

7. Ушаков И.А. Вероятностные модели надежности информационно-вычислительных систем. М.: Радио и связь, 1991. 132 с.

Ивутин Алексей Николаевич, канд. техн. наук, доц., alexey.ivutin@gmail.com, Россия, Тула, Тульский государственный университет,

Ларкин Евгений Васильевич, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, elarkin@mail.ru, Россия, Тула, Тульский государственный университет

GENERALIZED HIERARCHICAL STRUCTURE OF RAILWAY TRANSPORT'S OBJECTS

A.N. Ivutin, E.V. Larkin

Division of the control system for the hierarchical levels is proposed. It is shown that the object represented by the i -th hierarchical level as the "system" for $(i - 1)$ th level of the hierarchy is the "element". Between the elements of the given hierarchical level, there are certain structural links, which makes the system a set of elements. The mathematical description of the hierarchical system is received.

Key words: control computer, reliability, algorithm, graph, hierarchical level.

Ivutin Alexey Nicolaevich, candidate of technical science, docent, alexey.ivutin@gmail.com, Russia, Tula, Tula State University

Larkin Evgeniy Vasilevich, doctor of technical science, professor, manager of department, elarkin@mail.ru, Russia, Tula, Tula State University

УДК 004.052.3

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ

Е.В. Ларкин, А.Н. Ивутин

Рассмотрена модель управляющей ЭВМ. Построена ее функциональная схема. Показано, что алгоритмы управления являются циклическими. Предложено для описания временных характеристик процедуры обработки данных управляющей ЭВМ использовать полумарковский процесс.

Ключевые слова: управляющая ЭВМ, надежность, алгоритм, полумарковский процесс, сеть Петри-Маркова.

Современный этап развития железнодорожного транспорта характеризуется широким внедрением цифровых ЭВМ в процесс управления

движением, как в пределах отдельных транспортных единиц, так и в пределах железнодорожных узлов и всей сети в целом. Системы, осуществляющие сбор информации, ее предварительную обработку и предъявление результатов предобработки оператору для принятия решения, претерпели качественные изменения. Превратившись в важнейшее звено систем управления железнодорожным транспортом, кибернетические комплексы оказывают существенное влияние на эффективность применения технических средств в процессе перевозок, а при возникновении аварийных ситуаций определяют работоспособность и даже жизнеспособность подвижного состава и сопутствующей инфраструктуры.

Возрастание объема аппаратуры, используемой при управлении, и структурное усложнение программного обеспечения неизбежно приводит к возрастанию потоков отказов, перемежающихся отказов (сбоев), временных рассогласований поступления данных, для компенсации которых в системы управления требуется вводить дополнительные аппаратно-программные средства, что неизбежно повышает стоимость, как производства, так и эксплуатации кибернетических систем. Кроме того, дополнительно введенное оборудование и программное обеспечение, осуществляющие контроль состояния оборудования, сами по себе являются источником отказов, снижающим надежность всего комплекса в целом.

В современной управляющей ЭВМ все блоки являются цифровыми. Аппаратные отказы блоков сводятся к нарушению их работоспособности на всех или некоторых режимах. Кроме того, к отказам аппаратной части ЭВМ можно отнести нарушение целостности электрических и логических соединений между перечисленными блоками. Поэтому аппаратные отказы управляющей ЭВМ можно считать структурными. Следует отметить, что в состав информационно-управляющей системы могут входить аналого-цифровые преобразователи, в которых наряду со структурными имеют место также параметрические отказы.

Рассмотрим функциональную модель управляющей ЭВМ, отражающую выполняемые ею функции и совпадающую с моделью интерпретируемых ею алгоритмов (рис. 1).

Независимо от типа применяемого бортового вычислителя, его функционирование осуществляется по некоторому алгоритму, под которым понимается точное предписание Γ пошаговой обработки данных, в результате которой из произвольной совокупности исходных данных D формируется результат R , полностью определяемый алгоритмом Γ и исходными данными D

$$R = R(\Gamma, D) = (R_1, \dots, R_m, \dots, R_M),$$

где $D = (d_1, \dots, d_n, \dots, d_N)$ - результат предварительной обработки на аппаратном уровне сигналов сенсорной системы; $(R_1, \dots, R_m, \dots, R_M)$ - вектор результата обработки.

