



DEFINICIONES Robot

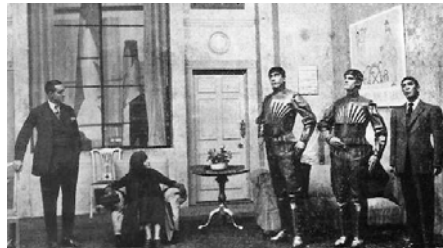
INTRODUCCIÓN 1

ROBOT \equiv Palabra checa *robota* \approx “trabajo”.

- Definición:

Manipulador o móvil reprogramable de uso general, con sensores internos y externos, que pueden ser utilizados para efectuar diferentes tareas (montaje, transporte, clasificación, vigilancia, ...).

Rossum's Universal Robot (K. Capek, 1921)



<http://en.wikipedia.org/wiki/R.U.R.>

- Aspectos destacables:

- Posee “inteligencia artificial”.

Programa de ordenador, no tiene intuición, imaginación, etc.

- Realiza tareas en sustitución de la acción humana

Se pueden incluir tareas automáticas y preprogramadas (sin sensores no es un robot).

Dpto. ACyA - Ingeniería de Sistemas y Automática



DEFINICIONES Robótica

INTRODUCCIÓN 2

- ROBÓTICA

Disciplina que estudia los robots.

“La robótica es la conexión inteligente entre la percepción y la acción”

(Brady, 1985)

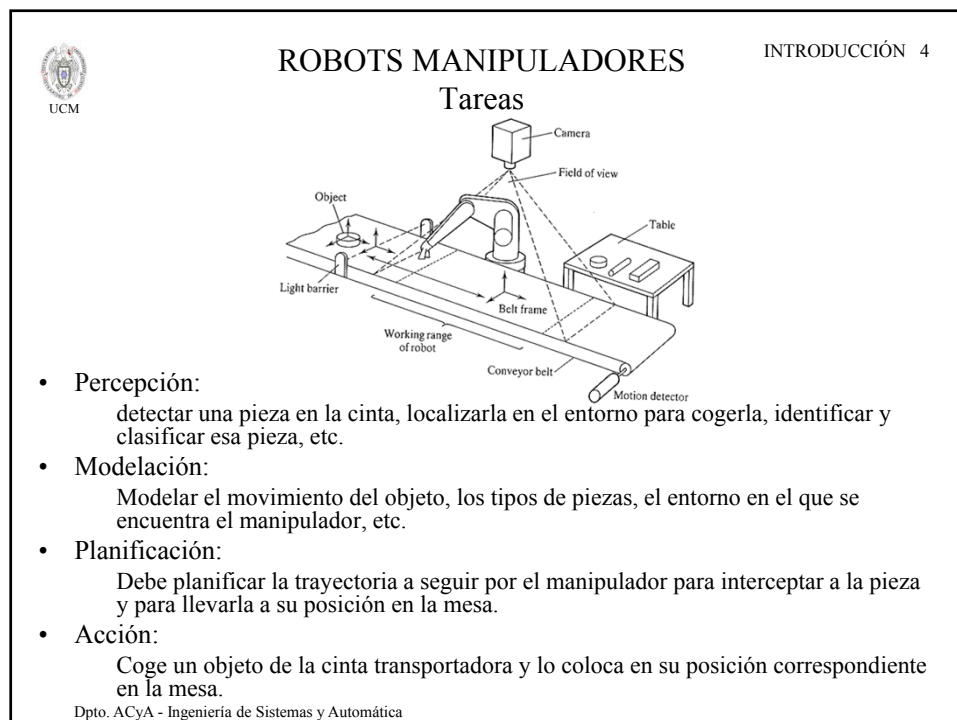
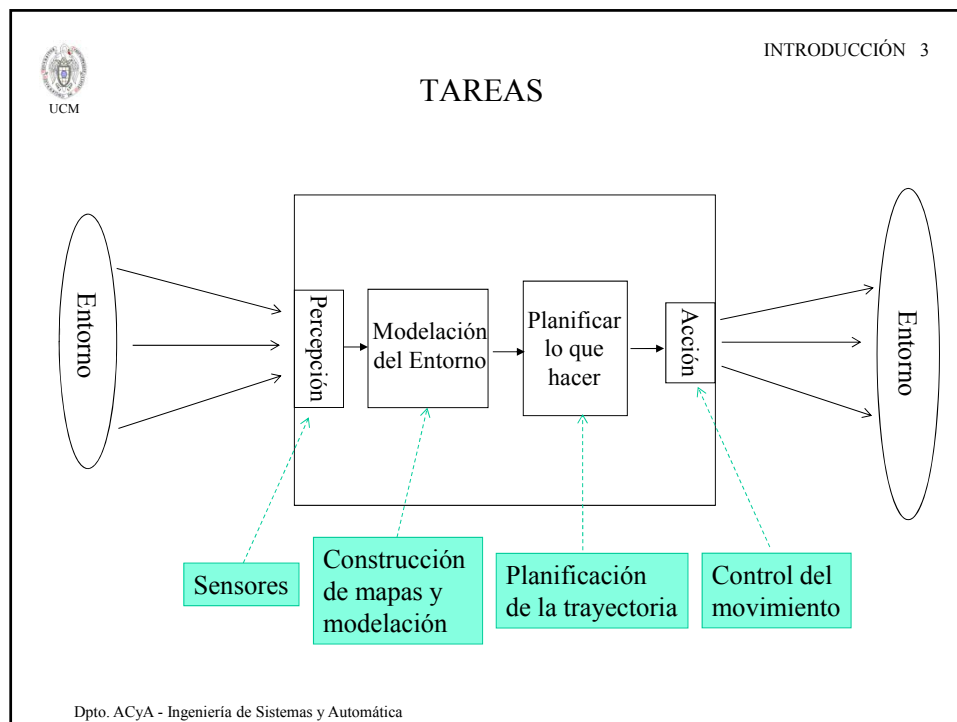
- Incluye aspectos como:


- diseño, manufactura, control y programación de robots
- utilización de los robots para resolver problemas
- estudio de los procesos de control, sensores y algoritmos utilizados en humanos, animales y máquinas y su aplicación en el diseño de robots.

- Abarca disciplinas como:

física, matemáticas, ingeniería electrónica, ingeniería mecánica, informática e inteligencia artificial.

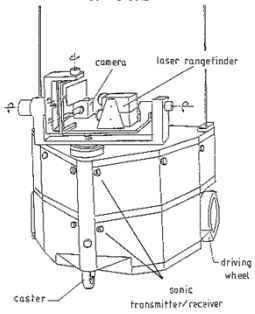
Dpto. ACyA - Ingeniería de Sistemas y Automática





ROBOTS MÓVILES


Tareas



INTRODUCCIÓN 5

- **Percepción:**
detectar obstáculos, punto destino o metas intermedias, puntos importantes, etc.
- **Modelación:**
Modelar la dinámica del móvil, el entorno en el que se encuentra el móvil, los obstáculos u objetos detectados, etc.
- **Planificación:**
Debe planificar la trayectoria a seguir para alcanzar el punto objetivo sin chocar con ningún obstáculo.
- **Acción:**
Se mueve por el entorno, realiza las tareas encomendadas y alcanza la meta fijada.

Dpto. ACyA - Ingeniería de Sistemas y Automática




APLICACIONES

INTRODUCCIÓN 6


MILITARES

- Navegación Inercial y localización
- Sistemas de seguimiento, detección y vigilancia
- Robots desactivadores de bombas
- Robots submarinos anti-minas.



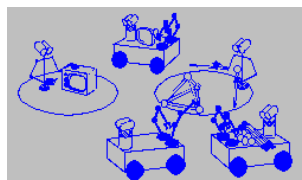
ESPACIALES

- Guiado y conducción de naves espaciales
- Exploración planetaria




INDUSTRIALES

- Manipulación de materiales
- Fabricación de componentes
- Inspección
- Ensamblaje




EXPLORACIÓN

- Robots de mantenimiento
- Reparación de averías y puntos inaccesibles
- Exploración submarina, etc.




CONDUCCIÓN y GUIADO AUTOMÁTICO

- Vehículos en carreteras y en entornos agrestes
- Sistemas de ayuda a disminuidos físicos



ROBÓTICA

- Robots móviles autónomos
- Brazos robóticos
- Vigilantes, etc.



