

BÚSQUEDA PROBABILÍSTICA USANDO ROBOTS I

MSc. Marcelo Saavedra Alcoba

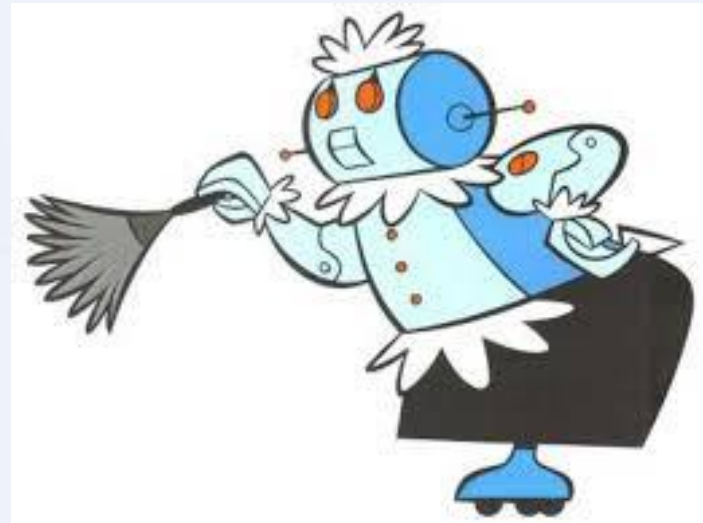
The logo for LARS 2024 is displayed on a purple rectangular background. The word "LARS" is written in a large, white, stylized, blocky font. Below it, the year "2024" is written in a smaller, white, sans-serif font.

LARS
2024

FUNDAMENTACIÓN GENERAL DE LA BÚSQUEDA DE OBJETOS

Una de las tareas que se espera de un robot es “encontrar y traer” objetos, esto implica una acción inteligente.

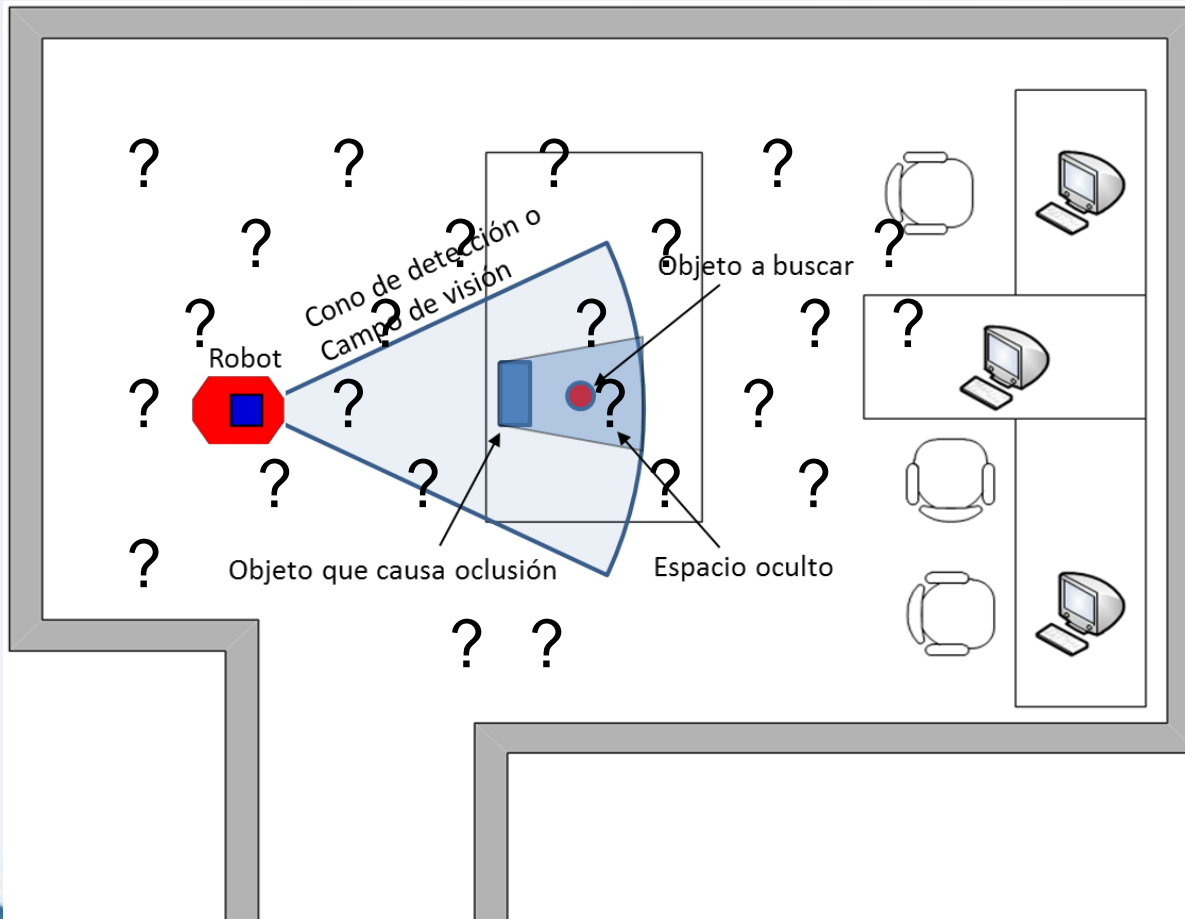
Robot Roby, película clásica de ciencia ficción: Planeta Prohibido (1956).



