

ратных связей, что в значительной степени приведет к повышению быстродействия системы в целом. Проведенный анализ матрицы синаптических весов показал, что для реализации устройства преобразования кода ПСКВ в ПСС для поля $GF(2^3)$ потребуется:

- 3-входовых сумматоров по модулю 2 – 1;
- 4-входовых сумматоров по модулю 2 – 3;
- 5-входовых сумматоров по модулю 2 – 3;

Следует отметить, что разработанное устройство обратного преобразования из кода ПСКВ, обладает высоким быстродействием - процедура перевода осуществляется за одну итерацию на основе НС прямого распространения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Червяков Н.И., Калмыков И.А., Щелкунова Ю.О., Бережной В.В. Математическая модель нейронных сетей для исследования ортогональных преобразований сигналов в расширенных полях Галуа. – Нейрокомпьютеры: разработка и применение. 2003, №6, с.61-68.

2. 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.

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.

РАЗРАБОТКА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПОЗИЦИОННОГО КОДА В ПОЛИНОМИАЛЬНУЮ СИСТЕМУ КЛАССА ВЫЧЕТОВ

Калмыков И.А., Тимошенко Л. И., Чипига А.А.

*Ставропольский военный институт
связи Ракетных войск,
Ставрополь*

В последние годы цифровая обработка сигналов (ЦОС) занимает доминирующее положение в системах и средствах передачи и обработки информации. 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

$GF(p^n)$ [1,2]. 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.

Одной из немодульных процедур, выполняемой спецпроцессором (СП) класса вычетов, является реализация прямого преобразования кода позиционной

системы счисления (ПСС) в код ПСКВ. В настоящее время нашли широкое применение несколько методов перевода из ПСС в ПСКВ. Один из основополагающих методов перевода является метод понижения разрядности числа [1,3]

$$a_i = C_i = \left| 2^i \right|_{p_i}^+ = 2^i, \quad \forall i \in [0, r]. \quad (1)$$

Таким образом, для получения требуемого вычета $a_i = \left| A \right|_{p_i}^+$ предлагается использовать повторение вычислительной модели

$$\left| A \right|_{p_i}^+ = \sum_{j=0}^k \left| 2^j \right|_{p_i}^+ \cdot \{a(j)\}^{[i]}, \quad \text{где } j = 0, 1, 2, \dots, \quad (2)$$

При этом для реализации (2) используется позиционный сумматор.

Однако реализация выражения (2) характеризуется необходимостью проверки условий окончания процесса итераций по контролю знака полученной разницы в операции вычитания, что значительно снижает быстродействие системы. А при достаточно большой размерности входных данных количество итераций может быть достаточно большим, что снижает быстродействие системы в целом.

Устранить указанные недостатки можно отказавшись от обратных связей в нейронных сетях (НС) конечного кольца, реализовав обработку на сети прямого распространения [1]. Число слоев в такой сети определяется количеством итераций l , необходимых для преобразования входных данных, а количество нейронов в каждом слое – разрядностью обрабатываемых данных на каждой из итераций. Веса, связывающие i -й нейрон с j -м нейроном следующего

слоя, определяются $v_{ij} = \left\{ 2^j \right|_p^+ \right\}^{[i]}$. Тогда итеративный алгоритм преобразования A по модулю p определяется выражением

$$A(l+1) = \sum_{i=0}^{\text{ord } A(l)} \left| 2^i \right|_p^+ \cdot \left[\frac{A(l)}{2^i} \right]_2^+, \quad (3)$$

Замена обратных связей в НС на прямые позволяет повысить скорость обработки данных, так как в такой сети одновременно обрабатывается несколько отсчетов и в каждом такте работы сети на входе формируются преобразованные данные.

Повысить скорость реализации прямого преобразования из кода ПСС в код ПСКВ можно за счет метода непосредственного суммирования [1,3]. Преобразование исходного $A(z)$, заданного в поле

$GF(p^n)$, в полиномиальную систему класса вычетов осуществляется с помощью набора констант, являющихся эквивалентами степеней оснований 2^i и коэффициентов при соответствующих степенях оснований $a_i(z)$, представленных в ПСКВ

$$A(z) = \sum_{l=0}^k a_l(z) \cdot z^l \equiv a_i(z) \bmod p_i(z), \quad i = 1, 2, 3, \dots, n. \quad (4)$$

Для получения значений $A(z)$ в системе класса вычетов с основаниями $p_1(z), p_2(z), \dots, p_n(z)$ необходимо получить в этой системе значения $a_i(z) \cdot z^l \bmod p_i(z)$. В этом случае остаток по модулю $p_i(z)$ определяется

$$a_i(z) = \left| \sum_{l=0}^k (a_l^i \cdot z^l) \bmod p_i(z) \right|_2^+, \quad (5)$$

где $a_l^i = a_l \bmod p_i(z)$, $i = 1, 2, 3, \dots, n$.

