нейросетевом базисе; N – набор модулей полиномиальной системы классов вычетов; $K^{ош}$ - количество парируемых ошибок выбранным алгоритмом; $K^{ош}_{доп}$ - минимально допустимое количество обнаруженных и исправленных ошибок; $T^{ош}$ - временные затраты необходимые на реализацию процедуры поиска и коррекции ошибки; $T_{пскв\text{-}псс}$ – временные затраты на обратное преобразование из модулярного кода в позиционный код.

В табл. 1 представлены исходные данные, необходимые для решения поставленной задачи для СП ПСКВ, функционирующих в расширенных полях Галуа $GF(2^3)$, $GF(2^4)$, $GF(2^5)$.

Табл. 1. *Исходные данные для выбора алгоритма коррекции ошибок*

№ п/п	Алгоритм поиска и исправления ошибок	Кратность ошибки	Затраты на реализацию алгоритма			
			аппаратурные (нейроны)			временные (кол-во итераций)
			$GF(2^3)$	$GF(2^4)$	$GF(2^5)$	
1	Параллельная нулевизация [1]	1	15	40	85	1
2	Интервальный номер [1]	1	17	52	139	1
3	Интервальный номер [3]	1	14	47	130	2
4	Коэффициенты ОПС [1]	1	14	67	197	1
5	Синдром ошибки [2]	1	18	41	87	1
6	Спектр [1]	1	23	84	188	2

Анализ таблицы 1 показывает, что оптимальным способом реализации немодульной процедуры определения, локализации и исправления ошибки для конвейерной структуры СП ПСКВ с двумя контрольными основаниями, удовлетворяющим предельной теореме представленной работе [1], является метод параллельной нулевизации. Данный метод реализуется при этом минимальных аппаратурных и временных затрат.

Однако, если учитывать то обстоятельство, что коэффициенты обобщенной полиадической системы (ОПС) используется при выполнении процедур перевода непозиционного кода ПСКВ в позиционную систему счисления, то при проведении сравнительного анализа необходимо учитывать и схемные затраты необходимые для обратного преобразования на основе КТО. Тогда получаем, что для реализации процедуры поиска и локализации ошибки при переводе кода ПСКВ в ПСС на основе параллельной нулевизации потребуется:

- для поля $GF(2^3)$ - 49 формальных нейронов;
- для поля $GF(2^4)$ - 166 формальных нейронов;
- для поля $GF(2^5)$ - 401 формальных нейрон.

На рисунке 1 приведен сравнительный анализ двух методов определения глубины и местоположения ошибок в кодах ПСКВ с учетом аппаратурных затрат на устройство обратного преобразования ПСКВ-ПСС для различных полей Галуа $GF(2^5)$.

Из рисунка 1 наглядно видно, что применение алгоритма вычисления коэффициентов ОПС позволяет обеспечить более надежную работу устройства обнаружения и коррекции ошибок по сравнению с параллельной нулевизацией. Полученные результаты показывают, что для СП класса вычетов с двумя контрольными основаниями алгоритм вычисления коэффициентов обобщенной полиадической системы, представленный в работе [1], является оптимальным. При этом при дальнейшем увеличении разрядной сетки СП ПСКВ с параллельно-конвейерной организацией вычислений эффективность применения данного алгоритма возрастает.

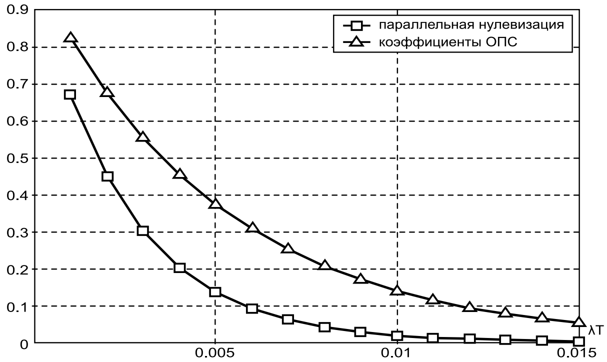

Рис. 1. *Вероятность безотказной работы устройств обнаружения и коррекции ошибок в кодах ПСКВ с учетом обратного преобразования для поля Галуа $GF(2^5)$*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Калмыков И.А. Математические модели нейросетевых отказоустойчивых вычислительных средств, функционирующих в полиномиальной системе классов вычетов/ Под ред. Н.И. Червякова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 276 с

2. Калмыков И.А., Червяков Н.И., Щелкунова Ю.О., Бережной В.В. Математическая модель нейронной сети для коррекции ошибок в непозиционном коде расширенного поля Галуа/ Нейрокомпьютеры: разработка, применение. №8-9, 2003. С. 10-16.