Robotina
Los Supersónicos (1962).

FUNDAMENTACIÓN GENERAL DE LA BÚSQUEDA DE OBJETOS

Como realizar una mejor búsqueda?



ANÁLISIS MATEMÁTICO DE LA BÚSQUEDA

Ω es un ambiente donde se realiza la búsqueda (limites exactos),

Desglosando $\Omega : c_i$ (cubos pequeños),

entonces $\Omega = \bigcup_{i=1}^n c_i$ y $c_i \cap c_j = \emptyset$.



Se analiza el siguiente caso: Robot móvil con cámara con opción de *Pan*, *Tilt* y *Zoom*.

El estado de la búsqueda está determinado por 7 parámetros $(x_c, y_c, z_c, p, t, w, h)$.

Donde (x_c, y_c, z_c) es la posición del centro de la cámara

(p, t) es la dirección de la vista de la cámara

w, h (ancho y alto del ángulo de la vista la cámara.)

Una operación $F = \mathbf{f}(x_c, y_c, z_c, p, t, w, h, a)$ es una acción del robot buscador dentro la región Ω donde " a " es un algoritmo de reconocimiento.

ANÁLISIS MATEMÁTICO DE LA BÚSQUEDA

La función f es una operación que implica dos pasos:

- (1) tomar una imagen con la configuración actual de la cámara
- (2) buscar el objeto utilizando el algoritmo de reconocimiento a .

El costo de f se representa como $C(f)$, que da el tiempo total para ejecutar f .

El conocimiento sobre la posición del objeto dentro de c_i , se puede representar como una función de distribución de probabilidad \mathbf{p} .

$\mathbf{p}(c_i, \tau)$ da la probabilidad (encontrar un objeto en c_i en un tiempo τ).

