

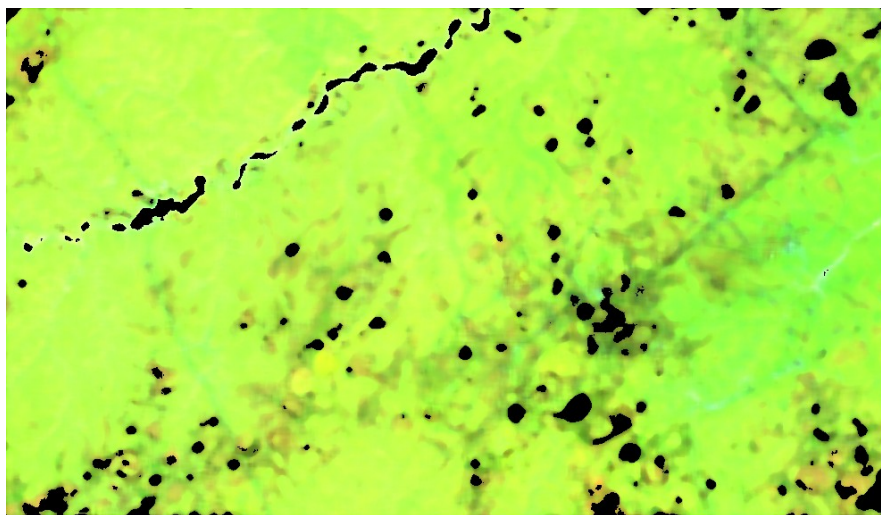


Рис. 2. Результат применения алгоритма K-means для снимков Landsat (1987 гг., территория ЯНАО)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайлов С.И. Возможности использования данных дистанционного зондирования Земли в интересах предприятий нефтегазового комплекса// Земля из космоса. – 2015 – №4(20) – С.11-15
2. Шевырев С.Л., Карпов Г.М., Журавлев А.Е., Фатьянов И.И. Автоматизация проектирования магистральных нефтегазопроводов в условиях развития многолетнемерзлых пород (по материалам орбитальных съемок)// Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № S36. С. 244-250.
3. Global Land Cover Facility: Landsat Imagery [Электронный ресурс] URL: <http://glcf.umd.edu/data/landsat/> (дата обращения: 5.03.2016)

МЕТОД АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ БОРТОВЫМ РЕТРАНСЛЯЦИОННЫМ КОМПЛЕКСОМ СПУТНИКА СВЯЗИ

Савенко И.И., Скирневский И.П., Мартынов Я.А.
Научный руководитель: Цапко С.Г., доцент, к.т.н.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: igsavenko@tpu.ru

CONTROL PROCESS AUTOMATION METHOD OF COMMUNICATION SATELLITE ONBOARD COMMUNICATION EQUIPMENT

Savenko I.I., Skirnevsky I.P., Martynov Y.A.
Scientific Supervisor: Associate Professor, Ph.D. Tsapko S.G.;
Tomsk Polytechnic University
Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050
E-mail: igsavenko@tpu.ru

Автоматизация любого сложного процесса всегда является актуальной задачей и требует детальной проработки, процесс управления бортовым ретрансляционным комплексом является не исключением. В данной статье рассматривается метод автоматизации процесса управления бортовым ретрансляционным комплексом. В основу данного метода положены: подход визуализации функциональной схемы, алгоритмы коммутации, основанные на теории графов, алгоритмы управления бортовыми антеннами, механизм генерации управляющего воздействия и система принятия решения. В статье кратко рассмотрены некоторые из вышеперечисленных положений. Основываясь на описанных положениях была разработана система автоматизированного управления бортовым ретрансляционным

комплексом. Использование данной системы позволит существенно сократить нагрузку на оператора БРТК, а также увеличить срок службы бортового оборудования за счет его оптимального использования.

Automation of any complex process is always crucial task and requires a detailed analysis control process of on board communication equipment is no exception. This paper concentrates on method for automating control process of onboard communication equipment. This method involves approach to visualization of functional scheme, switching algorithms based on graph theory, onboard antenna control algorithms, generation mechanism of controlling action and decision-making system. The article briefly discusses some of the above provisions. Based on described provisions has developed automated control system of on board communication equipment. Use of this system will significantly reduce the burden on the operator on board communication equipment and extend the serviceability of the onboard equipment by optimal use.

