



# OSTIS-2015

(Open Semantic Technologies for Intelligent Systems)

УДК 004.822:514

## АППАРАТНЫЙ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ ДЛЯ СЕТЕВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ САПР И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Шелеметьев А.М., Шелеметьева Я.В., Сидоркина И.Г.

*Поволжский государственный технологический университет,  
г. Йошкар-Ола, Республика Марий Эл, Россия*

yanabaikova@yandex.ru

forandreika@yandex.ru

igs592000@ir.ail.ru

В работе обосновано применение аппаратного искусственного интеллекта для сетевой инфраструктуры САПР и систем управления. Описано применение интеллектуальных технологий в аппаратуре окончания канала данных (АОКД), раскрыты основные особенности выполнения интеллектуальных функций АОКД, представлена структурная схема интеллектуальной сетевой карты. Кроме этого дан пример реализации аппаратных интеллектуальных компонентов, используемых при создании системы управления транспортным средством, основанной на ПИД-регуляторе с применением таких методов настройки и подстройки коэффициентов ПИД-регулятора, как нечёткая логика, нейронные сети и генетические алгоритмы.

**Ключевые слова:** интеллектуальная сетевая карта; семантика протоколов передачи данных; Fuzzy-ПИД; нейро-ПИД; нейро-Fuzzy-ПИД; регуляторы с генетическими алгоритмами.

### Введение

В настоящее время к вычислительным устройствам, отдельным его модулям и элементам, компьютерным сетевым системам предъявляются следующие требования: устройства и оборудование должны быть отказоустойчивыми, иметь компактный размер, решать вычислительные задачи быстро и эффективно. Вычислительные сетевые системы должны обладать высокой скоростью передачи данных, низкими задержками, пропускной способностью большого объема. Для удовлетворения указанных требований при разработке вычислительного оборудования и в работе вычислительных сетевых систем целесообразно применять интеллектуальные технологии.

### 1. Аппаратные методы искусственного интеллекта в системах автоматизированного проектирования

В силу комплексной компьютеризации сфер промышленного производства, интеллектуальные технологии нашли свое применение в системах оперативной обработки данных, в системах автоматизированного проектирования (САПР). Рабочими местами проектировщиков являются

вычислительные узлы, которые объединены между собой в вычислительные сети (основная структура технического обеспечения САПР) [Норенков, 2002]. Группы разработчиков, решающие общую задачу проектирования и отвечающие за реализацию разных функциональных блоков системы, объединенные вычислительной сетью для обмена данными, могут территориально находиться в разных зданиях и даже городах. Организация эффективного взаимодействия между удаленными участниками проектных групп – центральная проблема, возникающая при внедрении и дальнейшем функционировании распределенной САПР.

Для обеспечения эффективной работы открытой распределенной САПР: для своевременной, оперативной, высокоскоростной, высоконадежной с низкими задержками передачи данных, предлагается внедрить в оконечное оборудование данных (ООД) аппаратуру окончания канала данных (АОКД), осуществляющую интеллектуальную обработку входящей и исходящей сетевой информации. Здесь под АОКД будем понимать сетевую интерфейсную карту (сетевую плату), в которую перенесены функции обработки сетевых пакетов данных стека протоколов TCP/IP (для Ethernet сетей), которая реализует алгоритмы этого стека протоколов и выполняет следующие

интеллектуальные функции [Friedman, 2001], [InfinitiBand, 2007]:

*Адаптация передаваемого пакета по правилам промежуточных локальных сетей.* Для взаимодействия двух удаленных вычислительных узлов по сети необходимо, чтобы семантика формата заголовков пакета данных, отправляемого одним узлом, было понятна узлу-получателю пакета. Для этого интеллектуальная сетевая карта формирует сетевой пакет на основе имеющихся у него данных о правилах взаимодействия вычислительных узлов в конкретной сети. Узел-получатель, анализируя заголовки сетевого пакета на основе этих же правил, решает, что далее делать с сетевым пакетом: какому приложению или программе передать, в какую область памяти поместить и т.д.

*Управление потоком данных с целью предотвращения блокировки памяти.* Интеллектуальная сетевая карта за единицу времени успевает обрабатывать меньшее число пакетов, чем то, которое поступает из сети и ООД. Для хранения еще не обработанных пакетов в сетевой карте предусмотрены буферы памяти. Для предотвращения блокировки памяти, которая может возникнуть вследствие интенсивного сетевого трафика, сетевая карта на основе данных о длине пакета, содержащихся в заголовке каждого сетевого пакета, прогнозирует заполнение памяти и запрещает прием определенных пакетов.

