

Heuristische Optimierungsverfahren

2. Programmierübung

Johannes Reiter - 0625101, Christian Gruber - 0625102

26. Jänner 2009

1 Minimum Energy Broadcast Problem

Das *Minimum Energy Broadcast Problem (MEBP)* ist ein NP-hartes Optimierungsproblem für das Verbinden von mobilen Geräten in einem drahtlosen Ad-hoc Netzwerk. Es gilt eine Konfiguration für das Netzwerk zu finden, bei der die Sendeleistung und die nötige Energie für die Kommunikation möglichst minimal ist. Die Aufgabenstellung ist nun so, dass eine Nachricht ausgehend von einem vorgegebenen Knoten an alle anderen weitergegeben werden soll. Dabei können Knoten, die die Nachricht schon erhalten haben, auch als Zwischensender dienen, da dies eine energiesparendere Kommunikation ermöglicht. Gesucht sind nun konkrete Pfade, wie die einzelnen Knoten an den Startknoten angebunden werden.

Ein bisschen abstrakter haben wir einen vollständigen gerichteten Graph $G = (V, E, d)$ gegeben. Eine Lösung wird nun durch einen zusammenhängenden gerichteten Spannbaum $T = (V, E_T)$ repräsentiert, in der die Gesamtübertragungsleitung

$$c(P) = \sum_{i \in V} \max_{(i,j) \in E_T} d_{ij}^l$$

minimiert wird. In unserem Fall ist $l = 3$. Ein Knoten j bekommt nun die Nachricht von dem Knoten i , falls es eine Kante $(i, j) \in E_T$ gibt.

1.1 Ant Colony Optimization

Wir verwenden den *MAX-MIN Ant System (MMAS)* als ACO Algorithmus. Dabei werden von 10 künstlichen Ameisen Lösungen generiert, die mittels einer lokalen Suche anschließend noch wenn möglich verbessert werden. Das Pheromon-Modell sieht bei uns so aus, dass die Variable τ_{ij} den Wunsch vom Knoten i zum Knoten j die Nachricht zu senden ausdrückt. Zu Beginn und bei jedem Neustart nach einem bereits konvergierten Zustand werden alle $\tau_e = 0.5$ gesetzt. Beim Konstruieren einer Lösung verwendet jede Ameise eine eingeschränkte Kandidatenliste E_{cand} , von der sie über die Wahrscheinlichkeiten

$$p(e) = \frac{\tau_e \cdot \eta(e)}{\sum_{e' \in E_{cand}} \tau_{e'} \cdot \eta(e')}$$

der einzelnen möglichen Kandidaten einen auswählen. Ermöglicht dieser Schritt weitere Knoten ohne zusätzliche Kosten der Teillösungen hinzuzufügen, wird das anschließend erledigt. Danach wird der nächste Knoten wieder mittels der Wahrscheinlichkeiten ausgewählt. Nachdem alle Ameisen ihre Lösungen generiert haben, wird das Pheromon-Update über die Formel

$$\tau_e = \min(\max(\tau_{min}, \tau_e + p \cdot (\xi_e - \tau_e)), \tau_{max})$$

durchgeführt, wobei das $\xi_e = \frac{2}{3}$ falls e in der besten Lösung aus dieser Iteration, $\xi_e = \frac{1}{3}$ falls e in der besten Lösung seit dem letzten Neustart oder $\xi_e = 1$ falls e in beiden besten Lösungen enthalten ist.

1.2 Verbesserungsheuristik

Als Verbesserungsheuristik wurde Variable Neighborhood Descent (VND) verwendet. Als Nachbarschaftsstruktur wurde r-shrink, das in Kapitel 1.2.1 beschrieben wird, verwendet. Dabei ist r die Anzahl der Nachkommen eines Knoten die versucht werden an einem anderen Knoten anzuhängen. Im VND werden verschiedene Nachbarschaften verwendet, indem r die Werte 1 bis $|V - 1|$ annimmt.

1.2.1 r-shrink

Hier wird für einen Knoten q versucht die r am weitesten entfernten Nachkommen N von q an einem anderen Knoten, des selben Levels $L(q)$, anzuhängen. Ein Knoten $n \in N$ wird an einem anderen Knoten p angehängt wenn $dist(q, n) > dist(p, n)$, wobei $dist(x, y)$ die Distanz zwischen Knoten x und Knoten y ist.

1.3 Ergebnisse

Für unsere Ergebnisse haben wir pro Instanz 30 runs durchgeführt. Die Anzahl der Ameisen haben wir auf 10 gesetzt. Die weiteren Parameter sind die Verdampfungsrate $p = 0.1$, $\tau_{min} = 0.01$ und $\tau_{max} = 0.99$.

Testinstanz	bester Zielfunktionswert	durchschn. Zielfunktionswert	Standard- abweichung	Laufzeitlimit[s]	Zeit bis zur besten Lösung
mebp-01	120.826.733	120.826.733	0	1	1 s
mebp-02	143.277.594	145.205.408	3.731.328	1	2 s
mebp-03	70.559.499	70.559.499	0	1	1 s
mebp-04	76.131.078	75.620.269	1.117.469	10	5:03 min
mebp-05	74.330.081	76.297.278	2.860.131	10	4:28 min
mebp-06	69.484.532	69.566.186	632.376	10	10 s
mebp-07	28.801.520	29.007.928	142.955	250	1:57 h
mebp-08	29.162.116	29.855.753	313.952	250	29:17 min
mebp-09	27.592.543	28.093.996	213.241	250	1:59 h
mebp-10	19.056.773	19.267.577	123.018	2000	13:57 h
mebp-11	18.239.686	18.454.254	105.769	2000	03:54 h
mebp-12	18.459.750	18.403.138	103.441	2000	31:01 min