

Алгоритм решения задачи № 12 “Сервис планирования передачи данных от космических аппаратов на земные станции”

1. Введение

Кратко задача формулируется следующим образом. Необходимо спланировать передачу данных с 200 спутников на 14 земных станций в течение 13 суток так, чтобы (i) максимизировать общий объем переданных данных, (ii) максимизировать длительность работы системы без переполнения запоминающих устройств (ЗУ) спутников. У 50 из 200 спутников выше скорость передачи данных и больше объем ЗУ, чем у оставшихся 150. Подробное описание задачи доступно в техническом задании [1].

2. Алгоритм планирования

Предлагается следующий жадный алгоритм для решения поставленной задачи.

На первом этапе алгоритма интервал моделирования (13 суток) разбивается на интервалы планирования длительностью t секунд. Например, t может быть равно 1 секунде, в этом случае формируется 1123200 1-секундных интервалов планирования. При этом рассматриваются дискретные моменты времени, и система спутников и станций рассматривается как система взаимодействия активных агентов в дискретном времени.

В каждый дискретный момент времени для каждой станции формируется список из спутников, с которыми возможен сеанс связи. Последовательно для каждого интервала планирования начиная с первого для каждой станции назначаются сеансы связи между станциями и спутниками. Для каждого спутника подсчитывается состояние ЗУ на каждом интервале планирования в зависимости от состояния спутника на данном интервале. Если в данный интервал список доступных спутников для станции не пуст, то станция выбирает для связи спутник, удовлетворяющий следующим требованиям:

- спутник не должен находиться в режиме сброса данных на какую-либо станцию
- ЗУ спутника не должно быть пустым
- для сброса всех данных, накопленных в ЗУ требуется не менее 5 моментов времени
- если спутник находится в режиме мониторинга, то его ЗУ переполнится до окончания мониторинга (по причине выхода спутника из зоны видимости нужной территории).

Логика данных требований такова, что в силу того, что скорость заполнения ЗУ спутника в несколько раз выше (от 4 до 16), чем скорость сброса данных на станцию, необходимо максимизировать время

мониторинга в доступное дневное время, даже если это приводит к большему времени работы системы, когда ЗУ части спутников переполнена.

Непосредственно максимизируемое значение жадного критерия было сформулировано разными способами:

- отношение текущего объема ЗУ к полному объему
- отношение текущего объема ЗУ к скорости передачи данных (со знаком минус)
- отношение разности между полным объемом ЗУ и текущим объемом к скорости заполнения ЗУ, нормированное на время от текущего момента до следующего выхода спутника из зоны видимости нужной территории (со знаком минус).

Данные критерии показали в целом схожую производительность.

Дополнительно, если во время сброса данных, наступает момент в котором при переключения спутника в режим мониторинга, его ЗУ не переполнится до следующего выхода спутника из зоны видимости, осуществляется переход в режим мониторинга.

3. Реализация

Представленный алгоритм был реализован на языке C++. Были опробованы 3 разных значения t : 1, 0.1, 0.01 секунда. Как и ожидалось, чем меньше значение t , тем лучше строится план с точки зрения двух ключевых критериев. При этом скорость работы приложения также пропорционально увеличивается, т.к. 3-й этап алгоритма самый трудоемкий.

Для $t=1$ были получены следующие результаты на 1 ядре ноутбука (Ryzen 4800hs):

Время работы: 13.98 секунды

Всего собрано данных в Гб: 819150.5

Всего передано данных на станции в Гб: 755959.25

Всего времени (в секундах) без переполнений системы: 803156

Всего времени (в секундах) с переполнением системы: 2163025

Общее время (в секундах) съемки: 1638301

Общее время (в секундах) передачи данных : 13184800

Общее время (в секундах) передачи данных не в тени: 651279

Баллы: 769344.25

Для $t=0.1$ время работы приложения увеличилось примерно в 10 раз, а баллы увеличилось до 771662.76.

[1] Техническое задание. Задача 12. Сервис планирования передачи данных от космических аппаратов на земные станции. Лидеры цифровой трансформации 2023. Sitronis Group.