*Управление срочностью, надежностью, пропускной способностью данных.* Для обеспечения требуемых параметров вычислительной сети семантикой сетевых протоколов предусмотрена возможность управления срочностью, надежностью и пропускной способностью данных с помощью установки определенных бит заголовков сетевых пакетов в нужное значение. Анализируя входящие и исходящие пакеты данных все сетевое оборудование вычислительной сети и интеллектуальные сетевые платы в том числе, принимают решение, на каком уровне качества обслуживания (QoS) передавать сообщение.

*Принятие решения о способе передачи данных в ООД на основе анализа входящих и исходящих сетевых данных на уровне заголовков сетевого пакета.* Интеллектуальная сетевая карта может обрабатывать сетевые пакеты данных разного типа. Например, в случае если в сети возможна передача данных и с помощью технологии удаленного прямого доступа к памяти RDMA, и с помощью стандартных механизмов передачи данных (стек протоколов TCP/IP), то на основе анализа заголовков сетевого сообщения, сетевая карта принимает решение о том, в какую область памяти поместить входящие данные: в оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) ООД (для дальнейшей обработки данных процессором ООД) или напрямую в память приложения.

Если не внедрять перечисленные функции в сетевые платы, большую часть операций по обработке сетевых данных будет выполнять процессор [Шелеметьева, 2013]. При интенсивном сетевом трафике, который сопровождает распределенное решение задачи САПР, процессор вынужден часто прерываться на обработку сетевых операций, «отвлекаясь» при этом от своей непосредственной задачи – задачи проектирования. Если сетевой трафик очень интенсивен, то возможно не только увеличение времени решения задачи проектирования, но и полная загрузка и сбой в работе процессора, который ведет к простоему вычислительного узла, а значит, и всей сетевой системы в целом. Освобождая процессор от обработки части сетевых данных, мы не только сокращаем время решения задачи САПР, но и повышаем надежность системы.

Для реализации интеллектуальных функций в устройстве сетевой платы вводят дополнительные функциональные блоки. Если интеллектуальные сетевые платы поддерживают технологию удаленного прямого доступа к памяти RDMA, то в устройство добавляется механизм преобразования виртуального адреса (которым оперируют приложения) в физический. За реализацию механизма отвечают блоки: «блок защиты памяти» и «блок преобразования виртуального адреса в физический». Помимо непосредственного преобразования адреса, блоки отвечают за права доступа к памяти приложения и работают с ключами доступа, которые используются для организации защиты памяти от несанкционированного доступа.

В устройстве сетевой платы выделяют следующие блоки: блоки сопряжения со средой и системной шиной отвечают за преобразование данных, необходимое из-за разницы представления данных в сетевом адаптере, среде передачи и системной шине. Блок анализа заголовков пакетов определяет тип входящего пакета от ЭВМ. Блоки формирования кадров IEEE 802.2 и 802.3ae, IP и TCP пакетов анализируют заголовки соответствующих кадров и пакетов. Блоки формирования пакетов: RDMA, TCP, IP, IEEE 802.2 и 802.3ae добавляют сетевые заголовки в зависимости от типа пакета. Блок определения RDMA пакетов – определяет, является ли данный пакет RDMA. Блок расчета физического адреса в ОЗУ – для стандартных команд передачи (без RDMA) определяет буфер памяти, куда следует поместить пакет. Блок формирования выходного пакета формирует конечный пакет для приложения. Блок преобразования виртуального адреса в физический транслирует адреса памяти приложения в физические адреса ОЗУ. Блоки формирования адреса в ОЗУ выходных пакетов и в ОЗУ входных пакетов отвечают за определение адреса, куда будут записываться данные в ОЗУ.

Применение интеллектуальных сетевых плат в ООД вычислительных сетей, спроектированных и

разработанных для обеспечения эффективной работы распределенных САПР, позволит улучшить два основных показателя (пропускная способность и задержка передачи данных), которые характеризуют работу вычислительной сети. За единицу времени интеллектуальные сетевые адаптеры передают с низкими задержками данные большого объема, по сравнению с адаптерами, в которых интеллектуальные функции не реализованы.

