



Genaro JM <genarojm@gmail.com>

Jun 6, 2021, 11:27 AM

to me ▼

Hola Oswaldo,

Mucho mejor, trabajaste rápido y mejoraste muchas cosas. En general esta primera parte ha quedado muy bien, hay algunas notas, pero nada crítico. Sugiero que el documento lo dejes hasta el capítulo 4 y los demás capítulos en blanco, pues ya se pueden dejar para el TT2. Pues corrige las notas, léelo de todos modos por posibles errores de ortografía o redacción. Ve realizando la presentación, pues al menos si quiero que la veamos un par de veces antes del examen.

Saludos y cuídate,

Genaro

Computación circular mediante colisiones de partículas en autómatas celulares elementales

Trabajo Terminal No. ____-____

Alumno: Leyva Barrientos Oswaldo

e-mail: olbrlvalbt@gmail.com

Resumen – Los autómatas celulares (AC) han sido de mucho interés en la teoría de la computación por su arquitectura simple pero capaz de generar comportamientos dinámicos complejos, y varios de ellos han sido probados como computacionalmente universales. En este trabajo se implementará un visor y constructor de configuraciones para simular un colisionador virtual de partículas en un autómata celular elemental (ACE). A partir de esto, se analizarán las partículas generadas por un ACE para implementar un nuevo sistema computable mediante choques.

Palabras clave – Autómatas celulares, Computación no convencional, Teoría de choques, Teoría de la computación.

1. Introducción

El estudio del comportamiento dinámico de los ACs se ha convertido en un área significativa de las matemáticas y la computación teórica en los últimos años. Los ACs proveen un marco de trabajo para una clase de sistemas dinámicos discretos que permiten comportamientos complejos e impredecibles emergentes de las interacciones locales determinísticas de componentes simples actuando en paralelo. (Wuensche & Lesser, 1991)

El modelo de AC fue propuesto por John von Neumann en los años 50. Un AC es sistema espacial definido formalmente por una 4-tupla (L, S, N, f) . L es un espacio infinito, D-dimensional, llamado arreglo o malla, particionado en celdas discretas, “células”, con una geometría dada. Cada célula tiene un valor de un conjunto S discreto de enteros. El patrón de valores sobre el arreglo entero es el estado global del AC en un determinado tiempo. Cada celda del arreglo al tiempo t_{i-1} actualiza su valor simultáneamente con cada paso discreto de tiempo, generando un nuevo estado global al tiempo t_i . El nuevo valor de una celda dada (la celda objetivo) al tiempo t_i se determina mediante una función $f: S^n \rightarrow S$ de los valores y posiciones de un conjunto N (de tamaño n) de celdas al tiempo t_{i-1} , su “vecindad”, típicamente situada localmente en relación con la celda objetivo (por ejemplo, las celdas contiguas a ella). El AC evoluciona a través de una serie de estados globales, su “trayectoria”, mediante iteraciones de este proceso de actualización global, llamada función de transición. (Wuensche & Lesser, 1991)

Un ACE es una arquitectura unidimensional de malla finita con periodicidad en sus fronteras, con 2 posibles valores y una vecindad local de celdas contiguas. En ellos, se puede determinar un total de $2^3 = 8$ posibles combinaciones de estados y, por consiguiente, $2^{2^3} = 256$ posibles reglas para aplicar a la celda objetivo. Una regla podría mapear, por ejemplo $(1,11) \rightarrow 0, (1,1,0) \rightarrow 0, \dots, (0,0,1) \rightarrow 0, (0,0,0) \rightarrow 1$, y sería entonces llamada regla $(00 \dots 01)_b$, o regla 1.

