МОДИФИКАЦИЯ МЕТОДА ПРОЕКЦИЙ ДЛЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ ОШИБКИ В СИСТЕМЕ ОСТАТОЧНЫХ КЛАССОВ

© А.В. Гладков, М.Г. Бабенко, Н.Н. Кучеров
agladkov@ncfu.ru, mgbabenko@ncfu.ru, nkuchеров@ncfu.ru

УДК 004.04

DOI: 10.33184/mnkuomsh2t-2021-10-06.66.

В статье исследуются алгоритмы обнаружения, локализации и исправления ошибок в системе остаточных классов (СОК). В работе показано, что алгоритм локализации, основанный на методе проекций, является универсальным, но при этом обладает экспоненциальной вычислительной сложностью. Алгоритм, основанный на методе синдрома, накладывает дополнительные ограничения на основания СОК и при этом для его реализации требуются LUT, размер которых растёт по экспоненциальному закону в зависимости от количества исправляемых ошибок. Мы предложили модификацию метода проекций позволяющую снизить вычислительную сложность с экспоненциальной до полиномиальной за счет использования нейронной сети.

Ключевые слова: обнаружение ошибок, система остаточных классов, нейронные сети

Modification of the projection method to localize the error in the residue number system

The article examines algorithms for detecting, localizing, and correcting errors in the residue number system (RNS). The paper shows that the localization algorithm based on the projection method is universal, but at the same time, it has exponential computational complexity. The algorithm based on the syndrome method imposes additional restrictions on the bases of the RNS. At the same time, LUT are required for its implementation, the size of which grows exponentially depending on the number of errors being corrected. We have proposed a modification of the projection method that allows us to reduce the computational complexity from exponential to polynomial by using a neural network.

Keywords: error detection, residue number system, neural networks

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-71-10033).

Гладков Андрей Владимирович, СКФУ (Ставрополь, Россия); Andrey V. Gladkov (North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia)

Бабенко Михаил Григорьевич, к.ф.-м.н., доцент, СКФУ (Ставрополь, Россия); Mikhail Babenko (North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia)

Кучеров Николай Николаевич, к.т.н., СКФУ (Ставрополь, Россия); Nikolay Kuchеров (North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia)

Коды исправления ошибок основаны на идее Хэмминга о добавлении дополнительных данных для обнаружения и исправления ошибок [1]. В зависимости от области применения подходы к построению систем исправления ошибок различаются. Баланс между надежностью и избыточностью данных важен для систем хранения, поскольку избыточность данных влияет на объем данных и затраты. Самый дорогой механизм обеспечения надежности - это репликация данных.

С другой стороны, коды исправления ошибок и их модификации, такие как коды стирания и коды регенерации, могут обеспечить большую надежность с меньшей избыточностью, чем репликация [2]. Важным вопросом при выборе кода исправления ошибок является максимальное количество ошибок, которые могут быть обнаружены и исправлены для данной избыточности данных [3].

Watson & Hastings [4] предлагают альтернативное решение - модулярные коды исправления ошибок, основанные на избыточной системе остаточных классов (ИСОК). ИСОК – непозиционная система, представляющая целое число как набор остатков, полученных путем деления исходного числа на набор взаимно простых чисел. Дополнительным преимуществом ИСОК для проектирования распределенных систем хранения является то, что это схема совместного использования секретов, обеспечивающая безопасность данных [3, 5].

Однако есть две основные проблемы: вычислительная сложность метода проекций и большой объем данных для метода синдрома. Метод проекции – универсальный метод обнаружения и исправления ошибки с любыми модулями ИСОК. Его недостатком является экспоненциальная вычислительная сложность, зависящая от количества исправляемых ошибок [4]. Метод синдрома снижает вычислительную сложность до квадратичной, но требует хранения большого объема LUT [6].

Чтобы уменьшить объем используемой памяти, исследователи могут полагаться на два подхода. Первый использует вспомогательные функции как синдром ошибки, например, ранг числа [7]. Второй подход предполагает дополнительные ограничения на модули ИСОК. Другие коды исправления ошибок обеспечивают надежность хранения отдельных модулей.

Литература

1. *Hamming R. W.* Error detecting and error correcting codes // The Bell system technical journal. – 1950. – Т. 29. – №. 2. – С. 147-160.
2. *Morelos-Zaragoza R. H.* The art of error correcting coding. – John Wiley & Sons, 2006.
3. *Krishna H., Lin K. Y., Sun J. D.* A coding theory approach to error control in redundant residue number systems. I. Theory and single error correction // IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Analog and Digital Signal

Processing. – 1992. – T. 39. – №. 1. – C. 8-17.

4. *Watson R. W., Hastings C. W.* Self-checked computation using residue arithmetic // Proceedings of the IEEE. – 1966. – T. 54. – №. 12. – C. 1920-1931.

5. *Garner H. L.* The residue number system // Papers presented at the the March 3-5, 1959, western joint computer conference. – 1959. – C. 146-153

6. *Tay T. F., Chang C. H.* A non-iterative multiple residue digit error detection and correction algorithm in RRNS // IEEE transactions on computers. – 2015. – T. 65. – №. 2. – C. 396-408.

7. *Chervyakov, N., Babenko, M., Tchernykh, A., Kuchеров, N., Miranda-López, V., Cortés-Mendoza, J. M.* AR-RRNS: Configurable reliable distributed data storage systems for Internet of Things to ensure security // Future Generation Computer Systems. – 2019. – T. 92. – C. 1080-1092.