

LEGO Master

Varias [compañías chinas](#) producen bloques de plásticos y planean competir con la danesa LEGO. Un problema que tienen es como llenar las cajas de sus productos de forma eficiente con la cantidad correcta de piezas. Un SET de bloques tiene en total $\sum C_i$ piezas, donde C_i es el cantidad de piezas de tipo i que se necesitan para construir el modelo. En total hay Y tipos de piezas diferentes que pueden usarse para construir un SET.



Figura 1.SET de bloques.

El escenario de operación en la planta empaquetadora es el siguiente: Hay una banda transportadora, en un extremo está un conjunto de dispensadores de piezas que dejan caer piezas de diferentes tipos. Las piezas sobre la banda en tiempos aleatorios, por ende varias piezas puede viajar en la misma posición de la banda pero la cantidad de piezas no es siempre igual al número de dispensadores. La banda se desplaza a velocidad constante v medida en pasos/segundos. El recorrido de la banda desde el inicio hasta el fin requiere N . En el otro extremo de la banda hay un tacho donde caen las piezas que no se han empaquetado. Ver figura 2.

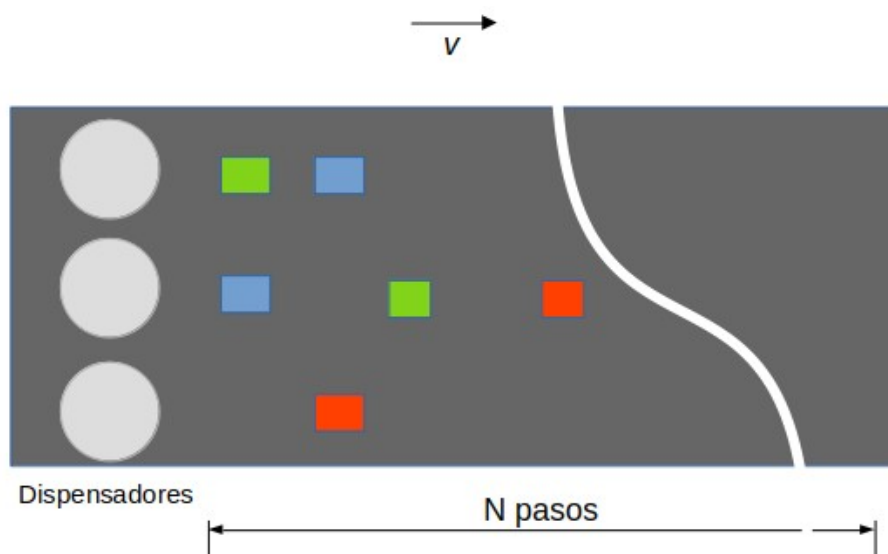


Figura 2. Extremo de la banda y ejemplo de movilidad de piezas, el color representa un tipo de pieza específica.

Entre los extremos de la banda hay una o más celdas de empaquetado colocadas en posiciones x_i . En cada celda, hay 4 brazos robóticos que seleccionan las piezas y las colocan en una caja. Los brazos se activan cuando hay piezas llegan a la posición x_i , pero solo dos brazos a la vez pueden retirar piezas de la banda y solo uno a la vez puede colocar la pieza retirada en la caja. Si no hay piezas disponibles o del tipo que se requiere para completar el set los robots deben esperar.



Figura 3. Ejemplo de celda de empaquetado.

El brazo que coloque la última pieza del SET en la caja, suspende la operación de la celda y notifica al operador humano que debe llevarse la caja. Este proceso puede tomar entre 0 y Δt_1 segundos. El operario humano emite un OK, si la cantidad de cada pieza es la correcta, o un FAIL si no. Luego activa la celda con un caja vacía. Las piezas que no fueron seleccionadas durante la operación de una celda, sea por que el SET ya completó las piezas de un tipo o por que ningún brazo alcanzó a retirarla de la banda, siguen moviéndose por en la banda y pasan a la siguiente celda de empaquetado. Si una pieza no es seleccionada en ninguna celda y llega al fin de la banda cae en el tacho.

Para reducir los costos de mantenimiento, se trata de que los brazos tiendan a mover la misma cantidad de piezas, independiente de su tipo. Cada Y piezas dispensadas el brazo que haya seleccionado más piezas suspende su operación por Δt_2 segundos para dar oportunidad a que otros brazos operen. Al final de la operación de la operación de empaquetado, se debe presentar un resumen de cuantas cajas fueron completadas correctamente, incorrectamente, y el numero de piezas sobrantes por tipo.

Para poder diseñar su solución busque respuesta a las siguientes preguntas:

- 1) ¿Cómo represento a las partes del SET, como el conjunto de piezas que salen de los dispensadores, en forma de piezas individual?
- 2) ¿Cómo planteo el problema de sincronizar el acceso a las piezas y a la caja? Podría ocurrir que el SET se complete y un robot tenga una pieza todavía.
- 3) ¿Cómo minimizo el tiempo para determinar cuál brazo robótico tiene que ser suspendido por que ha operado por el mayor tiempo?
- 4) ¿Bajo que condiciones puedo garantizar que si hay el numero exacto de piezas para X sets, se llenarán correctamente, sin piezas de más, X cajas?
- 5) ¿Cómo hago a mi diseño lo suficientemente robusto como para poner y sacar celdas en operación en tiempo de ejecución del empaquetado?