3. Калмыков И.А. Коррекция ошибок в модулярных кодах на основе нейросетевого алгоритма вычисления номера интервала/Збірник наукових праць Харівського університету Повітряних Сил. Випуск 6(6). Харків, 2005. с.65-68.

4. Калмыков И.А., Червяков Н.И., Щелкунова Ю.О., Бережной В.В., Шилов А.А. Нейросетевая реализация в полиномиальной системе классов вычетов операций ЦОС повышенной разрядности/ Нейрокомпьютеры: разработка и применение, 2004, №5-6, с.94-101.

5. Элементы применения компьютерной математики и нейроинформатики/Н.И. Червяков, И.А. Калмыков И.А., В.А. Галкина, Ю.О. Щелкунова, А.А. Шилов; Под ред. Н.И. Червякова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 216с.

КОРРЕКЦИЯ ОШИБОК ПРИ ОРТОГОНАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЯХ СИГНАЛОВ В СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Калмыков И.А., Хайватов А.Б., Резеньков Д.Н., Зиновьев А.В.

Ставропольский военный институт связи Ракетных войск, г. Ставрополь, Россия

В настоящее время информационные технологии (ИИ) находят все более широкое применение в системах управления. Это позволяет обеспечить требуемые характеристики, предъявляемые к таким системам.

В основу многих ИТ положена цифровая обработка сигналов, основу которой составляют ортогональные преобразования сигналов. Применение полиномиальной системы классов вычетов (ПСКВ) позволяет осуществлять такие преобразования в реальном масштабе времени [1]. Кроме того, параллельная обработка данных в вычислительных трактах мо модулям системы ПСКВ может служить базисом в реализации процедур поиска и коррекции ошибок. Разработанные алгоритмы обнаружения и исправления ошибок в нейросетевом базисе позволяют повысить эффективность ИТ систем управления.

Основу корректирующих кодов ПСКВ составляет распределение полиномов по полному диапазону. Если выбрать k из n оснований ПСКВ ($k<n$), то это позволит осуществить разбиение полного диапазона $P_{полн}(z)$ расширенного поля Галуа $GF(p^v)$ на два непересекающихся подмножества. Первое подмножество называется рабочим диапазоном и определяется выражением

$$P_{раб}(z)=\prod_{i=1}^{k} p_i(z).$$

Многочлен $A(z)$ с коэффициентами из поля $GF(p)$ будет считаться разрешенным в том и только том случае, если он принадлежит $P_{раб}(z)$. Второе подмножество, определяемое произведением $r=n-k$ контрольных оснований,

$$P_{конт}(z)=\prod_{i-k+1}^{k+r} p_i(z),$$

задает совокупность запрещенных комбинаций.

Вопросам разработки методов и алгоритмов контроля и коррекции ошибки в модульных избыточных кодах полиномиальной системы классов вычетов уделено значительное внимание [1,3]. Особое место отводится вычислению интервального номера полинома. Определения данной характеристики осуществляется

$$l_{инт}(z)=[A(z)/P_{раб}(z)]. \quad (1)$$

В работе [3] представлено устройство, осуществляющее обнаружение и коррекцию ошибки в модулярном коде на основе вычисления интервального номера, используя

$$B_i^*(z) \equiv B_i(z) \bmod P_{раб}(z), \quad (2)$$

где $B_i^*(z)$ и $B_i(z)$ - ортогональные базисы безизбыточной и полной системы.

Тогда согласно (2)

$$B_i(z)=R_i(z)P_{раб}(z)+B_i^*(z), \quad (3)$$

где $R(z)_i=[B_i(z)/P_{раб}(z)]$

Подставив равенство (3) в выражение (1) и проведя упрощения, имеем

$$l_{инт}(z)=\sum_{i=1}^{k+r}\alpha_i(z)R_i(z)+\left[\sum_{j=1}^{k}\alpha_j(z)B_j^*(z)\Big/P_{раб}(z)\right]+K(z)P_{полн}(z))\Big/P_{раб}(z), \quad (4)$$

где $P_{конт}(z)=\prod_{i-k+1}^{k+r} p_i(z);$

$K(z)$ – ранг полной системы оснований ПСКВ.