В современном мире существуют различные средства связи, которые с каждым годом развиваются и совершенствуются. Одной из самых новых средств связи является спутниковая связь (СС). Процесс зарождения которой довольно интересный, так как её создание зависело от многих немаловажных факторов, которые своим появлением совершили научно-технологический прорыв. Речь конечно же идет о создании радиорелейной связи (РС), которая лежит в основе спутниковой, а также о становлении такой науки как космонавтики. Спутниковая связь - это естественное логическое развитие наземной радиорелейной связи, в основе СС лежит использование ретрансляционного оборудования на борту космического аппарата (КА). Бортовой ретрансляционный комплекс является ключевой подсистемой СР и, по факту, является полезной нагрузкой, определяющей его функциональное назначение. Из функциональных характеристик БРК вытекают в конечном итоге требования к служебным системам, входящим в состав СР. В состав БРТК входят две основные подсистемы - антенно-фидерная (АФУ) и ретранслятор (РТР). В приведенной на рисунке 1 схеме многоствольного БРК АФУ состоит из приемных антенн и передающих антенн [1, 2].

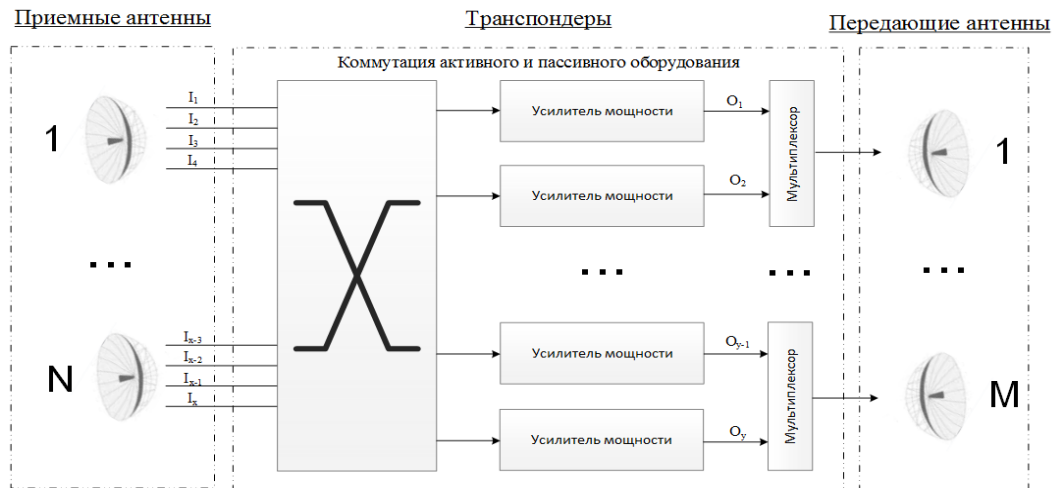


Рис. 1. Схема многоствольного бортового ретрансляционного комплекса

Общий принцип работы БРТК заключается в следующем: сигнал, принятый бортовыми антеннами, поступает в приемное устройство, в котором осуществляется усиление сигналов с малым уровнем собственных флуктуационных помех (шумов), преобразование частоты, далее сигналы поступают на входной мультиплексор (IMUX), в котором осуществляется выделение отдельных частотных стволов, принятых единым групповым сигналом приемным АФУ и приемным устройством РТР, далее сигналы каждого ствола усиливаются своим усилителем мощности (УМ), и складываются вместе особым

устройством – выходным мультиплексором (OMUX), после чего сигнал передается на землю при помощи передающей антенны [1].

Важнейшей характеристикой любого КА и в частности СР является надежность. Все радиоэлектронные устройства, входящие в состав БРТК, подвергаются тщательному анализу, на предмет различных факторов отказоустойчивости. Но вероятность отказа все равно остается, сравнение интенсивностей отказов показывает, что в большей степени отказам подвержены активные устройства: МШУ, приемные устройства, УМ ЛБВ [1]. Поэтому для такого рода устройств применяется аппаратное резервирование - установка дополнительных радиоэлектронных устройств, а также закладывается возможность их коммутации за счет использования коммутатора радиосигнала. Таким образом при реализации схемы резервирования бортового оборудования основным радиокомпонентом является СВЧ коммутатор радиосигнала (радиочастотный поворотный переключатель).

За счет использования коммутационных переключателей и резервного оборудования топологическая схема РТР значительно усложняется, делая схему менее читабельной. В процессе управления БРТК оператору необходимо постоянно контролировать телеметрическую информацию значительного числа бортовых устройств, входящих в состав БРТК. Управление устройствами и приборами осуществляется при помощи команд. Для управления современными многоствольными РТР с резервированием требуется значительное количество команд, пакетов командно-программной информации (представленные в двоичном виде команды и массивы для передачи информации на КА - КПИ) и телеметрических параметров [5].

