
Evaluación de la Práctica. Problema Propuesto

Antes de realizar el desarrollo de la práctica es imprescindible leer el documento anterior para comprender el modelado de problemas en PDDL y el funcionamiento de un planificador.

Brevemente, el objetivo de la práctica es el de modelar un escenario de planificación utilizando el lenguaje PDDL. Como objetivo adicional, utilizaremos el planificador proporcionado para familiarizarse con su uso y ejecución en algunos de los dominios facilitados.

Tras el desarrollo de la práctica, su evaluación consistirá en rediseñar y evaluar pequeñas modificaciones del problema propuesto.

Nota 1: se facilitan los dominios (y problemas) de planificación de *rovers*, *storage* y *pipes* como muestra de ejemplo. Para hacerse una idea aproximada de los mismos y su solución, bastará con probar los cuatro primeros problemas (p01, p02, p03 y p04) de cada dominio.

Nota 2: recordad que en el caso de lpg-td, un valor elevado del parámetro “-n <valor>” puede hacer que el planificador nunca termine.

Nota 3: recordad que lpg-td es un planificador no determinista, y el plan obtenido de una ejecución a otra puede ser notablemente distinto. Lo que se suele hacer en este caso es invocarlo un determinado número de veces y quedarse con la solución que se encuentre en la mediana de las ejecuciones. Por ejemplo, se ejecuta 3 veces y nos quedamos con la solución que esté en la posición media (ni la mejor ni la peor).

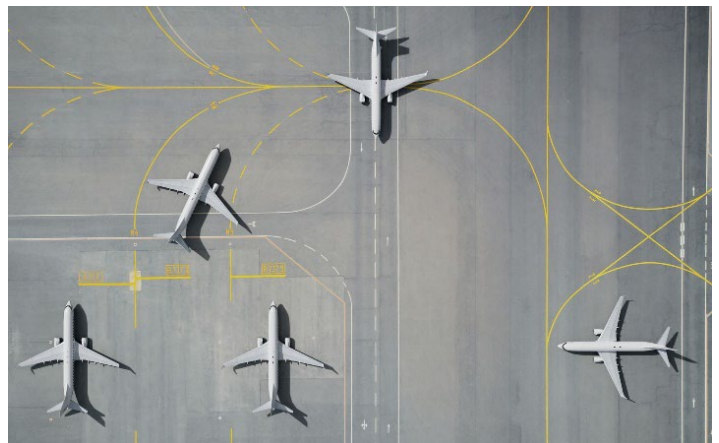
Ejercicio. Gestión inteligente de los movimientos de aviones en un aeropuerto

Utilizando técnicas de planificación inteligente, deseamos gestionar los movimientos de los aviones y los tractores, que remolcarán los aviones, a través de las distintas instalaciones de un aeropuerto: terminales y pistas (de rodaje y de aterrizaje). Cuando un avión aterriza, el flujo de movimiento es: pista de aterrizaje, pista/s de rodaje (recorriendo una o muchas) y aparcado en el finger (o pasarela de acceso) de una terminal. Cuando el avión desea despegar, el flujo será justo el inverso.

Los aviones pueden moverse de forma autónoma entre pistas, bien sean pistas de rodaje o pistas de aterrizaje. Sin embargo, debido a su limitada maniobrabilidad, no podrán llegar por sí solos a las terminales, teniendo que ser remolcados por los tractores. Es decir, un avión necesitará siempre a un tractor que lo remolque desde una pista de rodaje a la terminal y, en sentido inverso, desde la terminal a la pista de rodaje.

Los tractores son eléctricos (con el fin de reducir las emisiones contaminantes) y sin conductor. Por lo tanto, hay que planificar de forma autónoma todos sus movimientos, bien sea remolcando aviones o moviéndose cuando están vacíos.

