УДК 629.7.051

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ КОМПЛЕКСОВ УПРАВЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ НА БАЗЕ КЛЮЧЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Г. Н. Мальцев,
доктор техн. наук, профессор
Г. В. Стогов,
доктор техн. наук, профессор
Военно-космическая академия им. А. Ф. Можайского
А. В. Терехов,
помощник председателя
Военно-научный комитет космических войск

Рассмотрены вопросы разработки и применения перспективных комплексов управления космическими аппаратами с учетом современных тенденций и возможностей новых информационных технологий. Дается характеристика реализуемой в перспективной низкоорбитальной командно-ретрансляционной системе сетевой технологии управления и информационного обмена с космическими аппаратами как технико-технологического решения, относящегося к ключевым технологиям и обеспечивающего качественное совершенствование космических систем и комплексов.

We consider the questions of development and application of spacecraft control complexes based on modern tendencies and new information technologies. A prospective low earth orbit satellite command retransmitting system is described. The use of key network technologies for the control and information interchange with spacecrafts ensures high-qiality development of space systems and complexes.

Формирование и реализация программ создания перспективных космических систем, к числу которых относятся комплексы управления космическими аппаратами (КА), происходят в настоящее время в условиях ресурсных ограничений, риска и неопределенности, вызванных усложнением и расширением задач, решаемых космическими системами и комплексами, и отставанием необходимого финансирования космических программ от требуемых объемов. Это определяет необходимость поиска, выявления и использования ресурсных и технологических резервов для разработки и реализации перспективных космических программ.

Систематизация и анализ накопленного опыта по применению методологии программно-целевого подхода к реализации космических программ и разработке космических систем показывают, что среди мер, направленных на эффективное использование материальных и финансовых ресурсов, наряду с совершенствованием планирования, управления и организации космической деятельности высокой эффективностью обладает направление, связанное с внедрением в космических системах и комплексах новейших научных достижений и технико-технологических решений.

Последние составляют резерв для разработки перспективных космических программ и высокоэффективных космических систем. Их реализация в разрабатываемой космической технике обеспечивается:

– поиском и исследованием новых научных принципов и методов разработки космических систем;

– развитием и внедрением новых технологий построения и применения космических средств;

– комплексной оптимизацией технических решений при создании космической техники;

– формированием и использованием рационального опережающего задела по созданию перспективных космических систем и комплексов.

При разработке перспективных космических систем возникает принципиальная необходимость качественно нового понимания концепции создания опережающего задела по космической технике, который должен рассматриваться как объект специального управления, и постановки на этой основе задачи комплексной оптимизации технических требований и технико-технологических решений при создании космических систем с высокой эффективностью целевого применения. Осо-

бая роль при этом принадлежит комплексам управления КА, которые осуществляют радиоуправление КА в ходе всего их орбитального полета и тем самым непосредственно обеспечивают применение КА по целевому назначению.

Новые технико-технологические решения дают возможность получить значительную экономию средств материальных, технических и трудовых ресурсов при создании космических систем и комплексов. При этом под новыми технико-технологическими решениями понимается, прежде всего, использование принципиально новых – ключевых (критических, прорывных) – технологий создания и применения космических средств и их элементов, учитывающих новые физические принципы и эффекты, а также новейшие научно-технические достижения. Для комплексов управления КА, функционирование которых связано с организацией информационного обмена с КА (связь, передача данных и сигналов управления), особое значение имеет использование новейших достижений в области информационных технологий, развивающихся в настоящее время опережающими темпами по сравнению с другими областями техники.

Рациональное применение ключевых технологий в сочетании с унификацией элементов космических систем и комплексов позволяет значительно улучшить технические и экономические характеристики создаваемых перспективных образцов космической техники и значительно снизить затраты, необходимые для решения космическими средствами своих целевых задач. По данным отечественных и зарубежных источников, при реализации программ разработки космических систем и комплексов за счет унификации и применения принципов блочно-модульного построения снижение ожидаемых затрат составляет 15–20%, а применение ключевых технологий позволяет получить эффект снижения затрат на 30% и более [1].

Отсюда следует принцип «группового проектирования» элементов космических систем и комплексов, при котором выделяются прогрессивные интегральные решения, в том числе по созданию многоцелевых и многофункциональных систем и комплексированию задач, решаемых космическими системами. Благодаря использованию ключевых технологий снижаются суммарные затраты на реализацию групп задач космической программы при приемлемом риске. Усиление роли ключевых технологий при разработке и реализации отдельных космических программ и Федеральной космической программы в целом требует формирования базового перечня ключевых технологий с привязкой этих технологий к требованиям и уровню решения целевых задач перспективными космическими средствами, а также к принимаемым при их разработке проектно-конструкторским и технико-технологическим решениям.

