

УДК 004.72

ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ АДАПТИВНОГО СОГЛАСУЮЩЕГО ЦЕНТРА КОРПОРАТИВНОЙ СЕТИ

М. О. Колбанев,

доктор техн. наук, профессор

Т. М. Татарникова,

канд. техн. наук, доцент

К. О. Малков,

аспирант

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Приводится один из подходов к организации согласующего центра, выполняющего функции интеграции и согласования неоднородных компьютерных сетей, основанный на динамической настройке структуры центра в зависимости от решаемых задач и внешних условий.

Корпоративная деятельность в распределенных технологических, организационно-административных и технических комплексах осуществляется с поддержкой информационных систем сетевого типа.

В отдельных частях корпоративной сети могут применятся различные телекоммуникационные технологии и уже сложившиеся процедуры обмена и управления данными. Все функции по интеграции и согласованию выполняются в межсетевых устройствах разного уровня и назначения: мостах, коммутаторах, маршрутизаторах и шлюзах, — обеспечивающих сопряжение и необходимое преобразование в терминах как аппаратуры, так и программного обеспечения.

Межсетевые устройства (МУ) реализуются в виде многопроцессорных мультипрограммных систем с определенной конфигурацией. Выполняя основную функцию взаимодействия нескольких неоднородных сетей, МУ обрабатывают большие потоки информации, что приводит к необходимости распараллеливания во времени функций приема, передачи и обработки поступающих на его вход сообщений. Классическим путем создания подобных систем является применение процессоров с типичными архитектурами I386, PowerPC, ARM, RISC и др. Такой подход обладает рядом недостатков: производительность МУ при выполнении фиксированных задач используется не полностью, а лишь на 10–20 %; жесткая привязка архитектуры к функциональности МУ не позволяет гибко управлять ресурсами и распределять нагрузку; моральное устаревание элементной базы при-

водит к необходимости полной замены межсетевого устройства.

Появившиеся на сегодняшний день технологии, инструментальная и элементная базы определили альтернативный подход к построению сетевого оборудования, основывающийся на идеях универсальности, аппаратной конфигурируемости и динамической настройки структуры МУ в зависимости от решаемых задач и внешних условий. Согласно этим идеям, синтез структуры МУ осуществляется в соответствии с модульным принципом построения из базовых блоков (модулей).

Базисный набор состоит из следующих структурных единиц (рисунок):

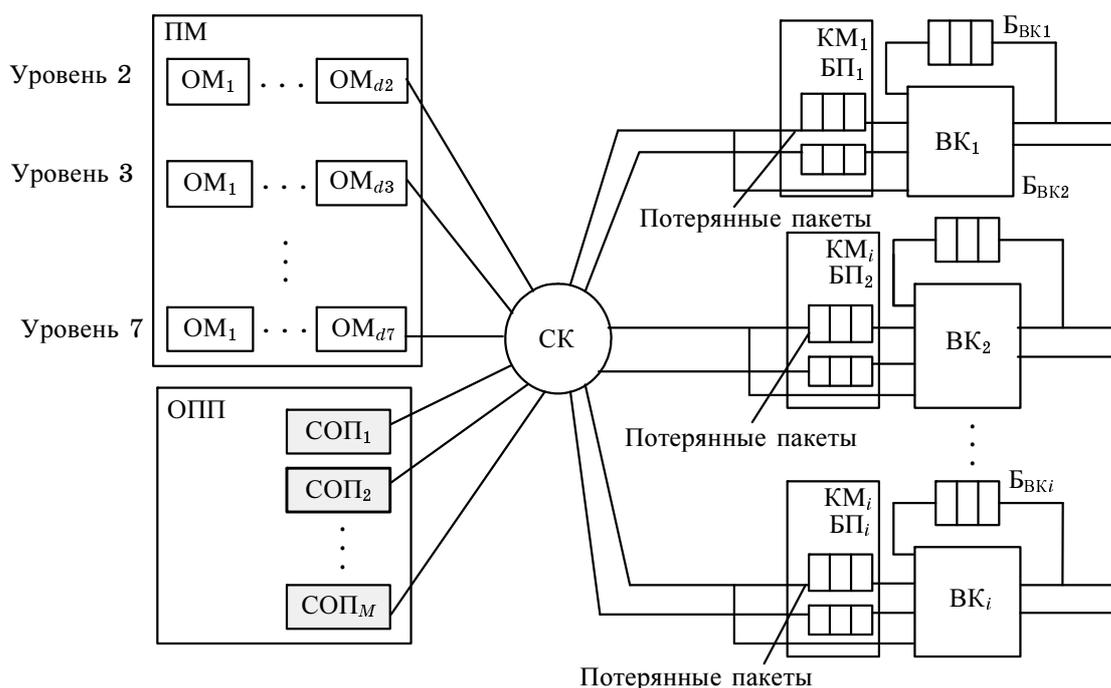
— канальных модулей KM , предназначенных для выполнения процессов приема и передачи кадров, управления перегрузкой с помощью системы квитирования и ограниченного объема буферной памяти BP в KM ; обозначим как множество