El sistema a modelar presenta las siguientes características:



- Hay dos tipos de vehículos: aviones y tractores. Cada vehículo tiene una determinada velocidad.
- Hay dos tipos de pistas: de aterrizaje y de rodaje. También se dispone de terminales y fingers. Una terminal puede tener varios fingers, que conectarán a cada una de las puertas de la terminal. Necesitaremos modelar las acciones de desplegar el finger, para que el pasaje pueda abandonar el avión tras su llegada a la terminal, y replegar el finger, para que el avión esté listo para abandonar el aeropuerto.
- Los aviones pueden moverse libremente y sin ninguna ayuda extra entre pistas de aterrizaje y de rodaje (en cualquier sentido), pero no pueden alcanzar/abandonar las terminales por sí solos. Para que un avión pueda alcanzar/abandonar una terminal necesitará obligatoriamente ser remolcado por un tractor. Un tractor podrá moverse vacío o remolcando a un avión, pero nunca podrá llegar a una pista de aterrizaje. En otras palabras, las pistas de aterrizaje son exclusivas de los aviones, las terminales son exclusivas de los tractores (remolcando o no aviones) y las pistas de rodaje son para el movimiento de cualquier vehículo (tractor o avión). Existe un modelo de conexiones del aeropuerto, indicando los elementos que están conectados, así como la distancia entre ellos.
- Evidentemente, un tractor solo puede remolcar un avión en cada momento. Una terminal puede dar servicio a múltiples aviones gracias a sus múltiples fingers, pero cada finger solo puede servir a un avión en cada momento.
- Los tractores funcionan con batería, que debe cargarse en un cargador libre, situado en una terminal. Por tanto, se deberá modelar el nivel de carga restante de la batería y planificar cuándo/dónde se debe recargar para que el tractor no se quede sin batería. Actualmente, cada terminal dispone de un solo cargador. Un cargador solo puede cargar a un tractor en cada momento. Cada tractor tiene una duración de carga.
- De momento, el sistema está en modo de pruebas, por lo que el número de tractores y cargadores es limitado. Se prevé que estos números aumenten considerablemente en el futuro.

El modelo de conexiones del aeropuerto es el mostrado en las siguientes tablas. Lógicamente, un vehículo solo podrá moverse entre dos posiciones que estén conectadas (las celdas en blanco representan ausencia de conexión). Por simplicidad, la distancia entre dos posiciones se considera simétrica, aunque **habrá que modelarla explícitamente en los dos sentidos**:

	pista-rodaje1	pista-rodaje2	pista-rodaje3
pista-aterrizaje1	8	12	
pista-aterrizaje2	16		8

	pista-rodaje1	pista-rodaje2	pista-rodaje3
pista-rodaje1		8	
pista-rodaje2	8		4
pista-rodaje3		4	

	terminal1	terminal2	terminal3
pista-rodaje1	20	20	24
pista-rodaje2		12	12
pista-rodaje3			20

	terminal1	terminal2	terminal3
terminal1		8	
terminal2	8		12
terminal3		12	

Existen varias acciones a planificar:

- **Mover** un avión entre dos pistas (origen y destino), pudiendo ser indistintamente de aterrizaje o de rodaje. El avión se mueve por sí solo y no debe estar siendo remolcado por un tractor. La duración de la acción viene dada por la distancia a recorrer dividida por la velocidad del avión.
- **Mover** un tractor vacío, sin remolcar un avión, entre una terminal y una pista de rodaje (en cualquier sentido). La duración de la acción viene dada por la distancia a recorrer entre el origen y el destino dividida por la velocidad del tractor. Esta acción consume 2 unidades de batería del tractor, por lo que antes de ejecutarla hay que asegurarse de que la carga restante sea al menos de 2 unidades.
- **Remolcar** un avión por un tractor. Esta acción es análoga a la anterior, pero ahora remolcando un avión: el tractor remolcará al avión desde un origen a un destino, de forma que el avión pasará también del origen al destino. Un tractor solo puede remolcar un avión en cada momento. La duración de la acción viene dada por el doble de la distancia a recorrer dividida por la velocidad del tractor. Esta acción consume 4 unidades de batería del tractor, por lo que antes de ejecutarla hay que asegurarse de que la carga restante sea al menos de 4 unidades. Es decir, remolcar dura el doble que mover un tractor vacío y consume el doble de batería.
- **Desplegar** el finger de una terminal para que un avión pase a estar aparcado en ese finger. En un momento dado, el finger solo puede dar servicio a un avión. Hay que modelar que el avión esté aparcado en ese finger, porque no puede estar aparcado en varios fingers simultáneamente. Para desplegar el finger, el avión debe estar en esa terminal y no puede estar siendo remolcado. La duración de esta acción es de 2 unidades. Actualmente, disponemos de 4 fingers: finger1 en terminal1, finger2 en terminal2; y finger3 y finger4 en terminal3.
- **Replegar** el finger de una terminal para que un avión deje de estar aparcado en ese finger. Esta acción es la inversa de la anterior y también dura 2 unidades.
- **Recargar** la batería de un tractor en el cargador de la terminal. El cargador debe estar disponible para poder cargar la batería (solo se puede cargar un tractor en cada momento). Esta acción solo se llevará a cabo si la carga restante del tractor es menor o igual a 6 unidades. Tras la recarga, la carga restante del tractor pasará a ser de 10 unidades. También nos interesa conocer el número de recargas que se realizan en total, por lo que deberemos modelar dicho número. Cada vez que se recargue un tractor, se incrementará el número de recargas en una unidad. La duración de esta acción depende de la duración de la carga del tractor. Solo existen 3 cargadores, uno por terminal.

Desde el punto de vista de optimización, nos interesa minimizar la duración del plan y el número de recargas realizadas, utilizando la siguiente métrica para evaluar la calidad del plan:

(:metric minimize (+ (* 0.5 (total-time)) (* 10 (numero-recargas))))

Queremos obtener el plan para dar servicio a 6 aviones utilizando 2 tractores. En la siguiente tabla se muestra la información necesaria para cada vehículo:

Vehículo	velocidad	posición inicial	posición objetivo	carga restante tractor	duración carga tractor
avion1	2	pista-aterrizaje1	finger1	-	-
avion2	2	pista-aterrizaje2	finger3	-	-
avion3	4	finger1	pista-aterrizaje1	-	-
avion4	4	finger2	pista-aterrizaje2	-	-
avion5	2	finger3	pista-aterrizaje2	-	-
avion6	2	finger4	pista-aterrizaje1	-	-
tractor1	1	terminal2	terminal1	4	10
tractor2	1	pista-rodaje2	terminal2	2	14

Todos los tractores y cargadores están inicialmente disponibles.

Probad el planificador LPG en sus distintas opciones -n, -speed, -quality y estudiad/analizad los distintos planes solución (y métricas). LPG no muestra explícitamente el valor correcto de la métrica, por lo que si queremos conocerla debemos calcularla manualmente. El único valor correcto que proporciona LPG es el de la duración, pues LPG añade un coste ficticio a todas las acciones que no tienen coste asociado (típicamente 0.1). Por lo tanto, el número de las recargas y de la métrica se tiene que obtener a mano sobre el plan resultante.

NOTA. La mejor solución que hemos obtenido con LPG para este problema es un plan de duración 146, incluyendo 4 acciones de recarga. Hemos obtenido dos planes con esa misma métrica, uno de 29 acciones y otro de 31. Estos planes no tienen que corresponderse necesariamente con los valores de la solución óptima, sino que se corresponden con la mejor solución que hemos encontrado en nuestras pruebas.

A modo de ejemplo, para el avión1 se necesitará: 1) moverlo de la pista-aterrizaje1 a una pista de rodaje, 2) remolcarlo por un tractor desde esa pista hasta la terminal1 (es posible que se necesiten pistas de rodaje intermedias), y 3) desplegar el finger1 para que el pasaje pueda desembarcar en la terminal1.