

Modelos Basados en Agentes - Boids

El movimiento agregado de una bandada de pájaros, una manada de animales terrestres o un banco de peces constituye fenómenos complejos. Su animación por computadora fue explorada por primera vez con un enfoque basado en la simulación a fines de los 80, contrastando con los métodos previos en los que se definía una secuencia de comandos de las rutas de cada ave [1]. En este trabajo se simula la bandada como un sistema de partículas, donde cada ave corresponde a una partícula. El movimiento agregado de la bandada simulada se crea mediante un modelo de comportamiento distribuido muy parecido al de una bandada real, en el que cada ave elige su propio curso. Cada ave simulada se implementa como un actor independiente que navega de acuerdo con su percepción local de un entorno dinámico, las leyes de la física simulada que rigen su movimiento y un conjunto de comportamientos programados por el “animador”. El movimiento agregado resultante de la bandada simulada, resulta de la interacción de comportamientos relativamente simples de cada ave simulada individual. Este conjunto de aves simuladas es llamado “boids” del inglés “bird-oid objects”.

Boids es un ejemplo de comportamiento emergente donde la complejidad surge de la interacción de agentes individuales. Cada uno de estos agentes tiene sus correspondientes atributos y sigue un conjunto de reglas. En su versión más simple, cada i -ésimo agente (o boid) contará con dos atributos, posición ($\mathbf{x}_i \in \mathbb{R}^N$) y velocidad ($\mathbf{v}_i \in \mathbb{R}^N$), donde N es la dimensión del espacio en el que se realiza la simulación (usualmente 3). En la figura (1) se puede observar las reglas básicas de este modelo, que son la separación, la alineación y la cohesión. Puede agregarse también otras reglas más como por ejemplo la evasión de obstáculos. Cada una de estas reglas guía al agente a adquirir una determinada velocidad.

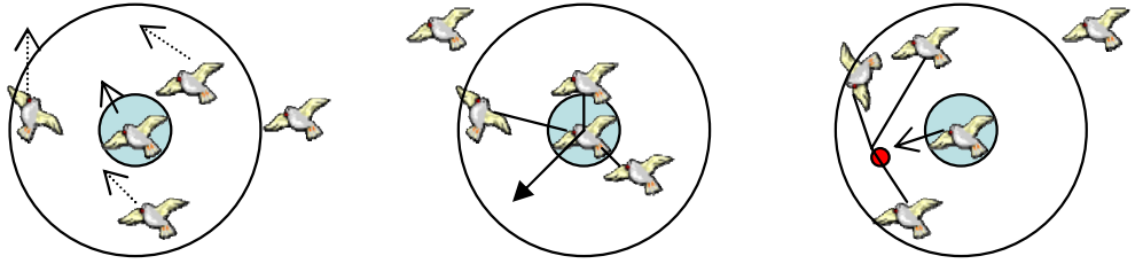


Figura 1: Las tres reglas básicas de los boids: alineación (izquierda), separación (centro) y cohesión (derecha). Tomado de [2].

La alineación guía cada agente para que iguale su velocidad con otros agentes cercanos, en base a la velocidad relativa percibida. Podemos definir la influencia de esta regla sobre cada agente mediante

$$\mathbf{a}_i = \frac{1}{\#A_i} \sum_{j \in A_i} \mathbf{v}_j - \mathbf{v}_i, \quad (1)$$

donde A_i es el conjunto de índices correspondientes a los agentes que se encuentran dentro de la vecindad de alineación del i -ésimo agente.

La separación guía cada agente para evitar las colisiones con agentes cercanos. Para calcular la influencia de esta regla se utiliza

$$\mathbf{s}_i = \sum_{j \in S_i} (\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j), \quad (2)$$

donde S_i es el conjunto de índices correspondientes a los agentes que se encuentran dentro de la vecindad de separación del i -ésimo agente.