Все действия, выполняемые при управлении, осуществляются оператором в ручном режиме. Оператор последовательно выдает команды согласно плану конфигурации и структурной топологической схеме РТР, контролируя телеметрические параметры, используя специальное программное обеспечение. Команды и ТМ-параметры описаны в технической документации на БРТК. В современных БРТК количество команд и телеметрических параметров может достигать до нескольких тысяч (в зависимости от конфигурации). Таким образом, задача реконфигурации является нетривиальной и требует автоматизированного решения. Для автоматизации данного процесса была разработана и включена в состав программного обеспечения центра управления полетами автоматизированная система управления БРТК [5].

В основе предлагаемого метода лежит использование автоматизированной системы управления БРТК (АСУ БРТК) реализующая:

- подход визуализации функциональной схемы БРТК (создание мнемосхемы), с отображением актуального состояния приборов и транспондеров в целом, на основании телеметрической информации с несколькими уровнями декомпозиции;
- алгоритмы коммутации: начальная конфигурация на борту (коммутация транспондеров при выключенном оборудовании оптимальным способом); реконфигурация активных транспондеров (реконфигурация БРТК с минимальным прерыванием активных транспондеров);
- алгоритмы управления бортовыми антеннами (расчет количества шагов двигателя системы поворота приемных и передающих антенн в задаче перенацеливании и раскрытия) [4];
- механизм генерации управляющего воздействия (УВ) на КА по результатам анализа состояния БРТК с возможностью контроля выполнения УВ и оценки времени выполнения на борту КА;
- элементы экспертной системы для разрешения проблемной ситуации при принятии оператором решения о том, вышло ли из строя бортовое оборудование или нет (анализируя поступающую с КА ТМИ и базу знаний);

- возможность протоколирования информации о состоянии БРТК и действий пользователя в различные интервалы времени для сбора статистических данных;

Визуализация телеметрической информации с использованием мнемосхемы БРТК

При управлении БРТК оператору важно знать в реальном времени актуальное состояние, в котором находится комплекс, структура которого всегда должна быть у него перед глазами. Отображение структуры БРТК реализовано в векторной форме с возможностью масштабирования с соблюдением требований предъявляемым к мнемосхемам (ГОСТ 21480-76). Применительно к функциональной схеме БРТК невозможно обеспечить выполнения всех требований стандарта, за счет сложной структуры и множества пересечений линий связи. Одной из ключевых возможностей мнемосхемы является интерактивность. Посредством манипулятора мыши оператор может изменять положение переключателей в зависимости от их типа и состояние приборов. Актуальное состояние схемы БРТК обеспечивается за счет анализа и визуализации поступающей с борта КА телеметрической информации.

Алгоритмы конфигурации

В системе реализовано представление схемы БРТК в виде ориентированного взвешенного графа, описанного многосвязным списком и применение модифицированных алгоритмов нахождения кратчайшего пути, которые бы учитывали ограничения, накладываемые состоянием БРТК. В основе любой задачи нахождения самого короткого пути на графе лежит задача минимизации суммы весов ребер, которые составляют путь [5].