Так как множество значений интервального номера $l_{инт}(z)$ представляет собой кольцо по модулю $P_{конт}(z)$, то выражение (4) преобразуется к виду

$$l_{инт}(z)=\left|\sum_{i=1}^{k+r}\alpha_i(z)R_i(z)+K^*(z)\right|^{+}_{P_{конт}(z)}, \quad (5)$$

где ранг безизбыточной системы определяется выражением

$$K^*(z)=\left[\sum_{j=1}^{k}\alpha_j(z)B_j^*(z)\Big/P_{раб}(z)\right]. \quad (6)$$

Если $l_{инт}(z)=0$, то исходный полином $A(z)$ лежит внутри рабочего диапазона и не является запрещенным. В противном случае $A(z)$ – ошибочная комбинация. Причем использование данной характеристики позволяет по величине $l_{инт}(z)$ определить местоположение и глубину $\Delta\alpha_i(z)$ ошибки.

Анализ выражения (5) показывает, что применение составного модуля $P_{конт}(z)$, по которому определяется значение интервального номера $l(z)$, с точки зрения аппаратурных затрат, является не самым оптимальным.

Решить данную проблему можно за счёт модификации алгоритма [1]. В основу данной модификации положено свойство – отсутствие переноса единицы из младшего разряда в старший при выполнении арифметической операции сложения двух операндов в расширенных полях Галуа $GF(2^v)$. Таким образом, величина ранга $K^*(z)$ безизбыточной системы ПСКВ $p_1(z),\dots, p_k(z)$ определяется значением $\alpha_i(z)$ и $B_i^*(z)$, и никоим образом не зависит от переполнения диапазона $P_{раб}(z)$. Следовательно, вычислив $\alpha_i(z)\ B_i^*(z) \bmod P_{раб}(z)$, можно отказаться от вычисления $K^*(z)$. Тогда (10) примет вид

$$\begin{cases} l_{инт}^{k+1}(z)=\left|\sum_{i=1}^{k}(\alpha_i(z)B_i^*(z)) \bmod P_{раб}(z)+\sum_{i=k+1}^{k+r}\alpha_i(z)R_i(z)\right|^{+}_{P_{k+1}(z)} \\ \vdots \\ l_{инт}^{k+r}(z)=\left|\sum_{i=1}^{k}(\alpha_i(z)B_i^*(z)) \bmod P_{раб}(z)+\sum_{i=k+1}^{k+r}\alpha_i(z)R_i(z)\right|^{+}_{P_{k+r}(z)} \end{cases} \quad (7)$$

В ходе проведенных исследований было выявлено, что схемная реализация выражения (7) обеспечивает наибольшую эффективность при контроле и исправлении ошибок, возникающих в процессе функционирования спецпроцессора ПСКВ. При этом представленный алгоритм вычисления данной позиционной характеристики характеризуется довольно высокой надежностью работы при сравнительно небольших временных затратах на реализацию процедур поиска и определения местоположения ошибочных разрядов. Кроме того, с увеличением разрядности вычислительного устройства эффективность алгоритма (7) возрастает.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Калмыков И.А. Математические модели нейросетевых отказоустойчивых вычислительных средств, функционирующих в полиномиальной системе классов вычетов/ Под ред. Н.И. Червякова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 276 с.

2. Элементы применения компьютерной математики и нейроинформатики/Н.И. Червяков, И.А. Калмыков И.А., В.А. Галкина, Ю.О. Щелкунова, А.А. Шилов; Под ред. Н.И. Червякова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 216с.

3. Калмыков И.А., Червяков Н.И., Щелкунова Ю.О., Бережной В.В. Математическая модель нейронной сети для коррекции ошибок в непозиционном коде расширенного поля Галуа/Нейрокомпьютеры: разработка, применение №8-9, 2003. С.10-16

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ИЗ МОДУЛЯРНОГО КОДА В ОБОБЩЕННУЮ ПОЛИАДИЧЕСКУЮ СИСТЕМУ СЧИСЛЕНИЯ ДЛЯ ОТКАЗОУСТОЙЧИВЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Калмыков И.А., Лободин М.В., Зиновьев А.В., Емарлукова Я.В.

Ставропольский военный институт связи Ракетных войск, г. Ставрополь, Россия

Задача исследований

Применение систем контроля и управления доступом (СКУД) в современных системах управления позволяет обеспечить высокую степень защиты от несанкционированного доступа (НСД) к информации. При этом СКУД должны обладать свойством отказоустойчивости. Обеспечить высокую надежность работы таких систем можно за счет применения корректирующих арифметических кодов, используемых для первичной обработки биометрических параметров пользователя.