Los ACs han sido profundamente estudiados en las investigaciones de Stephen Wolfram, al detectar que pueden soportar comportamientos complejos identificando la existencia de estructuras periódicas bien definidas en su espacio de evoluciones. Wolfram propuso una clasificación de los ACs en 4 clases, numeradas en orden de complejidad:

- Clase I: su comportamiento es simple, y casi todas las condiciones iniciales llevan al mismo estado final.
- Clase II: hay diferentes estados finales, pero todos se componen de un conjunto de estructuras simples que no cambian o que se repiten cada cierto número de pasos.
- Clase III: su comportamiento es más complicado, aparentemente aleatorio, y pueden llegar a formarse triángulos u otras estructuras pequeñas en algún punto.
- Clase IV: combina orden y aleatoriedad, produciendo estructuras que, si bien pueden ser simples, se mueven e interactúan entre ellas en formas muy complejas. (Wolfram, 2002)

Algunos de los ACs que pertenecen a la clase IV han sido probados como computacionalmente universales y, por tanto, capaces de realizar operaciones y resolver problemas. Trabajos similares han estudiado el comportamiento de estas arquitecturas, entre ellos:

- 2008-0040 – Computación basada en reacción de partículas en un autómata celular hexagonal.
- 2016-B044 – Máquinas de Turing y el problema de la universalidad como sistemas dinámicos discretos.
- 2017-B077 – Simulador de operaciones lógicas desde un autómata celular con comportamiento caótico a su proyección compleja.

Particularmente, este trabajo se concentrará en el estudio del ACE regla 110.

La regla 110 fue investigada por Matthew Cook, quien, a mediados de los 90s, demostró que ésta es computacionalmente universal. Cook identificó la formación de patrones periódicos complejos, a los cuales llamó partículas, y los clasificó por su comportamiento y

características. A partir de esto construyó una configuración global que lograba emular un sistema tag cíclico con condiciones iniciales y reglas de producción específicas mediante las colisiones de estas partículas. (Cook, 2004)

Genaro J. Martínez, Andrew Adamatzky y Harold V. McIntosh idearon un colisionador de partículas de ACE, basándose en el trabajo de 1970 de Fredkin y Toffoli sobre computación basada en interacciones balísticas. (F. Fredkin y Toffoli, 2002) Consideraron al ACE como un anillo, en el que partículas con la misma velocidad horizontal giran en una forma análoga a como lo hacen partículas reales en un acelerador. Luego, usando 2 anillos girando en diferentes sentidos, inyectaban las partículas en un anillo final, el colisionador, para ver el comportamiento que generaba su choque. (J. Martínez, Adamatzky, y V. McIntosh, A Computation in a Cellular Automaton Collider Rule 110, 2017) (J. Martínez, Adamatzky, y V. McIntosh, Computing with virtual cellular automata collider, 2015) El simulador que crearon permitía la visualización individual de los anillos, pero no realizaba el proceso de inyección en el colisionador ni la visualización del sistema de 3 anillos trabajando simultáneamente.

Se plantean, entonces, dos problemáticas a resolver: la necesidad de crear un simulador para visualizar un colisionador completo, y, a partir de éste, explorar una reinterpretación del trabajo de Cook para un modelo de sistema computable.

2. Objetivos

Objetivo general:

Implementar un sistema para simular un colisionador de partículas en un ACE y aplicarlo para ejecutar una computación a partir de choques.

Objetivos específicos:

- Desarrollar una interfaz para la visualización de anillos de partículas en un ACE.
- Desarrollar un simulador de colisiones mediante configuraciones de anillos.
- Analizar colisiones de partículas e implementar un sistema computable con ellas.

3. Justificación

Los ACs son modelos sencillos, pero muchas de sus reglas pueden llegar a generar comportamientos altamente complejos. Ha sido posible demostrar universalidad en ellas, así que su potencial como un modelo de computación no convencional es evidente. Este trabajo constituye una propuesta enfocada en encontrar una nueva manera de hacer cálculos computacionales mediante las colisiones entre partículas que se generan.

Así mismo, existen sistemas para visualizar los ACs como anillos, pero al momento no hay programa alguno para visualizar las colisiones en su proceso completo, capaz de construir el modelo de simulación a partir de configuraciones dadas y de sincronizar los anillos para realizar colisiones relevantes. Los resultados de esta investigación aportarán bases para nuevos marcos de computación alternativa, y el simulador a desarrollar servirá como un medio para poder visualizar y comprender estos resultados.

