

Тюгашев А.А.

ОЦЕНКА ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЕКТИРУЕМЫХ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

При проектировании бортового комплекса управления (БКУ) космического аппарата (КА) подсчет временных характеристик исполнения управляющих алгоритмов реального времени является одной из критически важных задач обеспечения работоспособности и надежности. Дополнительной отличительной особенностью управляющих бортовых цифровых вычислительных машин (БЦВМ) является то, что они взаимодействуют не с пользователем, а с физическими объектами [1], и моменты поступления сигналов от них асинхронны и в общем случае носят труднопредсказуемый случайный характер.

При выборе принципов организации вычислительного процесса в бортовой вычислительной системе (БВС) необходимо учитывать, что БВС системы управления (СУ) КА предназначена для решения фиксированного круга задач. Поэтому загрузка управляющей БВС детерминирована и может быть запланирована заранее путем составления расписания, учитывающего временную диаграмму работы СУ.

По ряду причин, включающих, в частности, простоту коррекции бортового программного обеспечения (БПО) и добавления в него дополнительных задач, возможности оперативного дистанционного изменения состава решаемых БПО задач, более оптимальную загрузку вычислительных ресурсов, для сложных многофункциональных комплексов БПО, в которых моменты начала и окончания решения задач могут меняться в широких пределах в зависимости от временных разбросов работы бортовой аппаратуры и исходных данных, передаваемых с Земли, предпочтительно использование приоритетной динамической асинхронной организации вычислительного процесса [1].

Ключевыми параметрами качества функционирования БВС и БПО как элемента СУ при этом являются:

1. $T_{\text{сист}}$ – промежуток времени от поступления заявки на выполнение задачи в БВС до момента окончания ее обслуживания, включая и время ожидания задачей дообслуживания в случае, если она была прервана другой задачей в процессе выполнения (“задержка”).

2. Загрузка ρ бортовой вычислительной системы, определяемая отношением времени работы без простоя БВС на определенном временном интервале к величине этого интервала [1].

При значении загрузки БВС $\rho > 0,8$ резко возрастают задержки на исполнение заявок в БВС на решение задач, и поэтому целесообразно ограничивать загрузку значениями до $\rho = 0,8$ [1].

При проектировании конкретного комплекса БПО работа начинается с анализа типовых временных диаграмм совместной работы программ БВС при реализации каждой из основных функциональных задач КА. Им соответствует специальная разновидность программ управления – программы комплексного функционирования, которые приводятся в проектном документе - циклограмме наложений программ БПО.

Циклограммы разбиваются на участки, характеризующиеся постоянством состава программ, могущих работать одновременно. Количество циклограмм определяется числом основных функциональных задач (режимов) КА.

Исходными данными для распределения приоритетов являются циклограммы наложений и временные характеристики программ, включающих в себя времена выполнения отдельных участков программ и допустимые задержки на их выполнение. Допустимая задержка на работу участков программ определяется разработчиками функциональных программ (ФП), исходя из логики работы управляемой бортовой аппаратуры.

Вначале определяется загрузка БВС на каждом участке циклограммы по формуле:

$$\rho_j = \sum_{i=1}^{m_j} \frac{t_i}{T_j},$$

где t_i – время исполнения i -ой программы, T_j – период времени j -го участка; m_j – количество программ, работающих одновременно на j -м участке циклограммы.

Затем проверяется, не превышает ли значение загрузки 80%, и в противном случае предпринимаются меры для ее снижения путем изменения количества программ, работающих на данном j -м участке. Распределение приоритетов является итерационным процессом. Первоначально приоритеты назначаются, исходя из условия, что участкам с большим временем выполнения и большими допустимыми задержками назначаются более низкие приоритеты. Если задержка какой-либо из программ, определяемая суммированием времени исполнения более приоритетных программ и времени работы бортовой операционной системы, пре-

вышает допустимую, то производится перераспределение приоритетов: повышение приоритета участков, для которых получено превышение допустимых задержек, и снижение приоритетов участков, для которых присутствует резерв по задержкам. Данный численный подход к распределению приоритетов, оценке загрузки ЕЦВМ и определению значений допустимых задержек производится специально разработанным пакетом программ [1].

В рамках технологии автоматизированного проектирования управляющих программ комплексного функционирования ГРАФКОНТ [2] известна используемая многоходовая модель управляющего алгоритма (УА) реального времени, в которой для описания логико-временной структуры входов УА используется специальная списковая системная структура данных, включающая описание линейных участков и запускаемых на них функциональных управляющих программ. Это дает возможность подсчета временных характеристик линейных участков путем суммирования времен исполнения ассемблерных команд передач управления, выдачи команд управления бортовой аппаратуре, а также времени выполнения функциональных программ, исполняемых с возвратом. При этом необходимо учесть все возможные варианты выполнения (маршруты) программы управления, определяемые значениями вектора логических переменных $l = \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_M$. Во-первых, рассматривается логика выполнения внутри входа, когда максимальное время выполнения входа определится формулой:

$$\tau_{\text{вх max}} = \max_{\substack{\text{по всем} \\ \text{маршрутам}}} \sum_{i=1}^N \tau_{\text{лн } i},$$

где N – число линейных участков на маршруте (варианте) исполнения входа, $\tau_{\text{лн } i}$ – длительность i -го линейного участка.

Во-вторых, в более крупномасштабном рассмотрении можно подсчитывать временные характеристики УА в целом, по всем входам. В таком случае для описания передач управления при различных значениях компонент логического вектора l можно применить в качестве модели ациклический граф, в котором вершинами являются входы УА, а направленные дуги соответствуют передачам управления между входами (рис.1).

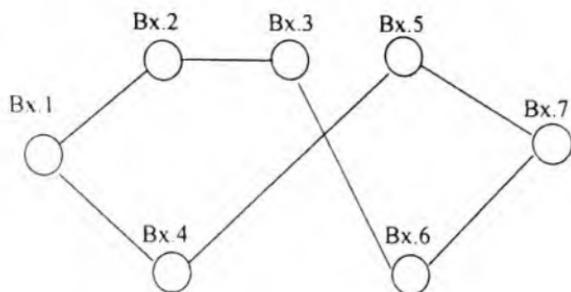


Рис 1

Таким образом, при применении технологии ГРАФКОНТ реализуются автоматический синтез временных характеристик исполнения построенных алгоритмов управления, легкость и оперативность сопоставления вариантов при внесении изменений в управляющие алгоритмы. При этом обеспечивается возможность выдачи результатов подсчета временных характеристик на вход системы автоматического формирования приоритетов задач. Поскольку в рамках технологии ГРАФКОНТ в общем случае возможна генерация различных логико-временных схем-реализаций управляющего алгоритма (многовходовых моделей) с одной и той же семантикой, то есть выполняющего включение тех же самых функциональных программ в те же моменты времени при той же логической обусловленности, то возможно объединение системы ГРАФКОНТ и системы автоматизированного формирования приоритетов программ комплексного функционирования БВС с проведением оптимизации загрузки БВС на этапе генерации в CASE-системе ГРАФКОНТ многовходовой модели УА.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Управление космическими аппаратами зондирования Земли: Компьютерные технологии / Д.И. Козлов, Г.П. Аншаков, Я.А. Мостовой, А.В. Соллогуб. - М.: Машиностроение, 1998.
- 2 А.А. Калентьев, Я.А. Мостовой, А.А. Тюгашев. Технология ГРАФКОНТ для автоматизированного проектирования комплексных управляющих программ.// Сборник научно-технических статей по ракетно-космической тематике. Самара, 2001, с.165-167.