

Совершенствование и развитие аппаратных комплексов систем передачи информации

А. С. Гоголевский, Р. Е. Трепков,
С. А. Трепкова

*Военно-космическая академия
имени А.Ф. Можайского*

vka@mil.ru

В. А. Соколова

*Санкт-Петербургский государственный
университет промышленных технологий
и дизайна*

sokolova_vika@inbox.ru

Аннотация. Развитие отечественных систем передачи данных и рост числа абонентов были обусловлены, в первую очередь, запросом клиентов на обеспечение качественной и устойчивой связи. В ответ на этот запрос произошел прорыв в построении и функционировании сетей передачи данных, прежде всего основанных на высокопроизводительных аппаратно-программных комплексах и на радио-оптических сред передачи данных.

Однако импортозамещение стало актуальным для России, а зависимость от импорта особенно сильно проявляется в ИТ-отрасли. Кроме того, отсутствует проработанный государственный или отраслевой стандарт по разработке аппаратных комплексов, в котором бы предъявлялись требования к производительности вычислительных средств аппаратного комплекса систем передачи данных и излагались методики проверки данных требований. Данные обстоятельства тормозят совершенствование и развитие отечественных систем передачи данных [1].

В ответ на этот вызов на федеральном уровне принят курс на импортозамещение в критически важных системах информационной инфраструктуры, а в работе предлагается подход к совершенствованию и развитию аппаратных комплексов систем передачи данных за счёт создания единой нормативно-технической базы для разработки аппаратных комплексов, основанных на методике оценивания производительности вычислительных средств.

Ключевые слова: система передачи данных; производительность; аппаратные комплексы система передачи данных; производительность; аппаратные комплексы

I. ВВЕДЕНИЕ

Наращивание производительности аппаратных комплексов (АК) может осуществляться совершенствованием элементной базы самих комплексов за счет наращивания числа вычислительных модулей на основе микропроцессоров, а также за счет рационального использования архитектуры построения вычислительных средств (ВС) комплексов за счет методики оценивания производительности.

При разработке аппаратных комплексов в качестве базовых средств для построения систем передачи данных необходимо использовать отечественные средства вычислительной техники в связи с принятым курсом на федеральном уровне на импортозамещение в критически важных системах информационной инфраструктуры [2, 3].

Отечественными, в данном случае, будут являться средства, которые базируются на отечественных микропроцессорах, или аппаратно-программных платформах на базе отечественных технологических решений.

Требования к ним сводятся к выбору перспективных отечественных разработок, которые уже на данный момент отстают в технологическом развитии от зарубежных аналогов, или к выбору финансово выгодного коммерческого предложения.

Для проверки на соответствие производительности к поставленным перед аппаратным комплексом (АК) задачам в условиях отсутствия государственного стандарта используют нормативно-технические документы самих организаций-разработчиков или экспертные оценки сотрудников данных организаций, в которых оценивание производительности АК подлежат отдельные его элементы, а не комплекс в целом.

Таким образом, вопросы предъявления основных требований к производительности аппаратного комплекса и методик их проверки является актуальным.

Под производительностью аппаратных комплексов понимается отношение потока входных инструкций/операций $\lambda_{вх}$ и потока обработанных инструкций/операций $\lambda_{обр}$ АК:

$$\lambda_{вх} = \lambda_{обр}$$

Поток обработанных инструкций/операций $\lambda_{обр}$ АК зависит следующих показателей:

- пиковая (предельная) производительность ВС АК,
- реальная производительность ВС АК,
- коэффициент эффективности ВС АК,
- пропускная способность локальной вычислительной сети (ЛВС).

Аппаратный комплекс представляет собой сложную распределенную техническую систему, которую можно разделить на две основные части:

- вычислительную часть (вычислительный комплекс), включающая серверный (сервера, основанные на отечественных комплектующих) и клиентский компоненты (автоматизированные рабочие места),

- сетевую часть (локальная вычислительная сеть), включающая коммутационное оборудование и структурированную кабельную сеть, обеспечивающее информационное взаимодействие между абонентами (сервера, автоматизированные рабочие места (АРМ)).

В рамках работы предлагается перечень требований, предъявляемых к аппаратному комплексу, который можно разделить на три основные группы [6, 7, 11].

А. Общие требования (требования к конструкции)

Конструктивно аппаратный комплекс должен представлять собой совокупность территориально разнесенных технических средств. Особенностью является применение оптических и радиотехнических средств связи между оборудованием сети.

