SISTEMAS INTELIGENTES

Departamento de Ciencia de la Computación e Inteligencia Artificial

Universidad de Alicante **Curso 2017/2018**

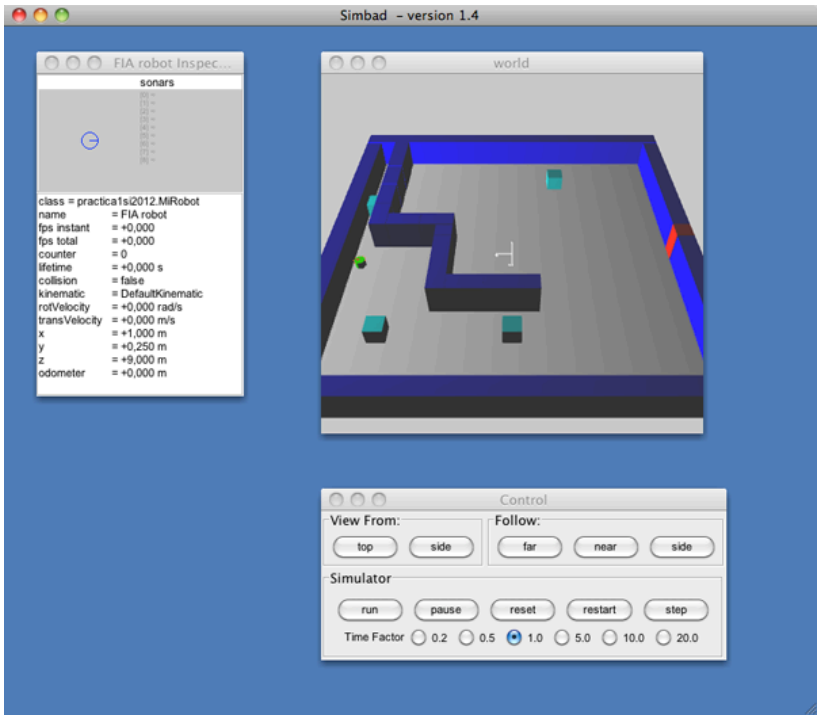
Práctica 1. Búsqueda y sistemas probabilísticos

Objetivos:

- Comprender el funcionamiento de la búsqueda heurística y en concreto del algoritmo A*.
- Implementar el algoritmo A* y saber cómo seleccionar una heurística apropiada al problema.
- Realizar un análisis cuantitativo respecto al número de nodos explorados con este algoritmo.
- Comprender el funcionamiento de un sistema experto difuso.
- Desarrollar y probar un sistema experto utilizando lógica difusa.

Sesión 1. Introducción y entorno de trabajo

En esta primera práctica de la asignatura se desarrollará un sistema capaz de guiar a un robot en su entorno desde el punto de partida hasta la meta. En primer lugar se utilizará el algoritmo A* para calcular el camino óptimo para llegar a la meta y posteriormente se utilizará un sistema experto difuso para guiar al robot hasta la meta.



1.1 Netbeans

Para el desarrollo de la práctica se utilizará NetBeans.

NetBeans es un entorno de desarrollo integrado, hecho principalmente para el lenguaje de programación Java, aunque extendido a otros lenguajes.

NetBeans es un proyecto de código abierto, por lo tanto, lo podemos descargar libremente desde su página oficial:

http://netbeans.org/

1.2 Simbad

Para el desarrollo de esta práctica vamos a utilizar Simbad. Es un simulador robótico 3D desarrollado en Java. No es un simulador de un mundo real, sino que ha sido desarrollado para fines académicos, intentando tener una base simple para el estudio de algoritmos de inteligencia artificial.

Este simulador nos permite escribir el controlador del robot, modificar el entorno y hacer uso de los sensores disponibles.

Es posible encontrar más información en la página del proyecto:

http://simbad.sourceforge.net/.

1.3 Creación del controlador del robot

Para crear un controlador del robot son necesarias tres cosas:

- Un programa principal
- Una descripción del entorno
- Una clase del robot

Programa principal

El programa principal debe lanzar Simbad con la descripción del entorno deseado.

```
Simbad frame = new Simbad(new MiEntorno(), false);
```

Descripción del entorno

Esta clase debe especificar cómo es el entorno, las paredes, los obstáculos y el punto de inicio del robot.