Dpto. ACyA - Ingeniería de Sistemas y Automática



APLICACIONES Y DESARROLLO HISTÓRICO

Robots manipuladores (1)

INTRODUCCIÓN 7



- Egipcios
Brazos móviles en las figuras de diversos dioses
- Griegos
Estatuas movidas mediante mecanismos hidraulicos
- ~ 1400
Conde Álvaro de Luna. Estatua humana erigida en su tumba, en la Capilla de Santiago de la Catedral de Toledo. Se ponía de pie, se sentaba y arrodillaba siguiendo la misa.
- Mediadados siglo XVIII
J. de Vaucanson construyó varias muñecas de tamaño humano que ejecutaban piezas de musica
- 1805
H. Maillardet construyó una muñeca mecánica capaz de hacer dibujos



Dpto. ACyA - Ingeniería de Sistemas y Automática

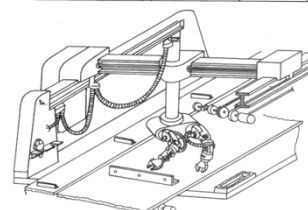
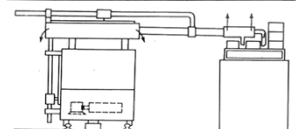
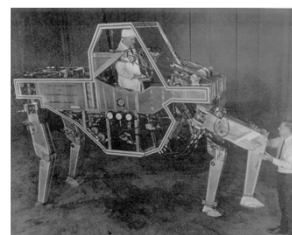


APLICACIONES Y DESARROLLO HISTÓRICO

Robots manipuladores (2)

INTRODUCCIÓN 8

- 1951
Desarrollo de teleoperadores (manipuladores de control remoto) para manejo de materiales radiactivos. (Goertz, 1954 y Bergsland, 1958).
- 1952
Máquina prototipo de control numérico (CN). Desarrollada en el MIT. Y lenguaje de programación de piezas ATP (1961).
- 1954
 - Patente de G.C. Devol, desarrolla diseños para “transferencia de artículos programada”.
 - Patente del dispositivo robótico de Kenward.
- 1959-60
Primer robot industrial de UNIMATE (Devol y Engelberger). Basado en la “transf. De artículos programada”. Primer robot con computadora (reprogramable). Utilizaba los principios del CN.



Dpto. ACyA - Ingeniería de Sistemas y Automática

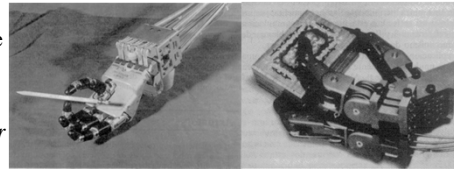


APLICACIONES Y DESARROLLO HISTÓRICO

Robots manipuladores (2)

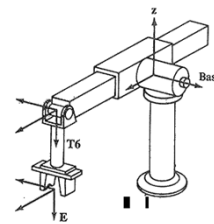
INTRODUCCIÓN 9

- 60's
Se empieza a investigar en la construcción de prótesis para humanos.
- 1961
Se instala un robot Unimate en la *Ford Motor Company*.
- 1962
Primera mano mecánica controlada por sensores táctiles (H. A. Ernst).
- 1971
Desarrollo por la Universidad de Stanford de un pequeño brazo de accionamiento eléctrico: *Brazo Stanford*
- 1973
Stanford Research Institute (SRI) desarrolla el primer lenguaje de programación de robots: WAVE. Seguido por el lenguaje AL en 1974. Ambos fusionados en un lenguaje comercial para UNIMATION: VAL.



Utah/MIT < 1991

3 dedos Stanford/JPL < 1989



Dpto. ACyA - Ingeniería de Sistemas y Automática



APLICACIONES Y DESARROLLO HISTÓRICO

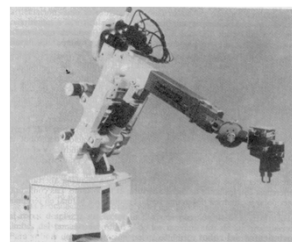
Robots manipuladores (4)

INTRODUCCIÓN 10

- 1973-1975
Se investiga y realizan importantes avances en el uso de sensores externos (Stanford, IBM, MIT, JPL).
- 1974
 - ASEA introduce el robot IRb6 de accionamiento completamente eléctrico.
 - Cincinnati Milacron introduce robot "The Tomorrow Tool" (T³). Primer robot industrial controlado por computadora (30 kg).
 - Kawasaki, bajo licencia de Unimation, instala robots para soldaduras.
- 1975
Robot "Sigma" de Olivetti, una de las primeras aplicaciones de los robot al montaje.



