

Un Nuevo Método Cooperativo para Encontrar Personas en un Entorno Urbano con Robots Móviles

Alex Goldhoorn, Anaís Garrell, René Alquézar y Alberto Sanfeliu

Introducción – Los robots de servicio que trabajan en entornos urbanos necesitan poder encontrar personas para poder ayudarlas.

Motivación – buscar y seguir una persona para: ayudar, guiar, traerle algo, o ayudarle de otra manera;

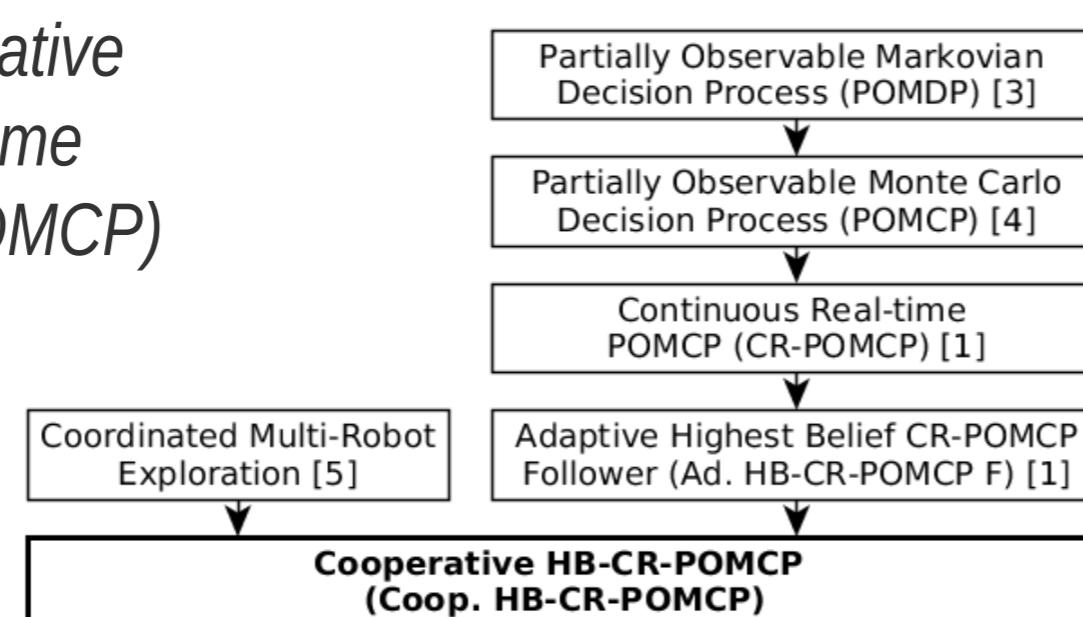
Ejemplos – búsqueda y rescate, seguimiento, robots de servicio;

Objetivos – escenario real, mapas grandes, coordinación multi-robot.

Anteriormente [1,2] se han presentado métodos para encontrar y buscar personas con un robot.



Método – Se presenta el *Cooperative Highest-Belief Continuous Real-time POMCP (Cooperative HB-CR-POMCP)* (Alg. 1, Fig. 1) cual se basa en:



Algoritmo 1 El planificador para dos agentes, donde cada uno de los agentes ejecuta este algoritmo. Las observaciones o_1 y o_2 son de robot 1 y 2 respectivamente; g_1^1, g_2^1 son las metas de los robots y b_i^j es la probabilidad que está la persona en el goal g_i^j .

```

1:  $O[] \leftarrow \text{RETRIEVEOBSERVATIONS}()$ 
2:  $o_1 \leftarrow \text{FILTEROBSERVATION}(O)$ 
3:  $\text{SENDOBSERVATION}(o_1)$ 
4:  $o_2 \leftarrow \text{RECEIVEOBSERVATION}()$ 
5:  $\langle g_1^1, g_2^1, b_1^1, b_2^1 \rangle \leftarrow \text{FINDGOALS}(o_1, o_2)$   $\triangleright$  Usa (1) para seleccionar las metas.
6:  $\text{SENDGOALS}(\langle g_1^1, g_2^1, b_1^1, b_2^1 \rangle)$ 
7:  $\langle g_1^2, g_2^2, b_1^2, b_2^2 \rangle \leftarrow \text{RECEIVEGOALS}()$ 
8:  $g \leftarrow \text{SELECTGOAL}(\langle g_1^1, g_2^1, b_1^1, b_2^1 \rangle, \langle g_1^2, g_2^2, b_1^2, b_2^2 \rangle)$ 
    
```

Se define una puntuación de los objetivos:

$$s_{\text{expl}}(a, t) = w_u U_t + w_d \frac{-\|a - t\|}{d_{\max}} + w_b \frac{b_t}{b_{\max}} \quad (1)$$

Donde a es la posición de un agente, t la posición de un posible objetivo, U_t es el valor de utilidad (dependiendo si ya se ha elegido un objetivo cercano), b_t es el belief del punto t y w_x son los pesos.