Se pueden utilizar objetos de diferentes tipos:

```
add(new Wall(new Vector3d(10, 0, 0), 20, 1, 2, this));
add(new Box(new Vector3d(10,0,-(10)), new Vector3f(1, 1, 1), this);
add(new Arch(new Vector3d(3,0,-3), this));
```

Y el robot se añade como:

```
add(new MiRobot(new Vector3d(0,0,0), "mi robot");
```

La clase del robot

Esta clase debe contener el controlador del robot. Deriva de la clase Agente. Es necesario sobrescribir dos métodos: initBehavior y performBehavior.

- **initBehavior**: Este método lo llama el simulador al principio de la vida del agente. Es donde debemos introducir el código para inicializar el robot.
- **performBehavior**: El simulador llama a este método en cada paso (20 veces/segundo). Es en este método donde se debe introducir el comportamiento del robot.

Estas clases ya están creadas en el proyecto NetBeans que tenéis disponible y que se explica en el punto siguiente. En la práctica únicamente tendréis que modificar la clase MiRobot.

1.4 Puesta en marcha del proyecto

Se debe descargar el proyecto de Netbeans disponible en moodle en el apartado Práctica 1 y abrirlo en Netbeans.

Se deben añadir al proyecto las librerías:

- Simbad1.4.SI.jar
- jFuzzyLogic_2.0.6.jarz

Para esto se debe acceder a las propiedades del proyecto (pulsando el botón derecho sobre la raíz del proyecto). Y en el apartado Librerías incluir estas dos librerías desde el botón Add Library…

Al estar enteramente escrito en Java, para utilizar este simulador es necesario tener instalado Java (1.4.1 o posterior) y la librería Java3D (1.3.1 o posterior). Si no está instalada en vuestra máquina la debéis instalar. Es posible descargar esta librería desde su página:

http://java3d.java.net/

1.5 Estructura del proyecto

Este proyecto se compone de diferentes clases:

- **Main.java**. Es la clase ejecutable del proyecto. Esta clase lee los parámetros de entrada y crea una instancia de la clase Practica1.java. El programa requiere que se le pase como argumento un fichero.txt con la estructura del entorno.
- **Practica1.java.** Esta clase contiene los parámetros que definen el mundo (el tamaño del mundo, el punto de origen del robot y el punto destino y el mundo en sí). Lee el mundo desde el fichero que se le pasa como parámetro y crea una instancia del simulador Simbad pasándole el entorno.
- **MiEntorno.java.** Esta es la clase que define el entorno del robot en el simulador Simbad. Crea el entorno mediante paredes y cajas y crea el robot (como instancia de la clase MiRobot.java).
- **MiRobot.java.** Esta es la clase que define el comportamiento del robot. En esta clase definiremos el algoritmo A*.

1.6 Especificación del mundo

La especificación del mundo se realiza en un fichero de texto que se pasa como parámetro al programa.

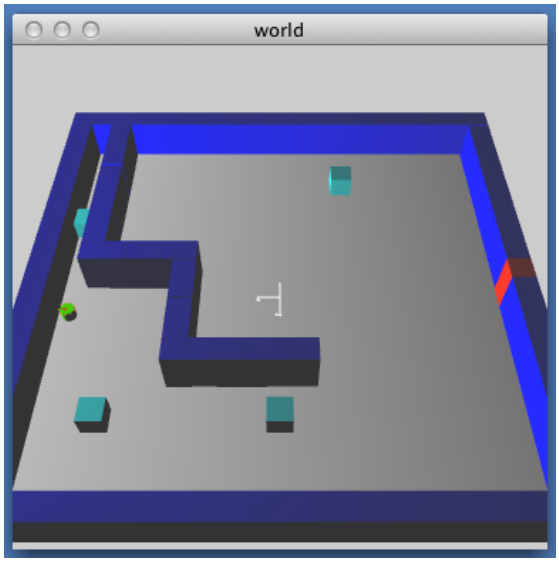
Este fichero de texto tendrá la siguiente estructura:

- En la primera línea se especifica el tamaño del mundo. El mundo será un cuadrado. Por ejemplo, si se indica un 10, se creará un mundo de 10x10. (El simulador no muestra correctamente mundos de un tamaño mayor de 20).
- En la segunda línea se debe indicar el punto origen del robot. Se especifica en qué fila empezará el robot, ya que la columna será siempre la primera.
- En la tercera línea se especifica el punto destino del robot. Se especifica la fila en que se desea que termine el robot, ya que la columna será la última.
- El resto de filas especificarán el entorno en sí teniendo en cuenta que:
    - Si tiene un * (asterisco) es una pared
    - Si tiene un – (guión) es un obstáculo
    - Si tiene un . (punto) es un espacio vacío