ASEA



Modelo T3-776

Dpto. ACyA - Ingeniería de Sistemas y Automática

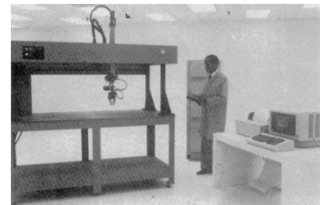
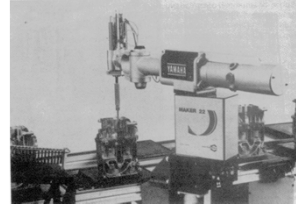
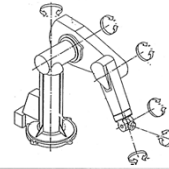


APLICACIONES Y DESARROLLO HISTÓRICO

Robots manipuladores (5)

INTRODUCCIÓN 11

- 1978
Aparece el robot PUMA (*Programmable Universal Machine for Assembly*) para tareas de montaje. Creado por Unimation basandose en diseños de la General Motors.
- 1979
Desarrollo del robot tipo SCARA (*Selective Compliance Arm for Robotic Assembly*) para montaje. Por la Univ. De Yamanashi (Japón). Varios SCARA comerciales en 1971.
- 1982
IBM introduce el robot RS-1 para montaje. Desarrolla a su vez un nuevo lenguaje para programar el RS-1: el lenguaje AML.



Dpto. ACyA - Ingeniería de Sistemas y Automática

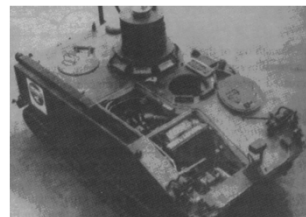
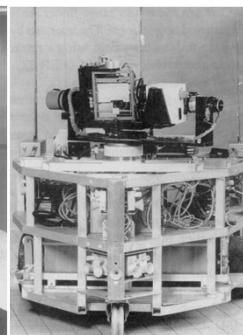
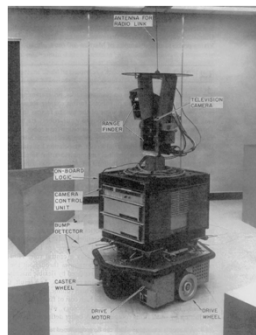


APLICACIONES Y DESARROLLO HISTÓRICO

Robots móviles (1)

INTRODUCCIÓN 12

- 1968
Robot móvil SHAKEY desarrollado en el SRI. Múltiples sensores y capaz de operar con un mapa a priori del entorno.
- 1977
HILARE, desarrollado por el Laboratoire d'Automatique el d'Analyse des Systèmes (CNRS) de Toulouse. Robot experimental para investigación sobre percepción y planificación.
- 1987
Ground Surveillance Robot, vehículo autónomo para navegación en terreno natural.



Dpto. ACyA - Ingeniería de Sistemas y Automática



INTRODUCCIÓN 13
APLICACIONES Y DESARROLLO HISTÓRICO
Robots móviles (2)

- 1977-90
JPL Mars Rover, diseñado en el Jet Propulsion Laboratory de la NASA como vehículo de exploración planetaria.
- 1988
NAVLAB y Terregator, desarrollados por el Instituto de Robótica de la CMU. Estudio de técnicas de procesamiento paralelo y nuevas técnicas de percepción, fusión e intergración multisensorial.

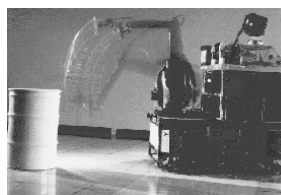


Dpto. ACyA - Ingeniería de Sistemas y Automática




INTRODUCCIÓN 14
APLICACIONES Y DESARROLLO HISTÓRICO
Robots móviles (3)

- 1989
La serie HERMIES (*Hostile Environment Robotic Machine Intelligence Experimental Serves*), desarrollados por la Oak Ridge National Laboratory para construir plataformas capaces de navegar y manipular objetos en entorno complejos con total seguridad (como reactores nucleares).
- 1991
El ALV (*Autonomous Land Vehicle*) desarrollado por la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzada de Defensa (DARPA) del DoD. Su finalidad es la construcción de un vehículo capaz de circular por una carretera de forma autónoma.
- 1982-94
ROBART, Robot móvil con múltiples sensores para desarrollo e investigación.



