

Introducción a los Autómatas Celulares CAs

Dacia Arminda Flores Ojeda
daciaflo@hotmail.com

RESUMEN

Los Autómatas Celulares CAs tienen una variedad de usos en el mundo real. De nuevo, Computational Beauty of Nature de Flake cubre este tema (y muchos otros) en más detalle, pero algunos usos incluyen la visualización de sistemas químicos, regulación de genes, el estudio de organismos multicelulares, el estudio de colonias (hormigas, termitas), bandadas y manadas y ecosistemas/economicos/sociales.

Es interesante ver cómo pueden aplicarse los automatas celulares tanto a niveles microscópicos como macroscópicos, simulando organismos celulares o el comportamiento de atascos de tráfico, o incluso ciudades enteras.

Existen los CAs unidimensionales son los más simples tambien los CAs bidimensionales abren un nuevo y gran nivel de complejidad e interés

Palabras Clave

Autómata.- Máquina que imita la figura y los movimientos de un ser animado.

1. INTRODUCCIÓN

Los Autómatas celulares (CAs) de una y dos dimensiones son agentes muy simples que obedecen un número pequeño de reglas. A menudo sin embargo, estas reglas llevan a un comportamiento muy complejo y emergente que puede usarse para estudiar los varios fenómenos de la vida real. Este artículo mostrará ejemplos básicos de CAs 1D y 2D y su importancia.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Unidimensional

Los CAs unidimensionales son los más simples. Cada fila de celdas es dependiente de la fila anterior. Por ejemplo, una celda puede ser dependiente en los estados de las tres celdas sobre él (inmediatamente superior, superior-izquierdo, superior-derecho). Los estados pueden comprender una variedad de estados intermedios, pero por el momento nosotros usaremos un simple "vivo" o "muerto" (binario).

Imagina una tabla de reglas dónde cada regla es especificada según las tres celdas superiores: $\{(x-1, y-1), (x, y-1), (x+1, y-1)\}$. Un ejemplo de tabla de reglas podría ser:

Tabla 1. Tabla de reglas

$(x-1, y-1)$	$(x, y-1)$	$(x+1, y-1)$	=
0	0	0	0
1	0	0	1
0	1	0	1
0	0	1	1

1	1	0	1
0	1	1	1
1	0	1	1
1	1	1	0

Gráficamente, esto podría ilustrarse usando un diagrama como este:



Figura 1. Gráfico de la tabla 1

Las reglas son simples, pero mira los resultados. Incluso las reglas simples como éstas pueden producir imágenes increíblemente complejas, imágenes autorepetitivas como los diseños encontrados en las conchas del mar. Debajo hay tres miniaturas parciales más de otros ejemplos de automatas celulares 1D. Todos estos diseños usan un vecindario extendido de 5, dando 32 posibles reglas:

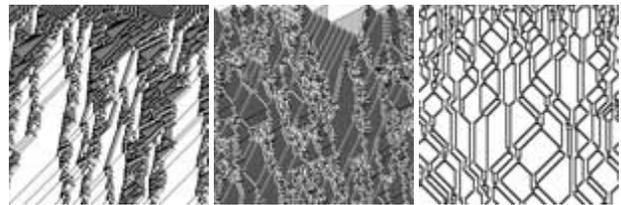


Figura 2. Imágenes de autómatas celulares 1D

Los CAs son sin embargo algo más que imágenes bonitas. En los años ochenta, Stephen Wolfram empujó el campo de los automatas celulares de nuevo al foco de atención, al dar un análisis matemático completo de los mismos. También descubrió que todos los CAs unidimensionales podían ser clasificados en una de cuatro categorías diferentes:

2.1.1 Clase 1

Los CAs en la Clase I siempre se resuelven en un patrón homogéneo, con cada celda terminando en el mismo estado, y quedándose en él indefinidamente.

2.2.2 Clase 3

Los CAs en la Clase II forman estructuras periódicas que se repiten a través de un número fijo de estados.

2.2.3 Clase 4

Los CAs en la Clase II forman diseños aleatorios (similares a la nieve de la televisión).

2.2.1 Clase 5

Los CAs en la Clase IV forman estructuras complejas, pero con estructuras localizadas que "migran" dentro del diseño principal. Los diseños de Clase IV deben resolverse en diseños de Clase I o Clase II eventualmente.

Las clases I y III no son muy interesantes, pero las clases II y IV tienen propiedades muy interesantes que están más allá del alcance de este ensayo introductorio pero, baste decir, que es probable que exista una clase IV que actúa como una Máquina Universal de Turing, así como otras numerosas características. Gary William Flake cubre brevemente alguna de estas ideas en *The Computational Beauty of Nature*.

