Simulación de Sistemas

2019 1Q

Autómata Off-Lattice

Juan Manuel Alonso 56080

Ignacio Cifuentes 54311

Índice

1 Descripción del Sistema Físico

Es un sistema de partículas en el espacio; una porción del universo. Estas se encuentran en movimiento variando momento a momento su posición y dirección de desplazamiento.

2 Modelo

Del sistema físico se modelará una abstracción con partículas puntuales de radio 0 y con velocidad de módulo constante, que se mueven en el plano contínuamente (*off-lattice)*. Las mismas son autopropulsadas influenciándose entre ellas a agruparse y desplazarse en la misma dirección y con el mismo módulo absoluto de velocidad.

Las mismas actuarán en una matriz cuadrada de tamaño L y dividida en celdas de tamaño M con condición periódica de frontera. Se utilizará un radio de interacción a cada partícula de manera tal que sólo reciba la influencia de partículas a no más de esa distancia. En este sentido, por cada salto de tiempo se calcula la dirección promedio de las partículas vecinas, incluyéndose a sí misma en el cálculo de la variación, y agregándole una perturbación o ruido aleatoria.

$$\theta(t+1) = atan2(\frac{[sin(\theta(t))+nSinSum]}{nCount+1}, \frac{[cos(\theta(t))+nCosSum]}{(nCount+1)}) + ruido \qquad (1)$$

donde t es el tiempo actual y n el parámetro.

$$X(t+1) = X(t) + sin(\theta(t)) * v \qquad (2)$$
$$Y(t+1) = Y(t) + cos(\theta(t)) * v \qquad (3)$$

$$Va = \frac{1}{Nv} * \left| \sum_{i=1}^{N} Vi \right| \qquad (4)$$

donde N es la cantidad de partículas y Vi el módulo de velocidad.

3 Implementación

Se implementa en Java 8 un pequeño programa que realiza una simulación de bandadas de agentes autopropulsados. El mismo comienza parseando un archivo con una lista de partículas más una serie de parámetros por línea de comando. Con dicha información se genera una lista de listas donde la externa representara las celdas dentros de una matriz cuadrada y las listas internas las celdas que tendrán en sí mismas una lista de partículas en ella. Dicha grilla se utilizará para implementar el *CIM (Cell Index Method)* en la cual ubicamos las partículas con coordenadas X e Y.

Se realizan tantas iteraciones como se indique para generar la cantidad de marcos de la simulación (y posterior animación). Cada marco mostrará los desplazamientos de las partículas respecto al anterior. En cada uno se podrá apreciar cómo reacciona cada partícula a las vecinas en base al promedio de su ángulo con el de las mismas.

La implementación toma en cada iteración dos matrices representando en una la iteración actual y en la otra la misma sumados los desplazamientos, lo cual, al final de la iteración, resultará en la siguiente iteración.

En cada iteración se preparan dos matrices que representan el marco actual. Llámense a estas matrices A y B. En B se itera por cada partícula calculando su desplazamiento respecto al siguiente *frame*. A continuación, se le suma este desplazamiento en los ejes x e y para poseer en la matriz B el siguiente marco de la simulación.

Luego se procede a calcular el nuevo ángulo de cada partícula en función de sus vecinos usando *Cell Index Method* y un parámetro que necesario para calcular el ruido en la simulación.

Una vez finalizada la iteración, ya se dispone del marco, ángulos y vecinos para calcular el siguiente.

Al finalizar todas las iteraciones requeridas, se tendrá una serie de marcos que representará todos los pasos de la simulación empezando con el marco inicial ingresado por según los parámetros iniciales.

4 Cálculo de Posición

En cada iteración se actualiza la posición de cada partícula y se calcula su ángulo para la próxima iteración. Como se mencionó antes, se agrega un “ruido” a los cálculos para perturba el movimiento de las partículas autopropulsadas.

La posición es calculada mediante el diferencial de posición en cada eje y sumándose a la posición anterior. En el caso del eje x el diferencial se calcula mediante $cos(\text{ángulo}) * s$ con s la velocidad de la partícula. Para el eje Y con $sin(\text{ángulo}) * s$.

