

$$\int_{-\infty}^{\infty} x^m g_n(x) dx = 0 \quad \forall m, 0 \leq m < n, n \in N. \quad (20)$$

Докладно властивості гаусівських вейвлет-функцій розглянуті в літературі [5].

Висновки. Таким чином, отримані системи рівнянь пов'язують параметри передавання з параметрами каналу зв'язку, що дозволяє адаптивно вибирати параметри обміну даними з урахуванням реальних умов. В свою чергу, це створює можливості для побудови адаптивних алгоритмів обміну даними.

Література

1. Грицьк В. В. Оценка качества передачи информации / В. В. Грицьк, В. Н. Михайловський. – К.: Наукова думка, 1973. – 180 с.
2. Назаров Л. Е. Алгоритмы итеративного приёма сигнально-кодовых конструкций типа “турбокоды” с частотной эффективностью большей 2 бит/сек/Гц [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.autex.spb.ru>
3. Левин Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники / Левин Б. Р. – М.: Советское радио, 1974. – 552 с.
4. Чикин А. В. Способ нахождения оптимальных по критерию “эффективная скорость передачи информации” параметров блочного кода в двоично-симметричном канале без памяти / А. В. Чикин // Труды МАИ: электронный журнал [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.mai.ru/projects/mai_works/articles/num9/article7
5. Переберин А.В. О систематизации вейвлет-преобразований // Вычислительные методы и программирование. – 2001. – Т. 2. – С. 15 – 40.

Надійшла 4.11.2010 р.

УДК 681.3

В.Ю. ТІТОВА

Хмельницький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК НАДІЙНОСТІ АПАРАТНИХ РЕАЛІЗАЦІЙ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

У статті розглянуто переваги та недоліки використання різної елементної бази для апаратної реалізації штучних нейронних мереж з точки зору їх впливу на підвищення відмовостійкості та надійності нейрокомп'ютерів.

The article reviews the advantages and disadvantages of using different element base for hardware implementation of artificial neural networks in terms of their influence to increase reliability and safety neurocomputers.

Ключові слова: нейрокомп'ютери, аналогові НВІС, гібридні НВІС, систолічні процесори, сигнальні процесори, нейросигнальні процесори, ПЛІС, відмовостійкість, надійність.

Вступ

На сьогоднішній день більшість способів практичної реалізації штучних нейронних мереж (ШНМ) обмежуються лише програмним моделюванням у середовищах таких програмних засобів, як Matlab, NeuroPro та інші. Однак, все актуальнішими стають саме апаратні реалізації нейромереж, які впроваджуються у побутову техніку, комп'ютерні системи діагностування, контролю, керування і т.і.

Статтю присвячено дослідженню характеристик надійності існуючої елементної бази для апаратної реалізації ШНМ.

Постановка задачі

Аналіз основних тенденцій та перспективних напрямів побудови нейрокомп'ютерів показує, що різні апаратні реалізації мають різні характеристики, що впливають на надійність. Підвищення відмовостійкості та надійності нейрокомп'ютерів може бути досягнуто шляхом:

- зменшення розмірів елементної бази та, як наслідок, енергоспоживання апаратних засобів;
- поєднання апаратних засобів з відповідним програмним забезпеченням [1].

Аналіз апаратних реалізацій ШНМ

Нейромережні апаратні рішення впроваджують у свої продукти такі відомі фірми, як Siemens, Intel, Phillips Research, 3M Laboratories і багато інших [2]. Існує багато різноманітних апаратних реалізацій нейромережних архітектур [3]. На сьогоднішній день їх можна класифікувати наступним чином (рис. 1).

Аналогова архітектура. Нейрони в аналогових надвеликих інтегральних схемах (НВІС) являють собою пороги підсилювачі з сигмовидною передавальною функцією. Посилення передавальної функції визначає чутливість нейрона і в граничному випадку переводить нейрон з аналогового стану в стан,

аналогічний цифровому вентилю. Так, в аналоговій НВІС ETANN 80170NX фірми INTEL міститься 64 нейрони з 64 входами відповідно і 16 нейронних шарів.

Швидкість проходження сигналу залежить від частотних характеристик підсилювачів і в даній мікросхемі становить близько 1,5 мкс. Навчання проводиться в два етапи. Первинний підбір вагових коефіцієнтів виконується в емулюючому середовищі (наприклад, Intel Neural Network Training System), точна настройка ваг здійснюється з використанням працюючої НВІС апаратним способом (так званий chip-in-loop training).

