

EL JUEGO DE LA VIDA

[Inteligencia en redes de comunicaciones]

Manuel Romero Dopico
NIA: 100063287

Universidad Carlos III de Madrid
ITI:Eléctronica
España
100063287@alumnos.uc3m.es

ABSTRACT

Este trabajo se centra en el conocido como “Juego de la vida”, su historia, funcionamiento y reglas, estudio de patrones y el uso de algoritmos para su optimización e implementación.

1. DEFINICIÓN

El “Juego de la vida” es un autómata celular, es decir, un modelo matemático para un sistema dinámico que evoluciona en pasos discretos, que se compone de una “rejilla” o “tablero” extendida hasta el infinito (teóricamente) en sus dos dimensiones que delimita unas celdas sobre las cual se van a producir las interacciones.

Este juego puede ser encuadrado en la categoría de los llamados "juegos de simulación", denominación que reciben por imitar procesos de la vida real.

2. HISTORIA

Este juego fue diseñado por el matemático británico John Horton Conway, conocido por la mayoría precisamente por su teoría de juegos combinatorios, aunque siendo participe también en la teorías como la teoría de nudos, teoría de números y teoría de códigos.

Conway estaba interesado en solventar un problema presentado en los años cuarenta

por un matemático de renombre, John Von Newman quien intento crear una máquina hipotética que fuera capaz de construir copias de si misma, cosa que consiguió basándose en un modelo matemático que se desarrollaba en tablero cuadrulado con una gran cantidad de normas complejas, creando lo que pasaría a denominarse desde entonces un autómata celular. El juego de la vida es el exitoso intento de John Horton Conway de simplificar las indeas de John von Newman.

Diseñado en 1970, fue mostrado al público por primera vez en Octubre de ese mismo año, a través de un artículo publicado en la revista *Scientific American*, en la columna *Mathematical Games* de Martin Gardner atrayendo rápidamente la atención de la mayoría debido a que a pesar de su tremenda sencillez conseguía, mediante la evolución de los patrones dentro del juego desarrollar un motor muy potente, llegando incluso a equivaler a una máquina universal de Turing, permitiendo la posibilidad de cualquier problema que sea computable algorítmicamente, pueda procesarse mediante el juego de la vida. Es interesante observar como patrones muy complejos pueden surgir a partir de la implementación de unas reglas tan sencillas.

Otro de los factores que impulso el éxito del juego de la vida era su similitud con algunos de los procesos evolutivos que determinan el surgimiento, decadencia y alteraciones que experimentan las sociedades de seres vivos, tanto a nuestro nivel como a nivel celular, y no sólo eso ya que físicos, matemáticos, biólogos e incluso economistas y

filósofos pudieron apreciar su potencial para asemejar de algún modo procesos en sus correspondientes campos, aunque sea a un nivel didáctico en mayor medida.

3. REGLAS DE EL JUEGO

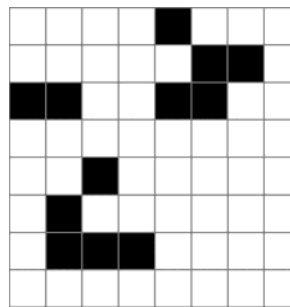
Este juego está basado en la evolución de estados sucesivos, en los cuales las condiciones del estado futuro dependen solamente de las condiciones del estado anterior, por tanto no se requiere de la entrada de datos durante el desarrollo del mismo, y es tan sólo el estado inicial y las normas del juego lo que determinada el desarrollo del juego. Por tanto la participación en el mismo únicamente consiste en determinar las condiciones iniciales en función del resultado que se quiera obtener en un número de turnos concreto, o a perpetuidad.

El juego se desarrolla en un tablero (el “mundo”) infinito teóricamente, y de unas dimensiones prefijadas en la práctica, subdividido en forma de retícula mediante filas y columnas en celdas. Cada una de las celdas de la retícula quedan por tanto rodeadas por otras ocho casillas que determinan su “vecindad”.

Estas celdas albergan lo que se denominan “células” que pueden encontrarse en dos estados distintos, célula viva (podría considerarse un “uno lógico”) o célula muerta (“cero lógico”) el estado de una célula en el futuro dependerá tanto de su estado actual como del estado actual de sus células vecinas, siguiendo unas simples reglas establecidas.