## 2. Аппаратные методы искусственного интеллекта в системах автоматизированного управления

Другой пример реализации аппаратных интеллектуальных компонентов применяется при разработке колесного транспортного средства, где в качестве двигателя используются мотор-колеса, в основе которых находится вентильный электродвигатель, требуется создание системы управления данным транспортным средством. В её состав входят контроллер управления, система датчиков, коммутационный блок управления двигателями, соединенные между собой универсальным интерфейсом, в качестве которого может использоваться, широко применяемая CAN – шина. В подобной системе, учитывающей многократные изменения скорости в единицу времени вращения каждого из электродвигателей, требуется высокая надежность не только интерфейсов взаимодействия электронных компонентов, но и алгоритма по которому данные изменения происходят. Такую систему можно назвать системой оперативной обработки данных.

В статье [Смирнов А.В., 2013] описана методика настройки пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) регулятора для управления электродвигателем Gekko MR12-100. ПИД-регулятор - устройство в управляющем контуре с обратной связью. Используется в системах автоматического управления для формирования управляющего сигнала с целью получения необходимых точности и качества переходного процесса. Суть методики заключается в том, чтобы в зависимости от подобранных коэффициентов ПИД регулятора, менять напряжение, подаваемое на каждую из обмоток электродвигателя, с целью обеспечения наибольшей точности регулирования скоростью вращения электродвигателем.

В первую очередь для правильного подбора коэффициентов ПИД – регулятора требуется найти следующие характеристики двигателя:  $T_{\varepsilon}$  – электрическая постоянная времени,  $T_m$  – электрохимическая постоянная времени,  $T_{ж}$  – желаемое время работы системы,  $K_{дв}$  – коэффициент двигателя. В результате подставив полученные значения в формулы, получим необходимые нам коэффициенты ПИД-регулятора.

$$W = \frac{T_m - T_{\varepsilon}}{T_{ж} \times K_{дв}} + \frac{1}{T_{ж} \times K_{дв}} + \frac{T_m \times T_{\varepsilon}}{T_{ж} \times K_{дв}} \quad (1)$$

где  $K_n = \frac{T_m - T_{\varepsilon}}{T_{ж} \times K_{дв}}$  – коэффициент

пропорционального звена  $K_i = \frac{1}{T_{ж} \times K_{дв}}$  –

коэффициент интегрального звена  $K_d = \frac{T_m \times T_{\varepsilon}}{T_{ж} \times K_{дв}}$

– коэффициент дифференциального звена.

Расчет этих постоянных по времени параметров электродвигателя ( $T_{\varepsilon}$ ,  $T_{ж}$ ) рассчитывается на основе времени установления скорости вращения при подаче номинального напряжения.

Однако ПИД-регулятор, полученный данным методом, имеет неточные показатели качества при управлении нелинейными и сложными системами какой является система оперативной обработки данных, а также при недостаточной информации об объекте управления (характеристики электродвигателя, такие как крутящий момент, сопротивления обмоток и др.). Характеристики регуляторов в этих случаях можно улучшить с помощью методов нечёткой логики, нейронных сетей и генетических алгоритмов. В одном контроллере могут применяться комбинации перечисленных методов (Fuzzy-ПИД, нейро-ПИД, нейро-Fuzzy-ПИД регуляторы с генетическими алгоритмами) [Денисенко, 2007].

Основным недостатком нечётких и нейросетевых контроллеров является сложность их настройки (составления базы правил и обучения нейронной сети).

Настройка ПИД-регулятора по формулам обычно не является оптимальной и может быть улучшена с помощью дальнейшей подстройки. Подстройка может быть выполнена оператором на основании эвристических правил или автоматически, с помощью блока нечёткой логики. Блок нечёткой логики (Fuzzy - блок) использует базу правил и методы нечёткого вывода. Fuzzy - подстройка позволяет уменьшить перерегулирование, снизить время установления и повысить робастность ПИД-регулятора [Воронов, 1976].

Нейронные сети, как и нечёткая логика, подразумевают использование в ПИД-регуляторах двумя способами: для построения самого регулятора и для построения блока настройки его коэффициентов. Особенностью нейронной сети является способность к «обучению», что позволяет передать нейронной сети опыт эксперта. В отличие от нечёткого регулятора, где эксперт должен сформулировать правила настройки в лингвистических переменных, при использовании нейронной сети от эксперта не требуется формулировки правил, достаточно, чтобы он

несколько раз сам настроил регулятор в процессе «обучения» нейронной сети.

