

Aufgabenplanung

Beispiel

1 Ausgangssituation

Im Normalfall befinden sich schon vor der Einplanung einer neuen Aufgabe bereits andere Aufgaben im Schedule. Für das folgende Beispiel wird in Abbildung 1 die Ausgangssituation dargestellt. Es existieren zwei Arbeitseinheiten w_1 und w_2 . Beide Einheiten haben eine Höchstgeschwindigkeit von $v_{max} = 0.5 \frac{m}{s}$. w_1 wurden bereits drei Aufgaben zugewiesen, w_2 dagegen zwei.

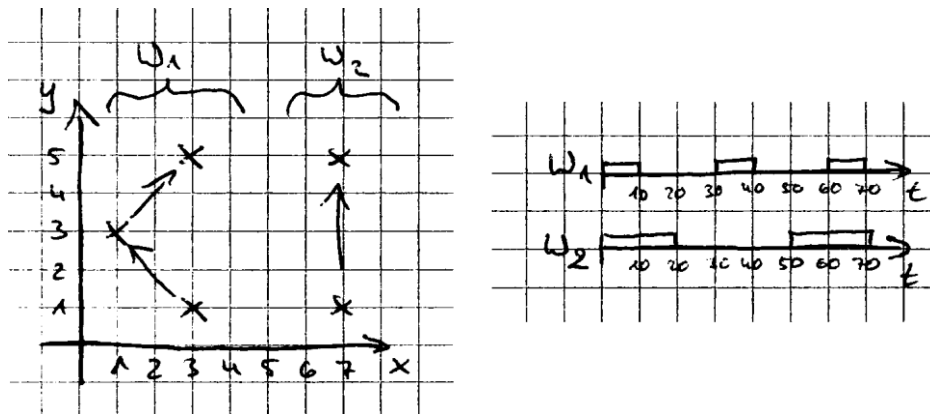


Abbildung 1: Bestehender Schedule

2 Aufgabenspezifikation

Zur Einplanung einer neuen Aufgabe muss diese zunächst spezifiziert werden. Dazu wird eine TaskSpecification erstellt. Diese definiert einen zeitlich und räumlich begrenzten Rahmen für die Aufgabe sowie deren Dauer.

Der räumliche Rahmen wird durch eine Punktmenge angegeben. Diese wird durch eine JTS-Geometrie angegeben. In diesem Beispiel handelt es sich um ein Rechteck.

```
ImmutablePolygon locationSpace = immutableBox(4, 2, 6, 4);
```

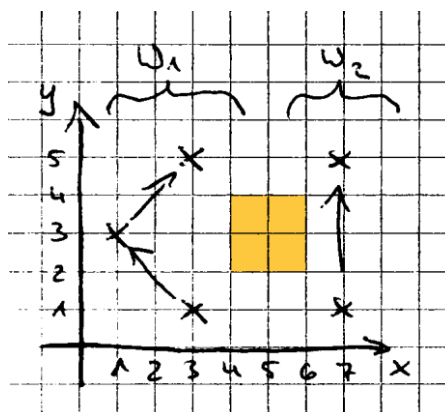


Abbildung 2: Aufgabenareal (orange)

Der zeitliche Rahmen wird durch ein Intervall für die Startzeit angegeben. Innerhalb dieses Intervalls muss eine Arbeitseinheit vor Ort sein und die Aufgabe starten.

```
LocalDateTime earliest = LocalDateTime.of(2000, 1, 1, 0, 0, 10);  
LocalDateTime latest   = LocalDateTime.of(2000, 1, 1, 0, 0, 60);
```

Die Dauer gibt Auskunft darüber wie viel Zeit die Ausführung der Aufgabe in Anspruch nehmen wird.

```
Duration duration = Duration.ofSeconds(10);
```

3 Wahl des Ortes

Zunächst wird der konkrete Ort der Aufgabe gewählt. Dieser ist ein Punkt aus dem Aufgabenareal, in diesem Fall die Mitte des Rechtecks:

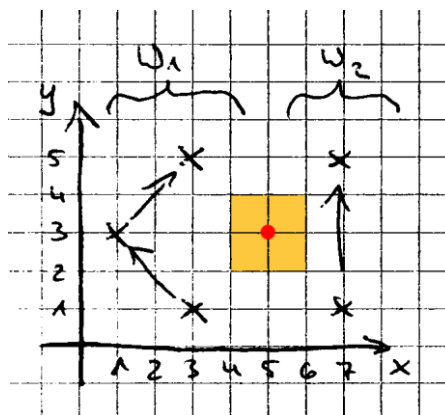


Abbildung 3: Konkreter Ort (rot)

Weiter gilt zu beachten, dass sich der Punkt nicht innerhalb eines stationären Hindernissen befindet. Dies ist in diesem Beispiel jedoch unproblematisch, da es keine Hindernisse gibt.

