
ROBÓTICA

Grupo de Sistemas y Comunicaciones

jmplaza@gsync.es



Curso 2007-2008

Mapas

Índice

- Introducción
- Tipos de mapas
 - globales vs locales
 - topológicos vs métricos
 - rejilla vs elementos
- Construcción autónoma
 - rejilla
 - modelo sensorial
 - reglas de fusión
 - elementos geométricos

Introducción

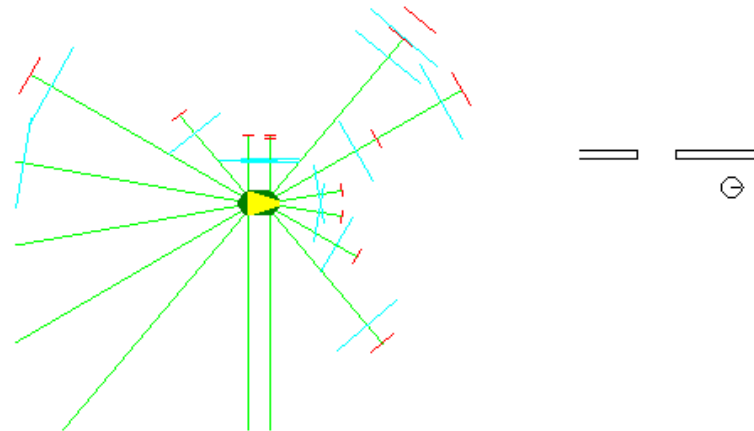
- Una de las habilidades principales en robótica es el movimiento
- *Es necesario tener una representación del entorno para moverse adecuadamente*
- Los **mapas** son una representación del entorno
- Propiedades del entorno: **ocupación** (para no chocar contra los obstáculos), color, etc.
- Los humanos también utilizamos mapas
- ¿Para qué se utiliza un mapa? navegación, por ejemplo comportamiento *ir-a-punto*
- Históricamente introducidos a mano, recientemente construcción automática desde los sensores

Introducción

Representación interna del entorno

- Sobre ella se toman decisiones (autónomas) de movimiento
- Mapas: estructura, obstáculos estáticos, largo alcance
- Sensores: información instantánea, obstáculos dinámicos, entorno local

¿Por qué no valen los sensores directamente?



SENSORES

- Tienen ruido e incertidumbre
- Dan información **parcial** del estímulo relevante, p.e.: sonars y pared
- Alcance limitado, sin memoria

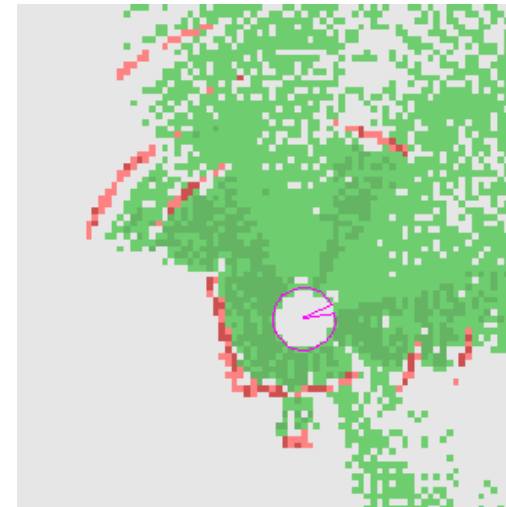
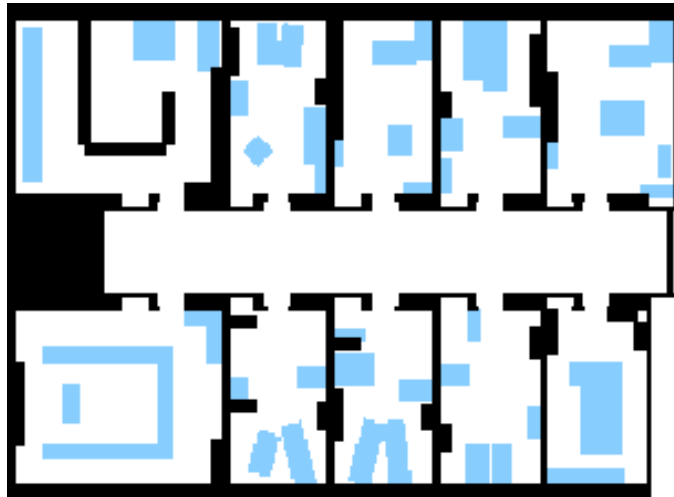
REPRESENTACIÓN INTERNA

- Ayuda a filtrar
- Permite acumular evidencias parciales
- Memoria, alcance ilimitado

