

нающая система учитывает как геометрические, так и яркие особенности полутонных текстур.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 09-07-00089).

Л и т е р а т у р а

1. Харалик Р. М. Статистический и структурный подходы к описанию текстур // ТИИЭР. 1979. Т. 67. № 5. С. 98—118.

2. Федотов Н. Г. Теория признаков распознавания образов на основе стохастической геометрии и функционального анализа. М.: Физматлит, 2009.

3. Федотов Н. Г. Методы стохастической геометрии в распознавании образов. М.: Радио и связь, 1990.

4. Федотов Н. Г., Шульга Л. А. Теория распознавания и понимания образов на основе стохастической геометрии // Искусственный интеллект. 2002. № 2. С. 282—289.

Дата принятия 16.08.2010 г.

519.725(047)

Метод контроля ошибок в устройствах хранения и передачи информации автоматизированных систем измерительной техники

Ал. А. ПАВЛОВ, А. А. ПАВЛОВ, П. А. ПАВЛОВ, А. Н. ЦАРЬКОВ,
О. В. ХОРУЖЕНКО

Серпуховский военный институт ракетных войск, Серпухов, Россия,
e-mail: Pavlov_jif@mail.ru

Предложен метод обнаружения одиночных и двойных ошибок в устройствах хранения и передачи информации в автоматизированных системах измерительной техники.

Ключевые слова: одиночные и двойные ошибки, устройства хранения и передачи информации.

The method of single and double error detection for information storage and transmission devices in measuring technique automated systems is suggested.

Key words: single and double errors, information storage and transmission devices.

Характерная особенность современных средств измерений — широкое использование автоматизированных систем. Во многих случаях на практике изучаемый объект находится на значительном удалении от потребителя измерительной информации. При этом наряду с задачей получения информации непосредственно от объекта возникает задача передачи ее по каналу связи от объекта к потребителю. Независимо от способа передачи сигналы должны иметь форму, удобную для обработки в ЭВМ, обеспечивать однозначность представления сообщений и обладать устойчивостью к искажениям, возникающим по тем или иным причинам в устройствах хранения и передачи информации [1].

Эффективность автоматизированных систем измерительной техники в значительной степени определяется достоверностью информации, которая обрабатывается в данных системах [2]. В свою очередь, достоверность функционирования цифровых устройств существенно зависит от выбранного метода обнаружения ошибок (обнаруживающей способности выбранного метода контроля информации и аппаратных затрат, необходимых для его реализации).

В настоящее время для этой цели наиболее широко используется метод контроля на четность, который позволяет

выявить одиночные (нечетные ошибки) при минимальных аппаратных затратах [2]. Наиболее эффективным методом, позволяющим обнаруживать все одиночные ошибки и до 75 % двойных ошибок, является функционально-кодовый метод, предложенный в [3].

Однако с увеличением объема информации возникает необходимость повышения процента обнаружения двойных ошибок. В связи с этим появилась потребность в разработке метода контроля информации, обнаруживающего все одиночные и максимальное количество двойных ошибок без значительного увеличения аппаратных затрат и снижения быстродействия схемы контроля.

Метод контроля устройств хранения и передачи информации. Допустим, имеется двоичный набор с произвольным числом информационных разрядов и их число кратно трем. Разобьем этот набор на блоки информации по три разряда в каждом блоке:

$$Y = x_1x_2x_3y_1y_2y_3 \dots z_1z_2z_3.$$

Сформируем значения трех контрольных разрядов по правилу

$$\begin{aligned} r_1 &= x_1 \oplus x_2 \oplus y_1 \oplus y_2 \oplus \dots \oplus z_1 \oplus z_2; \\ r_2 &= x_2 \oplus x_3 \oplus y_2 \oplus y_3 \oplus \dots \oplus z_2 \oplus z_3; \\ r_3 &= x_1 \oplus x_3 \oplus y_1 \oplus y_3 \oplus \dots \oplus z_1 \oplus z_3. \end{aligned} \quad (2)$$

В результате кодирования получим кодовый набор

$$\begin{array}{rcl} Y_K = x_1 x_2 x_3 y_1 y_2 y_3 \dots z_1 z_2 z_3 & x_1 x_2 & x_1 \\ & x_2 x_3 & x_3 \\ \oplus & y_1 y_2 & y_1 \\ & y_2 y_3 & y_3 \\ & \dots & \\ & z_1 z_2 & z_1 \\ & z_2 z_3 & z_3 \end{array}$$

$$\text{или } Y_K = x_1 x_2 x_3 y_1 y_2 y_3 \dots z_1 z_2 z_3 r_1 r_2 r_3.$$

Таким образом, для обнаружения одиночных (нечетных) и двойных (четных) ошибок предлагаемым методом требуется три контрольных разряда.