Una célula al morir deja vacía la celda que ocupaba.

Como ya se ha comentado el jugador es por tanto quien determina las condiciones iniciales de unas determinadas células, creando lo que se denomina “población inicial” o “generación cero”.



■ Célula viva
□ Celda vacía

1.1 Reglas originales: Leyes genéticas de Conway:

1- Supervivencia: Cada individuo o célula que cumpla el requisito de tener 2 ó 3 vecinos vivos sobrevive a la siguiente generación (por tanto su estado se mantiene inalterado en el siguiente turno).

2- Fallecimiento: Una célula viva que tenga menos de 2 vecinos fallece por aislamiento o soledad en el siguiente estado o turno. Una célula viva que tenga más de tres vecinos vivos muere por superpoblación en el siguiente estado o turno.

3- Nacimiento: Si una celda vacía pasa a tener en su vecindad exactamente 3 células vivas su estado futuro en el siguiente turno será el de célula viva (nacimiento de nuevo individuo).

Según se empieza a experimentar se encuentra que la población empieza a evolucionar cambios insólitos o inesperados, a ojos del jugador estas reglas a veces crean la sensación de dar un resultado caótico e impredecible.

Normalmente según estas reglas se puede llegar a diversas situaciones final trascurrido un número determinado de turnos:

-Extinción: al cabo de un número finito de generaciones desaparecen todos los miembros de la población o células vivas.

- Estabilización: al cabo de un número finito de generaciones la población queda estabilizada, bien de forma rígida e inamovible, bien de forma oscilante entre dos o más formas.

-Crecimiento constante: la población crece turno tras turno y se mantiene así un número infinito de generaciones. En un principio esta evolución solo se contemplo de forma teórica, aunque más tarde se encontrarán patrones que crecían de forma indefinida, durante un numero infinito de turnos.

Estas reglas se denominan leyes genéticas de Conway y se simbolizan como “2,3 / 3” (condiciones de supervivencia / condiciones de nacimiento) y fueron las reglas originales formuladas por John Horton Conway, sin embargo no son las únicas, ya que existen variaciones de éstas.

2. PATRONES

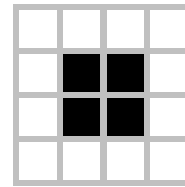
Antes de seguir profundizando en el juego es necesario definir lo que se denominan patrones básicos. Los patrones básicos no son más que configuraciones de vecindades de células que determinan un comportamiento concreto con un número mínimo de células vivas en la estructura. Estos comportamientos pueden ser diversos: periodicidades y cambios ante entre diversas formas, patrones que se desplazan por el tablero de juego, patrones que se duplican o crecen de forma indeterminada, etc. Algunos de estos patrones se generan con facilidad de forma instantánea durante el desarrollo de juego y otros son interesantes por su comportamiento, pudiendo responder a leyes algebraicas, formándose incluso estructuras complejas que podrían corresponderse con puertas lógicas AND, OR y NOT.

Estos patrones básicos y sus comportamientos han sido determinados o hallado por aficionados al juego en el cual veían un desafío de programación, de hecho se extendió todo un movimiento en torno a este juego, que en ocasiones llegaba a tener connotaciones filosóficas. Llegaron a crearse concursos de búsqueda de patrones interesantes, incluso el propio Conway ofreció un premio de 50 dólares para aquel que encontrara un patrón que creciera de forma indefinida.

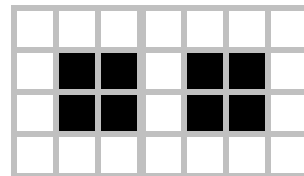
2.1 Inmortales.