Tipos de mapas

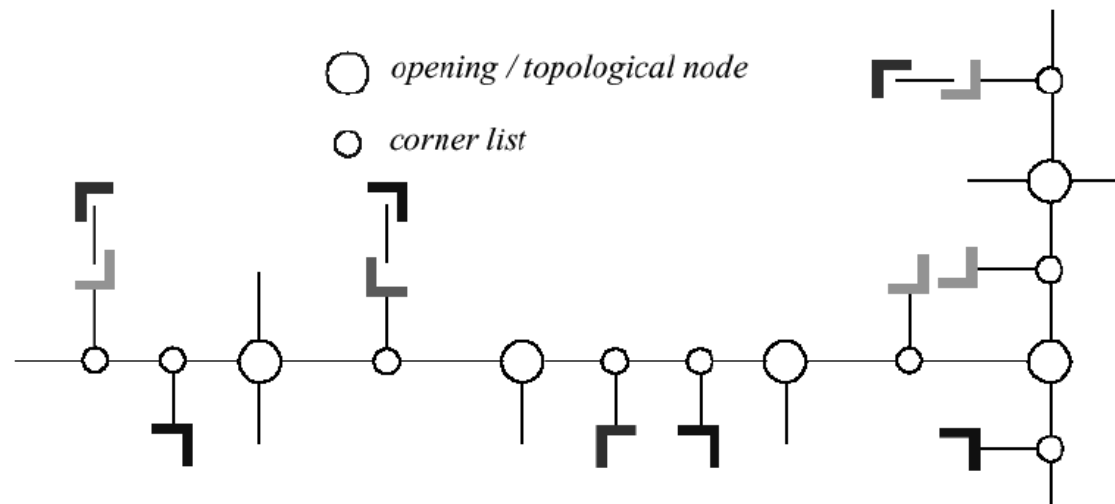
- Hay muchos tipos de mapas.
- Locales vs globales.
- Topológicos vs métricos.
- Rejilla vs elementos geométricos.
- Estáticos vs dinámicos.
- Bidimensionales vs 3D.

Mapas globales y locales



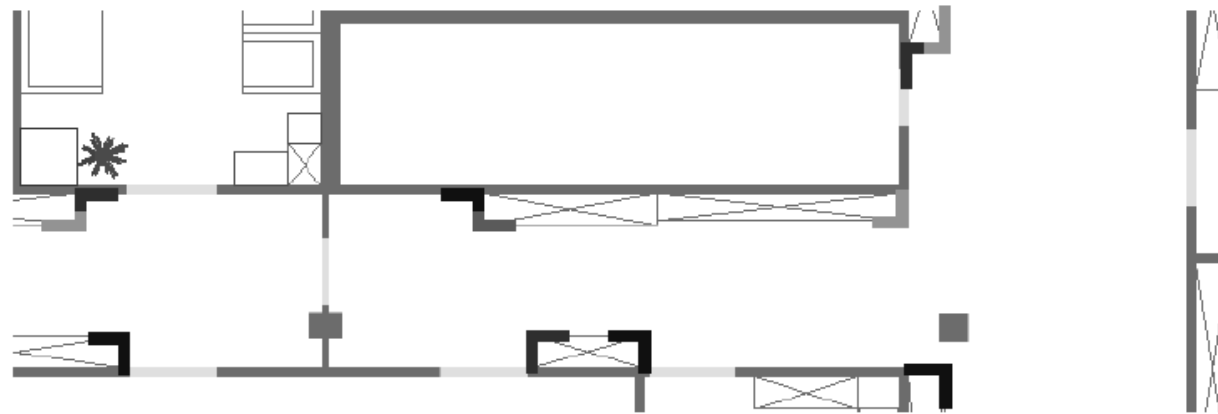
- Global: representa **toda** el área de movimiento del robot.
- Local: sólo el entorno próximo a la ubicación actual.

Mapas topológicos



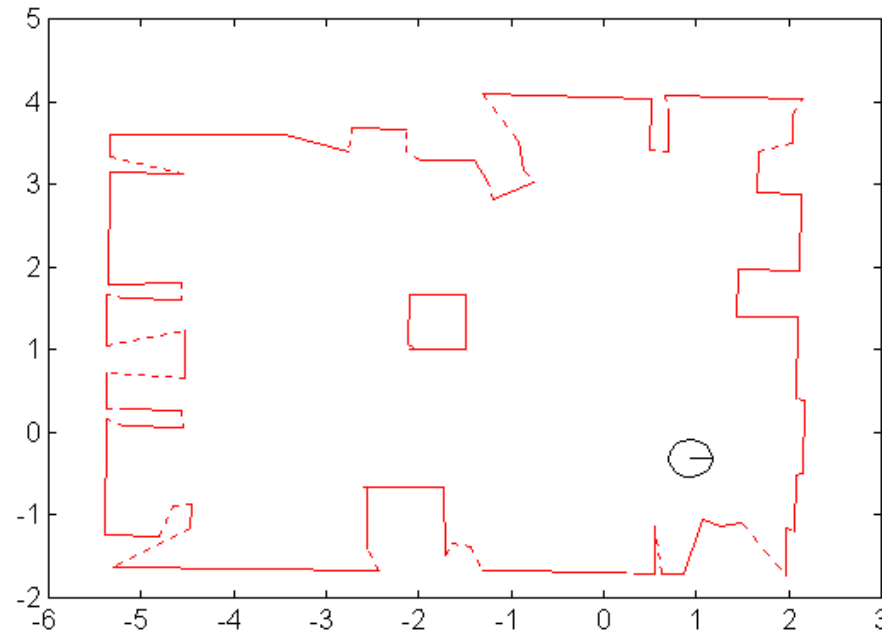
- Grafos cíclicos con nodos y arcos. *Nodos* son lugares relevantes y *arcos* los pasajes entre nodos.
- No se pueden inferir distancias precisas.
- Conectividad, se puede planificar trayectoria.

Mapas métricos



- Se pueden inferir distancias y ángulos.
- Necesitan un sistema de coordenadas.