К числу ключевых технологий, реализуемых при определении облика и технических характеристик автоматизированных систем управления космическими аппаратами (АСУ КА), следует, безусловно, отнести управление КА с ретрансляцией с использованием космических командно-ретрансляционных систем (КРС). Управление КА с ретрансляцией обладает такими важными преимуществами, как глобальность и оперативность. При использовании управления с ретрансляцией имеется возможность оптимально планировать сеансы управления КА, так как отсутствуют ограничения планов, связанные с нахождением КА вне зон радиовидимости наземных средств, и, что особенно важно, без ущерба для решения задач управления КА может быть осуществлен переход от существующей многопунктной к малопунктной и однопунктной структурам наземных комплексов управления АСУ КА.

В общем случае управление КА с ретрансляцией может быть реализовано:

– через специализированные спутники-ретрансляторы (СР) КРС;

– через выделенные для управления КА с ретрансляцией стволы многоцелевых СР;

– через бортовую ретрансляционную аппаратуру, дополнительно устанавливаемую на КА различного назначения.

Первые малопунктные комплексы управления КА с использованием КРС на основе высокоорбитальных специализированных и многоцелевых СР были созданы еще в 80-е годы прошлого столетия. В США был развернут командно-измерительный комплекс TDRSS, в котором все операции управления КА типа «Спейс-Шаттл» осуществляются через один наземный терминал КРС, включающей 2 геостационарных СР, а в нашей стране была разработана и подготовлена к эксплуатации в составе наземного автоматизированного комплекса управления АСУ КА с КРС для управления КА типа «Буран» [2]. Впоследствии эта КРС на основе геостационарного СР использовалась для информационного обмена с орбитальной станцией «Мир».

Технология управления и информационного обмена с КА через высокоорбитальные СР, построенные по принципу «прозрачных» ретрансляторов с коммутацией каналов, получила название ретрансляционной. Вопросы применения КРС на основе высокоорбитальных СР к настоящему времени достаточно хорошо проработаны, к ним применимы основные качественные и количественные оценки эффективности функционирования, сформулированные для высокоорбитальных систем космической связи [3]. Дальнейшим развитием технологий управления и информационного обмена с КА с ретрансляцией стала сетевая технология, реализуемая в перспективных низкоорбитальных КРС, построенных на основе специализированных низкоорбитальных СР или бортовой ретрансляционной аппаратуры, устанавливаемой

на низкоорбитальных КА. От существующих высокоорбитальных КРС перспективная низкоорбитальная КРС отличается реализацией принципиально новых сетевых основ построения и организации информационного обмена с КА через сетевую структуру низкоорбитальных СР [4].

Отличительными особенностями сетевых низкоорбитальных КРС являются:

– использование СР на низких орбитах высотой до 1500 км в сочетании с большим количеством СР в системе;

– наличие в системе межспутниковых каналов, что делает систему сетевой и существенно расширяет ее функциональные возможности.

Следует отметить, что в настоящее время сетевые технологии информационного обмена получили широкое распространение в наземных локальных вычислительных сетях и сетях подвижной радиосвязи. Зарубежной и отечественной радиоэлектронной промышленностью достигнуты значительные успехи в производстве электронных компонентов и элементной базы для реализации сетевых технологий информационного обмена. Поэтому речь идет о переносе в космические комплексы и развитии базовых технико-технологических решений и достижений в области подвижной радиосвязи, уже апробированных в наземных телекоммуникационных системах.

Основу низкоорбитальной сетевой КРС должна составлять унифицированная наземная и бортовая терминальная аппаратура, обеспечивающая управление и информационный обмен с КА по радиоканалам «Земля–борт» и «борт–борт» в пакетном режиме или в режиме единого цифрового потока с использованием сложных сигналов с расширением спектра. При этом основным режимом передачи информации по радиоканалам низкоорбитальной сетевой КРС является коммутация пакетов, и бортовая ретрансляционная аппаратура СР и КА строится по принципу ретрансляторов с обработкой. По сравнению с «прозрачными» ретрансляторами ретрансляторы с обработкой являются более сложными в технической реализации, но обеспечивают возможность управления маршрутами передачи пакетов в сетевой структуре КРС и дополнительный выигрыш в достоверности передачи сообщений за счет их восстановления (регенерации) при ретрансляции.

Основные принципы организации информационного обмена с КА при малопунктной сетевой технологии управления заключаются в следующем [4].

1. Средства наземного комплекса управления и бортовых комплексов управления целевых КА выступают в качестве абонентов КРС, образованной наземной и бортовой терминальной аппаратурой.