Se trata de patrones continuos que debido a su configuración estable permanecen inalterados turno tras turno y generación tras generación por sí mismos, es decir siempre y cuando no sean influenciados por la interacción con otros patrones crecientes. Cuando estos patrones inmortales se encuentran agrupados pueden clasificarse entre “seudo-inmortales” (no existe dependencia alguna entre los patrones para su futura supervivencia) y “inmortales-estrictos” (patrones discontinuos en los cuales existe una dependencia entre ellos para su futura supervivencia. Algunos de los patrones inmortales más conocidos son:

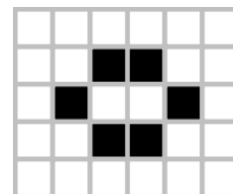
- *El bloque (Block)*: es el patrón inmortal más sencillo

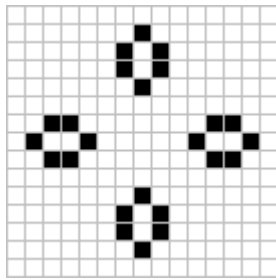


-*El doble bloque (Bi-block)*: es el patrón pseudo-inmortal más simple:

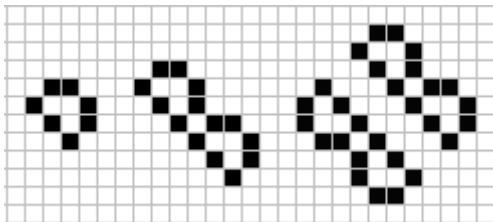


-*La colmena (Beehive)*: pueden encontrarse de forma aislada, pero lo más común es que aparezca de forma apareada o en grupos de cuatro, formando el patrón pseudo-inmortal llamado “panal de miel” (*Honey farm*).

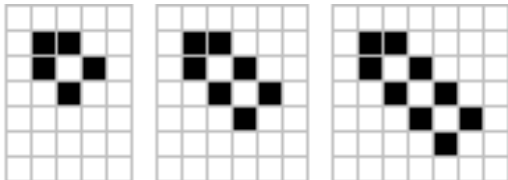




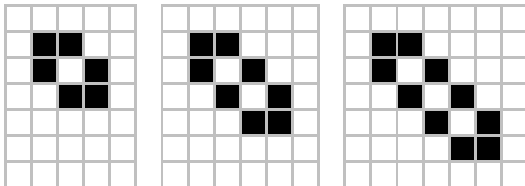
-La hogaza (*Loaf*): en ocasiones aparecen de forma apareada y continua formando una doble hogaza (Bi-loaf). El patrón seudo inmortal formado por dos dobles hogazas se denomina “panadería” (*bakery*)



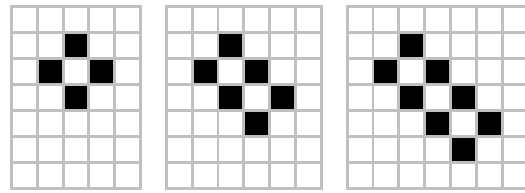
-El barco (*Boat*): puede aparecer en diversos tamaños:



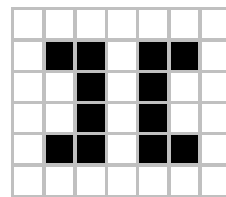
-El navío (*Ship*): variación de el barco.



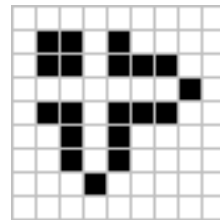
-El tubo (*tube*):



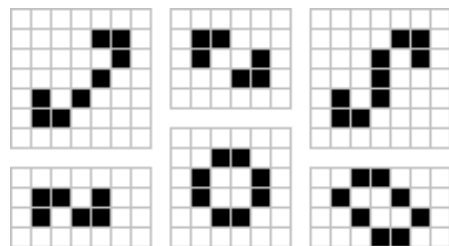
-El arpa (*Harp*): se trata del patrón inmortal estricto más pequeño conocido, en el cual la modificación de cualquiera de las islas provoca la muerte del patrón. Su formación casual es muy improbable debido a que requiere una gran simetría en un determinado turno.



-Depredador (*eater*): se trata de un patrón inmortal estricto llamado así por su capacidad de absorber objetos que golpeen contra el bloque sin alterar su forma original tras ello.



- Otros patrones inmortales: (de izquierda a derecha y de arriba abajo) la canoa (*canoe*), el carguero (*carrier*), signo de integrar (*integral sign*), la serpiente (*snake*), la charca (*pond*) y el mango (*mango*).