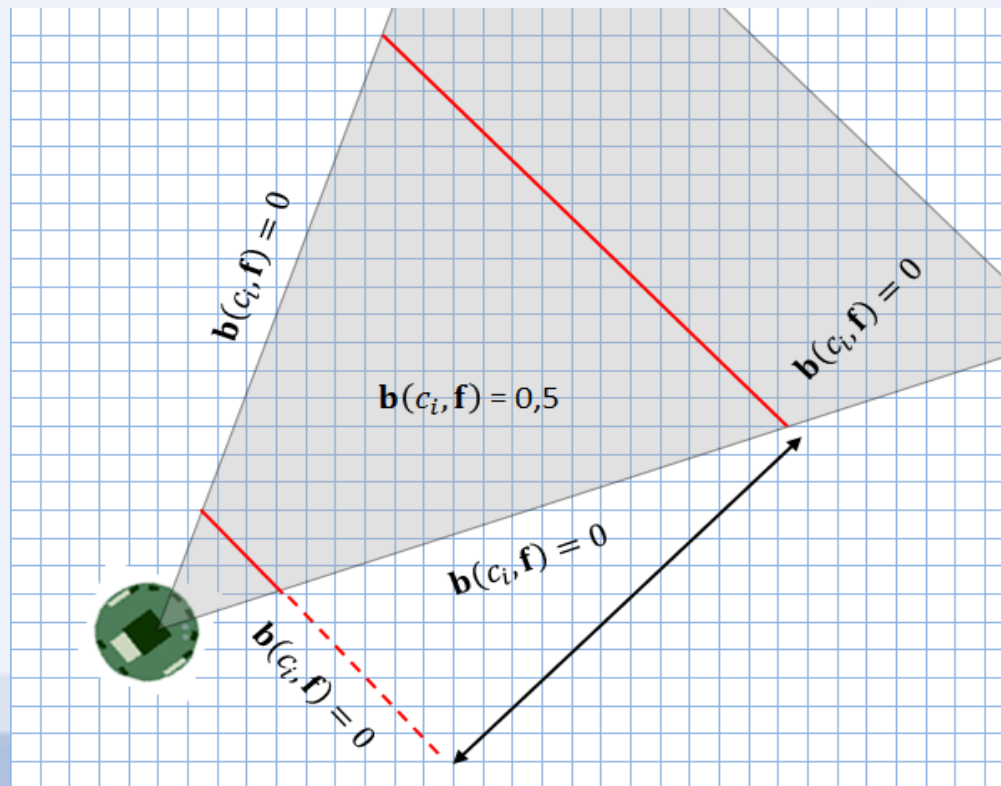
$\mathbf{p}(c_0, \tau)$ la probabilidad de que el objeto buscado está fuera de la región de búsqueda en un tiempo τ . La restricción se mantiene para todo el proceso de búsqueda:

$$\mathbf{p}(c_0, \tau) + \sum_{i=1}^n \mathbf{p}(c_i, \tau) = 1$$

ANÁLISIS MATEMÁTICO DE LA BÚSQUEDA

La función de detección sobre Ω es una función $\mathbf{b}(c_i, \mathbf{f})$, dada la probabilidad condicional de detectar el objeto buscado dado que el centro de la imagen está localizado dentro c_i , y la operación sea \mathbf{f} .

Para cualquier operación, si el centro del cubo c_i está fuera del alcance de la imagen o está muy cerca de la cámara, se asume que $\mathbf{b}(c_i, \mathbf{f})=0$ (muchos factores, como la intensidad, oclusión y la orientación).



ANÁLISIS MATEMÁTICO DE LA BÚSQUEDA

La probabilidad de detección del objeto buscado mediante la acción \mathbf{f} está dada por:

$$P(\mathbf{f}) = \sum_{i=1}^n \mathbf{p}(c_i, \tau_{\mathbf{f}}) \mathbf{b}(c_i, \mathbf{f})$$

A continuación se da el valor Ψ como el conjunto de todos los cubos que está dentro el campo de vista de \mathbf{f} y que no está ocluido, entonces se tiene:

$$P(\mathbf{f}) = \sum_{c \in \Psi} \mathbf{p}(c, \tau_{\mathbf{f}}) \mathbf{b}(c, \mathbf{f})$$

La razón por la cual el termino $\tau_{\mathbf{f}}$ es introducido en el cálculo de $P(\mathbf{f})$ es porque la distribución de probabilidad necesita ser actualizada siempre que una acción sea fallada.

ANÁLISIS MATEMÁTICO DE LA BÚSQUEDA

Fórmula de Bayes.

α_i será el evento que el centro del objeto a buscar esté dentro el cubo c_i ,

α_0 será el evento que el centro del objeto esté fuera de la región de búsqueda.

β será el evento después de aplicar una acción de reconocimiento y que el reconocedor detecte con éxito el objeto.

Entonces

$$P(\neg\beta | \alpha_i) = 1 - \mathbf{b}(c_i, \mathbf{f})$$

$$P(\alpha_i | \neg\beta) = \mathbf{p}(c_i, \tau_{\mathbf{f}+})$$

donde $\tau_{\mathbf{f}+}$ es el tiempo después de aplicar la acción \mathbf{f} .