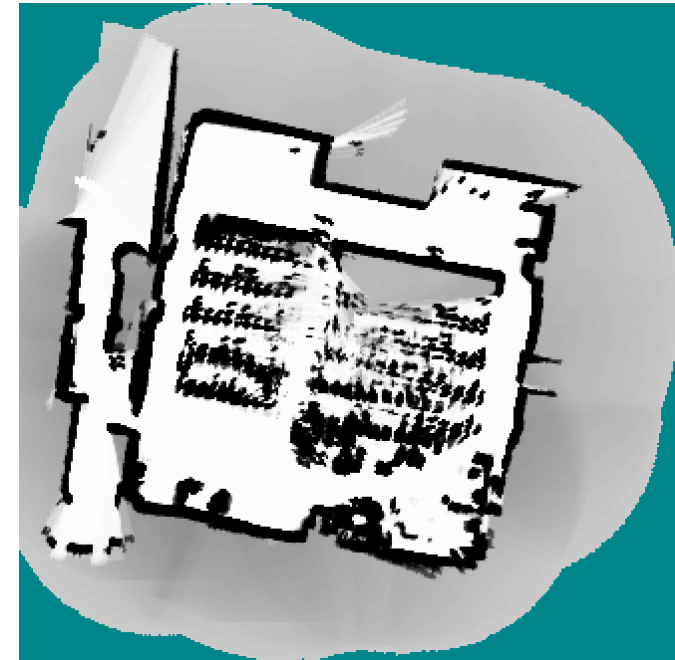
Mapas de elementos geométricos



- Primitivas de percepción: esquinas, segmentos, etc.
- Las observaciones sensoriales se relacionan con las primitivas.
- La posición de los elementos se estima continuamente.

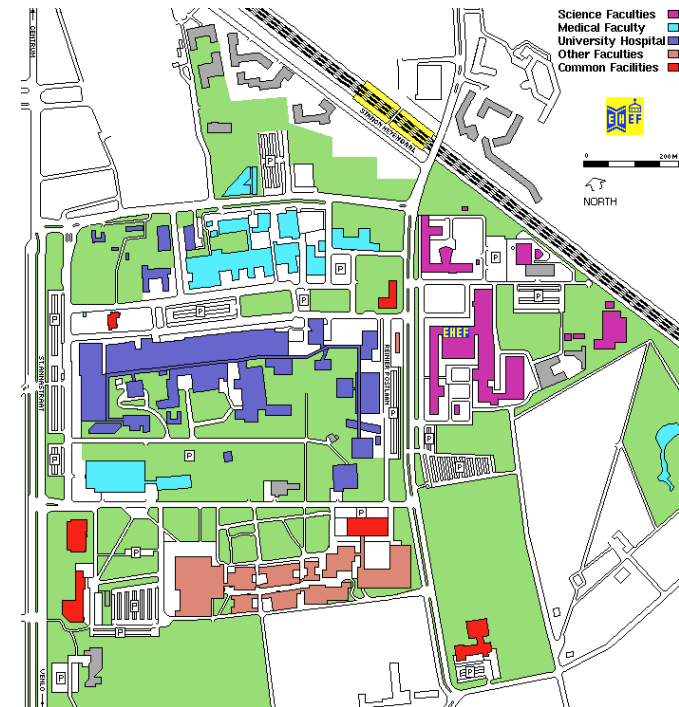
Mapas de rejilla

- No hay primitivas, sólo celdillas.
- Las observaciones sensoriales se relacionan con las celdillas.
- El estado de cada celdilla se estima continuamente.



Ejemplo

- ¿Global o local?.
- ¿Topológico o métrico?
- ¿Elementos geométricos o rejilla?
- ¿Dinámico o estático?
- ¿Bidimensional o 3D?



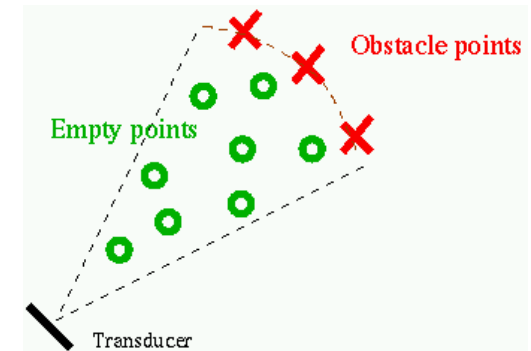
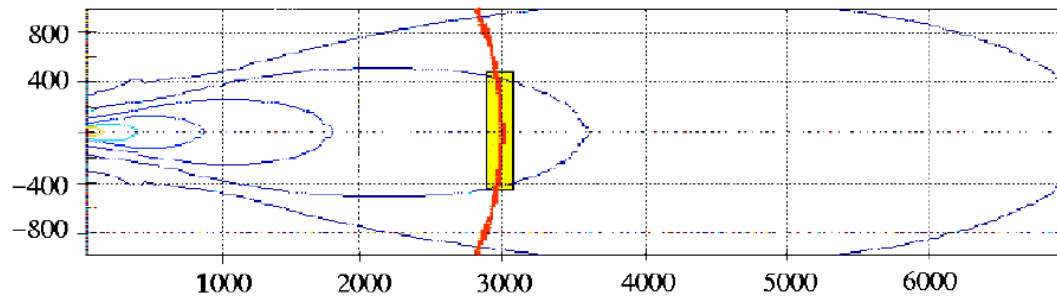
Construcción automática de mapas

- Se construye desde los datos sensoriales
- Aumentan la autonomía del robot
- **Modelo sensorial**: como se interpreta la información proporcionada por el sensor
- **Regla de actualización**: como se integra la información sensorial actual con la anteriores
- La **Localización** es muy importante:
 - Necesaria para integrar la información sensorial en el mapa
 - Se puede conseguir con sensores explícitos de posición: GPS
 - O inferirla usando sensores como el de rotación
- Fase de exploración y fase de explotación, separadas o imbricadas

