

# Centralized Graph-Search Algorithms for Effective Trajectory Planning of Networked Vehicles

(Masterarbeit)



LUKAS HEYN

## Motivation

Eine grundlegende Teilaufgabe zur Automatisierung von Fahrzeugen ist die Trajektorienplanung. Aufgrund von Hindernissen wird diese üblicherweise als nicht-konvexes Optimierungsproblem modelliert. Im Rahmen des Projektes Groko-Plan wird stattdessen eine vernetzte graphenbasierte Planung betrachtet. Hier wird die Modellierung der Systemdynamik von Fahrzeugen als Zustandsautomat angelegt. Zustandsübergänge sind die durchführbaren Manöver der Fahrzeuge. Im zentralisierten Fall wird die Abfolge der Zustandsübergänge in einem einzigen Baum zusammengefasst, der exponentiell mit der Anzahl der Fahrzeuge und der maximalen Suchtiefe wächst. Die derzeitige Implementierung hat große Leistungsprobleme und einen enormen Arbeitsspeicherverbrauch, sodass auch mit modernen Rechnern eine Planung mit mehr als 3 Fahrzeugen praktisch unmöglich ist. Das Konzept der zentralisierten Planung wird dennoch weiterverfolgt, da es effektiver als das der verteilten Planung sein kann.

## Stand der Technik

**Inkrementeller Ansatz:** Aktuell erfolgt die Graphensuche mit  $A^*$ . Nach jeder Iteration wird ein Manöver durchgeführt und eine neue Suche gestartet. Etablierte inkrementelle Ansätze wie  $D^*$  Lite versprechen Effizienzsteigerungen, aber werden dem speziellen Problem nicht gerecht. Außerdem ändert sich der Wert der Heuristik, so dass der Graph einer früheren Iteration nicht wieder für  $A^*$  verwendbar ist.

**Probabilistischer Ansatz:** Mit  $A^*$  werden übermäßig viele Knoten erweitert, die zu Kollisionen führen würden. Viele davon liegen aufgrund der hohen Anzahl an Expansionsmöglichkeiten dicht beieinander. Diesem Problem begegnet man meist mit probabilistischen Graphenalgorithmien wie Monte Carlo Tree Search, die mehr auf Exploration als auf reine Exploitation wie  $A^*$  setzen.

**Fahrzeuggruppen Ansatz:** Trajektorienoptima sind unabhängig, wenn keine Überschneidungen der Trajektorien möglich sind. Um dem exponentiellen Wachstum entgegenzuwirken, lassen sich voneinander unabhängige Trajektorien getrennt planen. Abhängige Trajektorien bilden Gruppen, die weiterhin zentralisiert geplant werden, jedoch untereinander parallel berechnet werden können.

## Zielsetzung

Ziel der Arbeit ist eine schnellere und ressourcenschonendere effektive Planung von Trajektorien, als es mit der aktuellen Implementierung möglich ist.

## Geplante Vorgehensweise

Die Implementierung liegt bisher hauptsächlich in Matlab vor. Um die Performance zu steigern, soll die Graphensuche nach C++ ausgelagert werden. Als Schnittstelle soll ROS2 oder Matlab mex dienen. Im ersten Schritt soll der bisherige naive Ansatz in C++ implementiert werden. Danach folgen Implementierungen auf Basis des vorgestellten inkrementellen, probabilistischen und Fahrzeuggruppenansatzes, ebenfalls in C++. Abschließend sollen Optimalität und Performance evaluiert werden.