

Рис. 2. Функциональная схема бумагоделательной машины

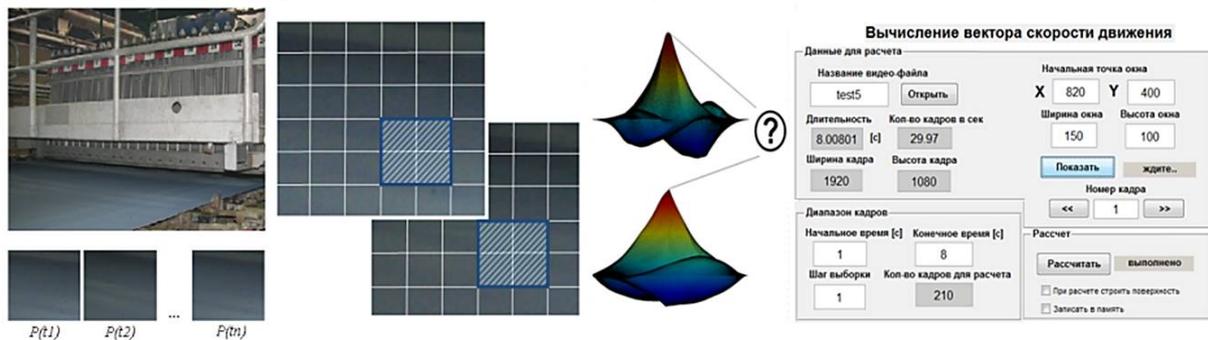


Рис. 3. Кросскорреляционный алгоритм

Литература

1. Комаров В.И. Технология целлюлозно-бумажного производства [Текст] / В.И. Комаров. – СПб: ВНИИБ, 2005.
2. Токарев М.П. Адаптивные алгоритмы обработки изображений [Текст] / М.П. Токарев. – Новосибирск: ИТ СО РАН, 2007.

Е.В. Симонова², А.А. Жилиев², А.Б. Иванов¹, П.О. Скобелев³, И.В. Майоров³

МУЛЬТИАГЕНТНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ПОТОКОВ ДАННЫХ В СЕТИ НАНОСПУТНИКОВ И НАЗЕМНЫХ СТАНЦИЙ

- (1 – École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lausanne;
 2 – Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика
 С.П. Королёва (национальный исследовательский университет);
 3 – Научно-производственная компания «Разумные решения», г. Самара)

Введение

В современной индустрии спутников наблюдается постепенный переход от традиционных сложных и тяжелых многофункциональных спутников – к созданию сетевых группировок легких космических аппаратов, способных в ближайшем будущем обеспечить предоставляемые в реальном времени сервисы



для мобильных пользователей, например, для наблюдения за участками Земли из космоса [1].

Новизна сетевого подхода связана с тем, что каждый спутник, оставаясь автономным, получает возможность кооперироваться с другими спутниками, т.е. обращаться к ним за помощью, распределять задачи и дополнять друг друга. Взрыв интереса к построению таких «умных» сетей спутников обусловлен появлением технической возможности создания компактных, но в то же время, «умных» спутников, а также удешевлением их собственной стоимости и стоимости запуска.

Такие спутники разрабатываются частными и государственными компаниями, а также российскими и зарубежными университетами и исследовательскими центрами с целью проведения научных экспериментов и решения прикладных задач. Характерным примером подобных разработок является проект QB50 (www.qb50.eu), поддержанный Европейским космическим агентством и предполагающий создание орбитальной группировки из 50 наноспутников (весом до 10 кг), предназначенных для мониторинга состояния термосферы Земли [2].

Освоение космоса до сих пор проводилось индивидуальными спутниками и, в некоторых случаях, группировками спутников. Методы и алгоритмы планирования и контроля поведения сети спутников еще только становятся предметом исследований и разработок в научном мире.

Постановка задачи

В работе рассматривается группировка малоразмерных спутников, принадлежащих различным организациям (например, нескольким университетам) и ориентирующихся на передачу (прием) данных на свои наземные станции. Наноспутники представляют собой миниатюрные космические аппараты массой около 1-3 кг (*CubeSat*, 10x10x10-30 см). Запускаются обычно группой (кластером, облаком) на солнечно-синхронные орбиты (600-1200 км).