Puesto que es un proyecto de carácter académico y de investigación, el trabajo tiene como sector de interés la comunidad científica; en concreto, los científicos de computación e investigadores en el área de ACs y computación no convencional.

4. Productos o resultados esperados

Los resultados a entregar al final de TT-II son:

- Un simulador de colisiones de partículas en ACEs.
- El manual de usuario del programa.
- Los resultados de investigación sobre la implementación de un sistema computable utilizando el simulador.

5. Metodología

Se decidió el uso de la metodología de desarrollo iterativo e incremental para la construcción del simulador de colisiones. La estructura modular del sistema a desarrollar, la condición poco cambiante del proyecto y el hecho de que el simulador tiene como público objetivo a los investigadores en el área de ACs, permite que la metodología sea fácil de integrar a las necesidades de este trabajo.

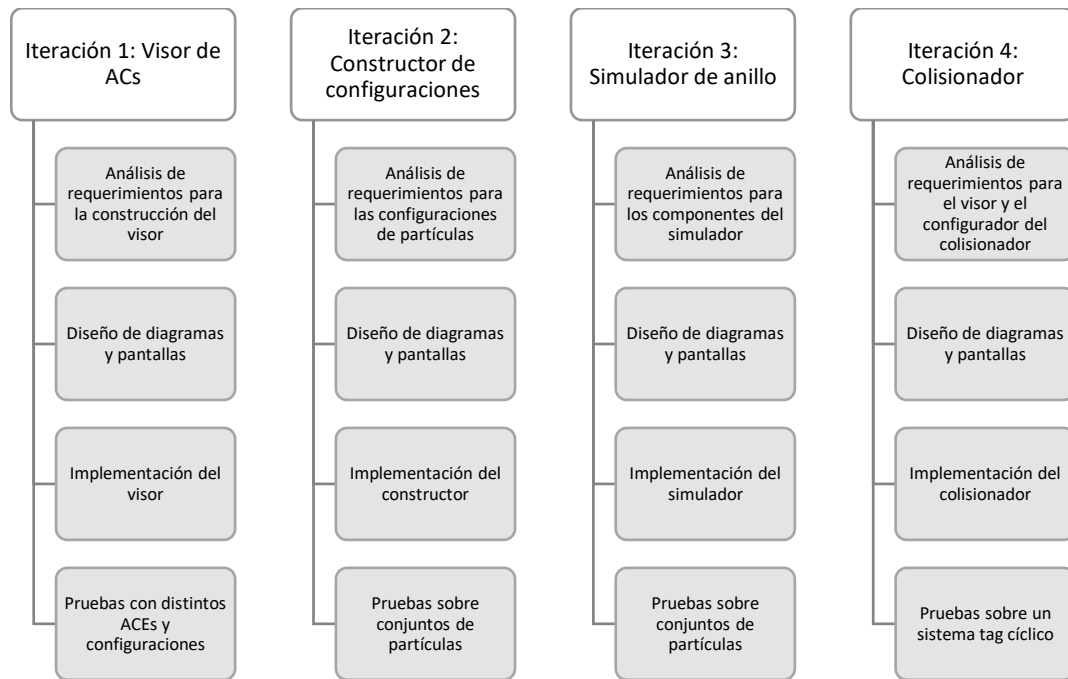


Figura 1: Metodología iterativa e incremental adaptada al desarrollo del simulador de colisiones.

6. Cronograma

Nombre del alumno: Leyva Barrientos Oswaldo.

Título del TT: Computación circular mediante colisiones de partículas en autómatas celulares elementales.

TT No. ____-____-____.