Dpto. ACyA - Ingeniería de Sistemas y Automática



UCM

INTRODUCCIÓN 15

DETECCIÓN Y PERCEPCIÓN


Sensores

- Representa la percepción, “*los cinco sentidos*”, de cualquier robot
- Permiten averiguar: donde se encuentra, que le rodea, en qué estado está y si puede moverse con seguridad.
- Permite utilizar sistemas de control menos estrictos
- Sistema sensible => permite ser entrenado: más adaptable y universal. Menor coste de producción y mantenimiento.

Tipos

{	Internos	{ Miden variables propias del robot, para conocer con precisión el estado en el que se encuentra	{	<ul style="list-style-type: none">• Ángulo o posición de las articulaciones• Velocidad del móvil• Posición (x,y)• Presión, temperatura, etc.
	Externos	{ Detectan variables del entorno que rodea al robot	{	<ul style="list-style-type: none">• Proximidad de objetos• Contacto• Fuerza-par• Luminosidad, movimiento, etc.

Dpto. ACyA - Ingeniería de Sistemas y Automática



UCM

INTRODUCCIÓN 16

INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN ROBÓTICA

Para aplicar IA se necesita **conocimiento**:

Es voluminoso Es difícil caracterizarlo con exactitud Cambia constantemente Se organiza como va a ser usado.	→ IA	Reducir la complejidad Uso de generalizaciones Facilidad en su extensión Obtener soluciones “parciales”
---	---------	--

Aplicaciones en Robots:

- Resolver problemas: sistema experto
- Toma de decisiones: Obtener la mejor opción

Ejemplos de emulación de IA (chatbots):

A.L.I.C.E.; Cleverbot, Elbot, ...

Dpto. ACyA - Ingeniería de Sistemas y Automática



INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN ROBÓTICA

- Métodos:
 - 1.- Búsqueda en el espacio de estados.
Es un método de ensayo y error.
 - 2.- Reducción del problema.
Razonar desde atrás hasta resolver el problema, estableciendo subproblemas triviales.
 - 3.- Lógica de predicados.
Método para razonar y obtener conclusiones (inferencia deductiva).
 - 4.- Análisis means-ends
Técnica mixta, resuelve un problema partiendo en partes más sencillas.
 - 5.- Otras técnicas (utilizadas para casos concretos)
Redes neuronales,
Algoritmos genéticos,
Lógica fuzzy, ...



INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN ROBÓTICA

Búsqueda en el espacio de estados

- Características:
 - Se trata de resolver problemas en un espacio de estados discreto (finito o infinito contable).
 - No es preciso emplear modelos geométricos o ecuaciones diferenciales para describir la transición de estados
 - No se considera forma alguna de incertidumbre. La transición de un estado a otro se realiza mediante una acción completamente determinista.
 - Es un método de ensayo y error.
- Búsqueda de una solución al problema (planificación discreta)
 - *Búsqueda de una solución cualquiera.* El objetivo es encontrar cualquier secuencia de acciones que haga posible llegar del estado inicial a final
 - *Búsqueda de la solución óptima.* Encontrar de una solución que permita llegar del estado inicial al final, minimizando (maximizando) una determinada función de coste (de recompensa).



INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN ROBÓTICA

INTRODUCCIÓN 19

Búsqueda en el espacio de estados

- Elementos a definir:

Estado \Rightarrow Situación o configuración de un problema concreto.

La definición de los estados debe incluir toda la información necesaria para resolver el problema. No debe contener información irrelevante y debe ser independiente del modo en el que se ha llegado a ese estado.

Operador/acción \Rightarrow “Función” que al aplicarla a un estado pasamos a otro.

Cada acción u , al aplicarla al estado actual x produce un nuevo estado x_0 , de acuerdo con el resultado arrojado por una *función de transición de estados*, f

$$x_0 = f(x; u)$$

Para saber si una f es aplicable en un cierto estado x , se definen una serie de condiciones que tienen que satisfacerse. Se denominan *restricciones*.