$M1 = \{KM_{i=1, S}\}$, где S — число сопрягаемых неоднородных сетей;

— процессорных модулей PM , предназначенных для выполнения уровней протоколов МУ. PM состоит из набора обрабатывающих модулей OM ;

PM обозначим как множество $M2 = \{OM_{i=1, N; j=2,7}\}$, где N — число OM , реализующих протоколы j -го уровня эталонной модели взаимодействия открытых систем (ЭМВОС);

— модуля памяти — общего поля памяти $ОПП$, предназначенного для хранения общих информа-



■ Структура универсального МУ

ционных ресурсов, необходимых при выполнении уровневого протокола и хранения передаваемых пакетов; обозначим как множество $MЗ$;

— схемы комплексирования $СК$, предназначенной для объединения всех модулей в рамках одного центра сопряжения;

— виртуального канала $ВК$ для отображения входа/выхода $КМ$ и поступающей на него нагрузки: как только интенсивность потока сообщений, принадлежащих $ВК$ увеличивается, большее число сообщений скапливается в буфере $БВК$ и для внешних сообщений соответственно увеличивается время задержки, что свидетельствует о возникновении перегрузки; обозначим как множество $M4$.

Структурно МУ выполнен в виде стойки с отсеками для вставки модулей. Для каждого конкретного случая взаимодействия сетей подбирается достаточная (не избыточная по производительности и минимальная по стоимости) комплектация МУ. Похожая технология, основанная на модульном принципе, давно применяется в центрах коммутации телефонных сетей общего пользования и мобильных телефонных сетях.

Предложенная модель универсального МУ позволяет расширять возможности МУ и структурируется из перечисленных готовых функциональных модулей в зависимости от нагрузки и степени неоднородности сопрягаемых сетей. С увеличением нагрузки возможно увеличение производительности МУ расширением процессорного модуля по горизонтали путем добавления одного или нескольких ОМ определенного уровня. При подключении новой сети активизируется новый КМ и до-

бавляются новые ОМ по вертикали и секции общей памяти (СОП), число которых определяется заранее для соблюдения необходимых показателей качества обслуживания. Переключением связей между модулями задается схема комплексирования.

Канальный модуль — это интерфейсный модуль, выполняющий прием и передачу кадров по протоколам и функциям канального уровня ЭМВОС; передачу пакета через интерфейс в модуль памяти; фильтрацию пакетов по алгоритму моста, разгружающую процессорный модуль от обработки пакетов собственной сети.

Процессорный модуль выполняет функции обработки пакетов, т. е. принимает решения по их фильтрации/продвижению; модифицирует заголовки пакетов, если это необходимо; передает пакеты непосредственно присоединенному КМ или другому процессору обработки пакетов; обновляет базу данных адресной и топологической информации; поддерживает SNMP-управление и выполняет другую административную работу. ПМ состоит из набора ОМ. Каждый ОМ поддерживает все основные протоколы определенного уровня ($ОМ_3$ — протоколы 3-го уровня и т. д. до 7-го уровня ЭМВОС) и имеет свои копии программного обеспечения, т. е. возможна параллельная обработка на разных ОМ как одного и того же уровня, так и разных уровней.

