientras que gracias a la forma deformable de Kamphuis y Overmars permite mantener cerca los miembros al objeto transportado, evitando que se salgan de unos límites.

3. Metodología

El trabajo realizado presenta dos partes diferenciadas. En una primera, de *Path planning*, se considera al grupo como un único individuo, para el cual se calculará la mejor ruta para alcanzar el objetivo. En la segunda parte, *Definición de grupo*, se explica un nuevo método para definir agrupaciones de agentes destinados a la realización de trabajos de forma colaborativa.

3.1. Path planning

El grupo se considera como un único individuo que navega por el entorno. Este apartado se ha resuelto utilizando el método de Mapas de Carreteras Probabilístico (PRM), dividiendo la metodología empleada en 3 partes: distribución de puntos, su unión y la posterior búsqueda de caminos sobre ellos.

- *Distribución de puntos*. El entorno virtual se representa con puntos, que corresponden a posiciones libres de

colisiones. En nuestro caso se utiliza una distribución uniforme de los puntos para ofrecer una representación equilibrada de todo el entorno, desechando todos aquellos puntos que quedan internos a obstáculos. Se utilizan cajas envolventes del tamaño del grupo para separar los puntos a una distancia adecuada de los obstáculos. Si es detectada alguna colisión dentro de la caja, dicho punto sería resituado a la distancia adecuada para evitar la colisión.

- *Unión de puntos*. Para poder navegar por el escenario es necesario conocer qué otras posiciones se pueden alcanzar desde cada punto. En nuestro caso, dos puntos se podrán interconectar entre sí, si y sólo si entre ellos existe un camino libre de obstáculos por el que pueda desplazarse el grupo de entidades. Se ha decidido realizar las conexiones con los vecinos más próximos.
- *Búsqueda de caminos*. Existen diversos algoritmos para buscar caminos desde un punto inicial hasta otro destino. En el artículo de Bryan Stout [Sto96] se llega a la conclusión de que el algoritmo más completo es el algoritmo de búsqueda heurístico A*. Éste se caracteriza por obtener el camino más corto desde un origen a un destino, siempre que exista tal camino.

Los mapas de carreteras hay que adaptarlos a las características del grupo, gran parte de ellas definidas por el objeto a transportar, buscando un ancho del camino suficiente para éste, reduciendo de este modo el número de colisiones y permitiendo buscar caminos adaptados a tal agrupación.

El sistema de navegación definido permite que un individuo circule por un escenario desde una posición origen a un destino evitando colisiones con obstáculos. A continuación, la siguiente tarea es definir el grupo que va a navegar por los caminos creados.

3.2. Definición de grupo

El objetivo de esta fase es crear grupos de individuos que compartan un mismo objetivo o tarea compleja a realizar. Este trabajo que se desea realizar, en función de su naturaleza, se dividirá en diferentes subtareas que se puedan realizar simultáneamente y se repartirán entre las entidades que formen el grupo. Cada miembro debe atender a una necesidad concreta del grupo y además debe sincronizarse con el resto para llevar a cabo las tareas principales por las que se ha formado el grupo.

Como único elemento indispensable en estas formaciones es la existencia de una estructura central que gestione el reparto de papeles. Un núcleo que mantenga la lista de roles con sus características.

El mecanismo de agrupación no está ligado a ninguna técnica concreta para la gestión de los miembros del grupo, gracias a ello se puede utilizar cualquiera de ellas. Por ejemplo un sistema de reglas, en donde se mantengan registradas las posiciones, características y eventos que puedan tratar

cada uno de los roles. O mantener relaciones entre los miembros basadas en física, fuerzas potenciales. Pero incluso sería posible realizar una combinación de varias de ellas.

A continuación, se presenta una definición de grupo para el caso práctico del transporte de objetos por entornos virtuales.

3.2.1. Agrupación para el transporte de objetos

El objetivo de la formación del grupo consiste en mover un objeto de grandes dimensiones desde una posición inicial hasta un punto deseado a través de un entorno laberíntico. Los miembros del grupo podrán obrar según las normas establecidas por 4 roles diferentes.

