Heuristiken für aperiodische Fahrplangestaltung mit OD-Paaren

von Jennifer Anhalt

23.11.2010

Möchte man einen für die Passagiere guten Fahrplan erstellen, so tritt das Problem auf, dass der Fahrplan von der Wahl der Wege der Passagiere abhängt und die Wahl der Wege der Passagiere wiederum vom Fahrplan.

Man modelliert das Problem der (aperiodischen) Fahrplangestaltung durch ein Event-Activity Network $EAN = (\mathcal{E}, \mathcal{A})$ (d.h. als Netzwerk gegeben durch eine Menge von Ereignissen als Knoten und eine Menge von Aktivitäten als Kanten zwischen den Ereignissen). Lässt man die Wahl der Wege außen vor, und nimmt an, man hätte die Verteilung der Passagiere gegeben, so lässt sich das Problem der aperiodischen Fahrplangestaltung ohne OD-Paare folgendermaßen definieren:

$$
\begin{aligned}
\min \quad & \sum_{a=(i,j)\in\mathcal{A}} w_a(\Pi_j - \Pi_i) && && (1)\\
\text{s. d.} \quad & \Pi_j - \Pi_i \le U_a && \forall a=(i,j)\in\mathcal{A} && (2)\\
& \Pi_j - \Pi_i \ge L_a && \forall a=(i,j)\in\mathcal{A} && (3)\\
& \Pi_i \in \mathbb{N}
\end{aligned}
$$

Dabei sind (2) und (3) die Zulässigkeitsbedingungen für das aperiodische Fahrplanproblem und w_a ist die Anzahl der Passagiere, die Kante $a = (i, j)$ benutzen.

Bezieht man nun die Wahl der Wege der Passagiere mit ein, so kann man die Passagierdaten durch OD-Paare darstellen. Es werden virtuelle Knoten und virtuelle Kanten definiert: Für alle Abfahrtsereignisse an einem Bahnhof v_i wird ein (virtueller) Origin-Knoten u eingeführt. Die Kanten, die diese mit dem Origin-Knoten verbinden, heißen virtuelle Origin-Kanten. Analog werden Destination-Knoten und Destination-Kanten definiert. Das Netzwerk $\mathcal{N}$ mit virtuellen Knoten und Kanten wird mit $\mathcal{N}'$ bezeichnet. Da das Problem der aperiodischen Fahrplangestaltung mit OD-Paaren NP-schwer ist, wird eine Heuristik eingeführt, die das Problem in die beiden Probleme **Routing durch $\mathcal{N}'$** und **Lösen des aperiodischen Fahrplanproblems ohne OD-Paare** unterteilt (beide in P) und diese beiden Teilprobleme iteriert.

Algorithmus:
Input: Instanz I eines aperiodischen Fahrplanproblems mit OD-Paaren mit Ereignis-Aktivitätsnetzwerk $\mathcal{N}$, Anzahl der Schritte S
Output: Ein zulässiger Fahrplan für I

1. Leite die Passagiere durch $\mathcal{N}'$ mit einem kürzeste Wege Algorithmus mit minimaler Aktivitätsdauer als Kantenlängen.
2. Falls es für ein OD-Paar keinen Weg gibt, oder ein Kreis negativer Länge im Netzwerk $\mathcal{N}^*$ existiert: STOP
3. Ordne jeder Kante in $\mathcal{N}$ ein Gewicht w_e^0 nach Schritt 1 zu, dass die Anzahl der Passagiere repräsentiert.
4. Erstelle einen aperiodischen Fahrplan Π^0, der optimal ist, für die Kantengewichte w_e^0
5. For $i = 1, \dots S$ do
   {
   5.1 Leite die Passagiere durch $\mathcal{N}'(\Pi^{i-1})$ mit Dijkstra's Algorithmus mit $\Pi_k^{i-1} - \Pi_j^{i-1}$ als Kantenlängen.
   5.2 Ordne jeder Kante in $\mathcal{N}$ ein Gewicht w_e^i (aus Schritt 5.1) zu, das die Anzahl der Passagiere repräsentiert
   5.3 Erstelle einen aperiodischen Fahrplan Π^i, der bzgl. der Gewichte w_e^i optimal ist.
   5.4 If $(\Pi^i = \Pi^{i-1})$ then {
      - return Π^i

      }

   }
6. return Π^S