A continuación, los ángulos nuevos son calculados siempre después de la nueva posición para que representen la nueva dirección de la partícula. Esto ocurre haciendo el promedio de la suma de los $sin(\text{ángulo})$ y $cos(\text{ángulo})$ de dicha partícula con sus vecinas. Finalmente, se calcula las coordenadas polares para dichos números y se les suma un ruido función de $n * (rand - \frac{1}{2})$ donde $rand$ es un número aleatorio con distribución uniforme de 0 a 1 y n un parámetro configurable que afecta directamente el ruido.

5 Resultados

Tal como sugirió la cátedra, se tomaron para las pruebas los parámetros utilizados por los autores del paper visto en clase [1]. Estos incluyen al módulo de la velocidad con valor 0.03, suficiente para la interacción entre vecinos.

Para el estudio del comportamiento del valor absoluto de la velocidad promedio normalizada frente a un ruido en particular, se tomaron diferentes números de partículas, con una densidad fija. Para cada conjunto de parámetro de cada fila de la Tabla 1, se promediaron 5 corridas por cada valor posible del ruido, siendo este entre 0 y 5, con saltos de 0.25.

N	L	M	salto de tiempo [unidades de tiempo]	tiempo total [unidades de tiempo]	rc	cantidad de simulaciones
40	3.1	3	1	1000	1	5
100	5	4	1	1000	1	5
400	10	9	1	1000	1	5

Tabla 1. Parámetros utilizados para las corridas de la simulación.

La elección del M se basó según los resultados del trabajo práctica anterior, donde se encontró que el óptimo es el mayor M posible que no viole la condición de CIM.

Los resultados se aprecian en la Figura 4, donde se nota como un crecimiento en el valor del ruido implica un decrecimiento del parámetro de órden. Se puede observar cómo se incrementa la pendiente decreciente del mismo mientras aumenta el número de partículas. Incluso, manteniendo la densidad del sistema constante pero aumentando el número de partículas también hace al decrecimiento mencionado.

6 Conclusiones

En función de la densidad se pueden distinguir distintos patrones en el comportamiento de las partículas del modelo. En particular, si se reduce la densidad las partículas y se utiliza un ruido pequeño, estas tenderán a formar grupos que se mueven aleatoriamente, como se puede ver en la figura 1. O bien, aumentando la densidad y el ruido, se observa que éstas ya no se mueven en grupos sino más bien de manera aleatoria con alguna correlación entre ellas (ver figura 2). Finalmente, aumentando la densidad pero bajando el ruido se podrá observar como en la figura 3 las partículas se ordenan y desplazan juntas en una dirección.