Experimentos – Se han hecho simulaciones (Tabla 1) en terrenos diferentes (Fig. 3) y experimentos reales (Fig. 2).

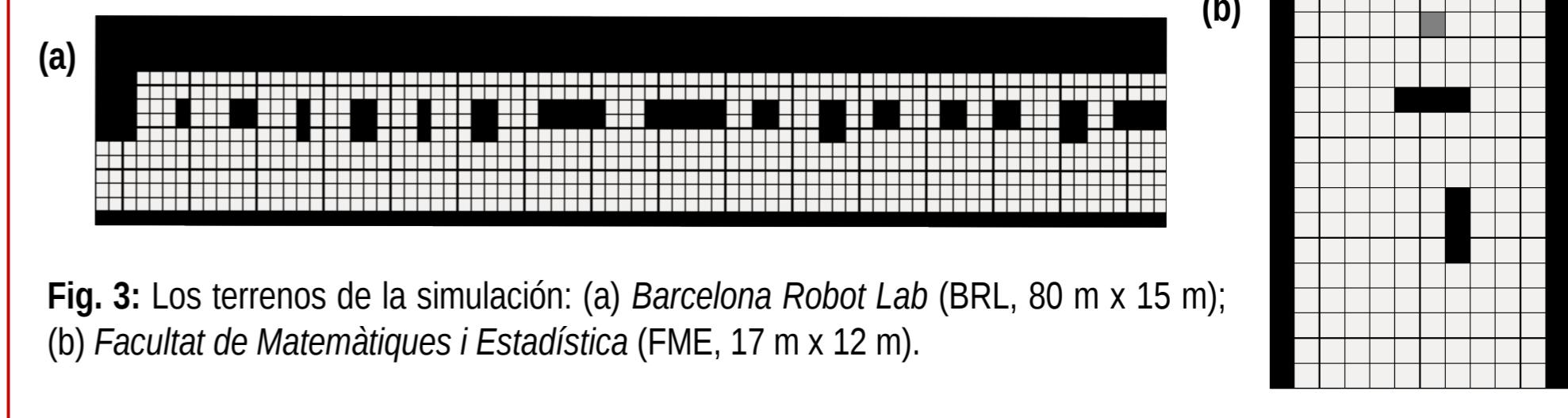


Fig. 3: Los terrenos de la simulación: (a) Barcelona Robot Lab (BRL, 80 m x 15 m); (b) Facultat de Matemàtiques i Estadística (FME, 17 m x 12 m).