Solución: La tarea del algoritmo de planificación es encontrar una secuencia finita de acciones que transforme el estado inicial x_I en el estado al que se quiere llegar en X_F

Dpto. ACyA - Ingeniería de Sistemas y Automática



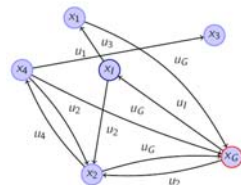
INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN ROBÓTICA

INTRODUCCIÓN 20

Búsqueda en el espacio de estados

- Representación

- El conjunto de estados es el espacio de estados, se representa por un grafo dirigido.



Los nodos: los estados

Las aristas: transiciones permitidas
(al aplicar la acción indicada u_i)

- Una solución es un camino desde el estado inicial al estado objetivo.

Ej: $x_I \Rightarrow x_4$; $x_F \Rightarrow x_6$

$u_2 \rightarrow u_G$ ó u_G

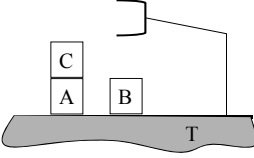
Dpto. ACyA - Ingeniería de Sistemas y Automática

INTRODUCCIÓN 21

INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN ROBÓTICA
Búsqueda en el espacio de estados. Ejemplo 1

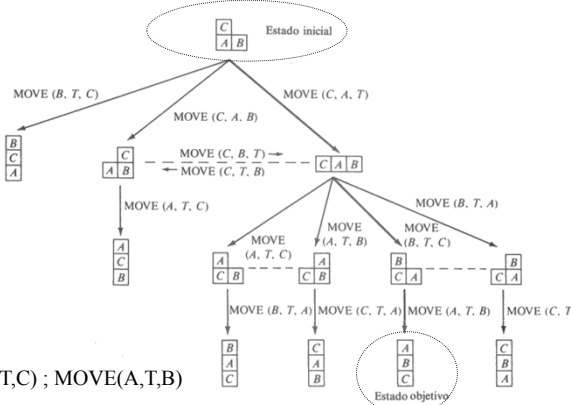
Se desea apilar los bloques en la posición; C sobre la mesa, encima B y sobre éste A.

Estado inicial:



Operador: $\text{MOVE}(X,Y,Z)$: Mover X de Y a Z

- 1.- La parte superior del objeto a mover debe estar libre.
- 2.- No se puede poner el bloque en una posición ocupada.



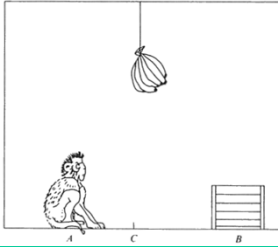
Solución: $\text{MOVE}(C,A,T)$; $\text{MOVE}(B,T,C)$; $\text{MOVE}(A,T,B)$

Dpto. ACyA - Ingeniería de Sistemas y Automática

INTRODUCCIÓN 22

INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN ROBÓTICA
Búsqueda en el espacio de estados. Ejemplo 2 (1)

¿Cómo puede el mono coger los plátanos?



Estado: (W,x,Y,z)
(Posición del mono, (0,1) subido en la caja, Posición de la caja, (0,1) coge los plátanos)

Operadores:

• goto(U)	=>	El mono se mueve a la posición U $(W,0,Y,z) \rightarrow (U,0,Y,z)$
• pushbox(V)	=>	El mono empuja la caja hasta V $(W,0,W,z) \rightarrow (V,0,V,z)$
• climbox	=>	El mono se sube a la caja $(W,0,W,z) \rightarrow (W,1,W,z)$
• grasp	=>	El mono coge los plátanos $(W,1,W,0) \rightarrow (W,1,W,1)$

Dpto. ACyA - Ingeniería de Sistemas y Automática

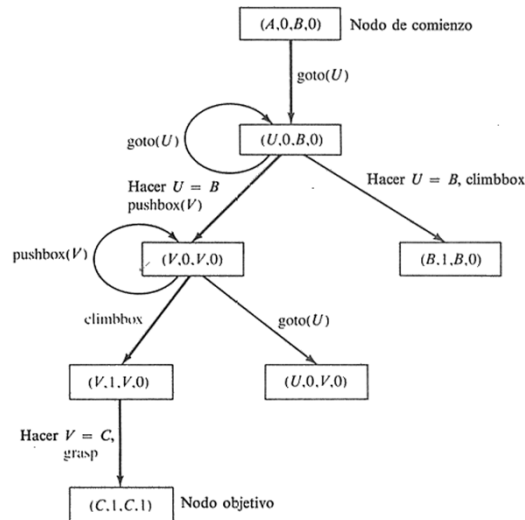


INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN ROBÓTICA

Búsqueda en el espacio de estados. Ejemplo 2 (2)