2. Наземная и бортовая терминальная аппаратура могут функционировать в традиционных режимах непосредственного управления КА и обеспечивать управление КА с ретрансляцией.

3. Все КА (целевые и СР) и наземные средства, оснащенные унифицированной терминальной аппаратурой, являются узлами единой информационной сети и по своим техническим возможностям равнозначны.

4. Приемные устройства и ретрансляционная аппаратура в каждом узле находятся в дежурном режиме; каждый узел сети обладает способностью к переретрансляции принятой информации.

5. В узлах сети обеспечивается возможность создания по инициативе любого узла маршрута (магистрали) для информационного обмена с любым другим узлом; после создания маршрута между узлами осуществляется адресная или циркулярная передача информации.

6. На каждом узле с требуемой точностью поддерживается альманах системы, благодаря чему сеть адаптирована к наличию или отсутствию априорных сведений о кодовых, пространственных и частотных параметрах сигналов абонентов сети.

Отмеченные принципы построения перспективной низкоорбитальной КРС и технические решения при внедрении малопунктных сетевых технологий управления КА позволяют рассматривать разработку КРС на основе сетевой структуры низкоорбитальных СР как реализацию научно-технических направлений развития ключевых информационных технологий в области создания перспективных космических комплексов управления КА. Технико-технологические решения при реализации низкоорбитальной сетевой КРС соответствуют следующим критическим технологиям:

– нетрадиционные способы, системы и средства передачи информации;

– устойчивость функционирования систем передачи информации и их элементов;

– проблемы формирования, приема и обработки большебазовых сигналов;

– глобальные и региональные автоматизированные системы передачи информации;

– методы и средства оптимального приема и обработки информации.

Количественное сравнение малопунктных (однопунктных) АСУ КА с высокоорбитальными и низкоорбитальными КРС показывает преимущества использования низкоорбитальных сетевых КРС по критерию минимума затрат на проведение приведенного сеанса управления – обобщенного показателя, учитывающего стоимость жизненного цикла КРС, надежность управления КА и пропускную способность наземного комплекса управления КА (за сутки) [1].

Рациональное применение ключевых технологий позволяет значительно улучшить технические и экономические характеристики перспективных образцов космической техники, в том числе средств и комплексов управления КА, и

значительно снизить затраты, которые необходимы для решения целевых задач космических комплексов и Федеральной космической программы в целом. Ключевые технологии управления КА с ретрансляцией заложены в основные направления Федеральной космической программы в части разработки перспективных средств управления КА. Если в настоящее время основным режимом управления КА является непосредственное управление при прохождении КА в зоне радиовидимости наземных средств, а режим управления КА с ретрансляцией рассматривается в качестве резервного, то перспективные средства управления КА следует разрабатывать как средства массового управления КА с ретрансляцией.

Литература

1. Информационно-измерительная техника, экология и мониторинг: Науч. тр. Российского авиационно-космического агентства / МГУЛ. М., 2001. Вып. 1. 600 с.
2. **Кравец В. Г.** Автоматизированные системы управления космическими полетами. М.: Машиностроение, 1995. 256 с.
3. **Аболиц А. И.** Системы спутниковой связи. Основы структурно-параметрической теории и эффективность / ИТИС. М., 2004. 426 с.
4. **Галантерник Ю. М., Гориш А. В., Калинин А. Ф.** Командно-измерительные системы и наземные комплексы управления космическими аппаратами / МГУЛ. М., 2003. 200 с.

Мироновский Л. А., Слаев В. А.

М64 Стрип-метод преобразования изображений и сигналов: Монография / СПб.: Политехника, СПб., 2006. 163 с.: ил.
ISBN 5-7325-0413-3



Рассмотрены матричные методы обработки непрерывных сигналов и изображений, использующие стрип-преобразование. Решена задача оценки потенциальной помехоустойчивости и синтеза оптимального фильтра для случая импульсных помех. Исследованы возможности двумерного стрип-преобразования для хранения и помехоустойчивой передачи изображений. Приведены примеры стрип-преобразования изображений и описаны классы изображений, инвариантных относительно симметричных ортогональных преобразований.

Для научных работников и специалистов, работающих в области компьютерной обработки изображений и сигналов, приборостроения и метрологии. Может использоваться в качестве учебного пособия магистрантами направлений 2301 «Информатика и вычислительная техника», 2103 «Радиотехника» и аспирантами технических вузов при изучении компьютерных методов обработки изображений и сигналов.

Заказать книгу можно по адресу:
190000, Санкт-Петербург, Б. Морская ул., 67, ГУАП, РИЦ
Тел.: (812) 494-7036
Факс : (812) 494-7018
E-mail: rio07@mail.ru