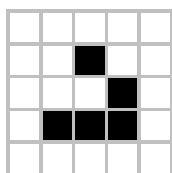
2.2 Astronaves

Las astronaves (spaceships) son patrones que se caracterizan por desplazarse a través del tablero a lo largo del tiempo, bien sea de forma diagonal (los más comunes) o de forma horizontal o vertical. La velocidad de desplazamiento es variable, dependiendo del patrón que se trate. Se denomina mide en términos de “c” y considera el numero de generaciones que necesita evolucionar un determinado patrón para desplazarse una celda [celdas/generaciones]. La máxima velocidad a la que se podría desplazarse uno de estos patrones seria la de una celda por generación (de ahí el uso de “c” como analogía de la velocidad de la luz). Por tanto la velocidad de una astronave se puede se denota como “c/x” y puede calcularse mediante el uso de esta fórmula:

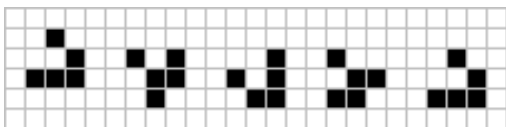
$$v = \frac{\max(|x|, |y|)}{n} c$$

Algunos de los patrones astronaves más comunes que suelen aparecer en el juego de la vida son:

-Deslizador (Glider): es el patrón astronave más pequeño que se conoce así como el más común. Se desplaza a lo largo del tablero de forma diagonal y tiene una velocidad de “c/4”.

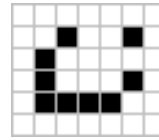


Evolución:

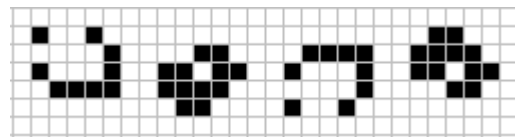


Como curiosidad, el deslizador ha sido acuñado por los “hackers” como emblema de su colectivo.

-Nave ligera (Lightweight spaceship): Se desplaza a lo largo del tablero de forma horizontal o vertical, a una velocidad de “c/2”.



Evolución:

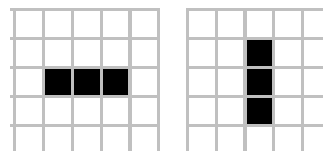


Existen muchos otros patrones que se desplazan por el tablero, algunos de ellos muy grandes y complejos, formados por estructuras llamadas “tagalong” y “pushalong”. Un “tagalong” no es una astronave por si misma, si no que es un patrón que puede ser unido a la parte posterior de la nave y se ve arrastrado por ella, formando un patrón de astronave mayor. De forma similar, un “pushalong” puede ser añadido a la parte delantera de una astronave para aumentar su tamaño.

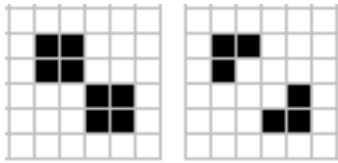
2.3 Osciladores

Un oscilador es un patrón que evoluciona cambiando de forma y que regresa a su forma original (y en su posición original) después de un número finito de generaciones. Se pueden clasificar según su tamaño, su inmunidad ante evoluciones externa, su periodo... Los más comunes son los siguientes:

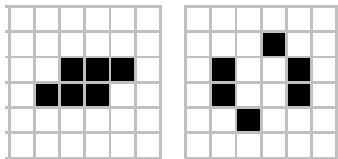
-Parpadeador (Blinker): es el más pequeño y comun de los osciladores. Su periodo es de 2 generaciones:



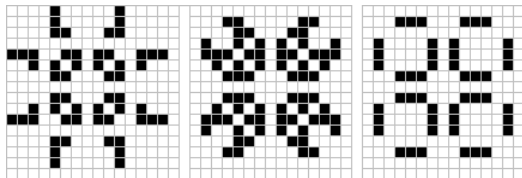
- La baliza (Beacon): es otro oscilador muy común de periodo 2.



-EL sapo (toad): de periodo 2.



