

Tema 10.

Representación topológica del entorno

**Razonamiento y Representación del
Conocimiento**

Índice

- Introducción

Introducción

- Mapas topológicos
 - Representación abstracta del entorno
 - Basada en grafos
 - Nodos: lugares distintivos
 - Arcos: relación entre lugares



Introducción

- Realmente, no existe un consenso en qué son los mapas topológicos o cómo se construyen
- El significado de nodos y aristas puede variar entre diferentes usos que se le quiera dar al mapa

Introducción

- Elementos comunes en mapas topológicos:
 - Identificar nodos del mapa usando sensores
 - Crear relaciones de conectividad entre nodos
 - Asociar información métrica a los bordes del mapa

Introducción

- 2 tipos de mapas:
 - Grafo Causal → transiciones entre acciones y observaciones → Patrones de experiencia
 - Mapa Topológico → representa propiedades espaciales en el entorno:
 - Acciones
 - Lugares → Configuración espacial
 - Caminos

Generación de mapas

- Construcción automática del mapa topológico

$$V_0, a_0, V_1, a_1, \dots, a_{n-1}, V_n$$

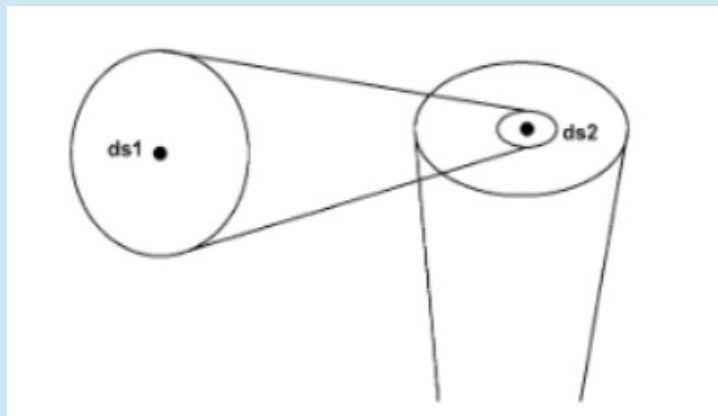
- Estados distintivos
 - Vista: descripción de los sensores asociada a un estado del entorno
 - Estado distintivo: estados del entorno en los que el robot tomó datos (vista)
 - El estado distintivo representa la posición y la orientación en el mapa
 - Podemos tener la misma vista desde diferentes estados
 - Podemos asociar diferentes estados distintivos al mismo estado del entorno

Generación de mapas

- Acción: uno o más comandos de control que se ejecutan entre estados distintivos
- 2 tipos de acciones:
 - Turns: dejan al robot en el mismo lugar
 - Travels: mueven el robot a otro lugar
- Los lugares se pueden agrupar en regiones. Y éstas en regiones mayores → mapas topológicos jerárquicos

Generación de mapas

- Acciones – Ejemplos
 - Seguir trayectoria, recorrer pasillo, alcanzar un objetivo
 - Una acción (secuencia de comandos bien diseñados) resulta funcionalmente determinista



Generación de mapas

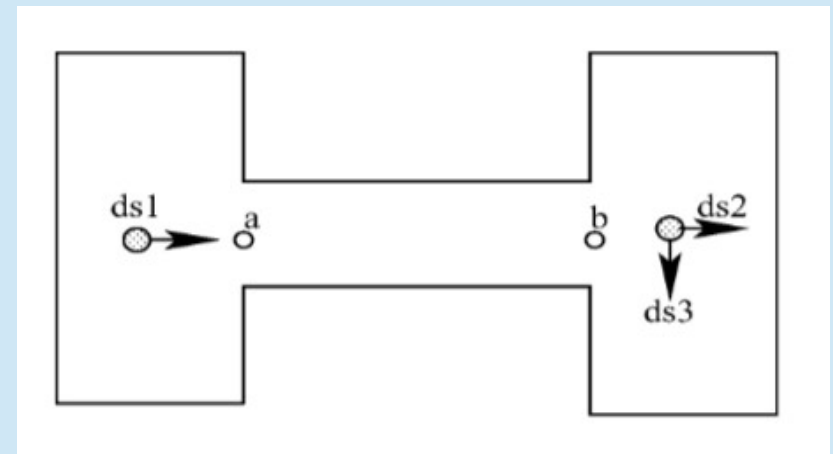
- La secuencia $v_0, a_0, v_1, a_1, \dots, a_{n-1}, v_n$ se transforma en un conjunto de esquemas:

$$\{(v_i, ds_i), a_i, (v_{i+1}, ds_{i+1})\}$$

- ds_i es el estado distintivo donde la vista v_i fue observada

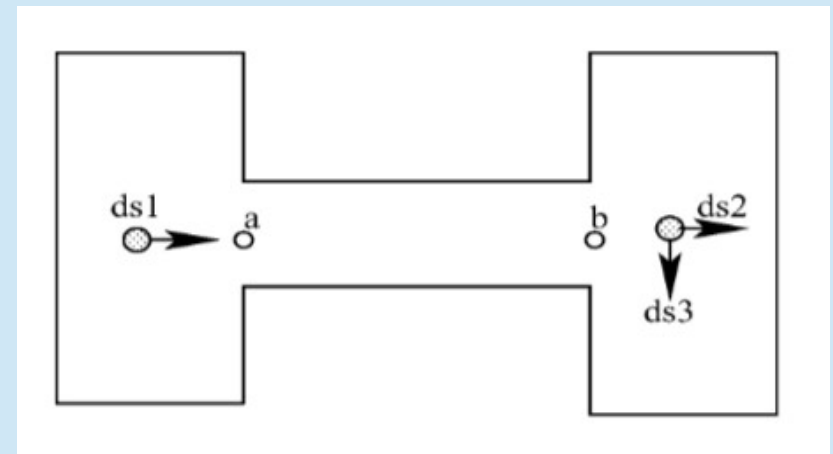
Generación de mapas

- Ejemplo
 - Mueve al agente de ds1 a ds2
 - Acción:
〈 get_into_corridor, follow_middle_line, localize 〉
 - get_into_corridor: ds1 \rightarrow a
 - Follow_middle_line: a \rightarrow b
 - Localize: b \rightarrow ds2



Generación de mapas

- Ejemplo
 - ds3 comparte localización física con ds2, pero con diferente orientación
 - Para ir de ds2 a ds3 se ejecuta la acción $\langle \text{face_space_on_right, localize} \rangle$
 - Esquemas:
 - $\langle (v1, ds1), a1, (v2, ds2) \rangle$
 - $\langle (v2, ds2), a2, (v3, ds3) \rangle$



Generación de mapas

- Objetivo: minimizar el conjunto de caminos topológicos y lugares topológicos dada la experiencia
 - Lugar topológico: conjunto de estados distintivos enlazados por acciones *turn*
 - Una región es un conjunto de lugares

Generación de mapas

- Objetivo: minimizar el conjunto de caminos topológicos y lugares topológicos dada la experiencia
 - Un camino establece una relación entre dos lugares mediante una acción *travel*, pero sin acciones *turn*
 - Un camino topológico enlaza dos lugares topológicos
 - Los caminos tienen una dirección
 - Una ruta es un camino entre dos regiones

Generación de mapas

- Predicados: caracterizan las relaciones entre estados distintivos, lugares y caminos:
 - **on(pa, p)** \rightarrow el lugar p está en el camino pa
 - **order(pa, dir, p, q)** \rightarrow el lugar p está delante del lugar q en el camino pa recorriéndolo en la dirección dir
 - **at(ds, p)** el estado distintivo ds está en el lugar p
 - **along(ds, pa, dir)** el estado distintivo ds está a lo largo del camino pa en la dirección dir
 - **teq(ds1, ds2)** los estados ds1 y ds2 son topológicamente equivalentes

Generación de mapas

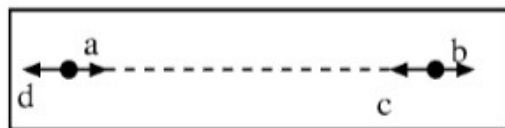
- Axiomas y teoremas y corolarios (resumen)
 - Dos acciones travel consecutivas comparten un camino
 - Una acción turn-around nos lleva a recorrer un camino en dirección contraria
 - Una acción turn-left o turn-right nos lleva a recorrer un camino distinto