ANÁLISIS MATEMÁTICO DE LA BÚSQUEDA

Dado que los eventos anteriores $\alpha_i, \dots, \alpha_n, \alpha_0$ son mutuamente complementarios y excluyentes, se tiene la siguiente regla de actualización:

$$p(c_i, \tau_{f+}) = \frac{p(c_i, \tau_f)(1 - b(c_i, f))}{p(c_0, \tau_f) + \sum_{j=1}^n p(c_j, \tau_f)(1 - b(c_j, f))} \quad \text{donde } i = 1, \dots, n, 0$$

Dado que: $p(c_0, \tau_f) + \sum_{j=1}^n p(c_j, \tau_f)(1 - b(c_j, f)) = 1$ y $P(f) = \sum_{i=1}^n p(c_i, \tau_f)b(c_i, f)$

$$p(c_i, \tau_{f+}) = \frac{p(c_i, \tau_f)(1 - b(c_i, f))}{1 - P(f)}$$

ANÁLISIS MATEMÁTICO DE LA BÚSQUEDA

Sea \mathbf{O}_Ω es el conjunto de todas las posibles operaciones que se pueden aplicar.

El esfuerzo $\mathbf{F} = \{\mathbf{f}_1, \dots, \mathbf{f}_k\}$ representa al conjunto ordenado de las operaciones aplicadas en la búsqueda, donde $\mathbf{f}_i \in \mathbf{O}_\Omega$.

La función $P(\mathbf{f}_1)$ representa la probabilidad de que la primera acción detecta el objetivo.

La operación $[1 - P(\mathbf{f}_1)]P(\mathbf{f}_2)$ representa la probabilidad de que la primera acción no detecte el objeto, pero la segunda acción sí lo detecte.

Un análisis similar se puede aplicar a otras acciones en \mathbf{F} y finalmente:

$$\prod_{i=1}^{k-1} [1 - P(\mathbf{f}_i)]P(\mathbf{f}_k)$$

representa la probabilidad de que $\mathbf{f}_1, \dots, \mathbf{f}_{k-1}$ no pudo detectar el objetivo, pero \mathbf{f}_k sí lo detecte.

ANÁLISIS MATEMÁTICO DE LA BÚSQUEDA

Es evidente que la probabilidad de detectar el objeto mediante la asignación de esfuerzos \mathbf{F} está dado por:

$$P[\mathbf{F}] = P(\mathbf{f}_1) + [1 - P(\mathbf{f}_1)]P(\mathbf{f}_2) + \dots + \{ \prod_{i=1}^{k-1} [1 - P(\mathbf{f}_i)] P(\mathbf{f}_k) \} \quad (5)$$

El costo total para aplicar esta asignación es:

$$C[\mathbf{F}] = \sum_{i=1}^k c(\mathbf{f}_i)$$

Donde K es el tiempo total permitido en la búsqueda, entonces la tarea de la planificación de sensado para la búsqueda de objetos se puede definir como encontrar una asignación $\mathbf{F} \subset \mathbf{O}_\Omega$, lo que satisface $C[\mathbf{F}] \leq K$ y maximiza $P[\mathbf{F}]$ (Ye y Tsotsos en [20] demuestran que el problema es NP-Completo).

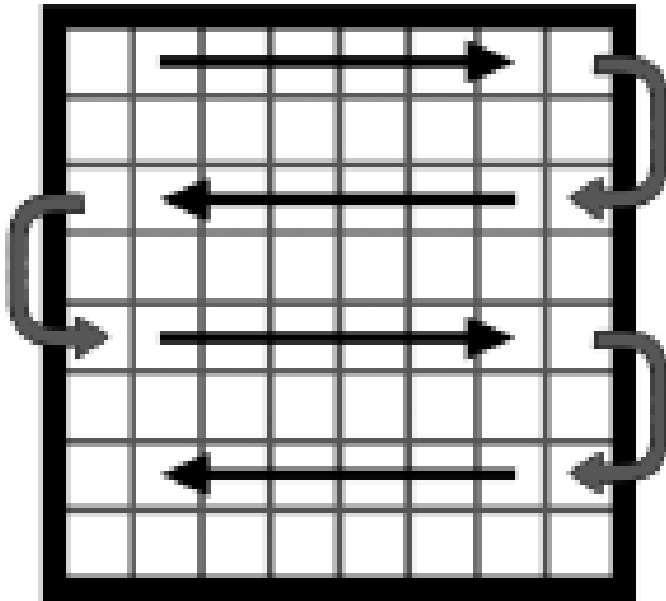
Búsquedas heurísticas

Búsqueda no Informada

- Método de la cuadrilla.
- Método espiral.
- Método punto a punto.
- Técnica libre.