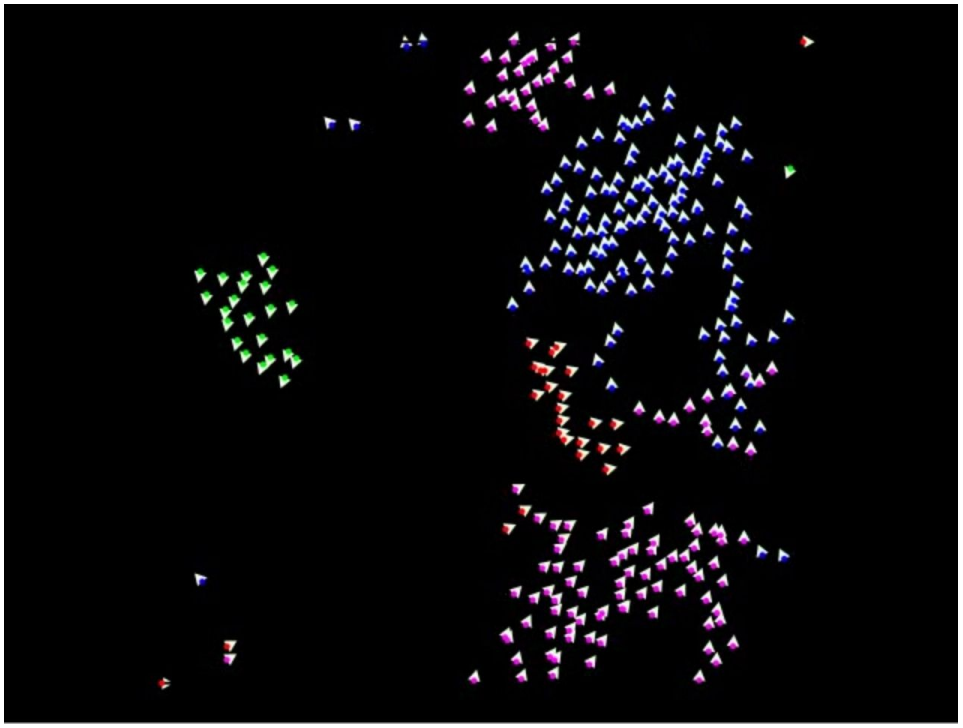

Fig. 1 Número de partículas N = 300, lado de área L = 25, ruido = 0.1

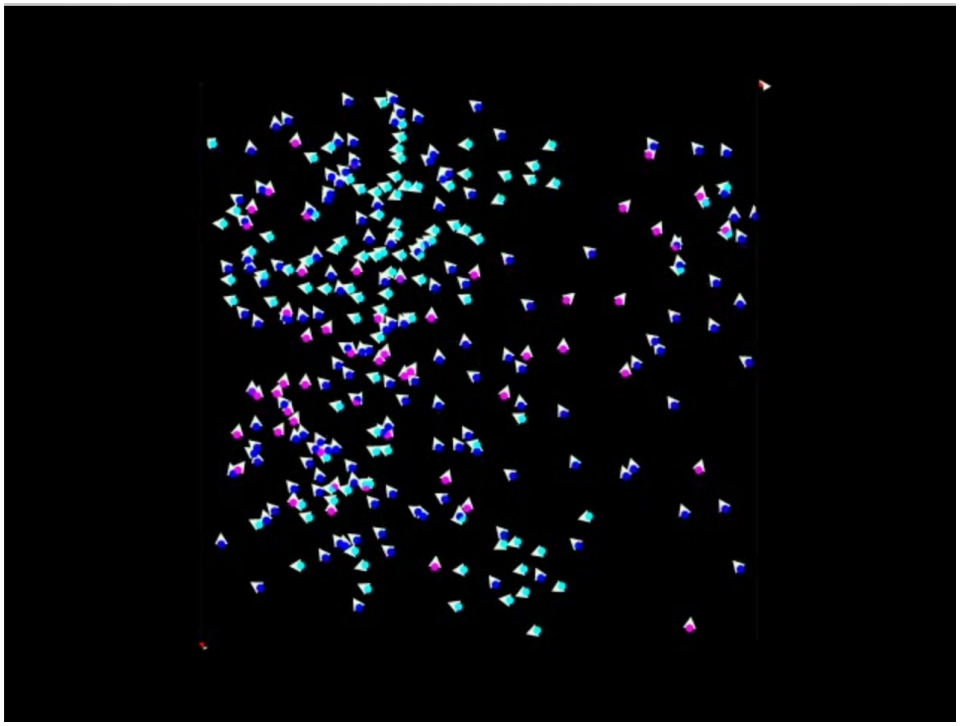

Fig. 2 Número de partículas N = 300, lado de área L = 7, ruido = 2.0

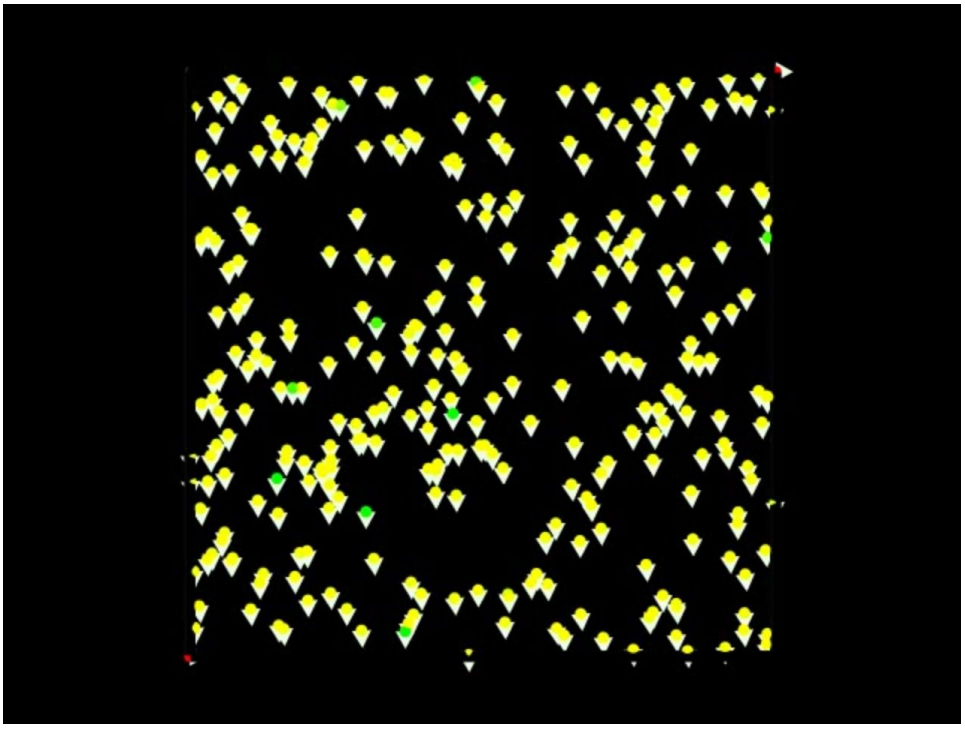

Fig. 3 Número de partículas N = 300, lado de área L = 5, ruido = 0.1