-Pulsar (Pulsar): es el oscilador más frecuente de periodo igual a 3:



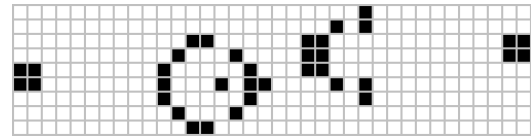
Se han diseñado patrones que oscilan en casi cualquier periodo, exceptuando 19, 23, 31, 38, 41, 43, y 53, periodos para los cuales a pesar de su posible existencia no se han encontrado poblaciones iniciales ni han observados. Otros osciladores conocidos son la estrella, la cruz y el beso (de periodo 3), el reloj, el octágono y la fumarola (de periodo 4), la galaxia (periodo 8) y el pentadecathlon (de periodo 15).

2.4 Patrones de crecimiento indefinido

Los patrones de crecimiento indefinido se caracterizan, por aumentar la población generación tras generación, determinando un crecimiento infinito, contradiciendo las conjeturas iniciales de Conway. Algunos simplemente crecen de forma de forma lineal o exponencial a partir de patrones simples y mínimos, otros simplemente son osciladores que durante su periodo “emiten” astronaves (pistolas), o astronaves que tras de si dejan un

rastros de escombros inmortales (locomotoras) e incluso existen patrones de astronaves que durante su avance emiten otras astronaves de menor tamaño (rastrillos) o dejan tras de si un rastro de pistolas (criaderos).

El más conocido de estos patrones de crecimiento indefinido, y el primero que se encontró, es el llamado “la pistola de Gosper”, nombre que recibe de su descubridor Bill Gosper



Como su nombre indica se trata de un patrón oscilador de periodo 20 de tipo pistola, que emite un deslizador por ciclo.

2.5 Otros patrones de interés

Además de las ya comentados existen infinidad de patrones con comportamientos diversos y sorprendentes, cabe destacar la existencia de patrones “reflectores”, que tras recibir un impacto de una astronave generan otra igual en una dirección distinta, volviendo tras ello a su estado inicial, los “bloques deslizantes”, que son inmortales de tipo bloque que se desplazan por el tablero en tras recibir el impacto de dos deslizadores de forma concreta hacia la fuente de los planeadores y en dirección contraria tras recibir el impacto de tres deslizadores, etc.

3 ANALOGÍAS CON EL ÁLGEBRA BOOLEANA.

Como ya se ha comentado con antelación, teóricamente el juego de la vida equivale a una máquina universal de Turing, por tanto podría usarse para realizar cálculos booleanos, y este es otro de los atractivos que presenta. Así mediante el uso de algoritmos, y aprovechando los comportamientos interesantes de objetos al ser golpeados por deslizadores se han conseguido crear patrones que corresponden a puertas lógicas de deslizadores AND, OR y

NOT, multiplicadores de astronaves, contadores naturales, codificadores, generadores de osciladores de frecuencia variable en función de una entrada de deslizadores, memorias no volátiles mediante el uso de bloques deslizantes (las diversas posiciones que sitúan al bloque en el tablero tras recibir impactos de planeadores pueden usarse para codificar unos y ceros lógicos) e incluso se ha usado el juego de la vida para recrear el propio juego a una escala mucho mayor y respondiendo a una escala de tiempo más lenta, todo esto basándose tan solo en fijar un determinado estado inicial.

4 PROGRAMACIÓN Y ALGORITMOS

Como se puede deducir de sus reglas, el juego de la vida no implica de una programación compleja para hacerlo funcional, simplemente se podría considerar que el juego se desarrolla en un array bidimensional (típicamente son usados dos arrays: uno para la generación actual y otro para calcular la generación sucesora), tan sólo hay que tener en cuenta algunas consideraciones como la imposibilidad de diseñar un tablero infinito (al tener que trabajar con una memoria finita, obviamente), por tanto nuestro tablero tendrá unos límites definidos y el comportamiento de las células al atravesarlos podrá considerarse de diversas formas. La más sencilla de ellas es considerar que todas las células que se encuentren fuera de esos límites definidos pasan a considerarse formas células muertas. Otra opción algo sería definir esos vectores de forma cíclica o toroidal, de tal forma que cuando el crecimiento de una población atraviesa un límite, sigue interactuando en el al aparecer por el límite opuesto. Otras consideraciones que pueden tener en cuenta son aquellas destinadas al ahorro de recursos, por ejemplo si una célula no ha cambiado de estado respecto a la generación anterior y tampoco lo ha hecho ninguna de sus vecinas podemos afirmar que tampoco cambiará su estado en la generación siguiente, por tanto obtenemos grandes zonas del tablero que no es necesario actualizar sus valores.