Mapas de rejilla: grids de ocupación

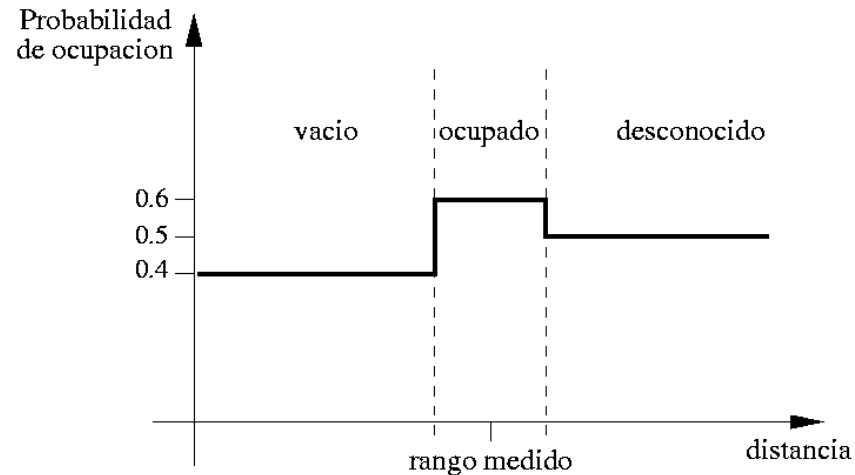
- Particionan el espacio en un mallado regular de celdillas.
- La ocupación de cada celdilla se estima desde las observaciones sensoriales.
- Facilita la fusión sensorial: utilización de varios sensores o incluso de distinta naturaleza (por ejemplo sonars, visión, láser).
- Permite compensar medidas ruidosas.
- Alberto Elfes y Hans Moravec[89-92].
- Necesita localización buena, error menor que el tamaño de la celdilla.

Geometría modelo sonar



- Tiempo de vuelo y umbral de recepción.
- Información de ocupación y de vacío.
- Reflexiones especulares, incertidumbre angular y radial.
- Geometría axial, cónica o lobular.

Aproximación probabilística



- El estado de ocupación depende de la observación en t y las anteriores:

$$p_{ocupada}(C_{(x,y)}, t) = p(ocupada/obs(t), data(t - 1))$$

- El valor de $p(ocupada/obs(t))$ depende del modelo de sensor. El de la figura es el modelo de Elfes, hay muchos otros

- Ratios de probabilidad: $\rho_{ocupada} = \frac{p(ocupada)}{p(ocupada)} = \frac{p(ocupada)}{1-p(ocupada)}$

- Actualización con *regla de Bayes*:

$$\rho_{mapa}(C_{(x,y)}, t) = \frac{\rho_{obs}}{\rho_{apriori}} * \rho_{mapa}(C_{(x,y)}, t - 1)$$

- $\rho_{apriori}$ es una cte.: $\rho_{apriori} = \frac{p(ocupada/t)}{1-p(ocupada/t)}$

- ρ_{obs} Viene dada por el modelo de sensor:

$$\rho_{obs} = \frac{p(ocupada/t)}{1-p(ocupada/t)}$$

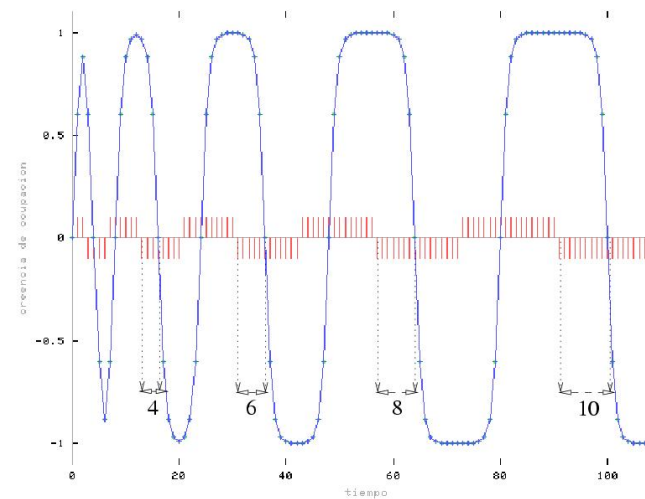
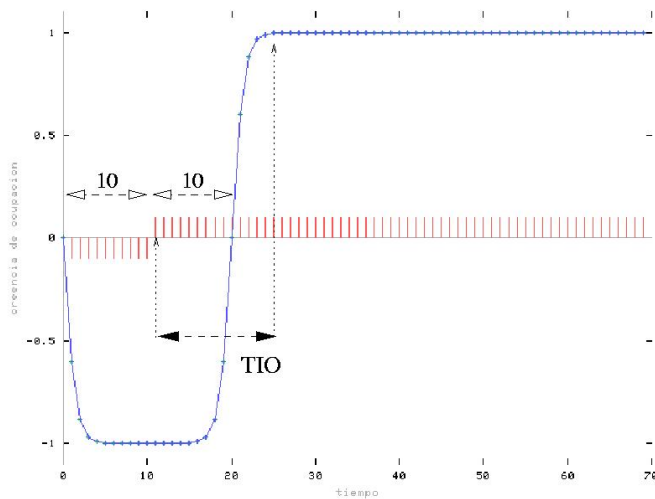
- Inicialmente suele ser $p(ocupada) = 0,5$ entonces:

$$\rho_{apriori} = 1$$

- Según la lectura sonar para la $C_{(x,y)}$:

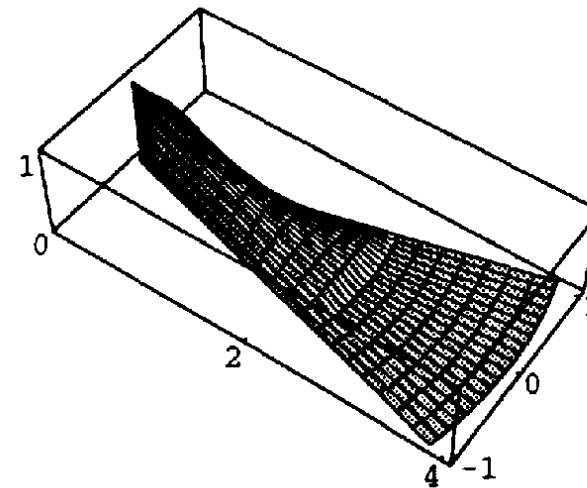
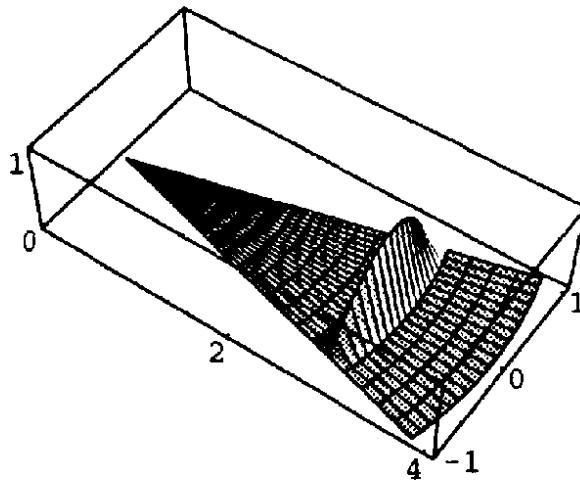
- Si $p(ocupada/obs(t)) = 0,5$ $\rho_{obs} = 1$ y noo cambiamos la creencia
- Si $p(ocupada/obs(t)) > 0,5$ $\rho_{obs} > 1$ y aumentamos la creencia
- Si $p(ocupada/obs(t)) < 0,5$ $\rho_{obs} < 1$ y disminuimos la creencia

Dinamismo de la aproximación probabilística



- Para compensar 10 lecturas de vacío hacen falta 10 de ocupación
- Si $p(\text{ocupada}/\text{obs}(t)) = 1$ o $p(\text{ocupada}/\text{obs}(t)) = 0$ se satura
- La inercia depende de la certeza acumulada

Aproximación borrosa



- Conjunto borroso de celdillas libres ε y el de zonas ocupadas o . Cada celdilla tiene un grado de pertenencia a cada uno de ellos $\mu_\varepsilon(x, y)$, $\mu_o(x, y)$, entre 0 y 1
- Modelo sensor como conjunto borroso ε^k y o^k

- Actualización con *operador borroso unión* que es asociativo:

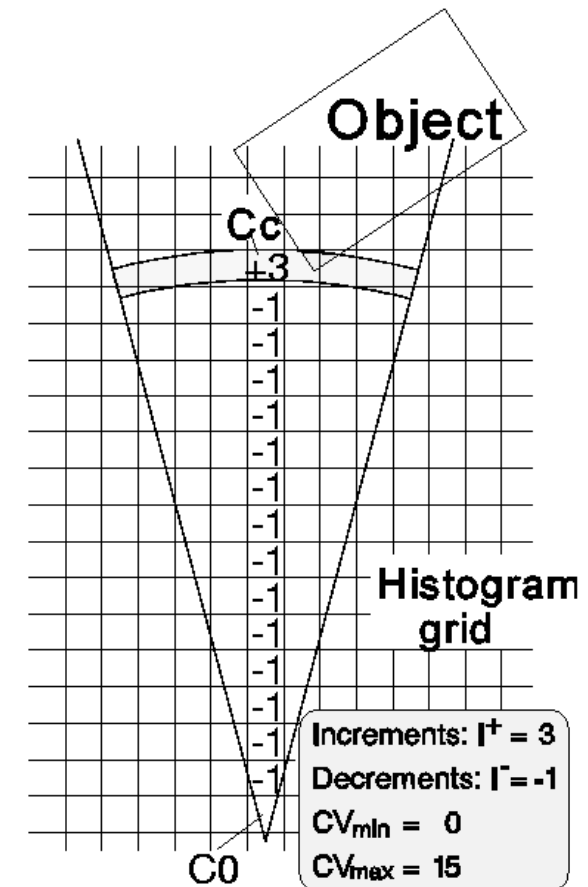
$$\varepsilon = \bigcup_{i=1}^{i=k} \varepsilon^i = \left(\bigcup_{i=1}^{i=k-1} \varepsilon^i \right) \cup \varepsilon^k$$

- El operador de unión se puede definir de muchas formas:

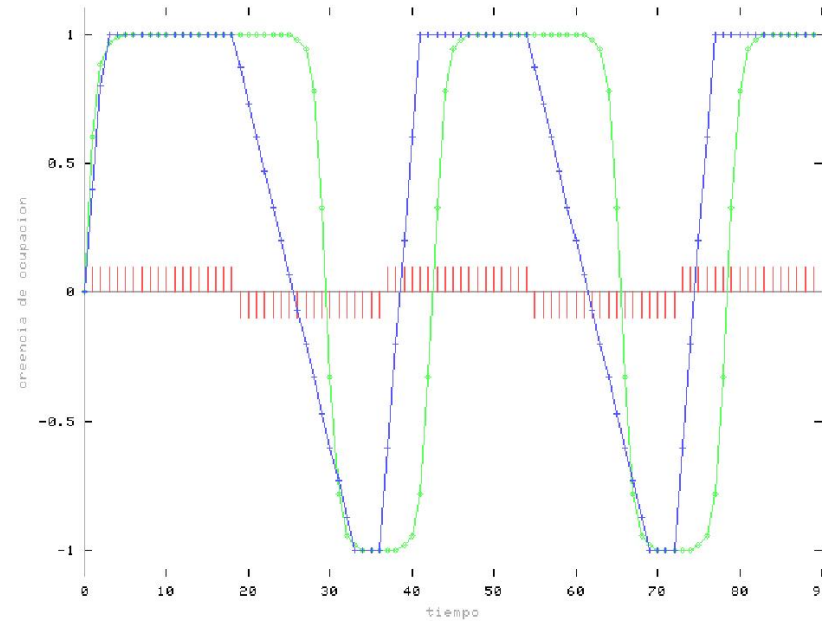
- Por ejemplo: $(A \cup B)(x) = \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x) * \mu_B(x)$
- Por ejemplo: $(A \cup B)(x) = \min(1, \mu_A(x) + \mu_B(x))$

Enfoque histográmico

- Johann Borenstein[91].
- Valor de certidumbre $CV \in [0, 15]$.
- Modelo sensorial:
 $\Delta(t) = +3, -1$.
- Regla aditiva:
 $CV_{i,j}(t + 1) = CV_{i,j}(t) + \Delta(t)$



Dinamismo de la aproximación histográfica



- Se tarda menos en incorporar un obstáculo que un hueco
- Una vez saturado, nuevas evidencias en el mismo sentido no cambian nada

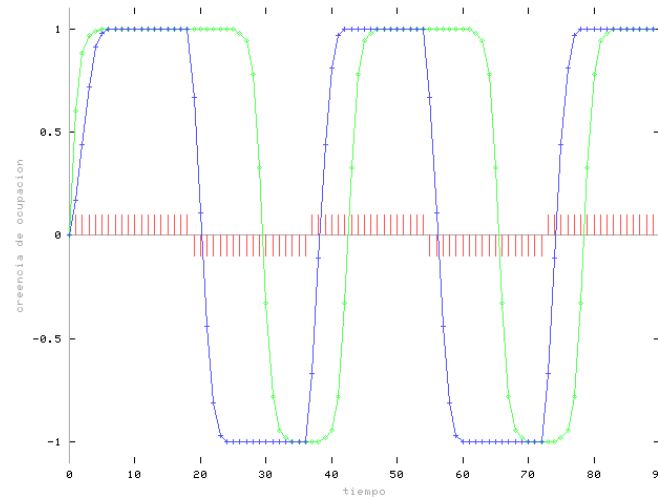
Enfoques dinámicos

- Dinamismo de la creencia de ocupación.
- Obstáculos móviles también se mueven en la representación.
- Probabilístico, borroso en **ventana temporal**.
- Las aproximaciones estáticas tienen los problemas ya vistos

Propuestas de solución:

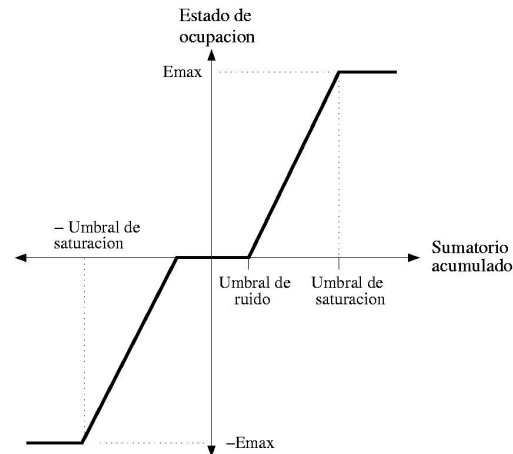
- Actualización con ecuación diferencial.
- Decisión por mayoría en ventana.

Grids dinámicos con ecuación diferencial



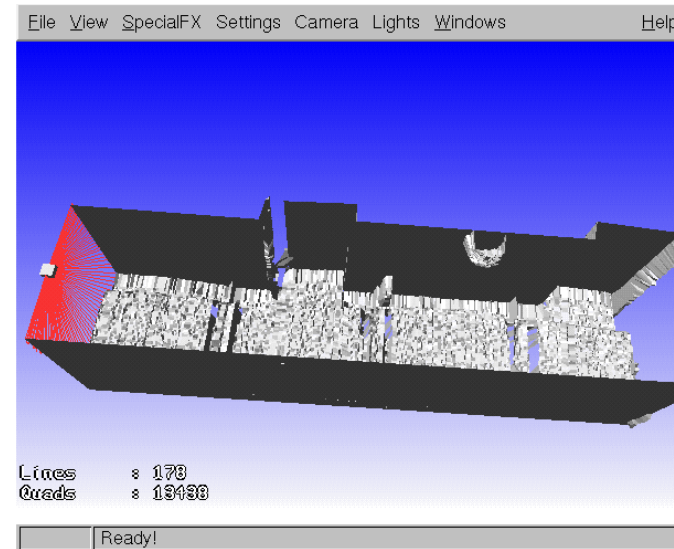
- Valor de certidumbre $e(C_{(x,y)}, t) \in [-E_{max}, E_{max}]$
- Modelo sensorial $\Delta(t) \in [-1, +1]$
- $$e(C_{(x,y)}, t) = e(C_{(x,y)}, t-1) + \Delta(t) * |E_{max} - e(C_{(x,y)}, t-1)| * speed$$