A continuación se muestra un ejemplo de mundo:

```
20
10
10
* * * * * * * * * * * * * * * * * * * *
* . * . . . . . . . . . . . . . . . . *
* . * . . . . . . . . . . . . . . . . *
* . * . . . . . . . . . - . . . . . . *
* . * . . . . . . . . . . . . . . . . *
* . * . . . . . . . . . . . . . . . . *
* - * . . . . . . . . . . . . . . . . *
* . * . . . . . . . . . . . . . . . . *
* . * . . . . . . . . . . . . . . . . *
* . * * * * * . . . . . . . . . . . . *
* . . . . . * . . . . . . . . . . . . *
* . . . . . * . . . . . . . . . . . . *
* . . . . . * . . . . . . . . . . . . *
* . . . . . * . . . . . . . . . . . . *
* . . . . . * * * * * * . . . . . . . *
* . . . . . . . . . . . . . . . . . . *
* . . - . . . . . . - . . . . . . . . *
* . . . . . . . . . . . . . . . . . . *
* . . . . . . . . . . . . . . . . . . *
* * * * * * * * * * * * * * * * * * * *
```

Este mundo se mostrará en el simulador Simbad como:



Sesión 2. Diseño del algoritmo de búsqueda A*

En este problema de planificación el robot se encuentra en un mundo y debe encontrar un objetivo, por lo tanto, tiene que calcular una ruta para llegar allí. El objetivo principal será encontrar el camino de coste mínimo.

Para ello vamos a utilizar el algoritmo A*. Éste es un algoritmo de búsqueda heurística, por lo tanto utiliza una función heurística, que nos dará un valor para cada celda. La función heurística es una estimación optimista de cómo de lejos está el objetivo.

```
h(x,y) ~<= distancia al objetivo
```

Pseudocódigo

```
Alg A*
      listaInterior = vacio
      listaFrontera = inicio

      mientras listaFrontera no esté vacía
            n = obtener nodo de listaFrontera con menor f(n) = g(n) + h(n)
            listaFrontera.del(n)
            listaInterior.add(n)

            si listaFrontera = vacía
                  Error, no se encuentra solución
            sino si n es meta
                  devolver
                  reconstruir camino desde la meta al inicio siguiendo los
punteros
            fsi

            para cada hijo m de n
                  g'(m) = n·g + c(n, m)  //g del nodo a explorar m

                  si m no está en listaFrontera
                        almacenar la f, g y h del nodo en (m.f, m.g, m.h)
                        m.padre = n
                        listaFrontera.add(m)
                  sino  si  g'(m)  es  mejor  que  m.g   //Verificamos  si  el
nuevo camino es mejor
                        m.padre = n
                        recalcular f y g del nodo m
                  fsi
            fpara
      fmientras
falg
```

Sesión 3. Implementación del algoritmo de búsqueda A*

La implementación del algoritmo A* se debe realizar en la clase MiRobot.java.

En esta clase tenéis ya creado un método:

```
public int AEstrella()
```

En este método es donde se debe implementar el algoritmo A*. Ya que es este método el llamado desde la función **initBehavior**.

Podréis crear métodos auxiliares que necesitéis y nuevas clases.

El algoritmo A* debe mostrar al final de su ejecución la solución al problema de la siguiente manera:

- En primer lugar debe mostrar el camino óptimo obtenido.
- En segundo lugar debe mostrar los nodos explorados.

Ejemplo de solución para el mundo mostrado en el apartado A.3.

```
Entra en initBehavior
Solución del A*
Camino
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. X X X X X . . . . . . . . . . . . X .
. . . . . X . . . . . . . . . . . . X .
. . . . . X . . . . . . . . . . . . X .
. . . . . X . . . . . . . . . . . . X .
. . . . . X . . . . . . . . . . . . X .
. . . . . X X X X X X X X X X X X X X .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
. . . . . . . . . . . . . . . . . . . .
Nodos explorados
-1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1
-1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1
-1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1
-1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1
-1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1
-1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1
-1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1
-1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1
-1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1
-1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1
-1  0  1  2  3  4 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 33 -1
-1 -1 14 10  7  5 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 32 -1
-1 -1 -1 11  9  6 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 31 -1
-1 -1 -1 -1 13  8 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 30 -1
-1 -1 -1 -1 -1 12 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 29 -1
-1 -1 -1 -1 -1 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 -1
-1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1
-1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1
-1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1
-1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1 -1
```

Para esto, ya están creadas dos matrices:

- La variable char camino[][], debe contener el camino solución. Esta variables se inicializa a '.' en el constructor, y se debe indicar con una 'X' (mayúscula) el camino solución del A*.
- La variable int expandidos[][], debe contener el orden en el que se expanden los nodos. Esta variable está inicializada a -1, y se debe indicar cuándo se expande cada nodo.

