

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

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 и (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.

Исходная задача имеет непрерывную природу, т.к. время здесь - это переменная непрерывного типа. На первом этапе производится дискретизация времени следующим образом. *Интервал моделирования* (13 суток) разбивается на *интервалы планирования* длительностью t секунд каждый. Например, t может быть равно 1 секунде, в этом случае формируется 1123200 1-секундных интервалов планирования. Таким образом время становится переменной дискретного (целочисленного) типа, т.к. каждый интервал планирования соответствует одному дискретному моменту времени.

На втором этапе 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. Это действие выполняется эффективно на основе предоставленных заказчиком данных. Затем 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

предыдущих действий с этим спутником. Следует отметить, что при назначении сеансов связи происходит обратный переход от дискретной постановки в непрерывную - начало и конец сеансов связи и других событий привязывается к конкретным временам, когда эти события происходят (например, спутник входит в зону действия наземной станции), а не к границам интервала времени. Таким образом, сеансы назначаются и заканчиваются точно в то время, когда это необходимо.

Введем следующие термины.

Определение 1. *Слабо заполненный спутник* в некоторый дискретный момент времени внутри пролета над Россией, это такой спутник, ЗУ которого не переполнено и не переполнится, если продолжить снимать видео до конца пролета.

Определение 2. *Сильно заполненный спутник* в некоторый дискретный момент времени внутри пролета над Россией это такой спутник, ЗУ которого уже переполнен, либо переполнится, если продолжить снимать видео до конца пролета.

Иными словами, если спутник летит над Россией, то он может быть заполнен либо слабо либо сильно.

Далее действия для станции зависят от того, находится ли она на территории России или нет.

Случай 1. Российская станция.

Если в данный интервал список доступных спутников для станции не пуст, то станция выбирает для связи спутник, удовлетворяющий всем следующим требованиям:

1. спутник не должен находиться в режиме сброса данных на какую-либо станцию;
2. ЗУ спутника не должно быть пустым;
3. спутник сильно заполнен.

Случай 2. Зарубежная станция.

В этом случае требование № 3 отбрасывается.

Логика работы для российских и зарубежных станций отличается по той причине, что пролетая над российской станцией спутник может снимать видео вместо передачи данных, и здесь возникает конфликт интересов, т.к. оба действия по-своему полезны. В силу того, что скорость заполнения ЗУ спутника в несколько раз выше (от 4 до 16), чем скорость передачи данных на

станцию, необходимо максимизировать время съемки видео в доступное дневное время, даже если это приводит к большему времени работы системы, когда ЗУ части спутников переполнена. По этой причине зарубежные станции всегда начинают сеанс связи, если есть такая возможность, а российские начинают только тогда, когда в их области видимости есть хотя бы один сильно заполненный спутник. В условиях ночи, когда спутники не снимают даже пролетая над территорией России, российские станции работают в том же режиме, что и зарубежные.

3. Реализация

Представленный алгоритм был реализован на языке C++ в среде MS Visual Studio 2022. Код платформонезависимый и работает под Windows и Linux. Основные эксперименты проводились в Windows.

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