Общее поле памяти разбито на секции для параллельного обслуживания нескольких канальных и обрабатывающих модулей $MЗ = \{ОПП_{i=1, M}\}$,

где M — число секций общего поля памяти. Память хранит различные общие информационные ресурсы, например маршрутные и адресные таблицы.

Организация вычислительного процесса в МУ также зависит от способа соединения функциональных блоков системы. По топологии межмодульных связей выделяются следующие схемы комплексирования: СК₁ — матричного типа; СК₂ — на базе общей шины; СК₃ — на базе разделяемой памяти.

Виртуальный канал в явном виде не является структурным элементом МУ, но его можно представить как некий функциональный модуль, задающий нагрузку на порты МУ.

Таким образом, модель некоего обобщенного МУ запишется в виде следующего кортежа элементов, характеристик и связей:

$$\text{МУ} = \langle M1(q_1, q_4, q_5, S, \text{БП}_{i=\overline{1, S}}), M2(q_1, q_5, N), \\ M3(q_2, q_3, M, RS), M4\bigcap_{i=1}^5 \text{СК}_i, G \rangle.$$

Частные варианты межсетевых устройств описываются следующими кортежами:

— мост:

$$\langle M1(q_1, q_4, q_5, S=2, \text{БП}_{i=\overline{1, 2}}), M4, \text{СК}_2, G \rangle;$$

— коммутатор на базе матрицы:

$$\langle M1(q_1, q_4, q_5, S, \text{БП}_{i=\overline{1, S}}), M4, \text{СК}_1, G \rangle;$$

— коммутатор на базе общей шины:

$$\langle M1(q_1, q_4, q_5, S, \text{БП}_{i=\overline{1, S}}), M4, \text{СК}_2, G \rangle;$$

— коммутатор на базе общей памяти:

$$\langle M1(q_1, q_4, q_5, S, \text{БП}_{i=\overline{1, S}}), \\ M3(q_2, q_3, M, RS), M4, \text{СК}_3, G \rangle;$$

— маршрутизатор:

$$\langle M1(q_1, q_4, q_5, S, \text{БП}_{i=\overline{1, S}}), \\ M2(q_1, q_5, N), M3(q_2, q_3, M, RS), \\ M4, (\text{СК}_1 \vee \text{СК}_3) \wedge (\text{СК}_2 \vee \text{СК}_3), G \rangle;$$

— шлюз:

$$\langle M1(q_1, q_4, q_5, S, \text{БП}_{i=\overline{1, S}}), \\ M2(q_1, q_5, N), M3(q_2, q_3, M, RS), \\ M4, (\text{СК}_1 \vee \text{СК}_3) \wedge (\text{СК}_2 \vee \text{СК}_3), G \rangle.$$

Структура МУ характеризуется открытой модульной архитектурой, приспособленной к автоматической реконфигурации, и состоит из набора функциональных модулей, каждый из которых выполняет функцию определенного протокола, на-

пример прием или передачу кадра, буферизацию, обработку поступившего пакета по протоколу и др. Каждый модуль является аппаратно-программируемым устройством. Такая технология позволяет, объединяя как функционально одинаковые модули, так и модули различного назначения, масштабировать структуру МУ. Возможность гибкого наращивания функций и протоколов делает структуру МУ универсальной, т. е. не зависящей от степени неоднородности взаимодействующих сетей.

В связи с этим можно ввести новый тип межсетевого устройства — адаптивный согласующий центр (АСЦ) корпоративной сети. При этом термин «адаптивный» принимает двойственное значение: во-первых, при работе данного согласующего центра на одном уровне ЭМВОС его производительность можно увеличивать или уменьшать, в зависимости от задачи, путем добавления или удаления соответствующих модулей, например модулей памяти; во-вторых, данный согласующий центр может адаптироваться для работы на разных уровнях ЭМВОС, опять же путем добавления или удаления модулей, например обрабатывающих модулей.