4 Wahl der Arbeitseinheit

Nun soll eine Arbeitseinheit bestimmt werden, welche sich der Aufgabe annehmen soll. Da beide Arbeitseinheiten bereits Aufträge haben, muss überprüft werden, ob die neue Aufgabe überhaupt in deren Zeitplan passt.

Ausschlaggebend dafür sind die Pausen der Arbeiter während des zeitlichen Rahmens, der von der Spezifikation vorgegeben wurde.

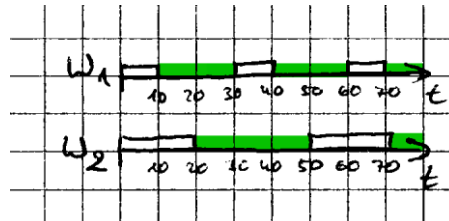


Abbildung 4: Pausen der Arbeitseinheiten (grün)¹

Alle Pausen, die in den vorgegebenen Rahmen fallen, werden genauer betrachtet. Hier betrifft dies die drei Pausen zwischen den bestehenden Aufgaben. Eine Pause muss drei notwendige Bedingungen erfüllen. Andernfalls ist es unmöglich, dass die Einheit die neue Aufgabe bearbeiten kann ohne ihren Zeitplan zu verletzen.

1. Die Zeit ist ausreichend, um von der vorherigen Aufgabe zur neuen zu fahren bevor sich das erlaubte Zeitfenster schließt:

$$t_{max} - t_1 \geq \frac{s_1}{v_{max}}$$

2. Die Zeit ist ausreichend, um von der neuen Aufgabe zur nachfolgenden zu fahren ohne das Zeitfenster zu verletzen:

$$t_2 - t_{min} \geq \frac{s_2}{v_{max}} + d$$

3. Die Zeit ist ausreichend, um die neue Aufgabe nach der vorherigen und vor der nachfolgenden abzüglich der Fahrzeit vollständig auszuführen:

$$t_2 - t_1 \geq \frac{s_1 + s_2}{v_{max}} + d$$

s_1 und s_2 sind die Strecken der Luftlinien zu und von der neuen Aufgabe. v_{max} ist die Höchstgeschwindigkeit der Arbeitseinheit. t_1 und t_2 sind die Zeitpunkte, an denen die vorherige Aufgabe beendet und die nachfolgende gestartet wird. d ist die Dauer der neuen Aufgabe. Das Zeitintervall, in der die neue Aufgabe gestartet werden muss, ist durch $[t_{min}, t_{max}]$ gegeben.

Die ersten beiden Bedingungen stellen sicher, dass die neue Aufgabe während des vorgegebenen Zeitintervalls begonnen wird. Die dritte Bedingung ist wahr, wenn zwischen Ende und Beginn der bereits eingeplanten Aufgaben genügend Zeit für den Fahrweg und der Aufgabendauer vorhanden ist.

¹ Der Bereich nach der letzten Aufgabe ist ebenfalls eine Pause, welche „praktisch unbegrenzt“ ist.

Alle drei Bedingungen werden nur von der großen Pause von w_2 erfüllt. Die Pause dauert von $t_1 = 20\text{ s}$ bis $t_2 = 50\text{ s}$ an. Die Strecke zum neuen Aufgabenort beträgt $s_1 = \sqrt{8}\text{ m} \approx 2.83\text{ m}$. Dieselbe Strecke muss (zufälligerweise) auch zur nachfolgenden Aufgabe zurückgelegt werden: $s_2 = s_1 \approx 2.83\text{ m}$. Die früheste Startzeit ist $t_{\min} = 10\text{ s}$, die späteste $t_{\max} = 60\text{ s}$, die Dauer $d = 10\text{ s}$. Diese Werte werden in die Bedingungen eingesetzt. Wie bereits erwähnt, sind hier alle Bedingungen wahr und die Pause wird gewählt.