Generación de mapas

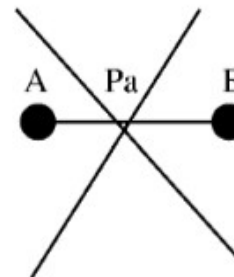
- Ejemplo1:

$\langle a, \text{travel}, b \rangle$, $\langle b, \text{turnAround}, c \rangle$, y $\langle c, \text{travel}, d \rangle$

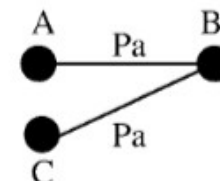
- Lugares topológicos $A = \{a\}$, $B = \{b, c\}$ y $C = \{d\}$
- Camino topológico: $P_a: a-b \ c-d$
- Con el esquema $\langle d, \text{turnAround}, a \rangle \rightarrow (b)$



(a)



(b)



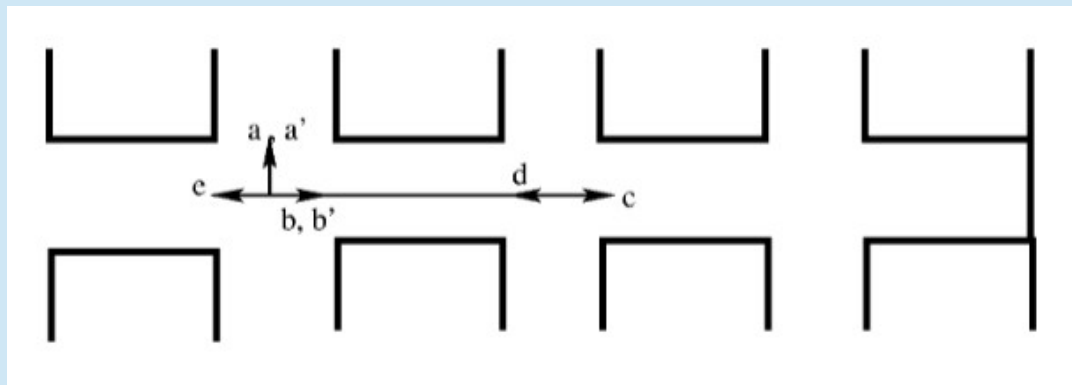
(c)

Generación de mapas

- Ejemplo 2

$\langle a, \text{turnRight}, b \rangle, \langle b, \text{travel}, c \rangle, \langle c, \text{turnAround}, d \rangle, \langle d, \text{travel}, e \rangle, \langle e, \text{turnRight}, a' \rangle, \langle a', \text{turnRight}, b' \rangle$

- Al menos un camino y 3 lugares deben existir
 - Lugares $P=\{a, b\}$, $Q=\{c, d\}$, $R=\{e, a', b'\}$
 - Camino P_a : $b-c-d-e$
- Como $\text{teq}(a, a')$ y $\text{teq}(b, b') \rightarrow P=R$