Algunas versiones de el juego de la vida utilizan algoritmos genéticos que actúan haciendo variar las reglas del juego en determinadas células o zonas del tablero que son elegidas de forma aleatoria de tal modo que se produzcan mutaciones inesperadas en los patrones. Estas versiones del juego guardan aun una mayor similitud con el desarrollo y cambios producidos por ejemplo en los seres vivos y en sus sociedades, guardando las distancias y como analogía podría considerarse una versión mas Darwiniana, en el cual, si una mutación resulta beneficiosa contribuirá a la supervivencia de el mismo durante un mayor número de generaciones.

4.1 Variaciones de el juego de la vida

Respecto a la versión original que responde a las reglas denominadas 2,3/3 existen variaciones que resultan en diversos comportamientos. Algunos ejemplos de ello son:

- 5,1/3,4,6 "Larga vida": comportamiento estable, casi todo son osciladores.
- 2,3,5,6,7,8/3,6,7,8 "Mancha de tinta": crecimiento rápido que acaba estabilizándose.
- /3 "Sparks": patrones pequeños que aparecen y desaparecen rápidamente.
- 5,6,7,8/3,5,6,7,8 "Diamantes catástrofes": comportamiento caótico.
- 1,3,5,7/1,3,5,7 "Breeder": Crece rápidamente, todo son réplicas.
- 1,3,5,8/3,5,7 "Amebas": comportamiento caótico.
- 2,4,5/3,6,8 "Muerte": Surgen comúnmente locomotoras y naves. Estable
- 3,4/3,4 "Vida 3,4": Crece.

4.2 Algoritmos a largo plazo

La dificultad existe cuando se desea usar algoritmos que determinen como ha de ser la población inicial para que trascurridas un numero determinado de generaciones podamos

llegar a un determinado estado deseado, algo que a la simple vista de un operador humano no tiene que porque ser trivial y es ahí donde es más útil la utilización de algoritmos, bien sean algoritmos paso a paso como con algoritmos a largo plazo. Entre éstos últimos destaca el un algoritmo conocido como “Hashlife”, destinado a la búsqueda de repeticiones y redundancias tanto espaciales como temporales en los autómatas celulares en función los parámetros que lo definen. Este algoritmo es altamente eficaz para el juego de la vida, ya que basa su funcionamiento en la búsqueda y comportamiento de patrones altamente regulares. Su funcionamiento se basa en el uso de tablas Hash, como su nombre ya sugiere. El uso de este tipo de tablas, (a pesar de resultar algo más lentas en promedio que el uso de otro tipo de estructuras como pueden ser los árboles binarios, que guardan la información de una manera más ordenada) consiguen optimizar los recursos al realizar de una manera eficiente las búsquedas, sobre todo cuando dichas tablas almacenan grandes cantidades de información.

El algoritmo Hashlife desarrollado por Bill Gosper en la década de 1980 y hoy en día sigue siendo uno de los algoritmos más populares tanto en el juego de la vida como en otros autómatas celulares.

[7]A new kind of science (Autómatas celulares): (<http://www.wolframscience.com/nksonline/toc.html>)

5. REFERENCIAS

[1] Gardner.M. *Scientific American* (1970).

[2] Stephen A. Silver. The Life Lexicon:
(<http://www.argentum.freeserve.co.uk/life.htm>)

[3] Descartes 2D: taller de matemáticas:
(http://descartes.cnice.mec.es/materiales_didacticos/juego_vida/index.htm)

[4](http://es.wikipedia.org/wiki/Juego_de_la_vida)

[5]Aula de Matemáticas:
(<http://www.aulademate.com/contentid-313.html>)

[6] John Conway’s Game of Life
(<http://www.bitstorm.org/gameoflife/>)