В настоящее время каждый спутник общается только с одной наземной станцией для передачи команд и получения данных. Наземная станция (*Ground Station*) содержит передатчик для передачи команд и приемник для получения данных со спутника, а также модем, компьютер и программное обеспечение, позволяющее следить за одним спутником и конвертировать аналоговый сигнал в цифровые данные. Такие наземные станции расположены по всему Земному шару крайне неравномерно, плотность их расположения в большинстве регионов недостаточна. Как правило, они принадлежат или энтузиастам радиолюбителям, или университетам, запустившим спутник. Характеристики станции: географические координаты, характеристики приемно-передающих устройств, загруженность (план работы), мощность центра хранения данных и другие. Если орбита спутников солнечно-синхронная, то продолжительность сеанса связи со станцией (окно приема/передачи данных) составляет примерно 10 минут, а сброс данных возможен не более 2-3 раз в сутки, причем основным ограничением является емкость батареи на спутнике. Задание на сброс данных состоит в



передаче заданного объема данных с определенного спутника в течение заданного интервала времени.

Суть предлагаемой разработки – дать возможность спутникам принимать или передавать данные и команды не только со своих, но и с чужих станций, что позволит более эффективно использовать созданную группировку. Например, если память одного из спутников полностью заполнена, то вместо прекращения измерений до момента передачи данных своей наземной станции, он мог бы сбросить информацию ближайшей к нему станции, которая отправит её по наземной сети требуемому адресату, и продолжить измерения. В этом случае должна быть построена сеть связанных между собой наземных станций приема/передачи информации, размещаемых в различных географических точках.

Задача системы – спланировать эффективный сброс данных со спутников в сети так, чтобы он произошел в требуемое время и с минимальной задержкой от момента заполнения памяти спутника. При этом система должна адаптивно корректировать построенное для каждой станции расписание с учетом возникающих событий: выхода спутника из строя, поломки оборудования станции, запроса от другой организации на прием данных от одного из спутников, изменения программы своего спутника и т. п. Если на одной из станций возникли непредвиденные события, ее задачи должны быть перераспределены между другими станциями сети.

Задача планирования передачи данных в сети наноспутников и наземных станций может быть сформулирована следующим образом. Требуется обеспечить максимизацию потока данных Φ в системе N наноспутников на горизонте времени T для M наземных станций:

$$\Phi = \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N \int_0^T rate_{ij}(t) \cdot link_{ij}(t) \cdot visibility_{ij}(t) dt.$$

где $rate_{ij}(t)$ – скорость передачи данных от i -го спутника j -й наземной станции, $link_{ij}(t)$ – взаимная эффективность передачи данных от спутника к наземной станции, $visibility_{ij}(t)$ – взаимная видимость станции и спутника, зависящая от элементов орбиты и координат станции.

Скорость передачи данных зависит не только от параметров передатчика и приемника, но и от временных характеристик данных и их распределения по времени, которое, в свою очередь, зависит от задач, выполняемых спутником.

Поток данных для передачи на землю от каждого спутника можно представить в виде работ с определенным временем начала, предельным временем завершения, объемом и приоритетом. Таким образом, задача оптимизации может быть сведена к задаче планирования работ в сети ресурсов (наземных станций).

Описание мультиагентного подхода к решению задачи

Основой для решения данной проблемы могут выступать мультиагентные технологии, позволяющие решать сложные задачи за счет самоорганизации многих взаимодействующих (конкурирующих и кооперирующихся) агентов [3].



Спутники и станции могут быть оборудованы автономной бортовой мультиагентной системой, позволяющей планировать задачи в реальном времени, реагировать на возникающие события и взаимодействовать с другими станциями и спутниками. Эти системы могут взаимодействовать друг с другом и вести переговоры для кооперации в предоставлении своих сервисов.

Каждому спутнику сопоставляется агент спутника, в котором генерируются агенты работ (задач). Агент спутника стремится передать (запланировать) как можно больше своих работ на ресурсе, руководствуясь предпочтениями планирования для обеспечения максимальной скорости и экономии энергии.