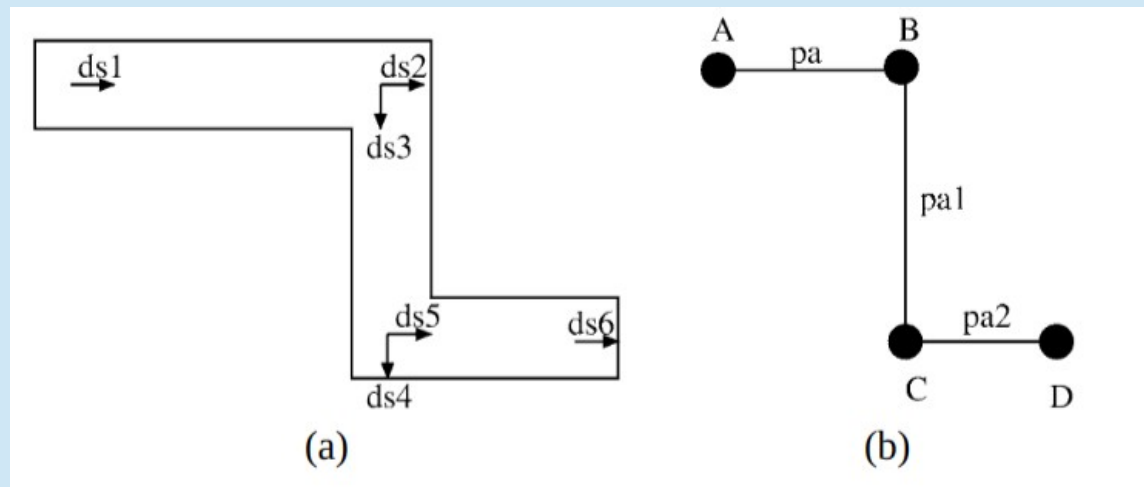
Generación de mapas

- Ejemplo 3

$\langle ds1, travel, ds2 \rangle \langle ds2, turnRight, ds3 \rangle \langle ds3, travel, ds4 \rangle \langle ds4, turnLeft, ds5 \rangle \langle ds5, travel, ds6 \rangle$

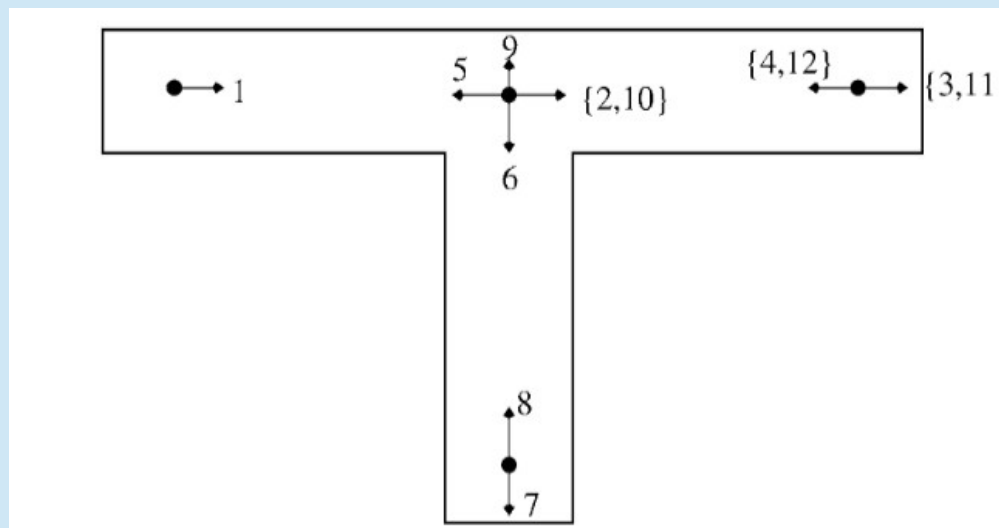
- Encontramos 5 lugares y 3 caminos

- $A=\{ds1\}$, $B=\{ds2, ds3\}$, $C=\{ds4, ds5\}$, $D=\{ds6\}$
- Pa: ds1-ds2, Pa1: ds3-ds4, Pa2: ds5-ds6



Generación de mapas

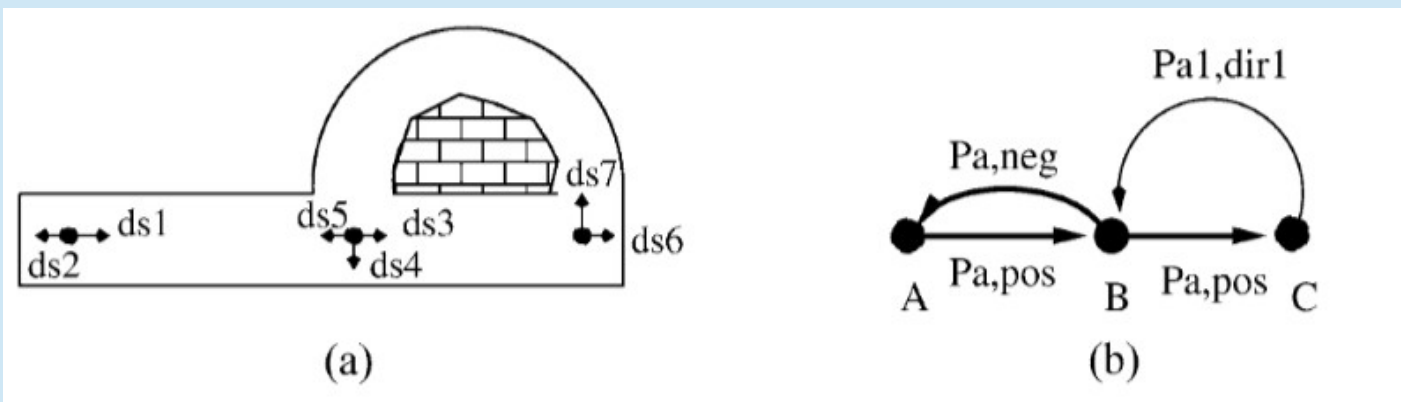
- Ejemplo 4 – Ejercicio
 - Se visitan diferentes estados distintivos en el orden sugerido por su número
 - Se ejecuta la misma acción travel desde las esquinas a la intersección y viceversa (p.ej., $\langle 1, ml, 2 \rangle$)
 - En las esquinas se hace un giro 180° (p.ej., $\langle 3, turnAround, 4 \rangle$)
 - Se asume que $view(1)=view(4)=view(8)$, $view(3)=view(7)=view(11)$, y $view(2)=view(10)$