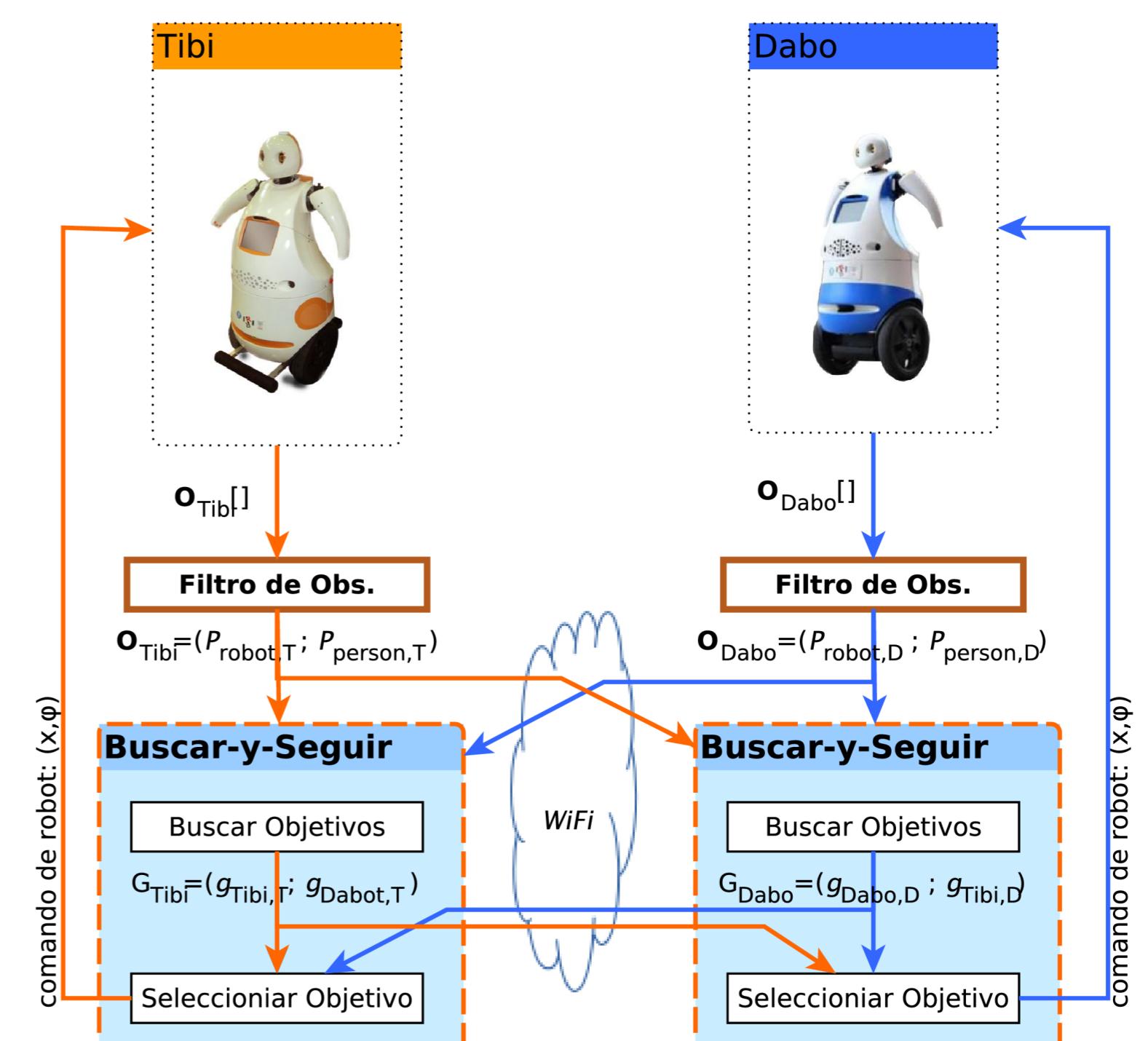


Fig. 1: Los robots generan una lista de observaciones $O[]$, las cuales se filtran y resultan en una observación para el robot. Las letras D y T en el subíndice de P y se refieren a quien ha generado el objetivo (goal, G) o la observación.

Conclusiones – Cooperative HB-CR-POMCP es:

- un método cooperativo para buscar y seguir a personas con dos robots;
- robusto porque:
 - los robots siguen buscando aunque no haya comunicación;
 - funciona cuando hay otras personas caminando entre medio como obstáculos dinámicos.