Búsquedas heurísticas

Búsqueda no Informada



Método de cuadrilla



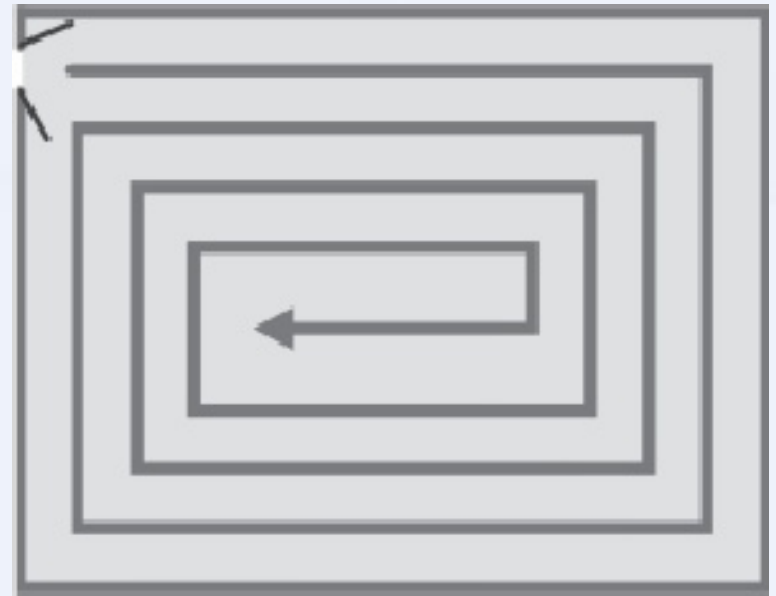
Método de abanico

Búsquedas heurísticas

Búsqueda no Informada

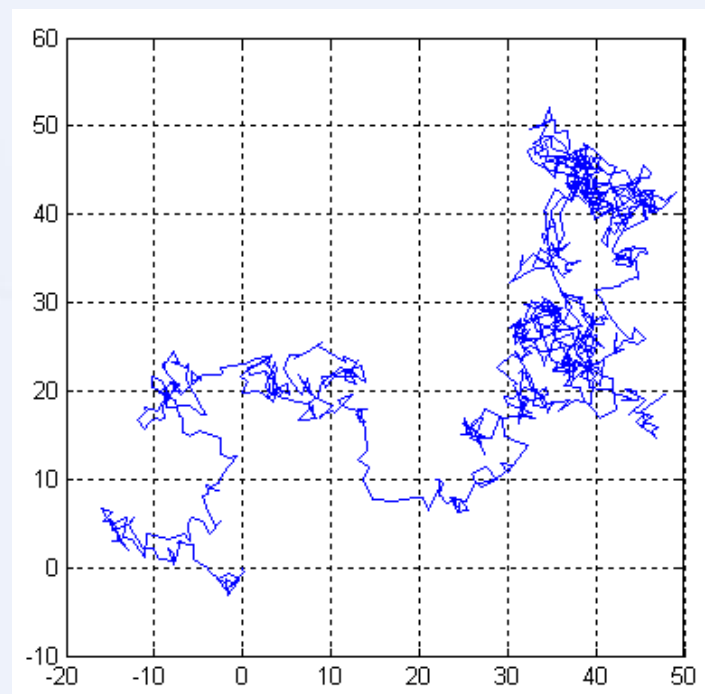
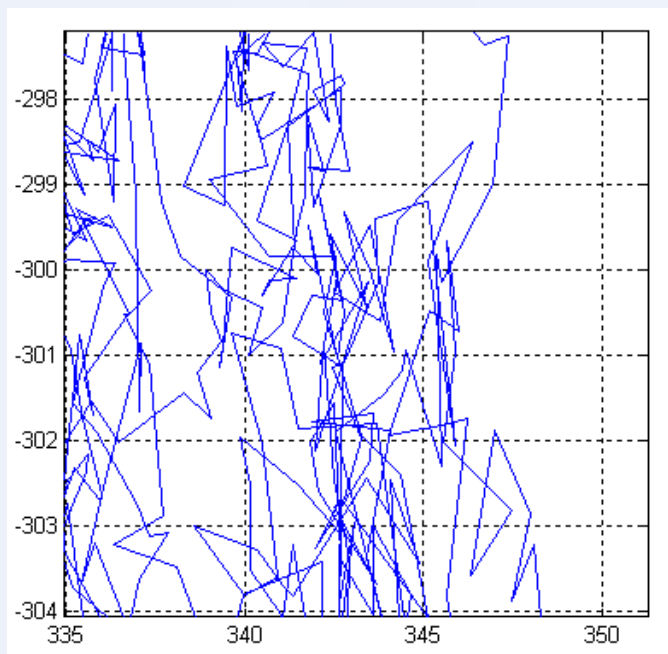


