

AGENTES ROBÓTICOS VOLADORES: PONIÉDOSE DE ACUERDO

Flying robots agents: agreeing

J. Domingo Pájaro Adrián^{1,*}

¹Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias de la Computación. Puebla,

México. Email: jose.pajaro@alumno.buap.mx. Teléfono: 222 277 54 64

Amparo Palomino Merino²

²Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ciencias de la Electrónica. Puebla,

México. Email: amparo.palomino@viep.buap.mx

Resumen

Hoy en día es difícil imaginar el mundo sin robots, pues gracias a sus capacidades y aplicaciones podemos encontrarlos realizando diferentes actividades, por ejemplo; como recolectores, eliminando plagas, seleccionando frutos, transportando diversos productos, entregando paquetes, maquilando productos, apoyando en situaciones peligrosas e incluso realizando cirugías muy complejas. ¿Pero qué pasaría si se unen en grupo? Seguramente podrían resolver tareas muy complejas, tareas que un solo robot no podría resolver. Para poder lograr la hazaña de que varios robots logren objetivos es necesario conocer un poco de las características que un robot debe tener y las características que el grupo de robots debe tener para lograr acuerdos. Por lo que, en este trabajo presentamos una introducción de cómo los robots pueden alcanzar acuerdos y cómo es posible lograrlo.

Palabras clave: Sistema multiagente – Control – Vehículos aéreos no tripulados (UAV) - Consenso - Agreeing (Estando de acuerdo)

Abstract: Today it is difficult to imagine the world without robots, because thanks to their capabilities and applications we can find them performing different activities, for example; as collectors, eliminating pests, selecting fruits, transporting various products, delivering packages, manufacturing products, supporting dangerous situations and even performing very complex surgeries. But what would happen if they joined as a group? Surely they could solve very complex tasks that a single robot could not solve. To achieve the feat of several robots achieving objectives in a group, it is necessary to know a little about the characteristics that a robot must have and the characteristics that the group of robots must have to reach agreements. Therefore, in this work, we present an introduction to how robots can reach agreements and how it is possible to achieve them.

Keywords: Multiagent systems – Control – Unmanned aerial vehicle (UAV) – Consensus – Agreeing
Sistema multiagente de robots y sus aplicaciones

Sistema multiagente de robots y sus aplicaciones

El ser humano desde hace mucho tiempo ha obtenido conocimiento observando a la naturaleza y a los seres vivos que la habitamos. Muchas veces nos hemos sorprendido al ver los movimientos que realizan las aves, las abejas, los cardúmenes o las manadas de animales cuando lo hacen en grupo. En uno de los primeros estudios científicos que se realizó sobre este tema, se reprodujo el movimiento de aves en una computadora mediante un simulador en el cual se implementa a cada ave como un agente independiente que navega de acuerdo con lo que percibe en un entorno dinámico y las leyes de la física que gobiernan su movimiento, además de un conjunto de comportamientos programados en cada agente (Reynolds, 1987). Pero ¿qué pasa si reproducimos ese comportamiento empleando robots? Hemos visto las ventajas de hacer uso de un solo robot, por ejemplo, en situaciones peligrosas, ahora imagina si unimos las capacidades de varios robots para resolver una o varias tareas, seguramente quedaríamos sorprendidos y algunos ejemplos de esto son; manejo de materiales peligrosos, recolección, vigilancia y reconocimiento, formación de vehículos, seguimiento de trayectorias, incluso sistemas de combate autónomos.

Para lograr que múltiples robots trabajen de manera conjunta se han desarrollado estrategias llamadas “control”, entre las que están; control cooperativo, control de formación, consenso, entre otros.