Grids dinámicos por mayoría



- Cada celdilla tiene una memoria acotada FIFO con las últimas lecturas
- Se decide por mayoría entre las lecturas en cada instante
- Se crean umbrales de ruido y de saturación
- Es posible dar mayor peso a las lecturas recientes que a las antiguas
- Se añade un mecanismo artificial de olvido

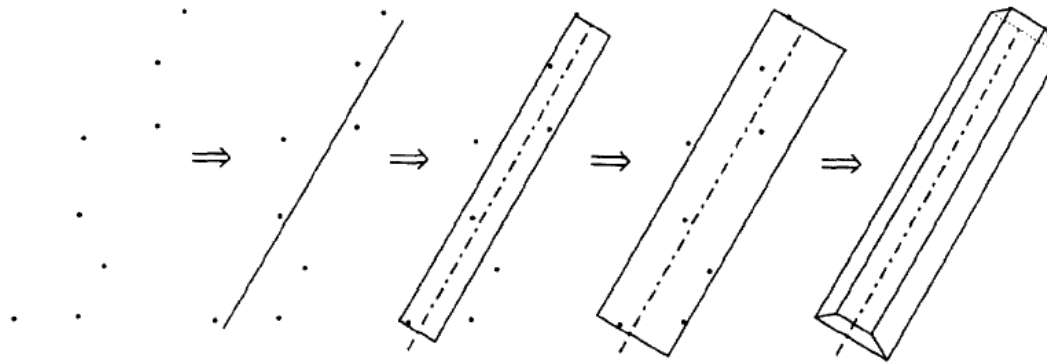
Grids 3D



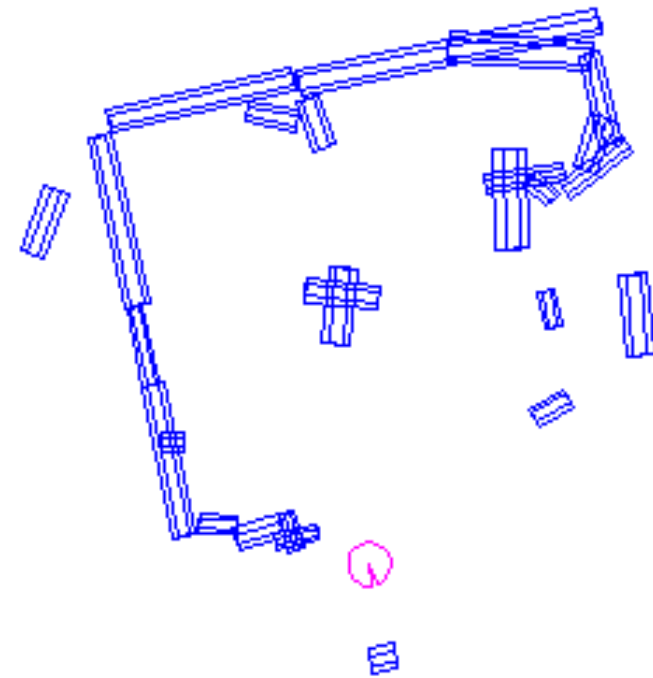
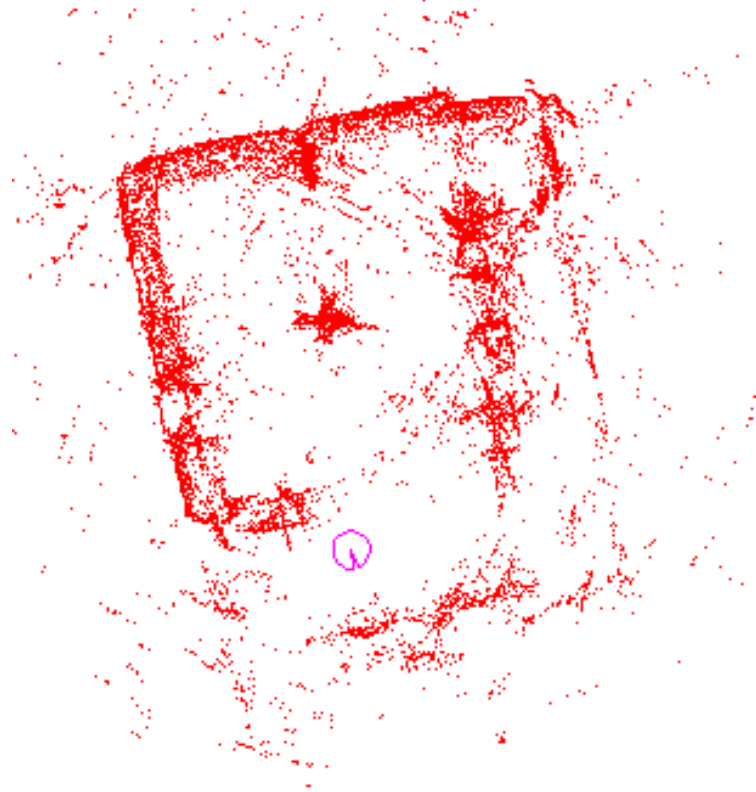
- Moravec: desde visión. <http://www.ri.cmu.edu/~hpm>
- Thrun: con 2 laser ortogonales. <http://www-2.cs.cmu.edu/~thrun/>
- Kanade: virtualized reality.