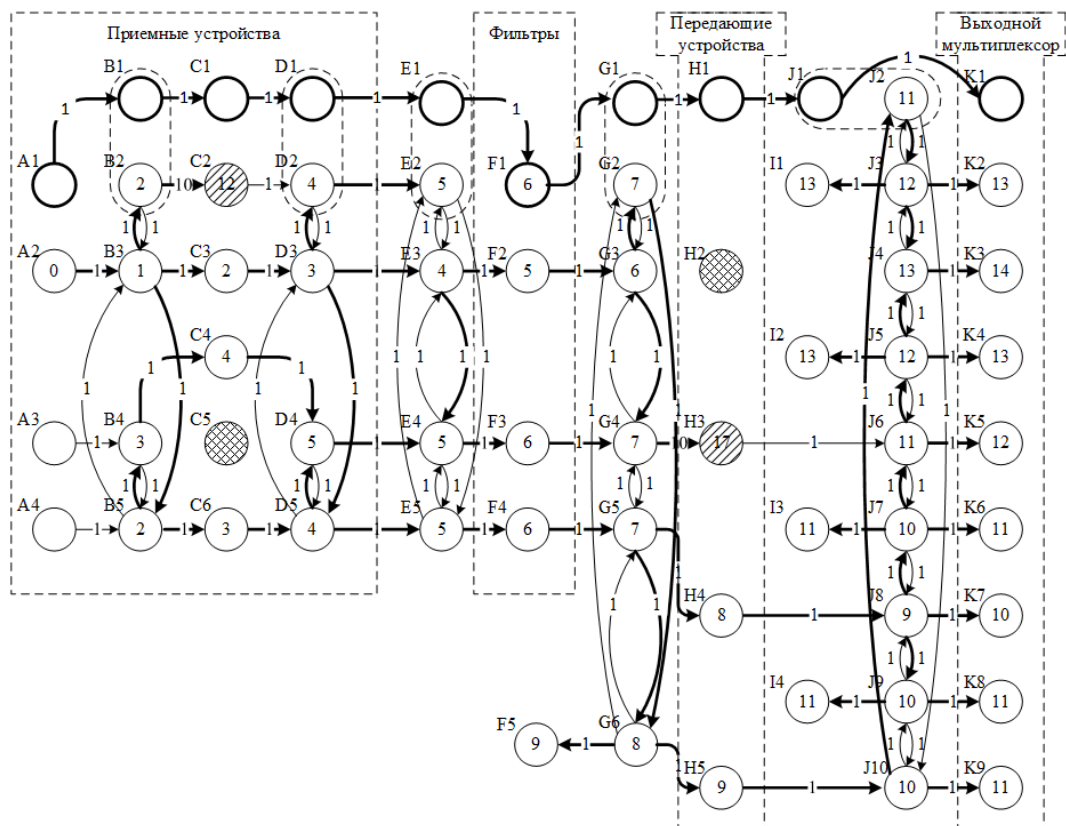


Рис. 2. Представление схемы БРТК в виде ориентированного взвешенного графа

Генерация управляющего воздействия на КА по результатам анализа состояния БРТК

Одной из основных возможностей АСУ БРТК является механизм генерации управляющего воздействия (УВ) для программного обеспечения управления КА. УВ генерируется на основании двух состояний БРТК и входных параметров: схемы до изменений и схемы после внесения изменения согласно выше описанному алгоритму коммутации. В качестве формата для результата сравнения двух состояний был выбран формат JSON (Java Script Object Notation). В качестве основных критериев выбора является минимальный объем результирующего файла и наличие механизмов сериализации/диссериализации (дополнительных библиотек) практически в любом языке программирования. В структуре файла выделены три основных раздела: массив активных транспондеров, массив переключателей и устройств, сгруппированных по их типу.

Заключение

Изучив процесс управления БРТК оператором была выявлена необходимость в автоматизации процесса управления БРТК. В статье описаны некоторые положения на которых основывается предлагаемый метод автоматизации. Все описанные подходы и алгоритмы были реализованы в АСУ БРТК для автоматизации процесса реконфигурации бортового ретранслятора спутника связи позволяет оператору наглядно получать информацию о текущем состоянии элементов бортовой аппаратуры и оперативно принимать решения по управлению ПН, что уменьшит время, затрачиваемое на реконфигурацию ПН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.Г. Орлов, Н.Н. Севастьянов, Бортовой ретрансляционный комплекс (БРК) спутника связи. Принципы работы, построение, параметры / науч. ред. В.Н. Бранец. – Томск :Издательский Дом Томского государственного университета, 2014. – 208 с
2. Спутниковые сети связи: Учеб. пособие / В.Е. Камнев, В.В. Черкасов, Г.В. Чечин. — М.: «Альпина Паблишер», 2004. - 536 с: ил. ISBN 5-94599-099-X
3. Teresa M. Braun Satellite Communication and system, John Wiley & Sons, New York, A.B.D., 2012.
4. Савенко, Игорь Игоревич. Алгоритм построения оптимальной конфигурации транспондера бортового ретрансляционного комплекса спутника связи [Электронный ресурс] / И. И. Савенко, М. С. Суходоев; науч. рук. С. Г. Цапко // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Томск, 9-13 ноября 2015 г. в 2 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт кибернетики (ИК) ; под ред. Т. Е. Мамоновой [и др.]. — 2016. — Т. 1. — [С. 146-147]. — Заглавие с титульного экрана. — Свободный доступ из сети Интернет.
5. Метод автоматизации процесса реконфигурации бортового ретранслятора спутника связи [Электронный ресурс] / И. И. Савенко [и др.] // Глобальный научный потенциал. — 2013. — № 11 (32). — [С. 94-98]. — Заглавие с экрана. — Доступ по договору с организацией-держателем ресурса. — Свободный доступ из сети Интернет.
6. Numerical Optimization Method of Spacecraft Antenna Retargeting Point Calculations [Electronic resource] / M. S. Sukhodoev [et al.] // Applied Mechanics and Materials : Scientific Journal. — 2015. — Vol. 770 : Urgent Problems of Up-to-Date Mechanical Engineering. — [P. 566-571]. — Title screen.