Los robots y sus acuerdos

Tomar acuerdos en grupo muchas veces es complicado, incluso para nosotros y es que el proceso no es tan simple como parece. Imaginemos a un grupo de amigos que quiere asistir a alguno de los cines de la ciudad, el problema es que cada uno de ellos quiere asistir al que le parece que está más cerca de su casa. Para que el grupo de amigos pueda resolver el problema es necesario que conversen entre ellos, y así, decidir a qué cine asistirán. Como podemos ver la comunicación en un grupo es necesaria, de esa forma es como el grupo de amigos logra establecer un punto medio para reunirse, otro punto importante es la variable de acuerdo, en este caso se refiere al lugar en el que se reunirán. Entonces, ¿cómo logran acuerdos los robots? Mantener la comunicación en el grupo es uno de los puntos más importantes, por ello, es necesario dotar al robot de sistemas electrónicos apropiados que le permitan comunicarse con los miembros que forman un grupo de robots. También, se requiere que a cada miembro del grupo de robots se le dote de la capacidad de tomar decisiones, haciendo cálculos matemáticos, esto se logra mediante dispositivos electrónicos que cumplen la función del cerebro, por lo que, estos dispositivos son colocados apropiadamente a bordo de cada agente robótico. Además, cada agente robótico debe ser capaz de percibir e interactuar con su entorno, haciendo uso de diferentes sensores es como se logra realizarlo. Dotar de todas las capacidades mencionadas hace que el grupo de robots tome características de una arquitectura descentralizada, esto significa que, cada robot es independiente y es capaz de tomar sus propias decisiones (Reyes Cortés y Cid Monjaraz, 2019).

En ingeniería, cuando se requiere que los robots logren un acuerdo debe existir una variable de interés y se hace uso de las estrategias de control de consenso, así el grupo de robots logra un acuerdo a través de la información que un robot recibe y comparte con sus vecinos. La información que un robot recibe se denomina, estados de información, generalmente los estados pueden ser; posición, velocidad, altura, obstáculos, etc. Dependerán de las características y uso que se le dé al grupo de robots, además, el valor del estado de información se actualiza en función de los estados de información de sus vecinos. La forma en que la información se recibe y se comparte se logra haciendo uso de estrategias matemáticas que permiten modelar el intercambio de información, en otras palabras, nos permite conocer entre qué robots se está produciendo un intercambio de información. Ejemplos de control de consenso pueden ser; la forma en que se realiza una formación, la hora de encuentro, la longitud del perímetro que se está monitoreando, la dirección, posición o trayectoria de movimiento de un enjambre de varios vehículos. Por lo tanto, un algoritmo consenso es una ley de control que permite actualizar los estados de información de los robots que forman el grupo para que alcancen un valor en común a este valor se le denomina valor de consenso (Gulzar et al., 2018; Hatanaka et al., 2015; Reyes Cortés y Cid Monjaraz, 2019).

Desacuerdos entre robots

Las principales causas por las que los robots no logran llegar a un acuerdo están ligadas a limitaciones tecnológicas, en primer lugar, se encuentran los sistemas de comunicaciones estos en muchas ocasiones están propensos a sufrir interrupciones o pérdida de conexión, también puede ocurrir que aparezcan valores desconocidos o no deseados, y la velocidad en que se transmite la información podría no ser la adecuada para el intercambio de información entre robots. Por otra parte, el cerebro

del robot “microcontrolador” puede no ser suficiente ya que este se encarga de procesar las señales recibidas y de preparar los estados de información que se comparten, además de ejecutar el algoritmo de consenso, y de realizar el control individual del agente.

Robots voladores y sus acuerdos

Existe una gran variedad de robots, pero ¿A qué nos referimos cuando decimos “robots voladores”? Los robots voladores también son comúnmente conocidos como vehículos aéreos no tripulados (UAV). En la literatura podemos encontrar que se considera a los misiles guiados como parte de los primeros robots aéreos, sin embargo, actualmente podemos encontrar una amplia variedad de sistemas inteligentes avanzados con características propias de un UAV. Entonces ¿Qué es un vehículo aéreo no tripulado (UAV)? Los UAV son aeronaves que no transportan operador humano a bordo, y están equipados con; servomotores, etapa de potencia, microprocesadores (el cerebro del robot) con interfaz de periféricos y puertos, además, se les integra programación hecha por un experto, sistemas de control remoto, y sensores, de tal forma que, pueden ser controlados en forma autónoma y/o de manera remota las 3 coordenadas cartesianas de posición y los 3 ángulos de orientación desde un operador en tierra (en plataforma o piso) (Sargolzaei et al., 2020).