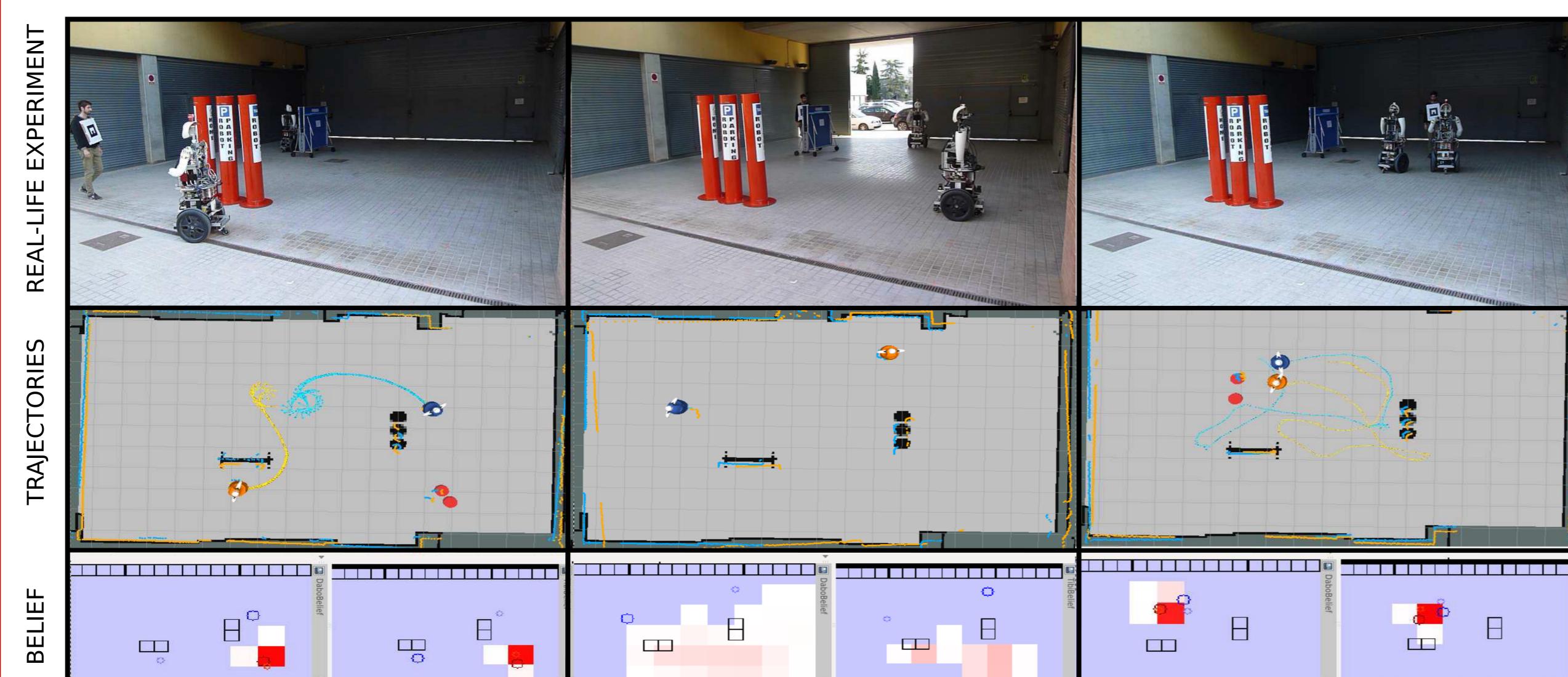


Fig. 2: Tres escenas de los experimentos de búsqueda y seguimiento de una persona (con el tag). De cada escena hay una foto, en el centro, un mapa con los dos robots, y abajo un mapa de probabilidad donde rojo representa una probabilidad alta que esté la persona ahí.

	MÉTODO	Dist. [m]	V. [%]
FME LAB	Ad. HB-CR-P. Fol.	1.33 (± 0.13)	97
	Independent HB-CR-P.	1.15 (± 0.08)	99
	Cooperative HB-CR-P.	1.14 (± 0.07)	99
BRL LAB	Ad. HB-CR-P. Fol.	2.70 (± 0.23)	89
	Independent HB-CR-P.	1.81 (± 0.13)	95
	Cooperative HB-CR-P.	1.37 (± 0.08)	98
10 Pers. 0 Pers.	Ad. HB-CR-P. Fol.	3.64 (± 0.78)	95
	Independent HB-CR-P.	2.42 (± 0.54)	98
	Cooperative HB-CR-P.	2.23 (± 0.49)	98
10 Pers. 10 Pers.	Ad. HB-CR-P. Fol.	7.54 (± 1.13)	86
	Independent HB-CR-P.	3.73 (± 0.68)	95
	Cooperative HB-CR-P.	2.64 (± 0.50)	97

Tabla 1: Se realizaron 2000 simulaciones en los mapas de Fig. 3 y con 3 métodos: *Adaptive HB-CR-POMCP Follower* (el método anterior con solo un robot), *Independent HB-CR-POMCP* (el método presentado con dos robots sin comunicación) y *Cooperative HB-CR-POMCP* (con comunicación). La tabla indica el promedio \pm error estándar de la distancia (dist.) a la persona y la visibilidad (V), el tiempo (% del total) que la persona ha sido visible. La primera columna indica el mapa y el número de personas paseando en la simulación como obstáculos dinámicos.

Referencias:

- [1] Goldhoorn, A., A. Garrell, A. Sanfeliu, and R. Alquézar (2014). Continuous real time pomcp to find-and-follow people by a humanoid service robot. In Proceedings of IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots, pp. 741–747.
- [2] Goldhoorn, A., A. Sanfeliu, and R. Alquézar (2013). Analysis of methods for playing human robot hide-and-seek in a simple real world urban environment. In M. A. Armada, A. Sanfeliu, and M. Ferre (Eds.), ROBOT (2), Volume 253 of Advances in Intelligent Systems and Computing, pp. 505–520. Springer.
- [3] Pineau, J., G. Gordon, and S. Thrun (2003). Point-based value iteration: An any-time algorithm for pomdps. In International Joint Conference on Artificial Intelligence, 2003, pp. 477–484.
- [4] Silver, D. and J. Veness (2010). Monte-Carlo planning in large POMDPs. 24th Advances in Neural Information Processing Systems, pp. 1–9.
- [5] Burgard, W., M. Moors, C. Stachniss, and F. E. Schneider (2005). Coordinated multi-robot exploration. IEEE Transactions on Robotics 21 (3), 376–386.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación a través del proyecto RobTaskCoop(DPI2010-17112).

Contacto: {agoldhoorn, agarrell, ralqueza, sanfeliu}@iri.upc.edu
Institut de Robòtica i Informàtica Industrial (CSIC-UPC).
Llorens Artigas 4-6, 08028 Barcelona.

Vídeos: <http://www.iri.upc.edu/people/agoldhoorn/ja2016/>