



Network Flow Optimization for Inter-Satellite Communication

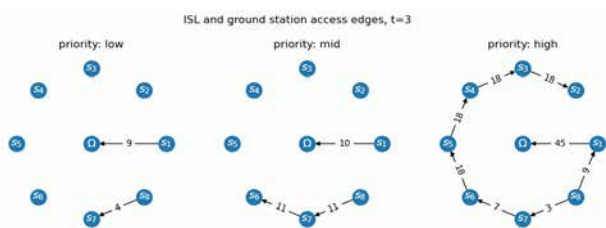


Abb. 1 Paketfluss im Netzwerk bei maximalem ISL-Fluss von 18.

Problemstellung

Für ein Kommunikationsnetzwerk mit 8 Satelliten sollen die Paket-Latenzen bis zur Bodenstation minimiert werden. Dafür werden «Inter-Satelliten Links» (ISL) eingesetzt. In dieser Arbeit geht es darum eine «policy» zu entwickeln, die mittels linearer Programmierung die Latenzzeit, die eine Nachricht braucht um an eine Bodenstation zu gelangen, minimiert. Ausserdem können Paketen Prioritäten von hohem, mittlerem oder niedrigem Gewicht zugewiesen sein.

Lösungskonzept

Das Kommunikationsnetzwerk wurde als lineares Programm (LP) erstellt. Dafür wurde eine Zeit-Diskretisierung vorgenommen. Satelliten wurden als Knoten und Nachrichtenflüsse als Kanten modelliert. Die Latenz der Paketflüsse in den Kanten wird mit dem LP optimiert. Für dieses gelten auch Einschränkungen, wie eine Obergrenze für die Anzahl Pakete in den ISL-Kanten. Auf diese Weise, wurde an jedem Zeitschlitz ein LP erstellt, gelöst und mit den Lösungen das lineare Programm für den nächsten Zeitschlitz aktualisiert und wiederum gelöst. Dieses Vorgehen kann dynamisch in Echtzeit vom Netzbetreiber bedient und wiederholt werden.

Realisierung

Das LP wurde mit der Programmiersprache Python und mit der Bibliothek «PuLP» entwickelt. Die LP werden mit einem Solver wie «GLPK» oder «CBC» gelöst. Im Rahmen dieses Projektes wurde eine Applikation entwickelt, die auch auf dynamische Weise lineare Programme erstellen, aktualisieren und für die nächsten Zeitschlitz lösen kann.

Ergebnisse

Die linearen Programme respektieren die Einschränkungen in den ISL-Kanten des Netzwerks. Sie minimieren effektiv die Latenzzeit von Paketen. Die dynamische Herangehensweise zeigt sich abhängig von der Paketvoraussage für zukünftige Zeitschlitz und robust für Schwankungen.

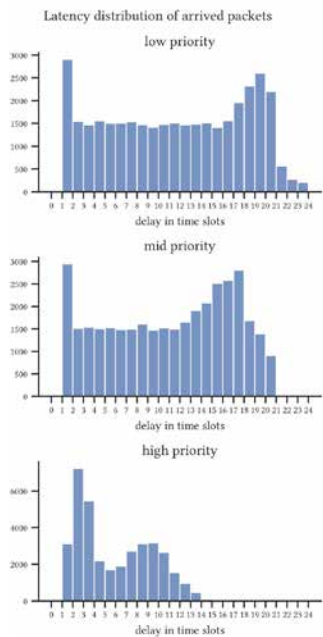


Abb. 2 Verteilung von Paket-Latenzzeiten nach 457 Zeitschlitz, die in der Bodenstation angekommen sind.

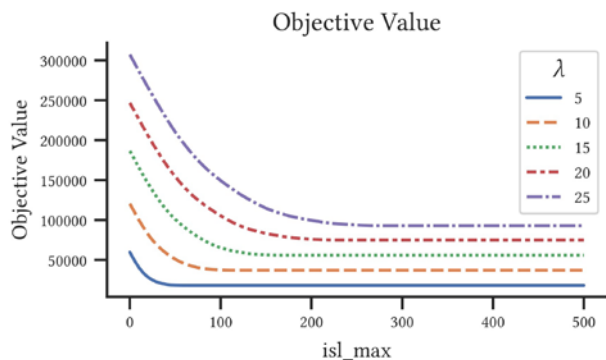


Abb. 3 Wert der Optimierungsfunktion in Abhängigkeit vom Mittelwert «λ» der eintreffenden Pakete und vom maximal ISL-Fluss «isl_max»