Las aplicaciones más comunes que podemos encontrar haciendo uso de robots voladores son; búsqueda y rescate, cartografía geográfica, aplicaciones militares, entre otras aplicaciones. Mientras que las aplicaciones para múltiples robots voladores se encuentran directamente relacionadas con las mencionadas para un solo UAV. Ahora una breve descripción de las aplicaciones para múltiples vehículos aéreos no tripulados (Reyes Cortés y Cid Monjaraz, 2019):

Búsqueda y rescate: Entre las ventajas de hacer uso de vehículos aéreos no tripulados están que son más compactos y rentables y requieren menos tiempo para desplegarse que un avión o un helicóptero, especialmente cuando es necesario que hacer uso de una gran cantidad de vehículos aéreos no tripulados para realizar las tareas. Además de su agilidad, maniobrabilidad, rapidez, su visión a vuelo de pájaro y otras integridades, con las que pueden realizar trabajos prácticos de manera meritoria y rápida. En un ambiente en el que un grupo de múltiples UAV están gobernados por un control de consenso para llevar a cabo una tarea de búsqueda y rescate de heridos o víctimas, se deben tomar en cuenta el tiempo de respuesta y algunas restricciones propias de las características físicas de un UAV.

Vigilancia: La vigilancia es una de las aplicaciones de los UAV que ha sido más ampliamente ocupada en diferentes sectores.

Localización y mapeo: Los UAV se han convertido en una gran herramienta por su gran maniobrabilidad y por lo fácil que logran acceder a diferentes tipos de lugares con lo que es relativamente fácil mapear y modelar diferentes espacios tanto abiertos como cerrados.

Aplicaciones militares: Las aplicaciones militares prácticas y potenciales que podemos encontrar van desde reconocimiento y engaño de radares hasta la interferencia de misiles en tierra y aire, de esta forma las aplicaciones de control para un grupo de vehículos aéreos no tripulados en el ejército se pueden clasificar en dos categorías principales: reconocimiento y estrategias de penetración.

En diversas investigaciones científicas se ha demostrado que un grupo de UAV de bajo costo y bien organizados puede tener mejores efectos que un solo UAV de alto costo. Para lograr este tipo de aplicaciones, es necesario que los UAV deban volar cerca unos de otros con una estructura específica que les proporciona el diseñador del control, además, el control de vuelo en formación es una de las estrategias de cooperación más conocidas por la comunidad científica que consiste en que un conjunto de robots voladores vuele cerca unos de otros a una distancia definida, enviando y recibiendo entre ellos sus estados de información los cuales pueden ser las 3 coordenadas cartesianas de posición y los 3 ángulos de orientación que un UAV posee.

Existen diversas instituciones educativas en las que se estudia ampliamente las aplicaciones de la teoría del control de consenso. En el doctorado en ingeniería del lenguaje y del conocimiento “LKE” perteneciente a la Facultad de Ciencias de la Computación de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, podemos encontrar profesionales altamente capacitados con los que se puede consultar más detalles de este problema aún abierto para su investigación y aplicación, además se brindan las herramientas necesarias con las que es posible aplicar conceptos de inteligencia artificial, redes neuronales entre otras nuevas estrategias de aprendizaje para que un grupo de robots pueda lograr un objetivo común, mayormente conocido como “consenso”.

Referencias

Reyes Cortés, F., y Cid Monjaraz, J. (n.d.). Drones : cinemática, dinámica & control de cuadricópteros. 370.

Reynolds, C. W. (1987). FLOCKS, HERDS, AND SCHOOLS: A DISTRIBUTED BEHAVIORAL MODEL. *Computer Graphics (ACM)*, 21(4). <https://doi.org/10.1145/37402.37406>

Sargolzaei, A., Abbaspour, A., y Crane, C. D. (2020). Control of cooperative unmanned aerial vehicles: Review of applications, challenges, and algorithms. In *Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 1123). https://doi.org/10.1007/978-3-030-34094-0_10

Hatanaka, T., Chopra, N., Fujita, M., y Spong, M. W. (2015). [Communications and Control Engineering] *Passivity-Based Control and Estimation in Networked Robotics* (2015), Springer International.

Gulzar, M. M., Rizvi, S. T. H., Javed, M. Y., Munir, U., & Asif, H. (2018). Multi-agent cooperative control consensus: A comparative review. *Electronics (Switzerland)*, 7(2). <https://doi.org/10.3390/electronics7020022>