Алгоритм функционирования управляющей ЭВМ [1, 2], с одной

стороны, формирует из вектора исходных данных D другую совокупность данных R , интерпретируемую как решение задачи из некоторого класса однотипных задач, а с другой стороны является одним из основных факторов, определяющих информационные и временные характеристики бортового вычислителя. В общем случае алгоритм включает два крупных компонента:

$$\Gamma = \{G, G_{\text{int}}\}$$

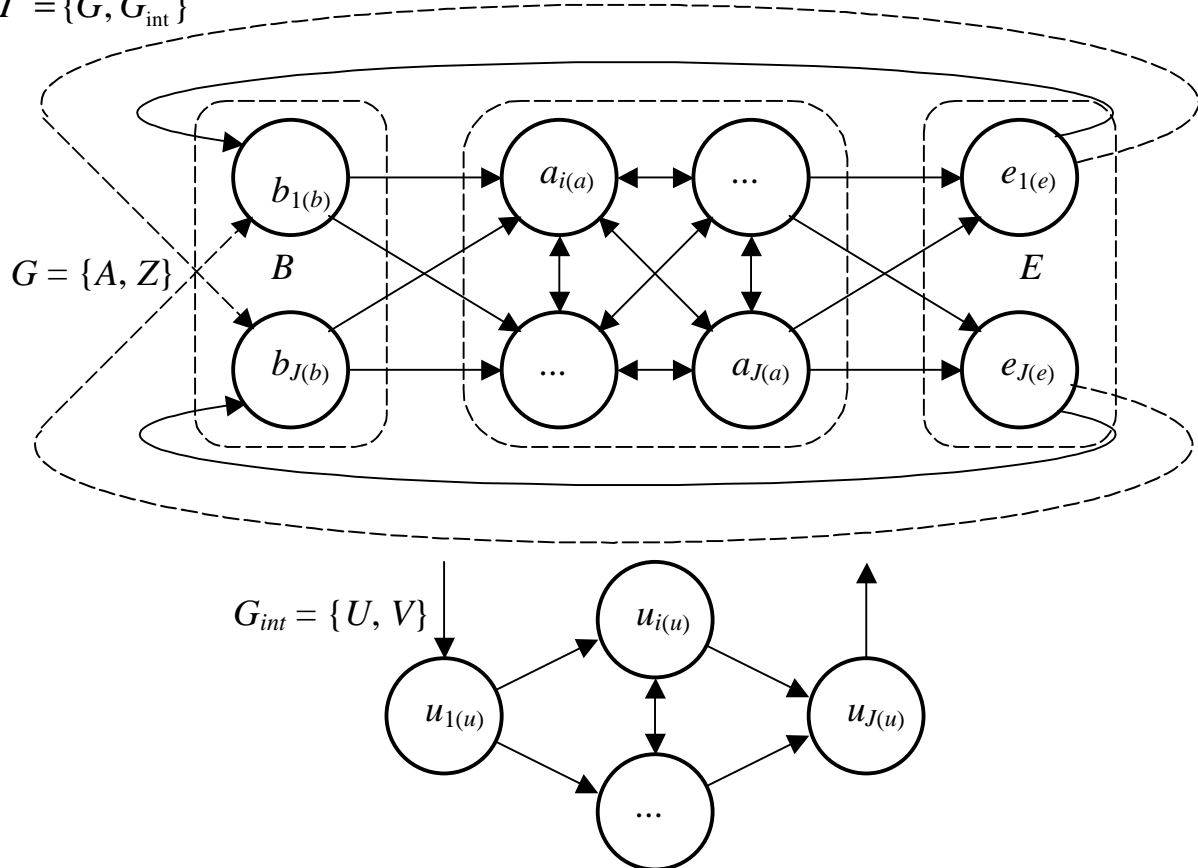


Рис. 1. Функциональная модель управляющей ЭВМ

$$\Gamma = \{G, G_{\text{int}}\},$$

где G - комплекс основных программ обработки данных; G_{int} - комплекс программ обработки прерываний.

Программы обработки данных представляются множеством

$$G = \{A, Z\},$$

где $A = \{a_{1(a)}, ..., a_{i(a)}, ..., a_{J(a)}\}$ - непустое множество операторов; $Z = \{[a_{i(a)}, a_{j(a)}], ..., [a_{k(a)}, a_{l(a)}]\}$ - непустое множество связей между операторами.