Método espiral



Búsquedas heurísticas

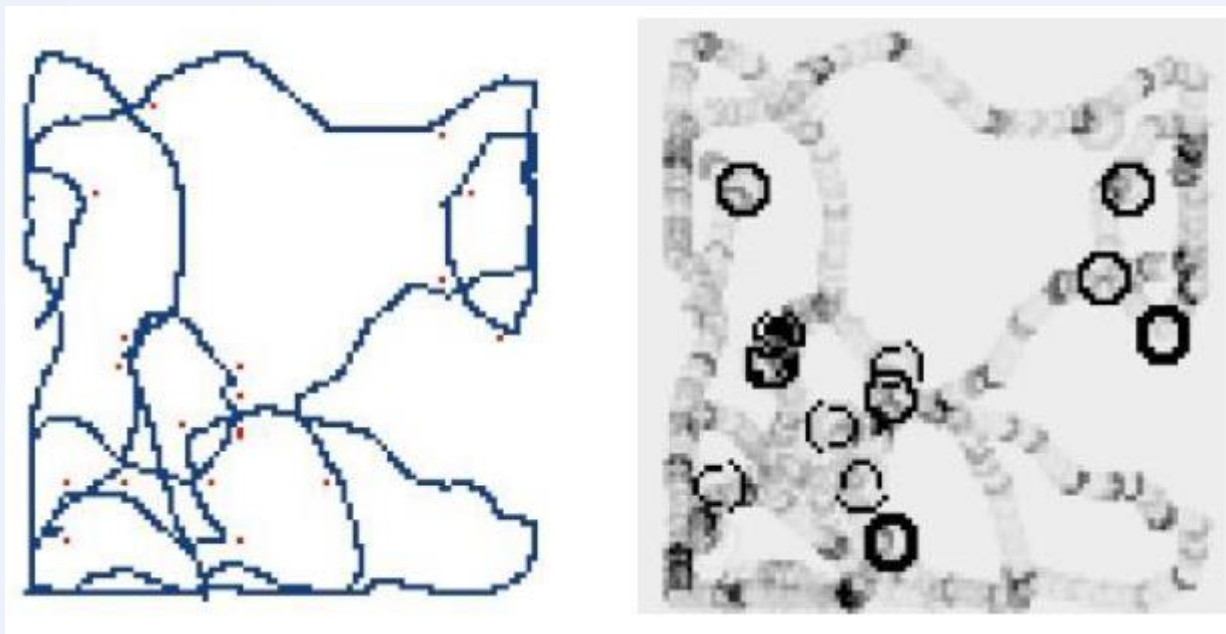
Búsqueda no Informada



Random walk

Búsquedas heurísticas

Búsqueda no Informada



Búsqueda Probabilística

The logo for LARS 2024 is displayed within a blue rectangular box. The word "LARS" is written in a large, white, stylized sans-serif font. Below it, the year "2024" is written in a smaller, white, sans-serif font.

LARS'
2024

Continua...