П р и м е р. Пусть число информационных разрядов равно шести, тогда имеем следующий кодовый набор

$$\begin{array}{rcl} Y_K = x_1 x_2 x_3 y_1 y_2 y_3 & x_1 x_2 x_1 & \\ & x_2 x_3 x_3 & \\ \oplus & y_1 y_2 y_1 & \\ & y_2 y_3 y_3 & \end{array}$$

При считывании информации с устройства ее хранения (передачи) относительно значений информационных разрядов проводится повторное формирование значений контрольных разрядов

$$\begin{aligned} r_{n1} &= x_1 \oplus x_2 \oplus y_1 \oplus y_2; \\ r_{n2} &= x_2 \oplus x_3 \oplus y_2 \oplus y_3; \\ r_{n3} &= x_1 \oplus x_3 \oplus y_1 \oplus y_3. \end{aligned} \quad (1)$$

Полученные значения r_{n1} , r_{n2} , r_{n3} сравниваются со значениями считываемых (переданных) контрольных разрядов r_{c1} , r_{c2} , r_{c3}

$$\lambda = r_{c(123)} \oplus r_{n(123)},$$

при этом результат сравнения является признаком ошибки. Устройство содержит ошибку, если $\lambda = 1$, ее нет, если $\lambda = 0$.

Ошибочные кодовые наборы для одиночных и двойных ошибок

№ п/п	Ошибочный кодовый набор	r_1	r_2	r_3	№ п/п	Ошибочный кодовый набор	r_1	r_2	r_3
1	000 000 001	—	—	*	5	000 010 000	*	*	—
2	000 000 010	—	*	—	6	000 100 000	*	—	*
3	000 000 100	*	—	—	7	001 000 000	—	*	*
4	000 001 000	—	*	*	8	010 000 000	*	*	—

Окончание таблицы

№ п/п	Ошибочный кодовый набор	r_1	r_2	r_3	№ п/п	Ошибочный кодовый набор	r_1	r_2	r_3
9	100 000 000	*	—	*	27	000 100 100	—	*	*
10	000 000 011	—	*	*	28	001 000 100	*	*	*
11	000 000 101	*	—	*	29	010 000 100	—	*	—
12	000 001 001	—	*	—	30	100 000 100	—	—	*
13	000 010 001	*	*	*	31	000 011 000	*	—	*
14	000 100 001	*	—	—	32	000 101 000	*	*	—
15	001 000 001	—	*	—	33	001 001 000	—	—	—
16	010 000 001	*	*	*	34	010 001 000	*	—	*
17	100 000 001	*	—	—	35	100 001 000	*	*	—
18	000 000 110	*	*	—	36	000 110 000	—	*	*
19	000 001 010	—	*	*	37	001 010 000	*	—	*
20	000 010 010	*	—	—	38	010 010 000	—	—	—
21	000 100 010	—	*	—	39	100 010 000	—	*	*
22	001 000 010	—	—	*	40	001 100 000	*	*	—
23	010 000 010	*	—	—	41	010 100 000	—	*	*
24	100 000 010	*	*	—	42	011 000 000	*	—	*
25	000 001 100	*	*	*	43	101 000 000	*	*	—
26	000 010 100	—	*	—	44	110 000 000	—	*	*

П р и м е ч а н и е: «*» — признак ошибки обнаружен; «—» — не обнаружен.

В таблице представлены ошибочные кодовые наборы для одиночных и двойных ошибок относительно безошибочного кодового набора 000000000. Полужирным выделены необнаруженные две двойные ошибки.

Таким образом, предлагаемый метод позволяет выявить все одиночные и максимальное количество двойных ошибок при уменьшении временных затрат по отношению к методу контроля на четность. Это обусловлено тем, что при контроле на четность на пути прохождения сигнала находится $(n - 1)$ сумматоров по mod 2 (суммируются все n информационных разрядов). При кодировании (декодировании) предлагаемым методом в каждой триаде информационных разрядов в соответствии с (1) суммируются только два разряда, т. е. при формировании каждого контрольного разряда на пути прохождения сигнала находится на треть меньше сумматоров, чем при контроле на четность.

Л и т е р а т у р а

1. Коган Б. М., Мкртумян И. Б. Основы эксплуатации ЭВМ. М.: Энергоатомиздат, 1988.
2. Куликовский К. Л., Купер В. Я. Методы и средства измерений. М.: Энергоатомиздат, 1986.
3. Павлов А. А. и др. Функционально-кодовый контроль ошибок в автоматизированных системах измерительной техники // Измерительная техника. 2009. № 9. С. 3—5; Pavlov A. A. et al. Functional cod error monitoring in computerized data-acquisition systems // Measurement Techniques. 2009. V. 52. N 9. P. 891—894.

Дата принятия 17.08.2010 г.