UNIVERSIDAD DE GRANADA

DECSAI

Técnicas de los Sistemas Inteligentes

Grado en Informática

Curso 2021-22. Práctica 1

Búsqueda en tiempo real: RTA*

Jesús Giráldez Crú y Pablo Mesejo Santiago

Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial

http://decsai.ugr.es

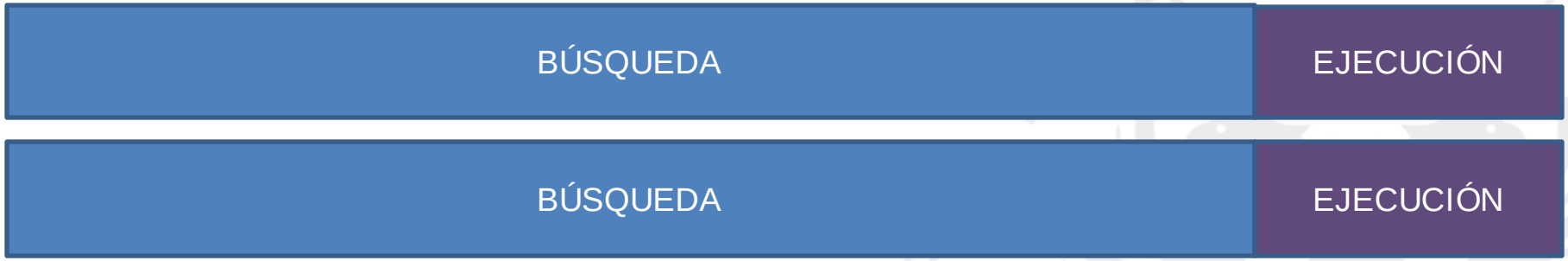
Características de los algoritmos de búsqueda

	Algoritmos	Características
Búsqueda no informada	BFS, DFS	Al ser una búsqueda no informada (sin información heurística), son más ineficientes y/o no garantizan que se encuentre el camino óptimo.
Búsqueda heurística (offline)	A*, IDA*	Siempre encuentran el camino óptimo y lo hacen de forma más eficiente que la búsqueda no informada (debido al uso de información heurística).
Búsqueda heurística online (incremental o en tiempo real)	D*, RTA*	Aunque no garantizan el camino óptimo, permiten enfrentarse a problemas más complejos (entornos desconocidos y/o dinámicos, movimientos rápidos, etc).

	Algoritmos	¿Funciona en entornos desconocidos?	¿Es capaz de realizar movimientos rápidos (tiempo corto)?
Búsqueda heurística offline	A*, IDA*	**NO**	**NO**
Búsqueda incremental	D*, LPA*, D*Lite	**SÍ**	**NO**
Búsqueda en tiempo real	RTA*, LRTA*	**SÍ**	**SÍ**

Búsqueda offline

Búsqueda incremental



Búsqueda en tiempo real

- La búsqueda heurística clásica (offline) requiere **información completa del entorno**

- Con esta información, primero se realiza la búsqueda de la ruta (normalmente óptima) –proceso más costoso– y posteriormente se ejecuta –proceso más rápido–.

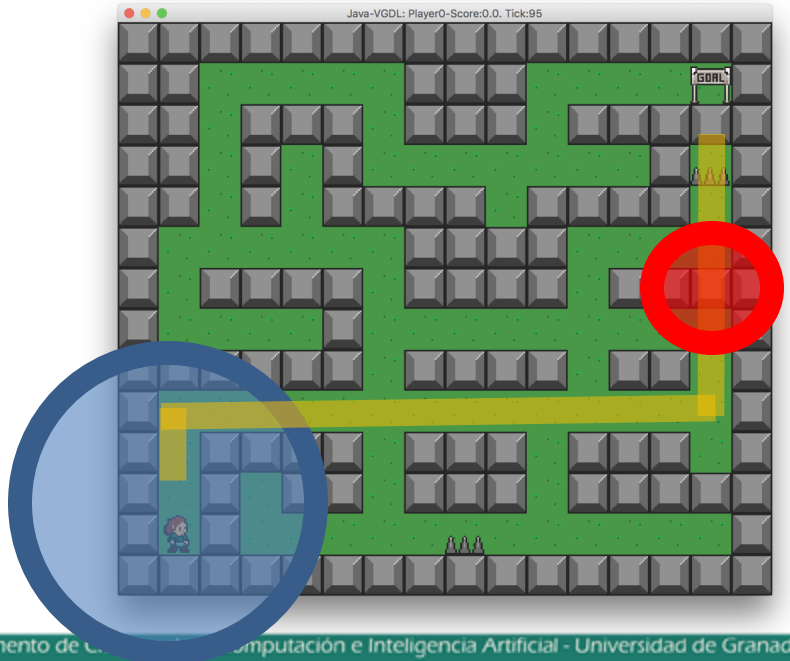
- Pero en algunos contextos, el entorno sólo se conoce parcialmente:
  - **Información desconocida**. Ej: alcance de los sensores del robot
  - **Información dinámica**: Ej: obstáculos que se mueven por el entorno