INTRODUCCIÓN 23

Solución:



Dpto. ACyA - Ingeniería de Sistemas y Automática



INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN ROBÓTICA

Búsqueda en el espacio de estados

INTRODUCCIÓN 24

- Búsqueda de solución óptima
 - Hasta ahora el objetivo ha sido encontrar un plan cualquiera que haga posible alcanzar el objetivo. No hay por tanto razón para preferir una acción u otra a lo largo de la búsqueda.
 - En problemas reales, frecuentemente, realizar una acción lleva un coste asociado. Este coste asociado se denomina *Función de coste*:

$$l(x; u) \geq 0$$
 - El coste total de un plan es la suma de los costes de las acciones que los componen.
 - Un plan será óptimo si hace mínimo el coste total de ir de xI a xG.

Dpto. ACyA - Ingeniería de Sistemas y Automática



INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN ROBÓTICA

INTRODUCCIÓN 25

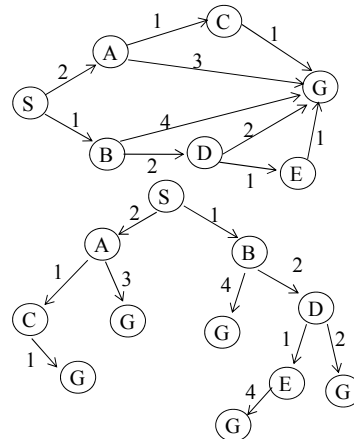
Técnicas de búsqueda con grafos

Algoritmo Dijkstra (Edsger Dijkstra, 1959)

- Es una de las técnicas conocidas como *divide y vencerás*.
- Se basa en un conocido principio de la *programación dinámica*: si la solución obtenida hasta el momento es óptima, seguirá siendo óptima si se añade un nuevo camino de coste mínimo, la solución óptima desde x la denominamos $G^*(x)$.

Algoritmo (Winston, 1984)

1. Usar una cola para almacenar los caminos expandidos
2. Inicializar la cola con el nodo de salida y un coste cero.
3. **Repeat**
Examinar el primer camino de la cola
if se alcanza el nodo objetivo **then** éxito
Else
Eliminar el primer camino de la cola
Expandir el ultimo nodo de este camino un paso
Calcular el coste de los nuevos caminos
Añadir estos caminos a la cola
Ordenar los caminos en orden ascendente a su coste
if más de un camino alcanza un subnodo
then eliminarlos todos menos el de camino mínimo
Until (objetivo ha sido encontrado) o (la cola está vacía)
4. **If** objetivo ha sido encontrado **then** éxito
else error



Dpto. ACyA - Ingeniería de Sistemas y Automática



INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN ROBÓTICA

INTRODUCCIÓN 26

Técnicas de búsqueda con grafos

Algoritmo A* (Peter E. Hart, Nils J. Nilsson y Bertram Raphael, 1968)

- Es una modificación del algoritmo de Dijkstra
- Su objetivo es tratar de disminuir el numero de estados visitados antes de encontrar el plan optimo. Para ello, emplea una estimación heurística del coste de llegar al estado final xG desde el estado actual x , $G'(x)$, donde

$$G'(x) \leq G^*(x)$$

- El algoritmo A* es similar al de Dijkstra. La única diferencia es que el orden se establece empleando la suma del mejor coste conocido de llegar a x_0 hasta el estado actual x , $C(x_0)$, más el valor del coste óptimo estimado de llegar a xG , $G'(x)$.

$$C(x_0) + G^*(x)$$

- No siempre es posible encontrar una heurística adecuada para estimar $G'(x)$.
- Si tomamos $G'(x) = 0$ recuperamos el algoritmo de Dijkstra.
- En cualquier caso, la búsqueda será siempre sistemática.

Dpto. ACyA - Ingeniería de Sistemas y Automática