В соответствии с (5), перевод $A(z)$ из ПСС в непозиционную можно свести к суммированию по

$$\begin{aligned} z^{12} &\equiv z + 1 \bmod (z^4 + z^3 + 1) \\ z^7 &\equiv z^2 + z + 1 \bmod (z^4 + z^3 + 1) \\ z^5 &\equiv z^3 + z + 1 \bmod (z^4 + z^3 + 1) \end{aligned}$$

Тогда, согласно (5), получаем

$$\begin{aligned} a(z) &= (z + 1) \oplus (z^2 + z + 1) \oplus \\ &\oplus (z^3 + z + 1) \oplus (z^3 + 1) \oplus z^3 \oplus z = z^3 + z^2. \end{aligned}$$

Таким образом,

$$\begin{aligned} z^{12} + z^7 + z^5 + z^4 + z^3 + z &\equiv \\ &\equiv z^3 + z^2 \bmod (z^4 + z^3 + 1). \end{aligned}$$

В работе [1] представлена матрица связанности, т. е. синаптические веса нейронной сети, представляются в виде матрицы, строки которой соответствуют области аксонов предыдущего слоя, а столбцы – рецепторным полям нейронов последующего слоя. Разрабатываемая НС для перевода из ПСС в ПСКВ содержит 2 слоя. Первый слой состоит из 15 нейронов, на входы которых подается исходный полином в двоичном коде. С выходов нейронов первого слоя сигналы поступают на входы нейронов 2-го слоя в соответствии с матрицей T_{12}

$$T_{12} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}^T$$

При этом операция перевода осуществляется всего за одну итерацию, что является существенным преимуществом по сравнению с ранее рассмотренными методами перевода. Структура НС, реализующей перевод по $p(z) = z^4 + z^3 + 1$ в ПСКВ поля $GF(2^4)$, представлена [1].

Таким образом, очевидно, что реализация метода непосредственного суммирования для полиномиальной системы класса вычетов позволяет разрабатывать высокоскоростные преобразователи кодов для вычислительных структур реального масштаба времени.

модулю два величин $(a_l^i \cdot z^l) \bmod p_i(z)$ в соответствии с заданным полиномом $A(z)$.

Пример. Определить остаток $A(z) = z^{12} + z^7 + z^5 + z^4 + z^3 + z$ по модулю $p(z) = z^4 + z^3 + 1$.

Для перевода из ПСС в ПСКВ воспользуемся выражением (5). Тогда значения остатков степеней оснований и коэффициентов при них равны

$$\begin{aligned} z^4 &\equiv z^3 + 1 \bmod (z^4 + z^3 + 1) \\ z^3 &\equiv z^3 \bmod (z^4 + z^3 + 1) \\ z &\equiv z \bmod (z^4 + z^3 + 1) \end{aligned}$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Элементы компьютерной математики и нейротехнологии /Червяков Н.И., Калмыков И.А., Галкина В.А., Щелкунова Ю.О., Шилов А.А.. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 216 с.
2. Червяков Н.И., Калмыков И.А., Щелкунова Ю.О., Бережной В.В. Математическая модель нейронных сетей для исследования ортогональных преобразований сигналов в расширенных полях Галуа. – Нейрокомпьютеры: разработка и применение. 2003, №6, с.61-68.
3. 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.

МОДЕЛЬ СРЕДЫ МУЛЬТИВЕРСИОННОГО ИСПОЛНЕНИЯ ПРОГРАММНЫХ МОДУЛЕЙ

Котенок А.В.

Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева, Красноярск

Мультиверсионное программирование, начиная с 1977 года, используется там, где требуется выдача точного результата в реальном времени. Причем, в отличие от других методик программной отказоустойчивости, требование к времени выдачи результата является более жестким. Очевидно, что при создании систем с использованием данной концепции будут возникать трудности, в первую очередь, связанные с построением среды, которая будет производить мультиверсионное выполнение программных модулей.

Основой построения среды мультиверсионного исполнения (СМВИ) является проработка ее структуры и связей между элементами, так как от этого зави-