Generación de mapas

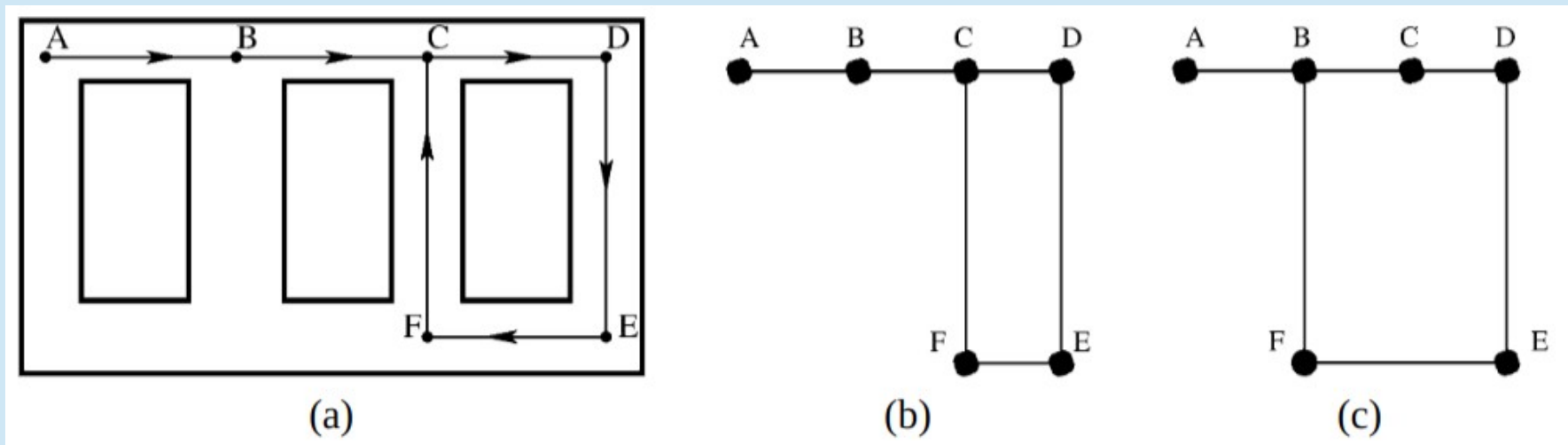
- Ejemplo 5 – Intersección no lineal

$\langle ds1, turnAround, ds2 \rangle \langle ds2, turnAround, ds1 \rangle \langle ds1, travel, ds3 \rangle$
 $\langle ds3, turnRight, ds4 \rangle \langle ds4, turnLeft, ds3 \rangle \langle ds3, travel, ds6 \rangle$
 $\langle ds6, turnLeft, ds7 \rangle \langle ds7, travel, ds4 \rangle \langle ds4, turnRight, ds5 \rangle$
 $\langle ds5, travel, ds2 \rangle$



Generación de mapas

- Ejemplo 6 – ambigüedad
 - Visitamos A, B, C, D, E, F, C en el orden mostrado en la figura
 - Las vistas en las intersecciones son similares, especialmente en B y C
 - Al construir el modelo, el robot no sabe si está en B o en C