- **Líder.** Su tarea consiste en guiar al resto de miembros del grupo hasta la posición deseada, para ello usa un movimiento rectilíneo siguiendo un camino marcado por puntos intermedios. Es un elemento indispensable para el grupo, puesto que es el único que conoce el camino a seguir. Sólo debe haber uno.
- **Seguidor.** La función de este rol es la de evitar los obstáculos que dificultan la navegación del grupo por el camino, haciendo rotar a toda la agrupación tomando la posición del líder como centro de la rotación. Si no se detecta ninguna colisión, el seguidor sigue los pasos del líder en la medida que el entorno lo permita. Únicamente debe existir un seguidor dentro del grupo. El líder y el seguidor cogen los objetos a transportar por extremos opuestos, manteniendo entre ellos una distancia fija. Esta limitación facilita los cálculos del movimiento del seguidor que se reducen a resolver un sistema de ecuaciones de segundo grado.

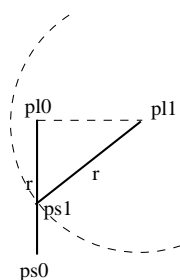


Figura 1: Movimiento del seguidor. $ps0$ y $ps1$ representan la posición actual y siguiente de la entidad seguidor respectivamente; $pI0$ y $pI1$ las mismas posiciones para el líder; r indica la distancia fija entre seguidor y líder.

Partiendo de la situación geométrica representada en la Figura 1, en donde el líder se desplaza desde el punto $pI0$ a $pI1$ y conociendo la posición inicial del seguidor ($ps0$), para calcular la nueva posición del seguidor, se calcula la intersección entre la circunferencia de radio r centrada en la nueva posición del líder ($pI1$) y la recta con dirección $pI0-ps0$.

- **Ayudante.** La función de este papel radica únicamente en ayudar en el transporte del objeto, debido por ejemplo a que éste es demasiado grande o pesado. En el grupo podrán coexistir tantos ayudantes como sean necesarios. Éstos tienen la capacidad de moverse libremente alrededor del objeto que transportan, gracias a la cual pueden apartarse de algunos obstáculos.
- **Objeto a transportar.** Este papel define la estructura central del grupo y mantiene la información necesaria para gestionar la sincronización y el reparto de las diferentes tareas. Un único objeto debe formar parte del grupo. En nuestro caso, el objeto a transportar debe indicar la posición en que debe situarse el líder para enganchar el objeto y guiar al resto de miembros, al igual que para el seguidor, así como especificar cuantos ayudantes son necesarios y el número máximo de ellos a la vez, informando de sus posiciones y posibilidades de movimiento entorno al objeto.

3.2.2. Mecanismo para evitar colisiones

Una vez definida la formación del grupo, cada uno de los miembros van a colaborar, según su papel, en evitar las posibles colisiones que surjan durante el recorrido del camino.

La primera tarea consistente en detectar los obstáculos se realiza en dos fases. En la primera, se considera todo el grupo como una unidad, envuelto en una caja, contra la que se comprobarán las colisiones. En caso de colisión detectada, se aplica una segunda fase en la que se examina qué miembro del grupo ha sido el causante de la colisión.

Dado que los ayudantes poseen la capacidad de desplazarse alrededor del objeto que transportan, al colisionar tratarán de apartarse del obstáculo sin afectar al resto del grupo ni al estado en el que se encuentre. En paralelo a ellos, se ejecuta un sistema de 3 estados para evitar las colisiones, los cuales son:

- **Buscando.** Se comprueba la existencia de colisiones. Al detectar una colisión que los ayudantes no pueden sortear, el sistema comprueba si es posible resolver la situación rotando el grupo. En el caso de que sea posible, el grupo cambia su estado a *escapando*. En caso contrario, se cambia a *esquivando*, en el que el líder modificará su camino hasta el objetivo para evitar el objeto colisionante.
- **Escapando.** El objetivo principal consiste en escapar de la situación de colisión rotando todo el grupo sin modificar la ruta seguida por el líder para alcanzar el destino. Esta tarea recae principalmente sobre la figura del seguidor. Una vez se haya conseguido escapar del obstáculo, se regresará al estado de *buscando*.
- **Esquivando.** Se basa en modificar el camino original que sigue el líder, alejándose en sentido opuesto a la colisión. Cuando se haya esquivado el obstáculo, el líder regresará a su camino original y el sistema al estado de *buscando*.

4. Pruebas y Resultados

Usando las definiciones del sistema de navegación y del grupo, se ha implementado el caso práctico planteado del transporte de objetos por un entorno laberíntico. La escena consiste en cuatro individuos, un líder y un seguidor en cada extremo y dos ayudantes, que transportan un objeto alargado desde un punto del escenario a otro, esquivando las paredes y realizando giros complicados debido a la longitud del objeto transportado. Véase figura 2.