Еще один метод, которым можно воспользоваться при поиске наиболее верных значений ПИД регулятора являются генетические алгоритмы. Такие алгоритмы являются мощным методом оптимизации, позволяющим найти глобальный оптимум быстрее, чем другие методы случайного поиска. Существенным их достоинством является отсутствие проблем со сходимостью и устойчивостью. Эти методы используются для идентификации моделей объектов управления, для поиска оптимальных параметров регулятора, для поиска оптимальных положений функций принадлежности в Fuzzy-регуляторах и для «обучения» нейронных сетей. Чаще всего генетические алгоритмы используются совместно с нейронными сетями и регуляторами с нечёткой логикой [Денисенко, 2007].

## Заключение

Применение аппаратных методов искусственного интеллекта в сетевой инфраструктуре САПР позволит повысить пропускную способность вычислительной сети, в которой САПР реализована, снизить задержки передачи данных между распределенными узлами пользователей. Применение интеллектуальных технологий при настройке и подстройке коэффициентов ПИД-регулятора в автоматизированной системе управления обеспечит оптимальность его работы, что повысит надежность работы регулятора, а значит и всей системы в целом.

## Библиографический список

- [Смирнов А.В., 2013] Смирнов А.В. Методика настройки ПИД-регулятора скорости коллекторного двигателя GEKKOMR 12-100 / А.В. Смирнов, А.М. Шелеметьев // Человек, общество, природа в эпоху глобальных трансформаций. Шестнадцатые Вавиловские чтения: материалы постоянно действующей международной междисциплинарной научной конференции в 2 частях. Ч. 2. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2013, С. 403-405
- [Денисенко, 2007] Денисенко В.В. ПИД – регуляторы: принципы построения и модификации / В.В. Денисенко // Современные технологии автоматизации, 2007, №1, С. 78-88.
- [Воронов, 1976] Воронов А.А. Устойчивость управляемости, наблюдаемости / А.А. Воронов // – М.: Наука, 1979, 336 с.
- [Норенков, 2002] Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: Учеб. Для вузов. / И.П. Норенков // М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002, 336 с.
- [Friedman, 2001] Friedman D. Building firewalls with intelligent network interface adapter card / D. Friedman, D. Nagle // School of Computer Science, Carnegie Mellon University - 2001- pp. 19 p.
- [Culley, 2007] Recio R., Metzler B., Culley P. A Remote Direct Memory Access Protocol Specification / P. Culley, B. Metzler, R. Recio // P.Fremont, CA: RFC, 2007 - pp. 66 p.
- [Шелеметьева, 2013] Шелеметьева Я.В. Исследование технологии удаленного прямого доступа к памяти в архитектурах высокопроизводительных систем / Я.В. Шелеметьева // Программные системы и вычислительные методы, 2013, № 3, С. 250-256.

## HARDWARE ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR CADS NETWORK INFRASTRUCTURE AND FOR CONTROL SYSTEMS

Shelemeteva Y.V., Shelemetev.A.M.,  
Sidororkina I.G.

*\*Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Mari El Republic, Russia*  
**yanabaikova@yandex.ru**  
**forandreika@yandex.ru**  
**igs592000@ir.ail.ru**

The application of hardware Artificial Intelligence in the network CAD infrastructure and in the management systems are justified in work. The example of hardware Intelligence components realisation which are used in the vehicle control system creating based on PID controller with fuzzy logic, neural networks and genetic algorithms methods is given in the article.

## Introduction

Currently, the computing devices and its modules and components must provide required level of reliability, have compact size have, solve computational tasks quickly and efficiently. Computer network systems must provide high data rating, low latency, high-volume throughput. To meet above requirements it is advisable to apply intelligent technologies in the computing network systems functioning and during the computer equipment development.

## Main Part

The intelligent network adapter card (iNIC) integrated in nodes where CAD is installed performs following processing s: adaptation of the transmitted packets according to the rules of intermediate LANs, memory lock prevention using data flow control, urgency, reliability, data bandwidth management.

The realization of RDMA technology in the iNIC allows to release node's CPU from network data processing and to increase the efficiency of CAD functioning

It is possible to integrate fuzzy logic, neural networks and genetic algorithms methods in the vehicle control system based on PID controller. Above mentioned technologies determine optimal PID odds.

## Conclusion

In the given article it is shown how hardware artificial intelligence allows to increase the efficiency of CAD and automatic management system functioning.