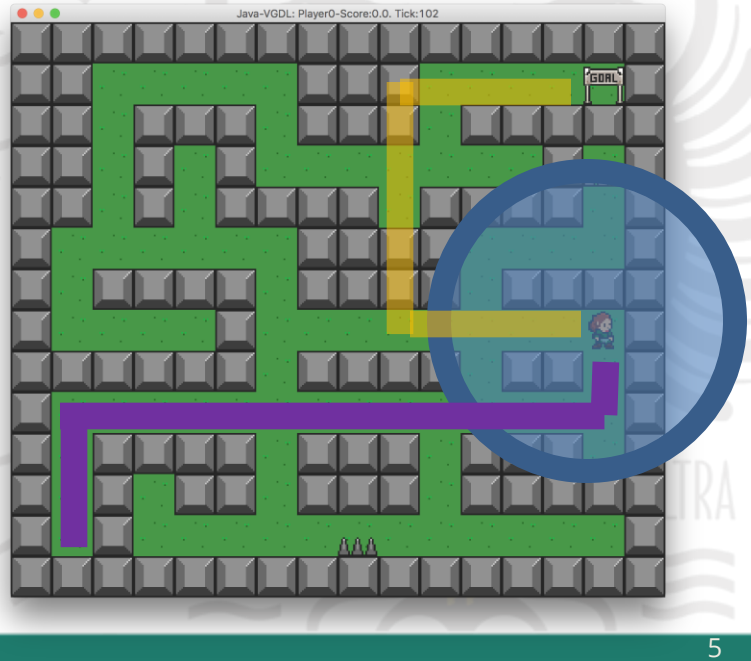
- En estos casos, es **inviable calcular UN único plan** (como se hace en la búsqueda heurística clásica), dado que éste puede sufrir modificaciones

- Es necesario **replanificar**!

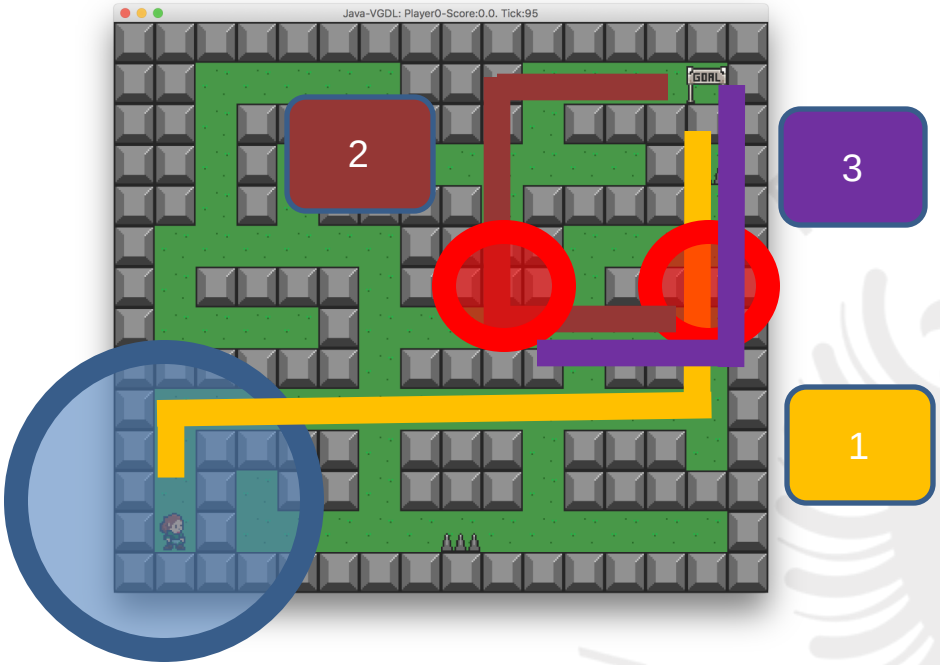
- La **búsqueda incremental** aborda el problema de la información incompleta o dinámica
  - **Zona de visibilidad del agente** (ZVA): área abarcada por los sensores
  - **Hipótesis del mundo desconocido**: todo terreno desconocido es navegable.