Основні переваги аналогових НВІС полягають у високій швидкодії, яка обмежується лише частотними характеристиками підсилювачів, а недоліки – в необхідності забезпечувати НВІС постійний температурний режим (перепади температури менше 1°C на кожні 18°C), а також використовувати стабілізовані джерела живлення, оскільки НВІС чутлива до зовнішніх умов. Зазначені недоліки значно обмежують використання аналогових НВІС для моделювання нейронних мереж.

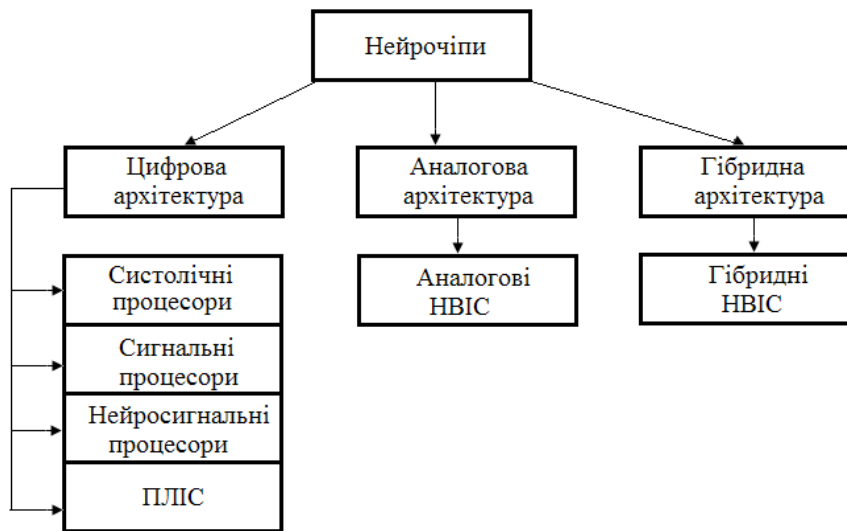


Рис. 1. Класифікація елементної бази для апаратної реалізації ШНМ

Гібридна архітектура. Зазначена архітектура поєднує в собі цифровий та аналоговий підходи до апаратного моделювання нейронних мереж. Наприклад, чіп ANNA (AT&T) має цифрову внутрішню архітектуру і аналоговий спосіб зберігання вагових коефіцієнтів з використанням елементів динамічної конденсаторної пам'яті. Чіп містить до 256 нейронів і 4096 вагових коефіцієнтів [4].

Недоліки подібних архітектур пов'язані зі складністю внесення будь-яких змін у вже створену архітектуру та жорсткою прив'язкою реалізації до апаратних складових, а саме при перенесенні реалізації на іншу елементну базу може призвести до несумісності роботи, збоїв у роботі мережі або повної її відмови.

Систолічні процесори. Принцип дії систолічних процесорів полягає у використанні процесорної матриці з набору простих за структурою оброблюючих елементів, через яку йде безперервний потік даних, змінюваних кожним елементом. Мережа працює циклічно і в кожному наступному циклі кожен оброблюючий елемент зчитує і обробляє нову порцію даних, незалежно від роботи інших оброблюючих елементів. За рахунок цього досягається висока ступінь розпаралелювання процесів обробки інформації і висока швидкість роботи мережі в цілому.

Внаслідок значного спрощення внутрішньої структури обробних елементів, систолічна матриця повинна бути оточена великою кількістю елементів, що реалізують додаткову функціональність. Наприклад, функція активації повинна бути реалізована у вигляді окремого зовнішнього блоку.

На рис. 2 показана структурна схема систолічного процесора SAND (Simple Applicable Neural Device). Чіп розроблений Дослідницьким центром у Карлсруе та Інститутом мікроелектроніки Штутгарта [5].

До складу процесорів входить також модуль пост-обробки і модуль пам'яті ваг. Оброблюючі елементи виконують операції перемноження вхідних сигналів і їх додавання. Всі інші операції реалізуються зовнішніми логічними блоками. У деяких випадках в якості зовнішнього блоку може використовуватися блок обчислення мінімуму або максимуму вихідного значення.