Оптические линии связи должны быть на основе двух взаимно резервируемых основных оптико-волоконных сетей и одной вспомогательной и должны гарантировать устойчивую передачу данных. А радиотехнические средства должны служить резервной средой передачи.

Функционально серверный и клиентский компоненты АК системы передачи данных должны объединяться в три вычислительные сети (две основные и одна вспомогательная). Информационное взаимодействие основных сетей с вспомогательной осуществляется через однонаправленные кабели.

Подключение отдельных АРМ должно осуществляться через коммутаторы, реализующие соединения между ними по правилам, принятым в ТСР/IP-сетях. При этом каждый АРМ подключается к своему порту коммутатора.

В. Требования к вычислительным средствам (ВС) АК

Вычислительные средства АК являются высокопроизводительной многопроцессорной вычислительной системой, которая должна разрабатываться для функционирования в среде отечественной операционной системы, обеспечивающей решение задач обработки больших объемов информации в режиме реального времени с установленными показателями производительности, а именно с пиковой (предельной) производительностью ВС АК $R_{\text{пик}}$, реальной производительностью ВС АК $R_{\text{реал}}$, коэффициентом эффективности ВС АК E .

С. Требования к локальной вычислительной сети АК предполагает требование к построению ЛВС АК, а также требования к среде передачи данных

Построение ЛВС АК должно основываться на архитектуре «клиент-сервер». В современной клиент-серверной архитектуре выделяется четыре группы объектов: клиенты, серверы, данные и сетевые службы. Клиенты располагаются в системах на рабочих местах пользователей. Данные в основном хранятся в серверах. Сетевые службы являются совместно используемыми серверами и данными. Кроме того, службы управляют процедурами обработки данных.

Локальная вычислительная сеть АК должна обеспечивать непрерывную круглосуточную работу с необходимой пропускной способностью Пп.

II. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Для проверки данных требований предлагается использовать методику оценки производительности аппаратного комплекса системы передачи данных, включающую следующие методики:

- методику оценки производительности вычислительных средств (ВС) АК,
- методику оценки производительности локальной вычислительной сети АК.

Методика оценки производительности ВС АК предназначена для оценивания возможности вычислительного комплекса по выполнению задач по предназначению в условиях максимальной нагрузки.

Анализу и оценке подлежат следующие характеристики ВС АК:

- пиковая (предельная) производительность,
- реальная производительность,
- коэффициент эффективности ВС.

Пиковая или предельная производительность ВС АК $V_{\text{пик}}$ оценивается по двум критериям: MIPS или FLOPS [4, 5].

Критерий MIPS характеризует скорость работы процессора по выполнению собственных инструкций без учёта времени обращения к оперативной памяти и к устройствам ввода/вывода.

Определяется эта величина, как среднестатистическое число инструкций (целочисленных операций типа «регистр-регистр»), выполняемых в единицу времени (секунду) без учёта их статистического веса в выбранном классе задач:

$$V_{\text{пик}} = \frac{n}{t} = \frac{f}{l_{\text{ср}}^{\text{инстр}}}$$

где $n = \frac{T}{l_{\text{ср}}^{\text{инстр}}}$ – число инструкций; f – тактовая частота процессора, такт/сек или Гц; $l_{\text{ср}}^{\text{инстр}}$ – средняя длительность инструкции, такт/инстр; $t = \frac{T}{f}$ и T – длительность выполнения программы, сек или такт.

Пиковая производительность АК равна произведению пиковой производительности одного процессора на число N таких процессоров в системе:

$$R_{\text{пик}} = V_{\text{пик}} \cdot N.$$

При этом предполагается, что все устройства АК работают в максимально производительном режиме.

Оценка пиковой производительности по критерию FLOPS заключается в сравнении различных типов АРМов для решения поставленных задач.

Если использовать FLOPS, то в приведённых выше формулах размерность [инстр] заменяется на [оп] и рассчитывается новая средняя длительность операции $l_{\text{ср}}^{\text{оп}}$:

$$R_{\text{пик}} = N \cdot \frac{f}{l_{\text{ср}}^{\text{оп}}}$$

Реальная производительность ВС зависит от взаимодействия программных средств с вычислительной архитектурой АРМ. Тогда реальную производительность ВС АК можно оценить, как

$$R_{\text{реал}} = \frac{n_{\text{вс}}}{t_{\text{вс}}},$$

где $n_{\text{вс}}$ – известное количество операций; $t_{\text{вс}}$ – время, затраченное на выполнение операции.

Коэффициент эффективности ВС АК вычисляется, как отношение реальной производительности к пиковой:

$$E = \frac{R_{\text{реал}}}{R_{\text{пик}}}.$$

В методике оценки производительности локальной вычислительной сети АК в качестве показателя эффективности используется пропускная способность ЛВС [8-10].