Управляющие программы являются циклическими [1]. Цикличность программного обеспечения интерпретируется следующим образом. При завершении обработки очередного массива данных, поступивших на вход бортовой ЭВМ, начинается обработка следующего массива.

Параллельно с основным программным обеспечением G в управляющей ЭВМ может существовать комплекс программ обработки прерываний

$$G_{int} = \{U, V\},$$

где $U = \{u_{1(u)}, \dots, u_{i(u)}, \dots, u_{J(u)}\}$ - множество операторов, в которые вычислительный процесс попадает в результате некоторого внешнего, по отношению к системе, воздействия, называемого прерыванием; $V = \{[u_{1(u)}, u_{i(u)}], \dots, [u_{j(u)}, u_{J(u)}]\}$ - множество связей между операторами U алгоритма G_{int} .

В множестве U , в свою очередь, в оператор $u_{1(u)}$ вычислительный процесс попадает после прерывания непосредственно, а из оператора $u_{J(u)}$ вычислительный процесс возвращается в тот оператор множества D , при выполнении которого в систему поступило прерывание.

Рассматриваемые управляющие ЭВМ относятся к классу SIMD (Simple Instruction, Simple Data) и является вычислителем фон-неймановского типа, в котором операторы программного обеспечения, моделируемые вершинами графа, приведенного на рис. 2, интерпретируются последовательно, оператор за оператором [3, 4]. Поэтому моделью функционирования ЭВМ при интерпретации программы будет являться последовательный перебор вершин графа, который при физической интерпретации программы аппаратными средствами ЭВМ осуществляется во времени (в часах, минутах, секундах).

Естественной моделью для описания временных характеристик процедуры обработки данных управляющей ЭВМ является полумарковский процесс [5, 6, 7], определенный множеством

$$M = \{G, H(t)\},$$

где G - граф, описывающий структуру процесса; $H(t)$ - полумарковская матрица.

Структура G - графа, описывающего полумарковский процесс, определяется структурой описываемого им алгоритма:

$$G = \{A, Z\} = \{A, O(A)\} = \{A, I(A)\},$$

где A - конечное множество состояний, совпадающее со множеством $A = \{a_{1(a)}, \dots, a_{i(a)}, \dots, a_{J(a)}\}$ операторов алгоритма; $Z = \{[a_{i(a)}, a_{j(a)}], \dots, [a_{k(a)}, a_{l(a)}]\}$ - множество переходов между состояниями, совпадающее со множеством переходов между операторами алгоритма; $O(A)$ - выходная функция состояний процесса; $I(A)$ - входная функция состояний процесса;

$$O(A) = \{O(a_{1(a)}), \dots, O(a_{i(a)}), \dots, O(a_{J(a)})\};$$

$$I(A) = \{I(a_{1(a)}), \dots, I(a_{i(a)}), \dots, I(a_{J(a)})\};$$

$O(a_{i(a)}) = \{a_{[O,i(a)]}, \dots, a_{i[O,i(a)]}, \dots, a_{J[O,i(a)]}\} \in A$ - множество состояний, в которые полумарковский процесс может переключиться из состояния $a_{i(a)}$; $I(a_{i(a)}) = \{a_{[I,i(a)]}, \dots, a_{i[I,i(a)]}, \dots, a_{J[I,i(a)]}\} \in A$ - множество состояний, из которых полумарковский процесс может переключиться в состояние $a_{i(a)}$.

Полумарковская матрица $H(t)$ определяет временные параметры

полумарковского процесса. По структуре G и элементам матрицы $H(t)$ могут быть рассчитаны временные характеристики функционирования управляющей ЭВМ.