2.3 Bidimensional

Los CAs bidimensionales abren un nuevo y gran nivel de complejidad e interés (¡llamado la segunda dimensión!). Los CAs 2D usan la información de su vecinos circundantes para calcular su próximo estado.

2.3.1 La vida de Conway

Con diferencia el CA 2D más famoso es el "Juego de la Vida", o Vida simplemente, de John Conway. Vida empezó a finales de los 60s, principios de los setenta cuando Conway estableció una simplificación de las investigaciones previas sobre autómatas celulares de John Von Neumann. Conway había querido encontrar el CA más simple que soportara la computación universal. Decidió usar dos estados, muerto o vivo, y cuatro reglas simples: Si una celda viva tiene menos de dos vecinos, se muere. Si una celda viva tiene más de tres vecinos, se muere. Si una celda muerta tiene tres vecinos exactamente, nace. Por otra parte, todas las otras celdas permanecen en su estado original.

Como con los CAs 1D, estas reglas simples generan un comportamiento increíblemente complejo. De hecho, fue rápidamente probado que la Vida de Conway es de hecho capaz de la computación universal. Debajo hay un "planeador", una estructura dentro de Vida que tiene un ciclo de 4 estados, y un movimiento abajo a la izquierda en cada ciclo.

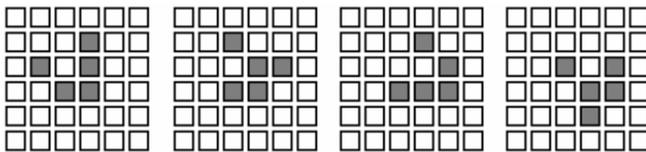


Figura 3. Imágenes de un planeador

Los planeadores son útiles en el cómputo porque pueden actuar como contadores - imagine los bits en un flujo del bits donde un 1 se denota por un planeador y un 0 con la ausencia del planeador. Los detalles del cómputo dentro de Vida está más allá del alcance de este ensayo introductorio, pero aquí tenemos una prueba. Aquí tenemos un sumador binario sumando 1110 (14, mostrado en rojo) y 0011 (3, mostrado en azul). El resultado es calculado después de 900 generaciones como 10001 (17, mostrado en el verde):

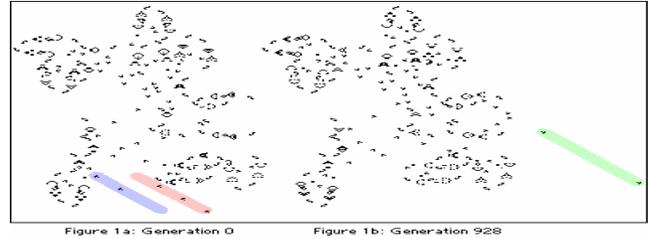


Figura 4. Sumador binario

3. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación se llevó a cabo por Jhon Conway a finales de los 60's con el "Juego de la Vida" que comenzó con la simplificación de las anteriores investigaciones sobre autómatas celulares de Jhon Von Neumann.

Este estudio se basa principalmente en los CAs unidimensionales que son los más simples y los CAs bidimensionales abren un nuevo y gran nivel de complejidad e interés

4. APLICACIÓN

Los CAs tienen una variedad de usos en el mundo real. De nuevo, *Computational Beauty of Nature* de Flake cubre este tema (y muchos otros) en más detalle, pero algunos usos incluyen la visualización de sistemas químicos, regulación de genes, el estudio de organismos multicelulares, el estudio de colonias (hormigas, termitas), bandadas y manadas y ecosistemas/económicos/sociales.

Es interesante ver cómo pueden aplicarse los autómatas celulares tanto a niveles microscópicos como macroscópicos, simulando organismos celulares o el comportamiento de atascos de tráfico, o incluso ciudades enteras.

Algunos ejemplos de áreas en donde se utilizan los autómatas celulares son:

- Modelación de flujo de tránsito vehicular y de peatones.
- Modelación de la evolución de células o virus como el VIH.
- Modelación de procesos de percolación

5. CONCLUSIÓN

Se describió como es interesante ver cómo se puede aplicar los autómatas celulares tanto a niveles microscópicos como macroscópicos, simulando organismos celulares o el comportamiento de atascos de tráfico, o incluso ciudades enteras.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Matthews, James "Introducción a los autómatas celulares", Disponible en ["vidaartificial.com/index.php?title=Introduccion_a_los_Automatas_Celulares_%28Generacion5.org%29"](http://vidaartificial.com/index.php?title=Introduccion_a_los_Automatas_Celulares_%28Generacion5.org%29)
- [2] Observado el 30 de octubre del 2008
- [3] Microsoft Student 2007 "Inteligencia artificial."