La cohesión guía cada agente hacia la posición media del grupo de su vecindad. La influencia de la regla de cohesión se calcula como

$$\mathbf{c}_i = \frac{1}{\#C_i} \sum_{j \in C_i} \mathbf{x}_j - \mathbf{x}_i, \quad (3)$$

donde C_i es el conjunto de índices correspondientes a los agentes que se encuentran dentro de la vecindad de cohesión del i -ésimo agente.

Las vecindades se pueden fijar de diversas maneras. La más sencilla es considerar como vecinos a todos los agentes que se encuentren a una distancia euclídea menor a un radio determinado. De este modo por ejemplo el conjunto de los índices de los vecinos del i -ésimo boid se define como $A_i = \{j \neq i : \|\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j\| < \rho_a\}$, donde ρ_a es el radio de la vecindad de alineación. Es importante fijar la vecindad de cohesión con un tamaño mayor a la vecindad de separación, de otro modo no se producirá el agrupamiento característico de las bandadas.

Tanto para la regla de cohesión como para la de alineación hay que salvar la indeterminación de las ecuaciones cuando las vecindades están vacías. En estos casos la influencia de cada una de las reglas es nula.

Una vez calculadas las “fuerzas” asociadas a cada una de las reglas puede obtenerse la velocidad del agente i en el instante t como

$$\mathbf{v}_i(t) = \mathbf{v}_i(t - T) + w_a \mathbf{a}_i + w_s \mathbf{s}_i + w_c \mathbf{c}_i, \quad (4)$$

donde T es el periodo entre las iteraciones y w_a , w_s y w_c son los pesos relativos de cada regla. En cada iteración además de actualizar la velocidad de los agentes se actualiza también su posición de acuerdo a $\mathbf{x}_i(t) = \mathbf{x}_i(t - T) + T\mathbf{v}_i(t - T)$.

Actividades

Se solicita que implemente el modelo en una región bidimensional de modo que permita la visualización de la simulación.

Se sugiere el siguiente conjunto de valores para los parámetros de la simulación: $T = 0,001$ seg, $w_a = 0,1$, $w_s = 0,1$, $w_c = 0,1$, $\rho_a = 4$ mts, $\rho_s = 0,5$ mts y $\rho_c = 4$ mts.

Respecto de las condiciones de borde del medio se sugiere que cuando un agente salga del medio observable, se agregué al lado derecho de la ecuación 4 un término que lo empuje nuevamente hacia el interior. Más específicamente, cuando el i -ésimo agente se encuentre hacia la izquierda del límite izquierdo del medio (x_{min}), se le aplique una “fuerza de retorno” $\mathbf{f}_i^x = [x_{min} - x_i, 0]^T$, donde x_i es el primer elemento del vector de posición del agente i . Esta fuerza se calcularía como $\mathbf{f}_i^x = [x_i - x_{max}, 0]^T$ cuando el agente i se encuentre a la derecha del límite derecho (x_{max}). Esta regla deberá aplicarse en forma análoga en sentido vertical.

Para evaluar la implementación se deben utilizar los siguientes casos de prueba:

1. Un boid se encuentra con otro boid.
2. Varios boids se encuentran.
3. Un boid se encuentra con un grupo de boids.
4. Dos grupos de boids del mismo tamaño se encuentran.
5. Dos grupos de boids de distinto tamaño se encuentran.

Fije las condiciones iniciales en forma adecuada y simule cada uno de los casos de prueba. Evalúe visualmente la naturalidad del movimiento de los agentes para cada caso. Para fijar las condiciones iniciales se sugiere considerar un ave promedio cuya velocidad se encuentra en torno a los 5 mts/seg.

Referencias

- [1] Reynolds, Craig W. "Flocks, herds and schools: A distributed behavioral model." ACM SIGGRAPH computer graphics. Vol. 21. No. 4. ACM, 1987.
- [2] Cui, Xiaohu; Thomas E. Potok. "A distributed agent implementation of multiple species flocking model for document partitioning clustering." International Workshop on Cooperative Information Agents. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006.
- [3] North, M.J.; Collier, N.T.; Vos, J.R. "Experiences Creating Three Implementations of the Repast Agent Modeling Toolkit." ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation, 16 (1): 1–25, 2006.