линомов, образованных неприводимым полиномом $p_l(z)$ над полем $GF(p)$; $l=1, \ldots, k$. Тогда справедлива теорема.

Теорема: Пусть $P(z)$ – конечное кольцо полиномов с коэффициентами поля $GF(p)$ представляет собой прямую сумму локальных колец полиномов

$P(z)=P_1(z)+P_2(z)+\ldots+P_m(z)$. (3)

Тогда в данной системе существует ортогональное преобразование, представляющее собой обобщенное ДПФ, если выполняются следующие условия:

1. $\beta_l(z)$ - первообразный элемент порядка d для локального кольца $P_l(z)$, где $l=1, \ldots, m$.

2. d имеет мультипликативный обратный элемент d^*.

Доказательство: Ортогональное преобразование является обобщенным ДПФ для кольца вычетов $P(z)$ если существуют преобразования вида

$$X_l^k(z)=\sum_{n=0}^{d-1} x_l^n(z)\beta_l^{kn}(z), \quad (4)$$

где $\{X^k_l(z),\ x^n_l(z),\ \beta^{kn}_l(z)\} \in P_l(z),\ l=1,2,\ldots,m;\ k=0,1,\ldots d-1$, над конечным кольцом $P_l(z)$.

Полученная циклическая группа имеет порядок d. Поэтому дискретное преобразование Фурье над $P_l(z)$ можно обобщить над кольцом $P(z)$, если конечное кольцо $P_l(z)$ содержит корень d-ой степени из единицы и d имеет мультипликативный обратный элемент d^*, такой что справедливо

$$d^*d=p^v-1. \quad (5)$$

Доказательство закончено.

Основным преимуществом теоремы является возможность организации ортогональных преобразований сигналов на основе обобщенного ДПФ в расширенных полях Галуа при различных значениях разрядности сетки, задаваемой значением конечного кольца $P(z)$. При этом вычисления организуются параллельно, независимо друг от друга, что значительно повышает быстродействие ЦОС.

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., Чипига А.Ф. Структура нейронной сети для реализации цифровой обработки сигналов повышенной разрядности/Вестник Ставропольского Государственного Университета,2004, Выпуск №38 с.46-50.

3. 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.

Работа представлена на заочную научную электронную конференцию «Современные проблемы науки и образования» 15-20 ноября 2008г. Поступила в редакцию 13.01.09

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ МЕТОДОВ КОРРЕКЦИИ ОШИБОК МОДУЛЯРНЫМИ КОДАМИ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

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

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

В последние годы цифровая обработка сигналов (ЦОС) начинает занимать доминирующее положение в современных информационных технологиях систем управления. Проведенный анализ работ [1-5] показал, что эффективность ЦОС полностью зависит от объема вычислений, который определяется математической моделью цифровой обработки сигналов. Особое место среди таких моделей занимает полиномиальная система класса вычетов (ПСКВ), с помощью которых возможна организация ортогональных преобразований сигналов в расширенных полях Галуа $GF(p^v)$.

Основным достоинством системы класса вычетов является сравнительная простота выполнения модульных операций (сложения, вычитания, умножения). Формальные правила выполнения таких операций в ПСКВ позволяют существенно повысить скорость вычислительных устройств ЦОС. Кроме того, применение модулярных полиномиальных кодов позволяет повысить надежность функционирования вычислительных устройств, входящих в состав современных систем управления

Проблема обеспечения надежного функционирования сложного вычислительного устройства, в настоящее время приобретает первостепенное значение. Применение избыточного модулярного кодирования является одним из перспективных направлений обеспечения устойчивости к отказам, поскольку позволяют обнаружить и исправить ошибки, вызванные неисправностями оборудования.

Доказанные в работе теоремы [1] служат основой процедур поиска и исправления ошибок на основе проекции модулярного кода. Характерной чертой данного метода контроля является возможность коррекции ошибки даже при минимальном числе избыточных оснований. Так наличие одного контрольного основания, удовлетворяющего условию

$$ord\,p_{k+1}(z) \geq ord\,p_{k+1}(z),$$

позволяет однозначно исправить последствия однократной ошибки по любому основанию ПСКВ.

Однако, как показывают исследования [1-3], реализация данного метода характеризуется значительными схемными затратами, необходимыми для осуществления обратного преобразования из ПСКВ в позиционный код с последующим сравнением с величиной рабочего диапазона. В этом случае схемные затраты составят

$$V_{пр}=\sum_{l=1}^{k+1} V^l_{ПСКВ-ПСС}, \quad (4.85)$$

где $V^l_{ПСКВ-ПСС}$ - схемные затраты, необходимые на реализацию обратного преобразования из модулярного кода в позиционный код в ПСКВ, заданной основаниями $\{p_j(z)\}$, $j \neq l$, $j=1,2,\ldots k+1;\ l=1,2,\ldots k+1$.

Исходя из условия, что техническое выполнение процедур поиска и коррекции ошибок в модулярном коде тесно связано с устойчивостью функционирования СП класса вычетов, очевидно, что устройство определения и локализация ошибки, состоящее из меньшего количества комплектующих элементов, оказывает меньшее воздействие на снижение надежности функционирования СП СПКВ. Данное положение полностью согласуется с экспоненциальной моделью надежности, в которой интенсивность отказов вычислительного устройства пропорционально суммарному числу элементов, из которых оно состоит.

Тогда математическая установка задачи выбора реализации процедуры поиска и коррекции ошибок в модулярном коде имеет вид

$$V_{кор}(U, D, N) \rightarrow min$$
$$K^{ош}(U, D, N) \geq K^{ош}_{доп}$$
$$T^{ош}(U, D, N) \leq T_{ПСКВ-ПСС}, \quad (1)$$

где $V_{кор}$ – схемные затраты; U – алгоритм обнаружения и коррекции ошибок в модулярных кодах; D – пространственно-временное распределение алгоритма в 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; $T_{пскв-псс}$ – 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 формальный 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.

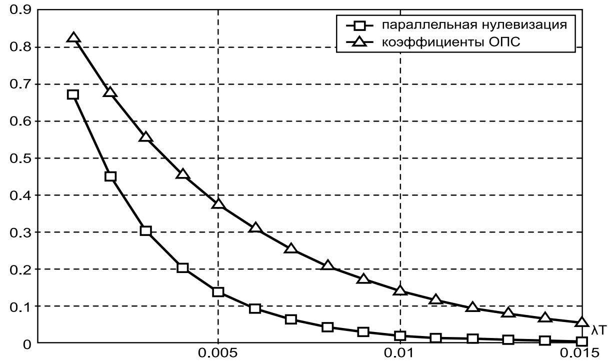

Рис. 1. *Вероятность безотказной работы устройств обнаружения и коррекции ошибок в кодах ПСКВ с учетом обратного преобразования для поля Галуа $GF(2^5)$*

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