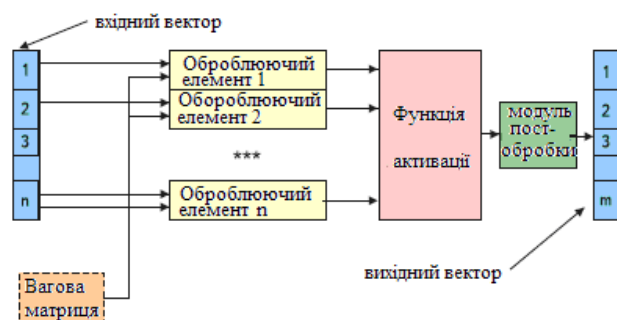


Рис. 2. Структура систолічного процесора SAND

Перевагами використання систолічних процесорів є те, що вони добре масштабуються, що дозволяє створювати великі багатопроцесорні комплекси. Однак для них потрібно досить багато периферійних

модулів. Зі збільшенням кількості систолічних процесорів зростають затримки в ланцюгах проходження сигналу.

Сигнальні процесори (Digital signal processor – DSP). Порівняно низька вартість розробки, велика елементна база з великою кількістю налагоджувальних засобів та допоміжного програмного забезпечення, економічне енергоспоживання і невелике тепловиділення, а також висока продуктивність зробили сигнальні процесори фірм Texas Instruments і Analog Devices популярними об'єктами для побудови апаратних реалізацій нейронних мереж.

Однак, прив'язка до апаратної частини не дозволяє з легкістю переносити нейронну мережу з однієї елементної бази на іншу, через можливість виникнення збоїв у роботі внаслідок несумісності елементів. Крім того, сигнальні процесори погано масштабуються, що ускладнює побудову великих багатопроцесорних систем.

Нейросигнальні процесори. В основі нейросигнальних процесорів лежить те ж саме ядро, що і у інших процесорів DSP. Відмінність полягає у додаткових архітектурних рішеннях, що оптимізують DSP для розробок ШНМ.

Нейросигнальні процесори в цілому мають ті ж самі характеристики, що і сигнальні процесори. Відмінності полягають у більш високій продуктивності за рахунок наявності вбудованого векторного співпроцесора і більш вузькій спеціалізації, у більшості випадків орієнтованій на конкретний вид нейронної мережі. До недоліків можна віднести відносно високу вартість систем, розроблених на зазначеній елементній базі та складність програмування.

Програмовані логічні інтегральні схеми (ПЛІС). Технологічні особливості ПЛІС роблять їх зручним об'єктом для використання в якості елементної бази апаратної реалізації нейронних мереж.

При розробці проектів на ПЛІС використовується принцип одноктактової синхронізації, для реалізації якого в ПЛІС синхросигнали поширюються по швидкодіючій деревоподібній мережі, що забезпечує майже одночасний прихід фронту синхроімпульса на синхровхід всіх внутрішніх тригерів. Синхросигнал може вироблятися і всередині самої ПЛІС. Дана властивість дозволяє полегшити завдання побудови багатопаралельних конфігурацій нейронних мереж. Сучасні ПЛІС практично неможливо програмувати "вручну". Для розробки проектів використовуються спеціальні інтегровані середовища програмування та мови паралельного програмування (VHDL) [6]. Це дозволяє зняти залежність розробок нейронних мереж на ПЛІС від конструктивних особливостей конкретної ПЛІС, поліпшити можливість перенесення, а також створювати бібліотеки стандартних нейромережних модулів, що вигідно відрізняє нейромережні проекти на ПЛІС від аналогічних розробок на DSP.

Ще однією важливою особливістю ПЛІС є те, що вони складаються з множини однотипних елементів, що підвищує надійність роботи мікросхеми та спрощує проектування нейронної мережі.

Також перевагами даної елементної бази є невелике енергоспоживання, низька вартість, гарна масштабованість, що дозволяє створювати багатопроцесорні комплекси. До недоліків можна віднести відносно високі апаратні затрати, які виникають при реалізації нейромереж великих розмірностей.

Оцінки ризиків надійності апаратних реалізацій ШНМ

У процесі розробки комп'ютерних систем на основі нейрокомп'ютерів значна увага приділяється аналізу ризиків, які можуть призвести до відмови або збоїв у роботі системи.

Серед усіх множині ризиків виділяють наступні, які безпосередньо пов'язані з елементною базою [7]:

- ризики, пов'язані з властивостями елементів;
- ризики, пов'язані зі схемотехнічними рішеннями;
- ризики, пов'язані з процесом життєвого циклу елементів;
- ризики, пов'язані з порушеннями в процесі виробництва.

До першої групи, зокрема, належать ризики пов'язані з електромагнітними, температурними впливами та збоями у електроживленні. До другої групи належать ризики, пов'язані з порушеннями під час розробки систем. До третьої – ризики, пов'язані з експлуатацією.

В табл. 1 наведені результати порівняльного аналізу імовірності відмови системи залежно від групи ризиків, пов'язаних з використанням різної елементної бази.

