УДК 681.3

В.А.Харитонов

ГАРАНТОСПОСОБНОСТЬ СТРУКТУРНО УСТОЙЧИВЫХ СРЕДСТВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Гарантоспособность вычислительных систем (ВС) /1/ приобретает особую актуальность в экстремальных условиях эксплуатации летательных аппаратов (ЛА), когда интенсивность потока отказов или потребная на практике длительность жизненного цикла по своему значению превосходят уровни, соответстующие нормальным условиям, а возожности восстановления работоспособного состояния путем замены неисправных узлов исправными отсутствуют. Современные методы обеспечения отказоустойчивости ВС предполагают введение различных видов избыточности, несущей в себе ограничение возможностей для ЛА, и своей основной задачей считают сохранение или восстановление в полном обьеме способности ВС к выполнению заданных программой действий, называемых в дальнейшем функциями системы.

Перспективные ВС рассматриваемого класса управляющих систем ориентируются на постоянный рост числа и трудоемкости задач, подлежащих решению, что выражается в тенденциях развития архитектуры и, прежде всего, в функциональной избыточности. В настоящей работе рассматривается методология использования избыточности этого вида для повышения гарантоспособности ВС в экстремальных условиях эксплуатации на основе идей структурной устойчивости сложных систем /2/.

Пусть решаемая ВС совокупность управляющих алгоритмов A представима композицией функций системы $F=\{f_i, i=\overline{1,N}\}$, каждая из которых ($f_i$) обозначает некоторый фиксированный в ВС алгоритм вычисления соответствующего функционального соответствия ($\mathfrak{S}_{f_i} \in \in \Sigma$) /3/. Адекватность функциональных возможностей ВС предьявляемым к ней требованиям будем характеризовать фукциональной полнотой F относительно A. При этом система F считается функционально избыточной, если в ней существует такой элемент f, что совокупость алгоритмов A может быть представлена композицией функций системы $F\setminus\{f\}$, в том числе путем замены $f \to l_f \in (F\setminus\{f\})^*$. Следствием замены является увеличение времени вычисления $\mathfrak{S}_i$, ограниченного работой ВС в масштабе реального времени.

Время решения К-й задачи из А известно:

$$T_K = \max_{n_K} \left\{ \sum_{i=1}^{N} t_i \, \xi^K_{i,j_K}, \; j_K=\overline{1,n_K} \right\} \le T^{max}_K, \tag{I}$$

где t_i – время выполнения i-й функции из F, ξ^K_{i,j_K} – число говторений i-й функции в j_K-й реализации К-го алгоритма, T^{max}_K – максимальное время, предоставляемое для его решения. Поэтому для одиночных функциональных отказов, предполагающих восстановление работоспособности путем эмуляции отказавших функций композициями оставшихся /4/, можно определить точки катастрофы, характеризующие неспособность ВС к требуемому обслуживанию. Так для f_i

$$t^{max}_i = \min_{|A|} \left\{ t^{min}_{i,K} = \min_{n_K} \left\{ (T^{max}_i - T_K)/\xi^K_{i,j_K}, \; j=\overline{1,n_K} \right\}, \; K=\overline{1,|A|} \right\}. \tag{2}$$

Для множественных функциональных отказов временные ограничения на эмуляционные процессы можно представить гиперповерхностью катастроф в N-мерном метрическом пространстве, формирующей область структурной устойчивости ВС.

Дальнейшее повышение живучести ВС следует связывать с упрощением множества задач А до A_1, когда

$$\sum_{K=1}^{|A|} T_K > \sum_{m=1}^{|A1|} T_{1,K}, \quad \sum_{K=1}^{|A|} T^{max}_K = \sum_{m=1}^{|A1|} T^{max}_{1,K}, \tag{3}$$

и аналогично (2) могут быть определены новые точки, а затем гиперповерхность катастроф и, наконец, область структуной устойчивости, содержащая целиком прежнюю, и т.д. На каждом шаге упрощения коплекса решаемых задач область структуной устойчивости расширяется, причем каждая предыдущая гиперповерхность катастроф становится очередной гиперповехностью бифуркации (раздвоения), обозначающей топологическую перестройку картины фукционироваия ВС на оси времени при изменении параметров /5/.

Свойство постепенной функциональной деградации, приобретаемое ВС в случае реализации методологии структурной устойчивости, предоставляет ей дополнительные вычислительные ресурсы в сравнении с классической отказоустойчивостью как в отдельных каналах, так и в целом, что для нестационарного потока отказов может быть оценено по специальной методике /6/. Это повышает гарантоспособность вычислений при управлении движение ЛА.

Список литературы

1. Авиженис А., Лапри Ж.-К. Гарантоспособность вычисления. От идей до реализации в проектах // Труды ИИЭР, 1986. Т. 74. - N5. - С.8-21.

2. Касти Дж. Большие системы. Связность, сложность и катастрофы. М.: Мир, 1982. - 216 с.

3. Харитонов В.А. Основы теории живучести функционально избыточных систем. Санкт-Петербург: Институт информатики и автоматизации РАН. Препринт N 170, 1993. - 60 с.

4. Харитонов В.А. Эмуляция ЭВМ на собственных подмножествах деградирующей системы команд //Известия Вузов России. Приборостроение, 1993. - N 2. - С.21-24

5. Арнольд В.И. Дополнительные главы теории обыкновенных дифференциальных уравнений. М.: Наука, 1978. - 304.

6. Харитонов В.А. Показатели отказоустойчивости вычислительных систем для случая нестационарного потока отказов //Известия Вузов России. Приборостроение, 1993. - N 2. - С. 7-10.