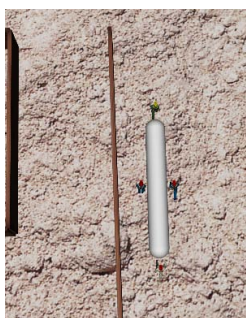


Figura 2: Grupo transportando un objeto alargado.

La estructura explicada ofrece una serie de propiedades de grupo.

- *Seguir a un líder.* Un miembro guía al resto del grupo, indicándoles el camino a seguir hasta alcanzar el punto objetivo. Esta propiedad reduce el número de búsquedas del camino hasta el destino a una sola para todo el grupo y no una para cada miembro. El papel de líder es el encargado de seguir la ruta calculada y a partir de él el resto de miembros del grupo recalculan su posición para seguirlo.
- *Coherencia de grupo.* La agrupación se presenta como una unidad sin peligro de ruptura accidental, en la que todos los miembros permanecen relativamente juntos. El objeto transportado establece la estructura central que mantiene todos los miembros juntos, además de evitar colisiones internas.
- *Deformación del grupo.* Esta capacidad permite al grupo adaptarse a situaciones de estrechez del espacio libre y a sus miembros ocupar una posición más relajada. En este caso son los ayudantes quienes proporcionan esta habilidad. Con ella se facilita la adaptación del grupo al entorno y evita obstáculos sin necesidad de rotar al grupo, ni de variar la ruta original seguida.

5. Conclusiones

En el presente trabajo se ha presentado una técnica que permite que grupos de individuos realicen trabajos complejos de forma colaborativa, simplemente dividiendo estos trabajos en subtarefas compatibles que se reparten entre los miembros.

El considerar al grupo como un único individuo que

navega por escenarios frente a tener en cuenta cada uno de sus miembros, aporta una reducción del tiempo de cálculo necesario para hallar el camino hasta el destino especificado, puesto que un único camino valdrá para todos ellos.

Aunque aquí se ha presentado la aplicación de transporte de objetos, un gran número de trabajos colaborativos se podrían llevar a cabo exitosamente utilizando este esquema. Desde ayudar a cargar un saco de arena, donde un usuario sujeta el saco y otro lo va rellenando, hasta simular una salida de emergencia controlada, en donde las personas especializadas guiarían al resto y les abrirían camino para salir.

5.1. Trabajo Futuro

Ahora el trabajo a realizar se orienta en mejorar este modelo de grupo base, dotándolo de más características. Los ayudantes deberán tener en cuenta el equilibrio del objeto cuando se desplacen. Las propiedades físicas de las personas afectarán al transporte del objeto. Además se debe mejorar la respuesta ante la navegación en situaciones extremas de posible bloqueo.

6. Agradecimientos

Este trabajo de investigación ha sido parcialmente subvencionado con las ayudas del Ministerio de Ciencia e Innovación en forma de beca de FPU.

References

- [BLA02] BAYAZIT O., LIEN J.-M., AMATO N. M.: Better group behaviors using rule-based roadmaps. *Algorithmic Foundations of Robotics 7* (2002), 95–112.
- [KO04a] KAMPHUIS A., OVERMASRS M. H.: Finding paths for coherent groups using clearance. *Proceedings of the 2004 ACM SIGGRAPH/Eurographics symposium on Computer animation* (2004), 19–28.
- [KO04b] KAMPHUIS A., OVERMASRS M. H.: Motion planning for coherent groups of entities. *IEEE International Conference on Robotics and Automation. 4* (2004), 3815–3822.
- [NRG04] NIEDERBERGER C., RADOVIC D., GROSS M.: Generic path planning for real-time applications. *Proceedings in Computer Graphics International* (2004), 299–306.
- [Ove05] OVERMARS M. H.: Path planning for games. *Proceedings Third International Game Design and Technology Workshop and Conference* (2005), 29–33.
- [Rey87] REYNOLDS C. W.: Flocks, herds, and schools: A distributed behavioral model. *ACM SIGGRAPH '87 Conference Proceedings. Published in Computer Graphics 21(4)* (1987), 25–34.
- [SCMB08] STREUBER S., CHATZIASTROS A., MOHLER B. J., BÜLTHOFF H. H.: Joint and individual walking in an immersive collaborative virtual environment. *Proceedings of the 5th symposium on Applied perception in graphics and visualization* (2008), 191–191.
- [Sto96] STOUT B.: Smart moves: Intelligent pathfinding. *Game Developer* (1996).