

Navegación por campos potenciales

Verónica E. Arriola-Rios

Robótica móvil

18 de octubre de 2022

Temas

- 1 Definición
- 2 Descenso por el gradiente
- 3 Uso de sensores
- 4 Incendio forestal y frente de onda

Función de potencial

- Función *potencial*:

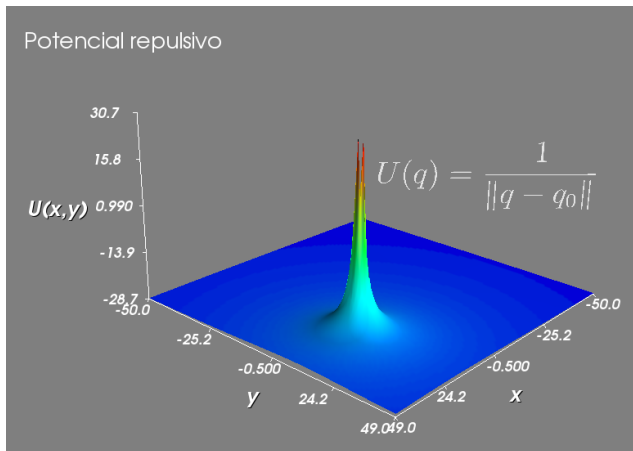
$$U : \mathbb{R}^m \rightarrow \mathbb{R} \quad (1)$$

- La energía potencial se minimiza en la dirección negativa del gradiente, a esto se le conoce como un *fuerza*:

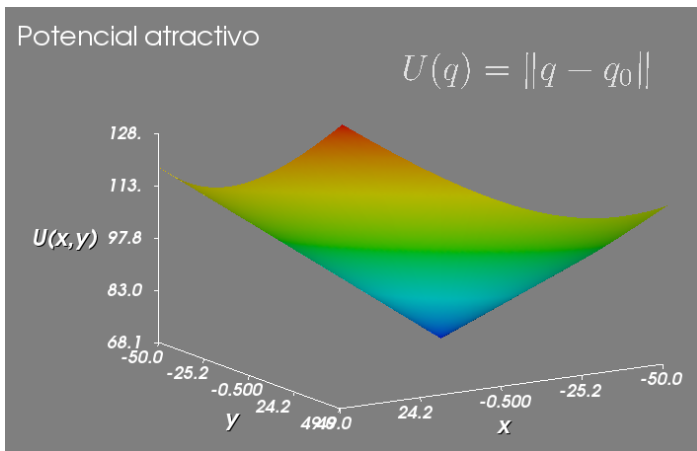
$$F = -\nabla U(q) = -DU(q)^T = - \begin{bmatrix} \frac{\partial U}{\partial q_1}(q) \\ \dots \\ \frac{\partial U}{\partial q_m}(q) \end{bmatrix} \quad (2)$$

- La fuerza es un *campo vectorial* sobre el espacio de las coordenadas generalizadas q .
- Cuando el robot se encuentra en la posición q , se mueve siguiendo al vector $\vec{F}(q)$.

Función potencial repulsiva (obstáculos)



Función potencial atractivo (destino)



Campo potencial (escalar)

- El campo potencial para el problema de navegación contiene dos tipos de componentes:

$$U(q) = U_{\text{atr}}(q) + U_{\text{rep}}(q) \quad (3)$$

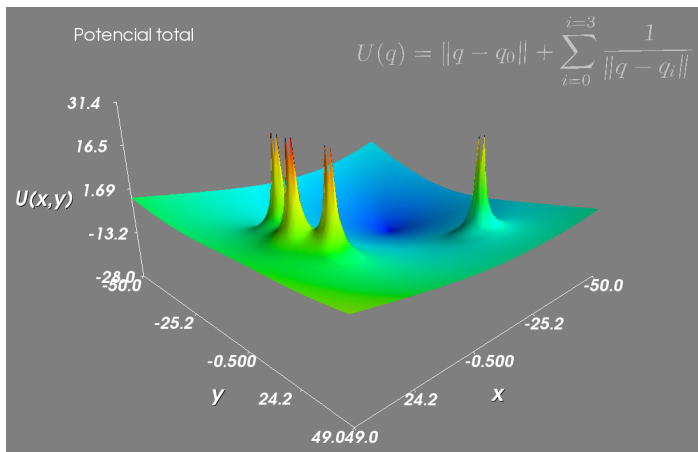
con:

- $U_{\text{atr}}(q)$ un potencial atractivo, cuya finalidad es jalar al robot hacia la meta.
- $U_{\text{rep}}(q)$ un potencial repulsivo, cuya finalidad es empujar al robot lejos de los obstáculos.

$$U_{\text{rep}}(q) = \sum_{i=1}^n U_{\text{rep}_i}(q) \quad (4)$$

donde cada obstáculo define su potencial repulsivo $U_{\text{rep}_i}(q)$.