Поскольку современные корпоративные сети связи являются изменяющимися, развивающимися системами, где наряду с увеличением производительности МУ иногда необходимо и ее уменьшение, когда при этом высвобождаются производительные ресурсы, которые могут быть использованы в другой части сети, данные обстоятельства выгодно отличают АСЦ от простых межсетевых устройств.

В результате рассматриваемой идеи адаптации согласующего центра возникает задача оптимизации такого устройства с точки зрения производительности и стоимости. В связи с этим введем в рассмотрение множество параметров, определяющих МУ с точки зрения пользователя: показатели качества; параметры, задающие технические характеристики структурно-функциональных модулей МУ; параметры, характеризующие определенное решение, принятое для синтеза структуры межсетевого устройства.

Определены следующие показатели качества межсетевого устройства:

- пропускная способность МУ — g_1 ;
- задержка передачи кадра — g_2 ;
- вероятность блокировки принимаемых кадров для входящего канала i (процент потерянных кадров) — g_3 .

Ко множеству параметров Q , задающих технические характеристики структурно-функциональных модулей МУ, отнесены:

- номинальное быстродействие процессоров — q_1 ;
- цикл обращения к памяти — q_2 ;
- объем памяти — q_3 ;
- длина машинного слова для обмена процессоров с памятью — q_4 ;
- частота обращения процессора к памяти — q_5 .

В качестве оптимизируемых параметров H в зависимости от типа МУ выбраны следующие:

- число процессоров обработки или обрабатывающих модулей — N ;
- число СОП — M ;
- число буферов для хранения пакетов, закрепленных за каждым входящим каналом — $\text{БП}_{i=1, \overline{S}}$;
- матрица распределения ресурсов по секциям памяти — $RS_{i=1, \overline{R}; j=1, \overline{M}}$, где R — число общих ресурсов.

Таким образом, задача оптимизации сформулирована как смешанная многопараметрическая и многокритериальная экстремальная задача с ограничениями: при заданных значениях элементов множества параметров Q найти оптимальную структуру МУ, такую, чтобы выполнялись условия:

$$0 < g_i(Q, H) \leq g_i^{\text{доп}}, \quad g_i \in G; \quad (1)$$

$$\phi \rightarrow \min f(Q, H), \quad (2)$$

где ϕ — аддитивная функция стоимости МУ.

Решение сформулированной задачи распадается на два этапа. На первом этапе на соответствующих моделях находятся зависимости показателей качества. Для многопроцессорных вычислительных комплексов, каким является АСЦ, применим аппарат экспоненциальных сетей массового обслуживания [1]. Данный аппарат позволяет получить оценивание производительности и времен задержки в аналитическом виде.

На втором этапе решается оптимизационная задача, определяемая выражениями (1), (2). На сегодняшний день предпочтителен интеллектуальный подход в методах оптимизации [2], предполагающий использование методов выбора параметров МУ, которые гарантировали бы обеспечение требуемого качества обслуживания пользователей при минимальных затратах. Одним из таких методов является генетический алгоритм поиска оптимальной структуры устройства, который можно применить и в АСЦ [3].

Таким образом, использование адаптивных согласующих устройств в корпоративных сетях приводит к более эффективному использованию и администрированию сетей, обеспечивая при этом требуемое качество обслуживания пользователей.

Литература

1. **Ивницкий В. А.** Теория сетей массового обслуживания. М.: Физматлит, 2004. 772 с.
2. **Реклейтис Г., Рейвиндран А., Рэгсдел К.** Оптимизация в технике. М.: Мир, 1986. 346 с.
3. **Колбанев М. О., Кузьма Э. А., Яковлев С. А.** Внедрение генетических алгоритмов поиска в управлении инфокоммуникациями // Проблемы подготовки кадров в сфере инфокоммуникационных технологий: Санкт-Петербургская науч.-практ. конф. / СПОИСУ. СПб., 2005. С. 81–84.