5 Planung der Fahrwege

Zuletzt müssen die zwei neuen Fahrwege berechnet werden, die zur neuen Aufgabe und der nachfolgenden führen. Der alte Fahrweg wird von diesen ersetzt.

Fahrwege besitzen eine räumliche und zeitliche Komponente. Zunächst werden nur die räumlichen Komponenten beider Fahrwege berechnet. Dazu wird der `StraithEdgePathfinder` verwendet.

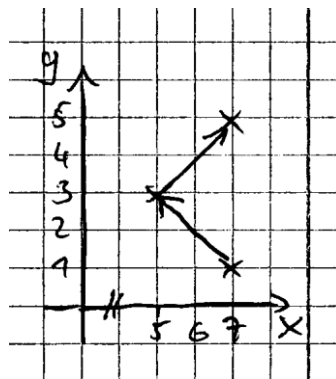


Abbildung 5: Räumliche Fahrwege

Anschließend muss das Geschwindigkeitsprofil berechnet werden. Die Besonderheit hier ist, dass nicht unbedingt nur die Geschwindigkeitsprofile der zwei neuen Fahrwege berechnet werden. Unter Umständen werden auch die Profile bestehender Fahrwege Neuberechnet. Dieser Fall tritt dann auf, wenn zuvor ein Arbeiter dem Fahrweg ausweichen musste, welcher nun durch die neuen ersetzt wird. Da es in diesem Beispiel keine solche Situation vorliegt, müssen nur zwei Profile berechnet werden.

Bei der Berechnung der Geschwindigkeitsprofile unterscheidet sich das Vorgehen von beiden Fahrwegen. Der erste Fahrweg soll die Arbeitseinheit so schnell wie Möglich zum Aufgabenort bringen. Deshalb wird hier ein `MinimumTimeVelocityPathfinder` verwendet. Der zweite Fahrweg muss dagegen die Einheit nach Abschluss der Aufgabe exakt zum geplanten Zeitpunkt der nachfolgenden Aufgabe führen. Daher wird dazu der `FixTimeVelocityPathfinder` verwendet. In der unteren Abbildung ist das Geschwindigkeitsprofil beider Fahrwege während der ehemaligen Pause zu sehen:

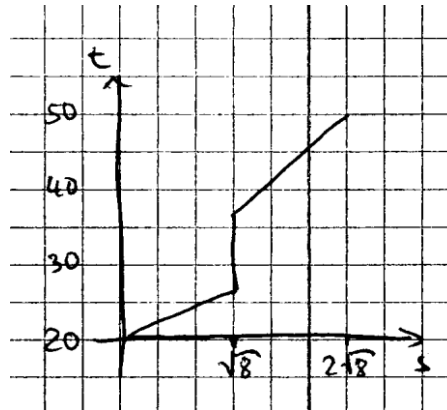


Abbildung 6: Geschwindigkeitsprofil

Das Geschwindigkeitsprofil bildet die zeitliche Komponente des Fahrweges. Zusammen mit dem bereits berechneten räumlichen Pfad bilden diese eine Trajektorie.

6 Vereinfachungen

- In diesem Beispiel gab es kein Backtracking.
- Die Auswirkung auf Datenstrukturen der Arbeiter wurde nicht beschrieben.
- Die Ausgangssituation ist stark vereinfacht, da sie keine stationären oder dynamischen Hindernisse enthält.
- Auf das genaue Vorgehen bei der Wahl des Ortes wurde nicht eingegangen. Unter Umständen werden mehrere Orte getestet, falls die vorherigen nicht zum Erfolg führten.
- Die Algorithmen zur eigentlichen räumlichen und zeitlichen Pfadfindung wurden nicht beschrieben.
- Bei der Fahrwegplanung wurden Hindernisse außen vor gelassen. Hier muss beispielsweise auch die Form der Arbeitseinheiten beachtet werden.
- Arbeitseinheiten sind selbst auch dynamische Hindernisse, die ebenfalls nicht betrachtet wurden
- Das genaue Vorgehen bei der Aktualisierung bestehender Fahrwege wurde nicht erläutert.