

Калентьев А.А., Мостовой Я.А., Тюгашев А.А.

## МОДУЛЬ ГЕНЕРАЦИИ ОТЛАДОЧНЫХ ЗАДАНИЙ «ГЕОЗ» КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКИМ АППАРАТОМ

При проектировании современных космических аппаратов (КА) весьма значительную часть по сложности, трудоемкости и стоимости работ представляет собой проектирование комплекса управления. Бортовая аппаратура (БА) космического аппарата представляет собой взаимосвязанный по многим параметрам комплекс систем, приборов, агрегатов, датчиков и т.д. Управление комплексом БА автоматизировано, основывается на использовании бортовой вычислительной системы (БВС), в состав которой могут входить одна или несколько бортовых цифровых вычислительных машин (БЦВМ), функционирующих под управлением специализированной бортовой операционной системы (БОС).

Спецификой управляющих алгоритмов (УА), координирующих согласованное функционирование бортовой аппаратуры КА в рамках решения тех или иных целевых задач, является требование их работы в реальном времени. Постоянно необходима адекватная реакция на изменяющуюся на борту ситуацию, которая отражается показаниями датчиков, специальных переменных-флагов и т.д. При этом УА имеет ряд информационных и управляющих связей с другими управляющими программами, выполняемыми в общем случае под управлением БОС одновременно с ним.

Таким образом, управляющий алгоритм реального времени (УА РВ) представляет собой сложный объект, что накладывает отпечаток на процесс его проектирования. По некоторым оценкам, затраты на проектирование системы управления, и особенно ее программный компонент, составляют в настоящее время наиболее значительную часть расходов при проектировании космических аппаратов.

С целью автоматизировать процесс проектирования УА РВ авторами в течение ряда лет проводятся работы по созданию и развитию CASE-технологии автоматизированной разработки программ управления, получившей наименование технологии ГРАФКОНТ. Данная технология поддерживается разработанным и внедренным в Государственном научном производственном ракетно-космическом центре «ЦСКБ-Прогресс» комплексом программ. В

в рамках технологии ГРАФКОНТ пользователь системы: проектировщик, программист имеет возможность описывать логику работы управляющего алгоритма на одном из входных проблемно-ориентированных языков – текстовом или интерактивном графическом, и получать в автоматизированном режиме техническую документацию на управляющий алгоритм, включая временные диаграммы, а также генерировать программу на языке ассемблера БЦВМ, реализующую управляющий алгоритм.

При этом надо отметить, что специфика космических аппаратов предъявляет к УА РВ весьма высокие требования по надежности. Большое количество аварий на борту ракет и КА происходит именно по причине неудовлетворительной работы комплекса управления, и конкретно из-за ошибок в управляющем программном обеспечении. Достаточно вспомнить последнюю неудачу американской марсианской миссии

Надежность управляющего алгоритма, проектируемого в соответствии с технологией ГРАФКОНТ, по сравнению с обычным проектированием и кодированием, должна повышаться за счет следующего.

1. Жесткий формальный характер описания УА на входных языках системы не дает возможности появления ошибок типа «потерянная логическая ветвь», «не привязанный вход» и т.д.
2. Вообще проблемно-ориентированные языки, используемые в системе, относятся к языкам сверхвысокого уровня, а известно, что при повышении уровня языка программирования повышается надежность разрабатываемого программного обеспечения (ПО). В данном конкретном случае происходит качественный скачок от языка низкого уровня (ассемблер, автокод БЦВМ).
3. При условии отсутствия ошибок в исходном описании УА дальнейшая программа на языке ассемблера генерируется путем построения ее из «кубиков», что гарантирует при отсутствии ошибок в элементах отсутствие ошибок во всей программе в целом.

Тем не менее, этап наземной комплексной отладки управляющего алгоритма, реализованного управляющей программой комплексного функционирования (ПКФ), является необходимым с точки зрения комплексной отладки УА РВ вместе с другими управляющими программами при моделировании реальной складывающейся на борту обстановки, управляющих и информационных связей, возможных вариантов работы, которые зависят от значимых логических переменных.

Этап комплексной наземной отладки поддерживается специальным программным комплексом, который обладает способностью останавливать выполнение алгоритма в нуж-

ных точках, задавать значения переменных, контролировать путем печати текущие значения тех или иных ячеек памяти и другими стандартными отладочными возможностями. Для программы, которую надлежит отладить, составляется отладочное задание на специальном символическом языке отладки (СЯЗ), встроенном в систему.

При этом необходимой для отладки информацией является также полный набор всех возможных вариантов работы управляющей программы, то есть набор возможных логических векторов, компонентами которых являются значения логических переменных.

Естественным образом при автоматизации процесса проектирования управляющих алгоритмов встает вопрос об автоматизации процесса генерации отладочных заданий и выявления множества возможных вариантов выполнения программы, тем более, что часть этой информации уже автоматически строится и находит свое отражение во внутренних структурах данных в системе ГРАФКОНТ.

В связи с этим была поставлена задача разработать специальную систему для подготовки отладочных заданий - модуль ГЕОЗ, интегрированный с системой ГРАФКОНТ и являющийся неотъемлемой частью всей CASE-технологии автоматизации проектирования управляющих алгоритмов реального времени, допускающий при этом, тем не менее, и отдельное от комплекса программ ГРАФКОНТ применение, то есть ручной ввод необходимых входных данных.

Основными функциями модуля ГЕОЗ должны стать:

- автоматическое определение вариантов ПКФ, которые необходимо проверить при автономной отладке;
- автоматическая генерация командных файлов с инструкциями по проведению автономной отладки;
- автоматическое составление перечня используемых глобальных переменных и управляющих связей ПКФ;
- выдача информации в виде файлов выходных данных или твердых копий в заданной заказчиком форме.

Входной информацией для системы генерации отладочных заданий ГЕОЗ служит так называемая многоходовая модель управляющего алгоритма реального времени, которая содержит описание некоторой реализации УА с разбивкой на отдельные входы (включения) различные моменты времени. Она служит основой для дальнейшей генерации временных диаграмм, блок-схем алгоритма и программы на языке ассемблера в системе ГРАФКОНТ.

При этом модуль ГЕОЗ должен иметь возможность как читать внутренние системные файлы системы ГРАФКОНТ с соответствующей информацией, так и использовать специально разработанную оболочку пользователя для интерактивного ввода необходимых входных данных.

Основными выходными данными системы ГЕОЗ являются:

- таблица вариантов выполнения управляющей программы;
- текст отладочного задания на СЯЗ для каждого варианта;
- таблица входных информационных связей программы;
- таблица выходных информационных связей программы;
- таблица выходных управляющих связей программы.

При интеграции программных комплексов ГРАФКОНТ, ГЕОЗ и системы автономной наземной комплексной отладки должен быть обеспечен выход интегрированной CASE-технологии автоматизации бортовых алгоритмов управления КА на качественно новый уровень, который позволит в еще большей степени решить исходные задачи, ставившиеся при начале разработки ГРАФКОНТ:

1. Снижение трудоемкости проектирования управляющих алгоритмов реального времени, реализующих согласованную работу БА при решении целевой задачи.
2. Сокращение сроков разработки управляющих программ.
3. Снижение уровня зависимости проектов разработки УА РВ от уникальных навыков, квалификации и опыта отдельных разработчиков.
4. Повышение надежности создаваемых программ комплексного функционирования.
5. Сокращение финансовых затрат на проектирование программного обеспечения бортового комплекса управления.