Математическая модель системы прерываний также представляет собой полумарковский процесс

$$M_{\text{int}} = \{G_{\text{int}}, H_{\text{int}}(t)\},$$

где G_{int} - граф, описывающий структуру полумарковского процесса;

$$G_{\text{int}} = \{U, V\} = \{U, O(U)\} = \{U, I(U)\};$$

U - конечное множество состояний, совпадающее со множеством $U = \{u_{1(u)}, \dots, u_{i(u)}, \dots, u_{J(u)}\}$ операторов алгоритма обработки прерываний; $V = \{[u_{i(u)}, u_{j(u)}], \dots, [u_{k(u)}, u_{l(u)}]\}$ - множество переходов между состояниями, совпадающее со множеством переходов между операторами алгоритма обработки прерываний; $O(U)$ и $I(U)$ - соответственно, выходная и входная функции состояний процесса;

$$O(U) = \{O(u_{1(u)}), \dots, O(u_{i(u)}), \dots, O(u_{J(u)})\};$$

$$I(U) = \{I(u_{1(u)}), \dots, I(u_{i(u)}), \dots, I(u_{J(u)})\};$$

$O(u_{i(u)}) = \{u_{[O,i(u)]}, \dots, u_{[O,i(u)]}, \dots, u_{[O,i(u)]}\} \in U$ - множество состояний, в которые полумарковский процесс может переключиться из состояния $u_{i(u)}$; $I(u_{i(u)}) = \{u_{[I,i(u)]}, \dots, u_{[I,i(u)]}, \dots, u_{[I,i(u)]}\} \in U$ - множество состояний, из которых полумарковский процесс может переключиться в состояние $u_{i(u)}$.

Полумарковская матрица $H_{\text{int}}(t)$ определяет стохастические и временные свойства процесса. По ее элементам и структуре графа G могут быть рассчитаны временные характеристики функционирования управляющей ЭВМ при обработке прерываний.

Таким образом, отказы при функционировании ЭВМ вследствие отказов программного обеспечения сводятся к неверной интерпретации операторов, или к нарушению связей между операторами. Указанные отказы бортовой ЭВМ могут квалифицироваться как структурные.

Однако, нарушение структурных связей в программном обеспечении приводит, с одной стороны, к неверной (неточной) интерпретации данных, а с другой - к изменению величин временных интервалов, в течение которых управляющая ЭВМ производит опрос периферийного оборудования. Это, в свою очередь, может рассматриваться как параметрический отказ.

Список литературы

1. Ларкин Е.В. К вопросу об отказах программного обеспечения // Известия ТулГУ. Вычислительная техника. Информационные технологии. Системы управления. Т. 2. Вып. 1. Вычислительная техника. Тула: ТулГУ, 2003. С. 3 - 8.

2. Ларкин Е.В. Энтропия сообщений, формируемых при алгоритми-

чис-кой обработке // Известия ТулГУ. Вычислительная техника. Автоматика. Управление. Т. 4. Вып. 1. Вычислительная техника. Тула: ТулГУ, 2002. С. 5 - 11.

3. Ларкин Е.В. Моделирование параллельных систем одного класса // Известия ТулГУ. Математика. Механика. Информатика. Т. 6. Вып. 3. Информатика. Тула: ТулГУ, 2000. С. 92 - 97.

4. Ларкин Е.В. Некоторые случаи "соревнований" в многопроцессор-ных системах // Алгоритмы и структуры систем обработки информации. Тула: ТулГУ, 1994. С. 26 - 28.

5. Кокс Д.Р., Смит В.Л. Теория восстановления / под ред. Ю.К. Беляева. М.: Советское радио, 1967. 300 с.

6. Королюк В.С., Турбин А.Ф. Полумарковские процессы и их приложения. Киев: Наукова думка, 1976. 184 с.

7. Сильвестров Д.С. Полумарковские процессы с дискретным множеством состояний. М.: Сов. радио, 1980. 272 с.

Ивутин Алексей Николаевич, канд. техн. наук, доц., alexey.ivutin@gmail.com, Россия, Тула, Тульский государственный университет,

Ларкин Евгений Васильевич, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, elarkin@mail.ru, Россия, Тула, Тульский государственный университет

FEATURES OF THE OPERATION OF COMPUTER SYSTEMS MANAGEMENT RAIL VIEWPOINT OF RELIABILITY

A.N. Ivutin, E.V. Larkin

We consider a model of control computer. Built its functional layout. It is shown that the control algorithms are cyclic. Proposed to describe the temporal characteristics of data processing procedures of control computer use semi-Markov process.

Key words: control computer, reliability, algorithm, semi-Markov process, Petri-Markov net

Ivutin Alexey Nicolaevich, candidate of technical science, docent, alexey.ivutin@gmail.com, Russia, Tula, Tula State University

Larkin Evgeniy Vasilevich, doctor of technical science, professor, manager of department, elarkin@mail.ru, Russia, Tula, Tula State University