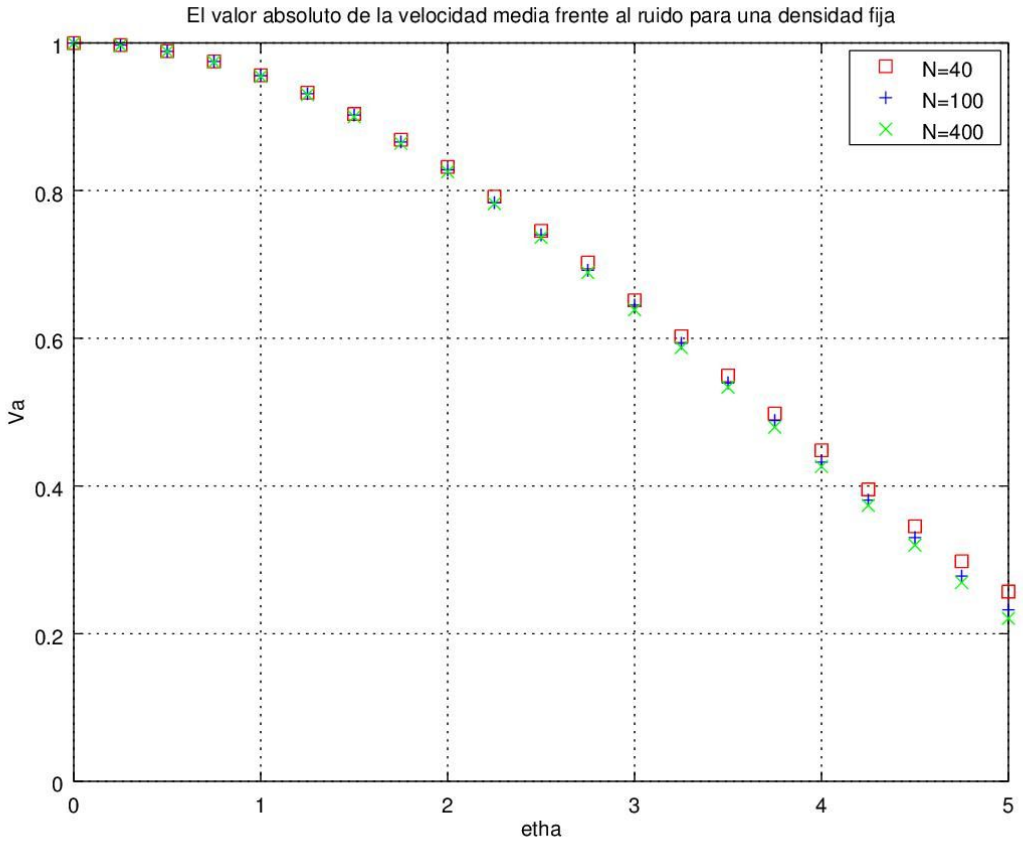

Fig. 4 El valor absoluto de la velocidad media frente al ruido para una densidad fija, luego de 1000 saltos de tiempo.

7 Bibliografía

[1] Vicsek, Tamás, et al. "Novel type of phase transition in a system of self-driven particles." *Physical review letters* 75.6 (1995): 1226.