Таблиця 1

Порівняльний аналіз імовірності відмови системи залежно від групи ризиків, пов'язаних з використанням різної елементної бази

Елементна база	Ризики, пов'язані з властивостями елементів	Ризики, пов'язані зі схемо-технічними рішеннями	Ризики, пов'язані з процесом життєвого циклу елементів	Ризики, пов'язані з порушеннями в процесі виробництва
1	2	3	4	5
Аналогові НВІС	Більше 50 %	Менше 10 %	Менше 10 %	менше 1 %
Гібридні НВІС	25-30 %	25-30 %	10-15 %	менше 1 %

1	2	3	4	5
Систолічні процесори	25-30 %	До 50 %	25-30 %	до 1 %
Сигнальні процесори	25-30 %	25-30 %	25-30 %	до 1 %
Нейрон-сигнальні процесори	25-30 %	10-15 %	25-30 %	до 1 %
ПЛІС	25-30 %	10-15 %	10-15 %	менше 1 %

Висновки

Отже, одним із шляхів підвищення надійності апаратних реалізацій штучних нейронних мереж є використання ПЛІС-технологій. Використання зазначеної елементної бази дозволяє знизити ризик відмови системи через апаратні складові.

Сучасній ПЛІС-технології притаманні низька вартість, висока гнучкість та відмовостійкість, а тому вона є одним з ефективних засобів реалізації нейрокомп'ютерів.

Література

1. Сравнительный анализ применения ПЛИС и микропроцессоров при разработке информационно-управляющих систем, важных для безопасности АЭС // Научно-технический отчет. НАУ им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», НТСКБ «Полисвет», ИПМЭ им. Г.Е. Пухова НАН Украины, ИПММС НАН Украины. – 2005. – С. 47.
2. Гриняев С. Нейронные процессоры // Компьютерра. – 2001. – № 38. – http://pgpu.penza.com.ru/_sites/intel/MATVEYEV_DM/materials/article_neuroprointel.html
3. Аляутдинов М.А. Нейрокомпьютеры. От программной к аппаратной реализации / Аляутдинов М. А., Галушки А. И., Казанцев П. А., Остапенко Г. П.. – СПб: «Горячая линия – Телеком», 2008 г. – 393 с.
4. Круг П.Г. Нейронные сети и нейрокомпьютеры / Круг П.Г.. – Москва: МЭИ, 2002 – 177 с.
5. Шахнов В. Нейрокомпьютеры – архитектура и реализация / Шахнов В., Власов А. Кузнецов А // http://chipnews.gaw.ru/html.cgi/archiv/00_07/stat_36.htm
6. Сергиенко А.М. VHDL для проектирования вычислительных устройств / Сергиенко А.М. – К.: ЧП «Корнейчук», ООО «ТИД ДС», 2003 г. – 187 с.
7. Федухин А.В. ПЛИС-системы как средство повышения отказоустойчивости / Федухин А.В., Муха А.А., Муха А.А // Математичні машини і системи. – 2010. – № 1. – С. 198-204.

Надійшла 5.11.2010 р.

УДК 681.5

В.С. ХАРЧЕНКО, О.Н. ОДАРУЩЕНКО, О.В. ИВАНЧЕНКО

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»
Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка
Севастопольский национальный технический университет

ПРИНЦИПЫ АНАЛИЗА И УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ КРИТИЧЕСКИХ ИНФРАСТРУКТУР

Рассмотрены принципы анализа и обеспечения безопасности критических инфраструктур. Обоснована целесообразность управления критическими инфраструктурами по мегасостоянию. В качестве методологической основы предложено использовать метод FMECA-анализа.

The principles of analysis and safety of system of systems were considered. The practicability of controlling the critical infrastructures by the megastate were proved. The method of FMECA – analysis was submitted as a methodological base.

Ключевые слова: безопасность, критическая инфраструктура, FMECA-анализ, эшелонирование защит, мегасостояние.

Введение. На сегодняшний день проблема безопасности критических инфраструктур (КИ) приобрела интернациональный характер. О степени критичности различных инфраструктурных образований свидетельствуют:

- последствия деятельности вулкана в Исландии, парализовавшего практически всю авиационную инфраструктуру Европы (2010 г.);
- авария на Саяно-Шушенской ГЭС (Россия, 2009 г.), вызвавшая техногенную катастрофу;
- аварии энергетических систем США и Канады (2003 г.) и т.д.

Проблема обеспечения безопасного функционального применения различных инфраструктур, а