Методика включает в себя следующие этапы.

А. Расчет длины кабеля

Расчет длины кабеля проводится для каждого помещения (территории), где проложен кабель, путем прямого измерения.

В. Расчет максимально допустимого расстояния между наиболее удаленными ВС локальной сети

Максимально допустимое расстояние S_{max} между наиболее удаленными ВС ЛВС рассчитывается по формуле

$$S_{\text{max}} \leq 0,5 \cdot V_c \cdot \left(\frac{E_{n,\text{min}}}{V_k} \right),$$

где $E_{n,\text{min}}$ – минимальная длина пакета (кадра, бит); V_k – скорость передачи данных по передающей среде в сети, Мбит/с; V_c – скорость распространения сигнала в передающей среде, м/с.

С. Расчет частоты следования кадров в сети

Частота следования кадров по сети F (кадр/с), определяется по формуле

$$F = \frac{1}{(E_{n,\text{min}} + P_r) \cdot 8 + IPG} \cdot V_k,$$

где P_r – преамбула (начало кадра), байт; IPG – межкадровый интервал, бит.

Д. Расчет пропускной способности

Пропускная способность в сети $\Pi_{\text{п}}$, бит/с, определяется по формуле [12]

$$\Pi_{\text{п}} = F \cdot 8 \cdot (E_{n,\text{min}} - SI),$$

где SI – служебная информация в кадре, 18 байт.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отличительной особенностью предлагаемой методики в отличие от существующих является тот факт, что к оценке производительности аппаратного комплекса подлежат не отдельные его элементы, а комплекс в целом. В результате чего, применение данной методики на этапе разработки АК позволит рационально выбрать аппаратную часть относительно решаемых задач.

В виду того, что отсутствует проработанный государственный стандарт, позволяющий предъявить требования к АК на этапе разработки в критически важных системах, представленная методика может стать основополагающей для нормативно-технической документации по оценке производительности аппаратно-программных комплексов, в частности для аппаратных комплексов системы передачи данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Гоголевский А.С. Методика оценки производительности аппаратно-программного комплекса информационно-управляющей системы / А.В. Романов, С.А. Трепкова // Журнал «Известия Тульского государственного университета». г. Тула: Издательство ТулГУ, 2022. Вып.10, с. 87-92.
- [2] Ерасова Е.А., Плотников В.А. Оборонно-промышленный комплекс России и перспективы его развития в условиях экономических санкций и реализации политики импортозамещения // Экономическое возрождение России. 2015. № 2(44). С.102-110.
- [3] Калужный К.А. Состояние и перспективы импортозамещения в российской ИТ-отрасли // Управление наукой и наукометрия. 2016. № 2. С. 85-103.
- [4] Климанова Е.Ю., Субханкулова А.Р., Зеленко Б.В., Леонтьева О.Ю. Оценка производительности вычислительных систем // Вестник технологического университета. 2015. Т.18. № 24. С. 102-105.
- [5] РД 45.231-2002. Комплекс аппаратно-программных средств мониторинга сети ОКС 7. Общие технические требования. М.: ЦНТИ «Информсвязь», 2002. 22 с.
- [6] Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. 3-е изд. М.: Питер, 2006.
- [7] Г.Хелд Технологии передачи данных. 7-е изд. М.: Питер, 2003.
- [8] Суворов Д.А. Роль организации вычислений в реализации потенциала современных компьютеров // Матер. междунар. конф. «Наука и наше будущее: идеи, которые изменят мир» / ГТМ им. И.Вернадского РАН. М., 2004. С. 186-187.
- [9] Гусева А.И., Киреев В.С. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. М.: Издательский центр «Академия», 2014. 288 с.
- [10] Максимов Н.В., Партыка Т.Л., Попов И. И. Архитектура ЭВМ и вычислительных систем. М.: Форум: ИФРА-М, 2013. 512 с.
- [11] Соболев Б.В., Манин А.А., Герасименко М.С. Сети и телекоммуникации – Ростов-на-Дону: Феникс, 2015. 191 с.
- [12] IEEE 802.3-2012. IEEE Standard for Ethernet. 2012. Section 3. 346 с.
- [13] Лукьянов С.А., Ховансков С.А., Серогодский Д.И., Горягина Т.М., Котеков М.Г. Зависимость полезной пропускной способности от размера кадра для сети стандарта Ethernet // Современные наукоемкие технологии. 2008. № 3. С. 52-53.