Sesión 4. Pruebas del algoritmo de búsqueda A*

La documentación es una parte muy importante de la práctica. Como mínimo debe contener:

- Pseudocódigo del algoritmo A* que se ha implementado. Explicando con ejemplos cada uno de los posibles casos que nos podemos encontrar a la hora de evaluar nuevos nodos.
- Explicación de cuál es la mejor heurística para este problema y que ocurre cuando *h* se acerca o aleja de *h**. Analizando varias heurísticas y viendo cómo repercuten en el número de nodos explorados.
- Explicación y traza de un problema pequeño donde se observe el funcionamiento del algoritmo A*.
- Se debe realizar un conjunto de pruebas bien diseñado que abarque todas las casuísticas del problema.

Sesión 5. Diseño SE difuso

El sistema experto difuso que se debe realizar debe seguir el algoritmo A* y evitar obstáculos utilizando los sensores y actuadores del robot.

En la práctica se utilizará el lenguaje FCL (Fuzzy Controller Language). Este lenguaje es prácticamente una transcripción del lenguaje natural para la especificación de sistemas difusos.

Podéis ver un ejemplo de este lenguaje en el siguiente enlace:

http://jfuzzylogic.sourceforge.net/html/example_fcl.html

Además, podéis encontrar más información de la librería utilizada en la práctica en el siguiente enlace:

http://jfuzzylogic.sourceforge.net/html/index.html

El controlador difuso se especificará en el fichero "controller.fcl". Para este apartado de la práctica ÚNICAMENTE se debe modificar este fichero.

En cada instante de tiempo el sistema difuso recibirá 9 variables (que se deben llamar tal cual se describe a continuación):

- **s0, s1, ..., s8** : éstas representan las lecturas de los sónares del robot, dispuestos como se indica en la figura anterior, y que tendrán un rango de percepción máxima de 1.5m (un valor de 0.5 indica que se detectó un objeto a dicha distancia, un valor de 1.5m indica que no se ha detectado nada en el sensor).
- **sig**: indica los grados que debe girar el robot para dirigirse a la siguiente posición que indica el A*. Esta variable puede tomar valores desde -180 a 180. Los valores negativos indican un giro a la derecha y los valores positivos un giro a la izquierda.

Además, el sistema experto deberá almacenar en una variable de salida real llamada "vel" la velocidad a aplicar al robot en m/s así como la velocidad rotacional (de giro) en la variable "rot" especificada en radianes por segundo.

Sesión 6 y 7. Implementación y documentación del SE difuso

El sistema experto difuso para controlar el robot se debe implementar en el fichero "controller.fcl".

En este fichero se deben especificar en primer lugar los conjuntos de todas las variables, y posteriormente las reglas que controlan el sistema.

En el desarrollo de esta parte de la práctica se irán modificando los conjuntos de las variables y las reglas según se avance. Por lo tanto, es conveniente que la documentación se vaya desarrollando al mismo tiempo, mostrando en ésta la evolución del sistema.

La documentación de esta parte de la práctica debe contener:

- La especificación de los conjuntos para las variables y su evolución.
- Explicación de las reglas especificadas y su evolución.
- Conjunto de pruebas realizadas que demuestren que el funcionamiento del sistema es correcto.

Entrega de la práctica

La fecha límite de entrega de la práctica es el 3 de noviembre de 2017 a las 23:55h. La entrega se realizará a través de Moodle. Además, la entrega constará de un fichero .zip que contendrá:

- El proyecto Netbeans con la solución de ambas partes de la práctica.
- La documentación de la práctica en un fichero .pdf.

¡¡¡AVISO IMPORTANTE!!!
No cumplir cualquiera de la normas de formato/entrega anteriores puede suponer un suspenso en la práctica. Recordad que las prácticas son INDIVIDUALES y NO se pueden hacer en parejas o grupos. Cualquier código copiado supondrá un suspenso de la práctica para todas las personas implicadas en la copia.