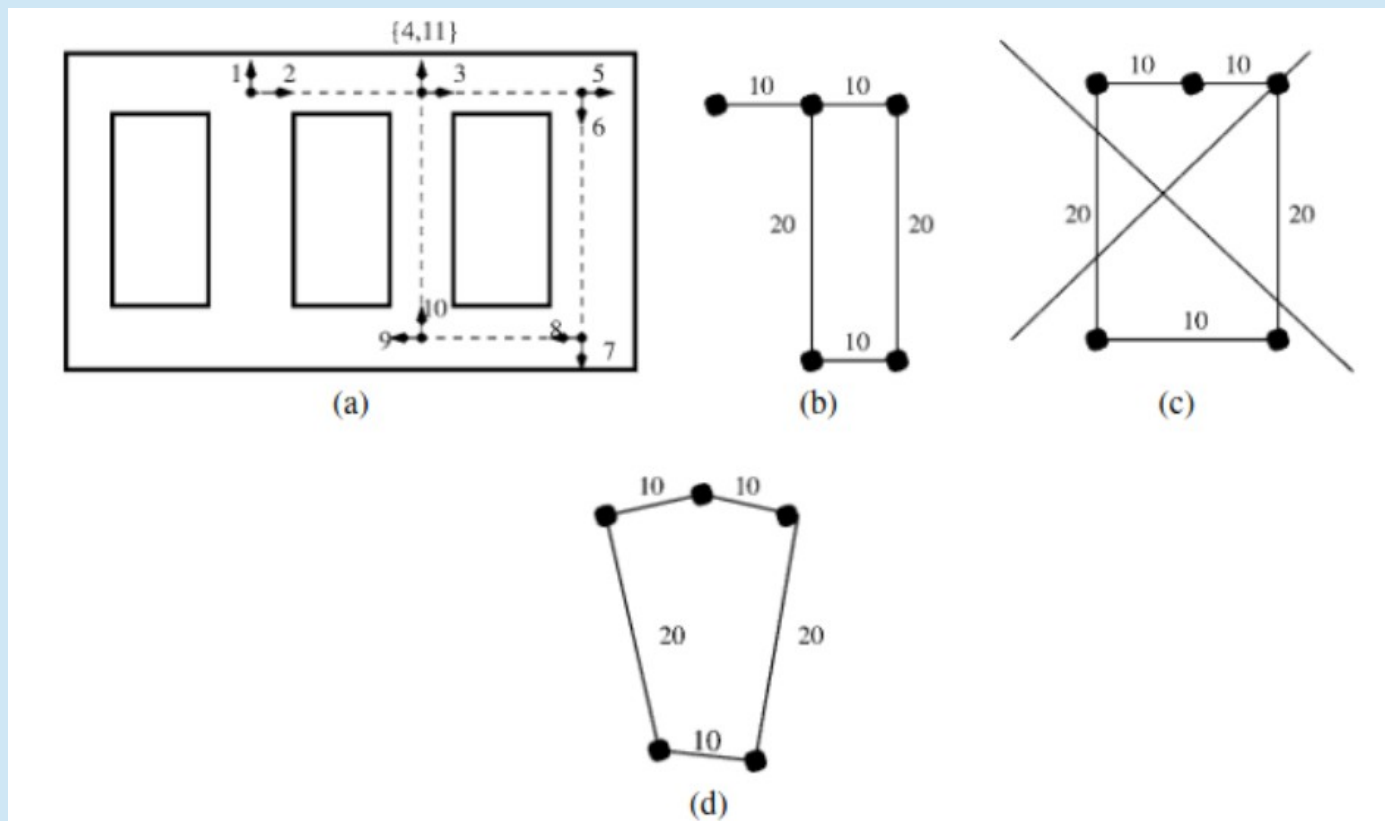


Generación de mapas

- Usando información métrica local
 - Información métrica local asociada a la ejecución de acciones se integra en objetos topológicos:
 - Cada camino tiene asociado una referencia con la distancia a la que se encuentra cada lugar en el camino
 - Cada lugar tiene asociada una referencia con el ángulo en el que empieza cada camino

Generación de mapas

- Usando información métrica local
 - Desambiguación



Referencias

- E. Remolina and B. Kuipers, "Towards a General Theory of Topological Maps," Artificial Intelligence, vol. 152, no. 1, pp. 47–104, 2004.