Actividad		FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Visor de ACs	Análisis											
	Diseño											
	Implementación											
	Pruebas											
Constructor de configuraciones	Análisis											
	Diseño											
	Implementación											
	Pruebas											
Simulador de anillo	Análisis											
	Diseño											
	Implementación											
	Pruebas											
Colisionador	Análisis											
	Diseño											
	Implementación											
	Pruebas											
Presentación TT-I												
Implementación de sistema computable	Estudio de partículas											
	Estudio de conjuntos de partículas											
	Simulación de colisiones											
	Descripción de operaciones por colisiones											
	Análisis de resultados											
Presentación TT-II												

Tabla 1: Cronograma del trabajo

7. Referencias

- Wolfram, S. (2002). *A New Kind of Science*. Champaign, IL: Wolfram Media.
- Wuensche, A. y Lesser, M. (1991). *The Global Dynamics of Cellular Automata: An Atlas of Basin of Attraction Fields of One-Dimensional Cellular Automata*. Santa Fe, NM: Addison Wesley.
- B. Flores, R. y L. Hernández, P. A. (2008). *2008-0040 - Computación basada en reacción de partículas en un autómata celular hexagonal*. Ciudad de México: Instituto Politécnico Nacional.
- J. Martínez, S. E. y M. Mendoza, C. I. (2016). *2016-B044 - Máquinas de Turing y el problema de la universalidad como sistemas dinámicos discretos*. Ciudad de México: Instituto Politécnico Nacional.
- M. González, G. (2017). *2017-B077 – Simulador de operaciones lógicas desde un autómata celular con comportamiento caótico a su proyección compleja*. Ciudad de México: Instituto Politécnico Nacional.
- Cook, M. (2004). *Universality in Elementary Cellular Automata*. Pasadena, CA: Department of Computation and Neural Systems.
- F. Fredkin, E. y Toffoli, T. (2002). Design Principles for Achieving High-Performance Submicron Digital Technologies. En *Collision-Based Computing* (págs. 27-46). Londres: Springer.
- J. Martínez, G., Adamatzky, A. y V. McIntosh, H. (2015). Computing with virtual cellular automata collider. *Science and Information Conference (SAI)*. Londres: IEEE.
- J. Martínez, G., Adamatzky, A. y V. McIntosh, H. (2017). A Computation in a Cellular Automaton Collider Rule 110. En *Advances in Unconventional Computing: Volume I Theory* (págs. 391-428). Bristol: Springer, Cham.

8. Alumnos y directores

Leyva Barrientos Oswaldo.- Alumno de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales en ESCOM-IPN, Especialidad Sistemas. Boleta: 2016630201, Tel. 5533973889, email: olbrlvalbt@gmail.com.

CARÁCTER: Confidencial
FUNDAMENTO LEGAL: Artículo 11 Fracc. V y Artículos 108, 113 y 117 de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública.
PARTES CONFIDENCIALES: Número de boleta y teléfono.

Firma: _____

Juárez Martínez Genaro.- Lic. en Matemáticas Aplicadas y Computación en FES Acatlán-UNAM, 1998, M. en C. de la Computación en CINVESTAV-IPN, 2001, Dr. en Ciencias de la Computación en CINVESTAV-IPN, 2006; Profesor en ESCOM-IPN. Áreas de interés: ciencias de la computación, computación no convencional, vida artificial, robótica, sistemas complejos. Tel. 57296000 ext. 52067, email: genarojm@gmail.com.

Firma: _____



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA
Departamento de Formación Integral e Institucional
Comisión Académica de Trabajos Terminales



CDMX, a 20 de abril de 2021.
DFII/CATT/DICT/2021

C. Leyva Barrientos Oswaldo

P R E S E N T E

Con base en los lineamientos establecidos en el Documento Rector de Trabajos Terminales, se comunica que la propuesta de Trabajo Terminal: **“Computación circular mediante colisiones de partículas en autómatas celulares elementales”**, con número de registro **2020-B102**, ha sido dictaminada **APROBADA**, para realizarse en el ciclo escolar **2021-2 / 2022-1**, en caso de existir observaciones al protocolo, favor de atenderlas, la cuales podrá consultar en el siguiente enlace:
<https://drive.google.com/drive/folders/1uSRhfM16GkexUeax-Xq8pxgCAvFZuoYe?usp=sharing>

Sin otro particular, se envía un cordial saludo.

ATENTAMENTE

M. EN E. ELIA TZINDEJHÉ RAMÍREZ MARTÍNEZ

Secretaria Ejecutiva de la Comisión Académica
de Trabajos Terminales

c.c.p. Juárez Martínez Genaro.- Director(a) del Trabajo Terminal.