- Ejemplo: un método incremental basado en A*. Calcular un plan, intentar ejecutar, y, en caso de obstáculo, recalcular





- Problema: ¿cómo **actualizar la información heurística** a medida que el agente se mueve por el mapa?
  - Si cada llamada a A* es "independiente", no se actualiza
  - El agente puede caer en **ciclos infinitos**



- La **búsqueda incremental** aborda este problema

- Algoritmos de **búsqueda incremental**: D*, LPA*, D*Lite, …
- La idea general es mantener, de la forma más eficiente posible, **información actualizada sobre h(n)**, a medida que el agente aprende nueva información sobre el mapa en los distintos intentos de ejecutar la ruta
- Inconveniente: **en el peor caso**, la búsqueda de un camino es tan **costosa** como en búsqueda offline
  - Los tiempos de planificación (búsqueda) pueden ser muy altos
  - Por tanto, **no sirve para realizar movimientos rápidos**
- Ante la necesidad de movimientos/decisiones rápidas aparece la **búsqueda en tiempo real**

LPA*: [Koenig, Likhachev, Furcy. 2004. Lifelong Planning A*. Artificial Intelligence 155 (1–2): 93-146]
D*: [Stentz. 1994. Optimal and Efficient Path Planning for Partially-Known Environments. Proc. of ICRA]
D*Lite: [Koenig, Likhachev. 2005. Fast Replanning for Navigation in Unknown Terrain. Transactions on Robotics 21 (3)]

Dos conceptos clave:

- **Espacio local de búsqueda**: el agente calcula rutas "cortas" hasta la mejor frontera
- **Espacio local de aprendizaje**: se actualiza la heurística de cara a movimientos futuros

- La **diferencia** con respecto a la **búsqueda local** (GBFS) es precisamente la regla de aprendizaje

Real-Time A* (RTA*)

- En cada paso, moverse al nodo del espacio local de búsqueda seleccionado por la estrategia de movimiento, y actualizar el espacio local de aprendizaje según la regla de aprendizaje

- Espacio local de búsqueda: los vecinos del nodo actual x
- Estrategia de movimiento: mover al mejor vecino z:

$$z = argmin_{(y \in Succ(x))}\{c(x,y) + h(y)\}$$

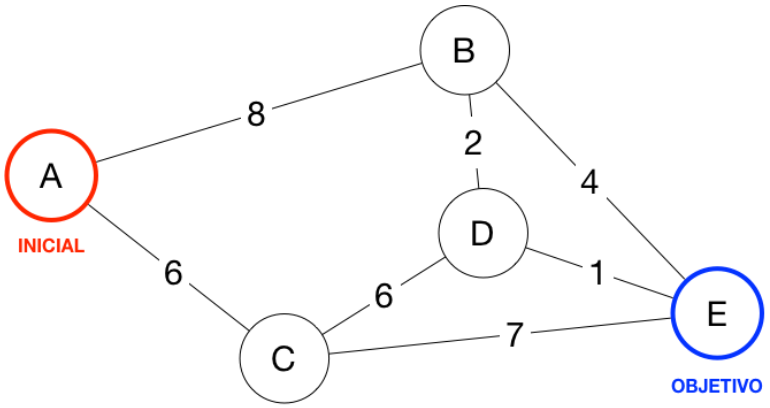
- Espacio local de aprendizaje: nodo actual
- Regla de aprendizaje:

$$h(x) = \max(h(x), 2º \min\big(c(x,y) + h(y)\big))$$

RTA*: [Korf. 1990. Real-time Heuristic Search. Artificial *Intelligence* **42**, 189-211]

- Espacio local de búsqueda: vecinos del nodo
- Estrategia de movimiento: mejor vecino
  - ARRIBA: c(ACTUAL, ARRIBA) + h(ARRIBA) = 1 + 23 = 24
  - ABAJO: Muro
  - IZQUIERDA: Muro
  - DERECHA: Muro
- Espacio local de aprendizaje: nodo actual
- Regla de aprendizaje:
  - h(ACTUAL) = 24

Como no hay segundo mínimo, elegimos el primero



	A	B	C	D	E
h(n)	10	4	5	1	0

It.	Nodo actual	c(x,y)+h(y) en vecinos del nodo actual					Sig. nodo	Nuevo valor h(actual)				
		y=A	y=B	y=C	y=D	y=E		h(A)	h(B)	h(C)	h(D)	h(E)
0	A	-	12	11	-	-	C	12	=	=	=	=
1	C	17	-	-	7	7	D	=	=	7	=	=
2	D	-	6	13	-	1	E	=	=	=	6	=
3	E	Fin. Camino: E – D – C – A						11	4	7	6	0

Otro algoritmo de búsqueda en tiempo real (**NO usado** en esta práctica): LRTA*

- La única diferencia entre RTA* y LRTA* es la regla de aprendizaje:
  - En RTA* se usa el segundo mínimo
  - En LRTA* se usa el (primer) mínimo
- Ambas permiten al agente escapar de mínimos locales en h(n)
  - Zonas prometedoras según la h(n) pero que no llevan a la solución
- RTA* puede sobreestimar h(n) por lo que escapa de mínimos locales más rápido
  - En una ejecución, es más rápido
- LRTA* aproxima mejor h(n) a h*(n) por lo que es más útil si se requieren múltiples ejecuciones en el mismo mapa
  - En múltiples ejecuciones, converge más rápido al camino óptimo

LRTA*: [Korf. 1990. Real-time Heuristic Search. Artificial *Intelligence* **42**, 189-211]