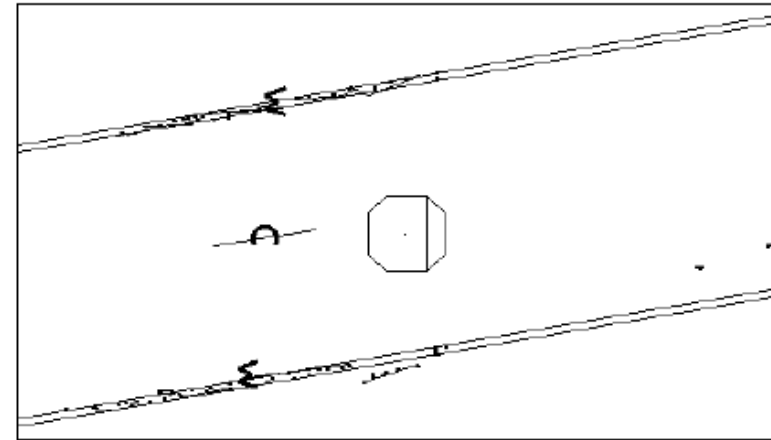
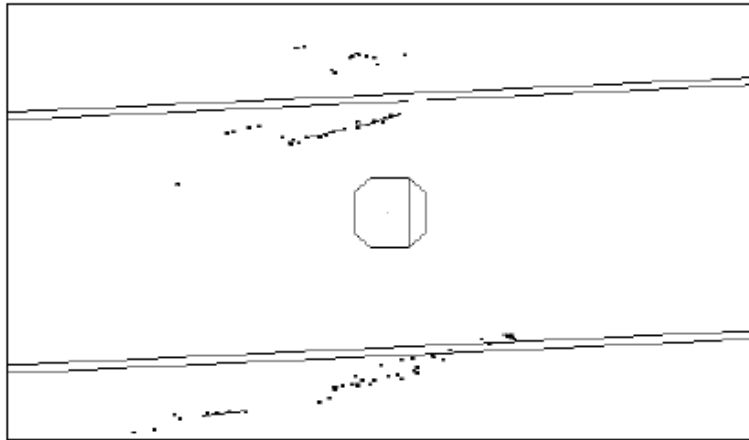
Mapas con elementos geométricos

Segmentos borrosos

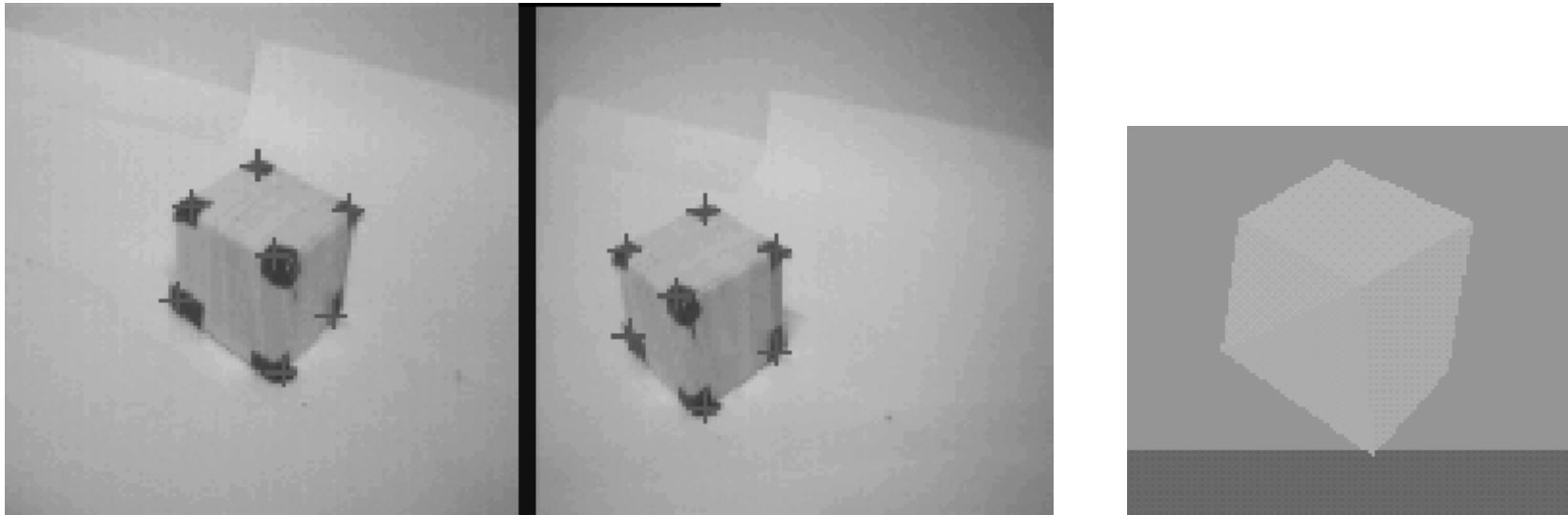


- Primitiva útil para entornos de interiores
- Hay que anclar su definición en los datos sensoriales





Esquinas visuales



- Esquinas se definen localmente
- Correspondencia estereo determina profundidad