Función potencial



Temas

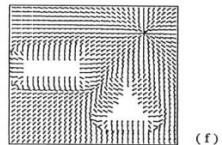
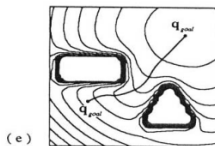
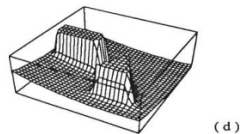
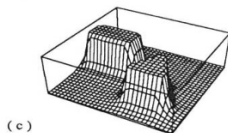
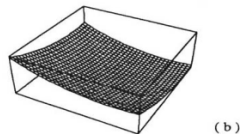
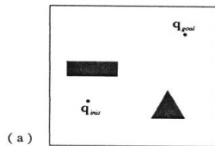
- 1 Definición
- 2 Descenso por el gradiente
- 3 Uso de sensores
- 4 Incendio forestal y frente de onda

Descenso por el gradiente

Algorithm Descenso por el gradiente del potencial

```
1:  $q(0) \leftarrow q_{\text{inicio}}$ 
2:  $i \leftarrow 0$ 
3: while  $\|\nabla U(q(i))\| > \varepsilon$  do
4:    $q(i+1) \leftarrow q(i) - \alpha \nabla U(q(i))$ 
5:    $i \leftarrow i+1$ 
```

Campos potencial y de fuerza



16-735, Howie Choset, with slides from Ji Yeong Lee, G.D. Hager and Z. Dodds

Temas

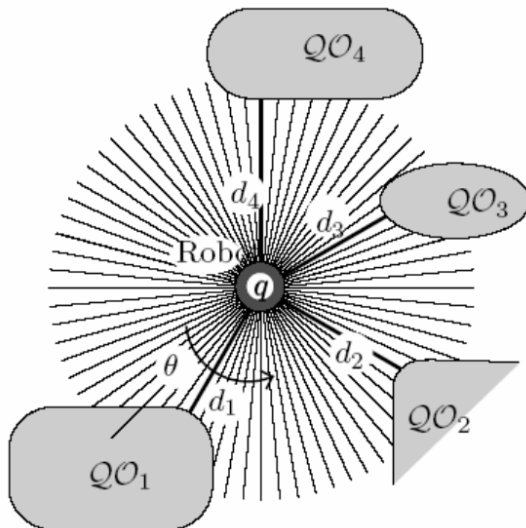
- 1 Definición
- 2 Descenso por el gradiente
- 3 Uso de sensores**
- 4 Incendio forestal y frente de onda

Distancia a un objeto

- La distancia entre la coordenada q y el obstáculo más cercano, que ocupa la región \mathcal{QO}_i es la distancia mínima entre el punto y el obstáculo:

$$d_i(q) = \min_{c \in \mathcal{QO}_i} d(q, c) \quad (5)$$

Cálculo de la distancia



Temas

- 1 Definición
- 2 Descenso por el gradiente
- 3 Uso de sensores
- 4 Incendio forestal y frente de onda**

Incendio forestal: distancia mínima a un obstáculo

- Se discretiza el espacio en forma de grid.
- Se define la conectividad/vecindad N entre las celdas (4/8)
- Inicialmente los obstáculos se representan con 1, el espacio libre con 0.

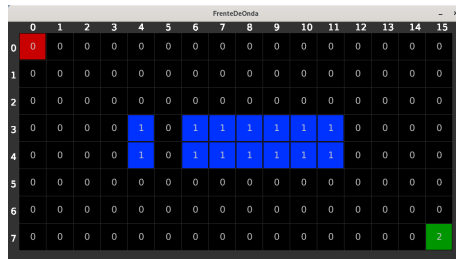


Figura: Representación discretizada del espacio.

Incendio forestal: distancia mínima a un obstáculo

Algorithm Algoritmo: Incendio forestal

- 1: Crear una cola L con todos los pixeles alrededor de todos los obstáculos.
 - 2: **while** $L \neq \emptyset$ **do**
 - 3: $t \leftarrow \text{pop}(L)$
 - 4: **if** $d(t) = 0$ **then**
 - 5: $d(t) \leftarrow 1 + \min_{t' \in N(t), d(t') \neq 0} d(t')$
 - 6: $L \leftarrow \text{todo } t' \in N(t) \text{ con } d(t') = 0$
 - return** $\nabla d \leftarrow \text{tomar diferencias entre celdas vecinas.}$
-

Frente de onda

- Se trata de ejecutar incendio forestal desde la meta.

Algorithm Algoritmo: Frente de onda

```
1:  $d(q_{meta}) \leftarrow 2$ 
2: Formar en la cola  $L \leftarrow N(q_{meta})$ 
3: while  $L \neq \emptyset$  do
4:    $t \leftarrow \text{pop}(L)$ 
5:   if  $d(t) = 0$  then
6:      $d(t) \leftarrow 1 + \min_{t' \in N(t), d(t) > 1} d(t')$ 
7:      $L \leftarrow \text{todo } t' \in N(t) \text{ con } d(t) = 0$ 
```

- En descenso por el gradiente el robot se mueve hacia el vecino con el menor valor de distancia.

Ejecución de frente de onda

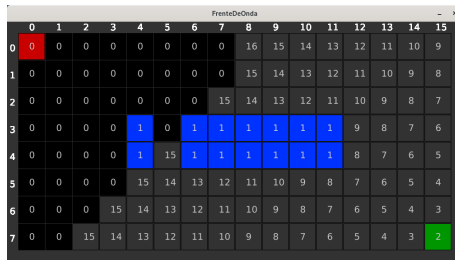


Figura: Frente onda desde la meta, marcada con 2. en rojo se marca un punto de interés.

Referencias I

Robotic Motion Planning: Potential Functions Howie Choset, with slides from Ji Yeong Lee, G.D. Hager and Z. Dodds.