Каждой наземной станции сопоставляется агент станции (ресурса). Цель наземной станции – наиболее плотное планирование работ с предпочтением планирования задач «своих» спутников и обеспечение минимизации простоя оборудования.

Для учета стоимостной компоненты вводится виртуальный рынок агентов, в котором все характеристики процессов и целевые функции выражаются через виртуальные денежные эквиваленты. Так, для каждой станции можно завести виртуальный счет, на который будут зачисляться бонусы, пропорциональные затраченному на прием времени, либо штрафы, если по какой-либо причине прием данных на станции невозможен в заданный момент времени. Накопленные бонусы можно использовать для заказа услуг от других станций.

Для описания необходимых агентам знаний используется онтологический подход, согласно которому знания должны быть отделены от программного кода системы и должны храниться в онтологии, представляющей собой сеть понятий и отношений предметной области [1].

Адаптивное планирование

Основные принципы предлагаемого метода адаптивного планирования могут быть сформулированы следующим образом:

- Каждая задача и ресурс получают своего программного агента, у которого ведется собственное расписание.
- Агент задачи определяет требования и ограничения на планирование в соответствии со своей трудоемкостью и предпочтительными сроками исполнения.
- Если при попытке планирования подходящий ресурс оказывается занятым другой задачей, то фиксируется конфликт, и начинаются переговоры по его разрешению путем перемещения задач на другое время или ресурс.
- В ходе переговоров возможны варианты, когда очередная задача будет назначена на менее подходящий ресурс, либо уже запланированная задача будет переназначена на другой ресурс или сдвинется в расписании текущего ресурса.
- Решающим правилом для утверждения изменения плана является условие превосходства суммы всех улучшений над суммой всех ухудшений, вызванных новым событием.



- Даже после решения своей задачи каждый агент не останавливается, а продолжает пытаться улучшить свое положение.

Таким образом, итоговый план строится как динамическое равновесие интересов агентов задач, которые ведут переговоры о своем положении в расписании ресурсов и планируют свою работу за счет сдвигов, исходя из допустимых отклонений моментов начала выполнения задач от предпочитаемого времени.

Заключение

Построенная система будет отличаться высокой масштабируемостью и возможностью оперативного реагирования на возникающие события. Динамическое поддержание расписания в процессе переговоров агентов спутников, работ и ресурсов позволит учитывать меняющиеся внешние условия, связанные с изменением условий передачи данных, параметров орбиты, отказом оборудования спутников, перегрузкой каналов связи и др.

Литература

1. Соллогуб А. В., Скобелев П. О., Симонова Е. В., Царев А. В., Степанов М. Е., Жилиев А.А. Интеллектуальная система распределенного управления групповыми операциями кластера малоразмерных космических аппаратов в задачах дистанционного зондирования Земли // Информационно-управляющие системы. – 2013. №1(62). – С. 16–26.
2. QB50, an EP7 Project. – Режим доступа: <https://www.qb50.eu>
3. Соллогуб А. В., Скобелев П. О., Симонова Е. В., Царев А. В., Степанов М. Е., Жилиев А.А. Мультиагентные технологии распределенного управления группировкой малоразмерных космических аппаратов дистанционного зондирования Земли // Информационное общество. – 2013. №1-2. – С. 58–68.

Т.Г. Султанов

РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЯ КАЧЕСТВА СЕТЕВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НА ОСНОВЕ ИЗМЕРЕНИЙ ДОСТУПНОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ

(Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика
С.П. Королёва (национальный исследовательский университет))

Задача анализа качества обслуживания – (Quality of Service) – QoS в современных сетях с каждым годом становится все более востребованной [2]. Под качеством обслуживания понимают способность сети обеспечить разный уровень приоритетов различным приложениям, а также вероятность гарантии определенного уровня производительности для потока данных. В настоящее время вместе с планомерным увеличением скоростей передачи данных в телекоммуникациях увеличивается доля интерактивного трафика, крайне чувствительного к параметрам среды транспортировки. Современные Интернет-провайдеры предлагают сервис, обеспечивающий заданный уровень качества