



Informatik-Verbund Stuttgart
der Universität Stuttgart



IVS-Award 2021

mit Prämierung am 29.11.2021 für

Herrn Leonhard Grosse

**für seine am Institut für Kommunikationsnetze und
Rechnersysteme (IKR) durchgeführte Bachelorarbeit
(Abgabe: 01/2021) mit dem Titel**

Entwicklung und Bewertung einer Heuristik zur anforderungsgerechten Verkehrslenkung in Transportnetzen

Zusammenfassung

Das verstärkte Aufkommen von Internet-basierten Dienstleistungsangeboten mit kritischen Latenzanforderungen innerhalb des letzten Jahrzehnts macht den kostspieligen Ausbau von Kapazitäten der Transportnetze der Netzbetreiber notwendig. Der Best-Effort-Ansatz bisher eingesetzter Routing-Algorithmen in den Netzen für alle Kunden der Netzbetreiber macht jedoch eine Vermarktung dieser erhöhten Leistungsfähigkeit der Netze schwierig. Dies stellt für die Netzbetreiber ein Problem hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit des Netzbetriebs dar. Routing-Algorithmen, die die Differenzierung verschiedener Dienstklassen für die Netzbetreiber ermöglichen, sind Gegenstand der aktuellen Forschung am Institut für Kommunikationsnetze und Rechnersysteme (IKR) der Universität Stuttgart. Um hinsichtlich Rechenzeit effektive Algorithmen zu entwickeln, sollen heuristische Verfahren zur Umsetzung dieser Differenzierung untersucht werden. Aufbauend auf Wegesuchalgorithmen aus der Literatur wurden drei verschiedene Ansätze entwickelt. Zwei der Ansätze wurden in der Simulationsumgebung für Mehrschichtsysteme des IKR in der Programmiersprache Java implementiert. Zur Bewertung wurden Simulationen mit dynamischen Verkehrsdaten aus den Forschungsnetzen Géant und Abilene durchgeführt. Die Algorithmen zeigen für beide Netze eine Erhöhung der Latenzen, die sich mit den in der Entwicklung angedachten Parametern steuern lassen.

Erwartungsgemäß verringern die Heuristiken die Rechenzeit der Simulation verglichen mit Ansätzen der ganzzahligen linearen Programmierung. Die ideale gewünschte Latenzerhöhung aller Demands kann jedoch von keinem der Algorithmen erreicht werden. Angestellte Betrachtungen bezüglich des Blockierungsverhaltens der Algorithmen zeigen erneut Steuerbarkeit über die Einstellparameter sowie die erwartete Korrelation mit den erzeugten Verzögerungszeiten. Auswirkungen der entwickelten Mechanismen der Algorithmen sowie der Eigenschaften der betrachteten Netze auf die Simulationsergebnisse werden thematisiert. Abschließend werden Ideen zur zukünftigen Verbesserung der Ansätze sowie des Simulationsszenarios genannt.

Schlüsselwörter: *Kommunikationsnetze, Transportnetze, Wegesuchalgorithmen, Heuristik, QoS, Verzögerungszeit*

Abstract

The increased emergence of Internet-based services with critical latency requirements within the last decade necessitates the costly expansion of capacities in the network operators' transport networks. However, the best-effort approach of deployed routing algorithms in the networks for all customers of the network operators makes it difficult to market this increased network-capacity. This poses a problem for network operators in terms of the economic efficiency of network operation. Routing algorithms that enable the differentiation of different service classes for network operators are the subject of current research at the Institute of Communication Networks and Computer Engineering (IKR) at the University of Stuttgart. In order to develop effective algorithms with respect to computation time, heuristic methods for implementing this differentiation will be investigated. Based on path search algorithms from the literature, three different approaches were developed. Two of the approaches were implemented in the IKR's simulation environment for multilayer networks in the Java programming language. Simulations using dynamic data from the Géant and Abilene research networks were performed for evaluation. The algorithms show an increase in latencies for both networks, which can be controlled by the parameters considered in the development.

As expected, the heuristics reduce the computation time of the simulation compared to integer linear programming approaches. However, the ideal desired latency increase cannot be achieved for all Demands by any of the algorithms. Considerations regarding the blocking behavior of the algorithms show again controllability via the setting parameters as well as the expected correlation with the generated delay times. Effects of the developed mechanisms of the algorithms as well as the properties of the considered networks on the simulation results are addressed. Finally, ideas for future improvement of the approaches as well as the simulation scenario are mentioned.

Key Words: *Communication Networks, Transport Networks, Path-Search Algorithms, Heuristic, QoS, Delay*