

МОДЕЛЬ ЗАПАСА РЕКОНФИГУРОПРИГОДНОСТИ МАТРИЧНЫХ СПЕЦПРОЦЕССОРОВ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ В УСЛОВИЯХ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ОТКАЗОВ

к. т. н. Н. П. Благодарный
(представил д.т.н., проф. В.С. Харченко)

Предложена модель запаса реконфигуропригодности матричных спецпроцессоров (МСП) реального времени в условиях кластеризации отказов, позволяющая обеспечить высокую эффективность функционирования МСП по назначению.

Стремительное расширение спектра задач, решаемых бортовыми средствами летательных аппаратов, обуславливает внедрение в их состав матричных спецпроцессоров, функционирующих в реальном масштабе времени [1, 3]. Высокие требования к надежности характеристикам МСП удовлетворяются путем использования активных методов обеспечения отказоустойчивости [2 - 4]. Как показано в [2], эффективность таких методов удобно оценивать запасом реконфигуропригодности $W(t_{Hi})$:

$$W(t_{Hi}) = \frac{|V_p(t_{Hi})|}{|V_u(t_{Hi})|}, \quad (1)$$

где $V_p(t_{Hi})$, $V_u(t_{Hi})$ - соответственно множества резервных и используемых модулей МСП, t_{Hi} - момент начала применения МСП по назначению.

Увеличение значения $W(t_{Hi})$ связано с ростом $|V_p(t_{Hi})|$. Так как $V_p(t_{Hi}) \cup V_u(t_{Hi}) = V \setminus V_0(t_{Hi})$, где V и $V_0(t_{Hi})$ - соответственно множество всех модулей и множество отказавших модулей МСП, то рост $|V_p(t_{Hi})|$ связан с уменьшением $|V_u(t_{Hi})|$ и эффективности функционирования МСП [5].

Реализация МСП на высокоинтегрированном базисе, для которого характерна кластеризация (группирование) отказов и сбоев [5], не позволяет использовать для оценки реконфигуропригодности модель (1).

Модель (1) получена в предложении о равномерном распределении

отказов (сбоев) модулей на множестве исправных ПМ МСП. Она дает заниженную оценку запаса реконфигуропригодности отказоустойчивых МСП и является неприемлемой в практике отказоустойчивого синтеза высокоинтегрированных МСП, функционирующих в реальном масштабе времени.

Разработаем модель $W^*(t_{Hi})$ оценки запаса реконфигуропригодности, применимую в условиях кластеризации отказов, обеспечивающая вероятность $P(t)$ безотказной работы МСП не ниже требуемой P_{TP} , т.е. $P(t) \geq P_{TP}$.

Обозначим через $P_0(t_{Hi})$, $P_u(t_{Hi})$ и $P_p(t_{Hi})$ вероятности нахождения модулей в множествах $V_0(t_{Hi})$, $V_u(t_{Hi})$, $V_p(t_{Hi})$ соответственно.

Для реконфигурационного пространства с радиусом r [2] определим площадь $S(r)$, $S(r) = \pi r^2 P_p(t_{Hi})$ и число $\Pi(r)$ отказов и сбоев, возникающих за активный временной интервал применения МСП, длительностью t_a . Для этого охарактеризуем кластеризацию отказов однопараметрическим распределением (законом Пуассона) с параметром η (средним расстоянием между первым и последующими отказавшими модулями МСП)

$$P_i = \frac{\eta^i}{i!} e^{-\eta},$$

где P_i - вероятность возникновения отказа модуля, находящегося на расстоянии i от модуля, отказавшего первым. С учетом значений P_i оценен $\Pi(r)$ выражением

$$\Pi(r) = |V \setminus V_0(t_{Hi})| (\lambda_0 + \lambda_C) t_a \sum_{i=1}^r 2\pi i P_i, \quad (2)$$

где λ_0, λ_C - интенсивность потоков отказов и сбоев модулей.

Безотказное функционирование МСП в условиях кластеризации отказов (сбоев) модулей будет достигнуто при выполнении равенства $S(r) = \Pi(r)$.

С целью определения мощностей множеств $V_p^*(t_{Hi})$, $V_u^*(t_{Hi})$ и, следовательно, $W^*(t_{Hi})$, получим оценки $P_p(t_{Hi})$ и $P_u(t_{Hi})$.

Подставляя в равенство вместо $S(r)$ и $\Pi(r)$ соответствующие выражения и разрешая уравнение относительно $P_p(t_{Hi})$, получим

$$P_p(t_{Hi}) = \frac{2P_{TP} |V \setminus V_0(t_{Hi})| (\lambda_0 + \lambda_C) t_a e^{-\eta}}{r^2} \sum_{i=0}^r i \frac{\eta^i}{i!}. \quad (3)$$

Так как $P_0(t_{Hi}) + P_p(t_{Hi}) + P_u(t_{Hi}) = 1$ и значение $P_0(t_{Hi})$ априори известно, то значение $P_u(t_{Hi})$ также может быть легко вычислено, а значение $W^*(t_{Hi})$ определено из выражения

$$W^*(t_{Hi}) = \frac{P_p(t_{Hi})}{P_u(t_{Hi})} = \frac{P_p(t_{Hi})}{1 - P_0(t_{Hi}) - P_p(t_{Hi})}. \quad (4)$$

Сравнение текущего запаса $W_T(t_{Hi})$, вычисленного по выражению (1), и значения $W^*(t_{Hi})$ позволяет определить стратегию надежного синтеза МСП перед каждым интервалом применения [4]:

- снижение качества функционирования (деградация МСП) при $W_T(t_{Hi}) < W^*(t_{Hi})$;
- функционирование МСП с прежним уровнем качества при $W_T(t_{Hi}) = W^*(t_{Hi})$;
- повышение качества функционирования МСП за счет перевода части модулей из $V_p(t_{Hi})$ в $V_u(t_{Hi})$ (редеградация МСП) при $W_T(t_{Hi}) > W^*(t_{Hi})$.

Кроме того, знание оценки $W^*(t_{Hi})$ позволяет определять перед каждым активным интервалом применения МСП минимально необходимую мощность множества $V_p(t_{Hi})$ и максимально возможную мощность $V_u(t_{Hi})$ и, следовательно, обеспечить высокую эффективность функционирования МСП по назначению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кун С. Матричные процессоры на СБИС. – М.: Мир, 1991. – 672 с.
2. Благодарный Н.П.. Оптимизация размещения процессорных модулей // Информатика. –К.: Наук. думка. – 1999. – Вып. 7. – С. 3 - 7 .
3. Харченко В.С., Благодарный Н.П. О реконфигурируемости цифровых систем // Электронное моделирование. – 1998. – Т. 20, № 6. – С. 81 - 93.
4. Благодарный Н.П.. Надежный синтез матричных спецпроцессоров реального времени // Информационные системы. – Харьков: НАНУ, ПАНИ, ХВУ. – 1998. – Вып. 2(10). – С. 101 - 106.
5. Благодарный М.П., Колодій С.Н., Баутін М.М. Методика оцінки резервного обладнання відказостійких матричних спецпроцесорів // Информационные системы.– Харьков: НАНУ, ПАНИ, ХВУ. – 1999. – Вып. 1(12). – С. 3 - 6.

Поступила в редколлегию 28.08.2000