Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología
Universidad de La Laguna

Grado en Ingeniería Informática
Algoritmos y Estructuras de Datos Avanzadas

Curso 2025-2026

Práctica 1: Hormiga de Langton

1. Objetivo

El objetivo de esta práctica es diseñar tipos de datos definidos por el usuario haciendo hincapié en el reparto de responsabilidades y su implementación en lenguaje C++.

2. Entrega

La práctica se realizará en dos sesiones de laboratorio:

- Sesión tutorada(*): del 3 al 5 de febrero.
- Sesión de entrega: del 9 al 12 de febrero.

(*) El alumnado afectado por la festividad del lunes 2 de febrero podrá asistir a la sesión tutorada en el horario de cualquier otro grupo.

3. Enunciado

La **hormiga de Langton** [1] es un autómata celular bidimensional con un conjunto de reglas muy sencillas, que sin embargo da lugar a comportamientos emergentes complejos. Fue inventada en 1986 por Chris Langton [2] para explorar la abiogénesis. En 2000 Gajardo et al. demostraron que es Turing-completa, lo que significa que la hormiga de Langton es capaz de computación universal.

La hormiga de Langton clásica opera sobre una cinta bidimensional infinita, donde cada celda puede estar en un estado binario (blanca/negra, 0/1, viva/muerta). Inicialmente, la hormiga se ubica sobre cualquiera de las celdas y está orientada a cualquiera de las cuatro direcciones cardinales. En cada paso actúa como un cabezal que modifica el contenido de la celda sobre la que se ubica, y se mueve sobre la cinta de acuerdo con las siguientes reglas(**):

- Si está sobre una celda blanca, cambia el color a negra, gira noventa grados a la izquierda y avanza una celda.
- Si está sobre una celda negra, cambia el color a blanca, gira noventa grados a la derecha y avanza una celda.

A pesar de su simplicidad, la hormiga de Langton ha demostrado un comportamiento altamente complejo como autómata celular. Comenzando con una cinta totalmente blanca, la versión clásica presenta tres tipos de comportamiento aparentes:

- Simplicidad: durante los primeros cientos de pasos, la hormiga crea patrones sencillos y frecuentemente simétricos.
- Caos: después de varios cientos de pasos, aparece un patrón grande e irregular. La hormiga sigue un camino aparentemente azaroso hasta los 10.000 pasos.
- Orden emergente: finalmente la hormiga empieza a construir una «avenida», un patrón de 104 pasos que se repite indefinidamente.

4. Notas de implementación

Un programa que simule el comportamiento de la hormiga de Langton requiere la implementación de los siguientes tipos de datos:

- `Tape`, representa la cinta bidimensional de celdas con valor binario, color blanca/negra, sobre la que se mueve la hormiga. Aunque teóricamente se trata de una cinta de tamaño infinito, en la implementación se establece un tamaño fijo para cada dimensión, `sizeX` y `sizeY`. De esta manera, cada celda se identifica mediante un par de coordenadas en el rango: `0..sizeX-1`, `0..sizeY-1`.

  La clase `Tape` oculta los detalles de su implementación, y provee las operaciones que permiten acceder a una celda para consultar o modificar su color.

  Se contemplan dos formas de inicializar la cinta:

  - Por defecto, todas las celdas son blancas (valor binario `0`).
  - También se puede inicializar leyendo desde un fichero de texto las coordenadas de las celdas negras (valor binario `1`).

  La visualización por pantalla también es responsabilidad de la cinta. Para ello sobrecarga el operador de inserción en flujo, que muestra por pantalla la visualización en modo texto. Las celdas blancas se muestran con el carácter `' '`, y las celdas negras se muestran con el carácter `'X'`. Opcionalmente se puede utilizar las secuencias de escape ANSI [4] para mostrar caracteres a color en modo texto.

- `Ant`, representa a la hormiga que se mueve sobre la cinta e interactúa con las celdas. Es responsable de guardar su orientación, cuyos valores definimos en referencia a los bordes de la pantalla: Izquierda (0), Derecha (1), Arriba (2) o Abajo (3).

  La hormiga es responsable de su movimiento, que calcula utilizando las reglas(**) dadas en el apartado anterior. Para ello, necesita guardar su ubicación sobre la cinta para consultar el color de la celda sobre la que se encuentra.

  También es responsable de su visualización por pantalla, para lo que sobrecarga el operador de inserción en flujo. Para la visualización de la hormiga se pueden utilizar los siguientes caracteres que indican, respectivamente, su orientación sobre la celda: `'<'`, `'>'`, `'^'`, `'v'`.

- `Simulator`, es el responsable de crear los objetos cinta y hormiga, a los que contiene, y de gestionar los pasos de la simulación. En la inicialización se crea una cinta, utilizando alguna de las formas de inicialización dadas, y se ubica a la hormiga en una posición indicada. En cada paso la hormiga calcula y realiza un movimiento; se actualiza la visualización de la cinta y de la propia hormiga, y se muestra el número de pasos ejecutados.

  En el enlace [3] se muestra una demostración, utilizando una implementación en entorno gráfico, del funcionamiento de la Hormiga de Langton.

El programa programa principal es el responsable de construir los objetos cinta y hormiga. A través de la línea de comandos recibe el nombre de un fichero de texto que contiene los datos de inicialización en el siguiente formato(***):

Línea 1: Tamaño de la cinta
Línea 2: Posición inicial y orientación de la hormiga
Línea 3..n: Posiciones de las celdas negras (valor binario 1).

El programa avanza mostrando la simulación paso a paso hasta que el usuario finaliza la simulación, o la hormiga alcanza una posición fuera de los límites de la cinta. Antes de terminar el programa se pregunta al usuario si desea salvar el estado de la simulación en un fichero de texto con el formato(***) dado.

Durante las sesiones de laboratorio se podrán proponer modificaciones y mejoras en el enunciado de la práctica.

5. Referencias

[1] Hormiga de Langton [Wikipedia]: https://es.wikipedia.org/wiki/Hormiga_de_Langton

[2] Christopher Langton [Wikipedia]: https://es.wikipedia.org/wiki/Christopher_Langton

[3] Simulador online de la hormiga de Langton: http://www.langtonant.com/

[4] Secuencias de escape ANSI. Librería de colores [GitHub]:
https://gist.github.com/Alfonzzoj/db207b89d56f24d9d0b17ff93e091be8