

Desarrollo de un algoritmo de planificación cognitivo para cooperación con humanos de equipos con múltiples UAVs

Motivación

La inspección y mantenimiento de infraestructuras de transporte y distribución de energía eléctrica es un trabajo peligroso y costoso. Desarrollar tecnologías que ayuden a los operarios a realizar este mantenimiento es de gran interés dada la gran repercusión económica que puede llegar a tener. El objetivo principal del proyecto H2020 AERIAL-CORE es el desarrollo de tecnologías para inspección y mantenimiento de torres eléctricas de alta tensión con UAVs (drones), de tal forma que puedan ayudar a los operarios humanos trabajando en altura e interactuar con ellos.

Objetivos

El principal objetivo de este trabajo es desarrollar un algoritmo que permita a un equipo de UAVs planificar sus tareas a medida que los operarios (en lo alto de una torre eléctrica) las soliciten. Los UAVs deben de realizar esas tareas de manera eficiente y segura sin colisiones, teniendo en cuenta sus recursos de batería. Se establecen los siguientes pasos:

- **Desarrollo e implementación del algoritmo de planificación.** El algoritmo se desarrollará con la librería para robótica ROS.
- **Simulación del algoritmo.** Haciendo uso de las herramientas que brinda ROS, se simulará un escenario realista con una torre eléctricas, un operario y múltiples UAVs, donde se probará el funcionamiento del algoritmo.
- **Realización de experimentos para realizar la validación del algoritmo.** Finalmente, se realizará un experimento con pequeños UAVs para validar la aplicación del método.

Descripción del problema

El equipo de UAVs realizará las siguientes tareas: monitorizar a algún trabajador en altura en la torre eléctrica; inspeccionar algún punto de la torre que el operario indique; y entregar herramientas a los trabajadores cuando lo soliciten. Para ello, los UAVs llevarán cámaras para inspeccionar y monitorizar, así como para reconocer gestos de los operarios indicando tareas. Un operario podría señalar un lugar para que el UAV lo

inspeccione, o extender la mano cuando quiere que el UAV le entregue la herramienta. El algoritmo de toma de decisiones de los UAVs debiera ser cognitivo, razonando sobre las intenciones de los operarios.

Los gestos humanos que se tratarán de reconocer son cosas como: solicitar una herramienta, autorizar la interacción física para que el UAV entregue una herramienta, aumentar/disminuir la distancia de seguridad mientras se monitoriza a un operario, indicar el lugar u objeto a monitorear por los UAV, etc. Además, cuando los operarios soliciten tareas al equipo de UAVs, éstas tendrán que planificarse de modo que se tenga en cuenta la batería restante de cada UAV. Existirá una estación de recarga en el suelo para que los UAVs puedan ir a recargar entre tareas, y el planificador debe considerar eso.

Método

Para este tipo de problemas se pueden aplicar técnicas de planificación con incertidumbres, ya que los UAVs tienen que razonar sobre las intenciones de los operarios, que son desconocidas. Estos planificadores son computacionalmente complejos, ya que tienen que razonar sobre todas las posibles acciones y estados posibles con sus probabilidades. Existen planificadores en línea (online) que intentan paliar esa complejidad tomando el estado actual del UAV y construyendo un árbol con posibles acciones y resultados futuros. Por lo tanto, sólo se evalúan los planes más probables. Algunos de estos planificadores utilizan simulaciones de Monte-Carlo paralelizadas para poder abordar problemas complejos de manera eficiente [1][2]. Cuando hay que planificar para múltiples UAVs, también hay algoritmos descentralizados que pueden planificar en línea logrando la cooperación multi-UAV [3][4]. En [5] se mejora la escalabilidad de un problema de exploración de múltiples robots explotando la interdependencia de los robots para crear modelos más pequeños, además de comunicar solo información relevante entre ellos. Otro enfoque para aliviar la complejidad es el uso de macro-acciones, con el fin de abstraer el problema a una descripción de más alto nivel [6]. Los autores en [6] resuelven un problema de entrega de paquetes con un equipo de múltiples UAVs.

Se proponen dos enfoques a comparar para resolver el problema de planificación planteado, para verificar las bondades del planificador cognitivo (enfoque 2), que será capaz de razonar sobre intenciones humanas.

Enfoque 1: Máquina de estados tradicional. Cada vez que aparece una nueva tarea (herramienta para entregar, punto a inspeccionar, etc.) se asigna teniendo en cuenta las capacidades de cada UAV. Este enfoque tiene la desventaja de que puede comportarse mal cuando haya fallos en la detección de las intenciones de los operarios, ya que no se razona sobre incertidumbres. Además, la máquina de estados puede ser compleja.

Enfoque 2: Planificador en línea que razone con incertidumbres, partiendo de los mencionados del estado del arte. Las acciones de cada UAV serían las tareas de alto nivel (recoger herramienta, entregarla, inspeccionar, etc). El estado de cada UAV

incluiría su batería y posición, así como los gestos detectados. Aplicando modelos de probabilidad, el planificador podría razonar sobre la intención futura de los operarios y responder mejor ante posibles fallos en la detección de gestos.

Referencias

- [1] Garg, N., Hsu, D. and Lee, W. S. (2019) DESPOT- α : Online POMDP Planning With Large State And Observation Spaces. *Robotics: Science and Systems (RSS)*.
- [2] Cai, P., Luo, Y., Hsu, D. and Lee, W. S. (2018) HyP-DESPOT: A Hybrid Parallel Algorithm for Online Planning under Uncertainty. *Arxiv*.
- [3] Best, G., Cliff, O. M., Patten, T., Mettu, R. R., & Fitch, R. (2019). Dec-MCTS: Decentralized planning for multi-robot active perception. *The International Journal of Robotics Research*, 38(2–3), 316–337.
- [4] S. Chen, F. Wu, L. Shen, J. Chen and S. D. Ramchurn, "Decentralized Patrolling Under Constraints in Dynamic Environments," in *IEEE Transactions on Cybernetics*, vol. 46, no. 12, pp. 3364-3376, Dec. 2016.
- [5] J. Renoux, A. Mouaddib and S. L. Gloannec, "A decision-theoretic planning approach for multi-robot exploration and event search," 2015 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), Hamburg, 2015, pp. 5287-5293.
- [6] Omidshafiei, Shayegan, Ali-Akbar Agha-Mohammadi, Christopher Amato, Shih-Yuan Liu, Jonathan P How, and John Vian. "Decentralized Control of Multi-Robot Partially Observable Markov Decision Processes Using Belief Space Macro-Actions." *The International Journal of Robotics Research*, 36, no. 2 (2017): 231–58.