

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ КОРПОРАТИВНЫМИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМИ СЕТЯМИ

Ю.С. Данилюк, Ф.А. Попов

В статье предлагается подход к построению систем автоматического управления вычислительными сетями, создаваемыми на базе технологий IP, Ethernet и DSL. Рассмотрены требования, определившие структуру систем управления и методику их построения в соответствии с предлагаемым подходом.

Потребности автоматизированных систем управления и проектирования, бурно развивавшихся в различных отраслях промышленности в стране в 1970-1980-х гг., породили проблему эффективного создания информационно-вычислительных сетей и средств управления ими. Типовых отечественных разработок такого рода, пригодных для производственной эксплуатации, не существовало, поэтому в отраслевых НИИ, КБ и НПО эта проблема разрешалась собственными силами, с максимальным использованием известных результатов отечественных и зарубежных исследований в данной области. В частности, в ФНПЦ (НПО) «Алтай» в 1982 – 1987 гг. в рамках работ по САПР при участии одного из авторов была создана система СИГМА, являющаяся развитием программного обеспечения терминальных станций [1]. Она представляет собой фактически интегрированное сетевое программное обеспечение и обеспечивает функционирование ЭВМ различных типов в рамках многомашинных информационно - вычислительных комплексов, построенных на принципах локальных вычислительных сетей [2].

В процессе создания данной системы были заложены основы проектирования компьютерных сетей с использованием имитационных моделей их узловых компонентов и взаимосвязей между ними, построенных с применением программных эмуляторов и реализованных в полной мере в рамках системы ДИАЛЭМ [3, 4]. Выбранный при этом подход к созданию программных эмуляторов, обеспечил

- максимальную независимость ДИАЛЭМа от особенностей имитируемого оборудования,
- возможность проведения исследований на физическом и логическом уровнях, а также на уровне системного программного обеспечения,
- возможность полной отладки сетевых программных компонентов на одной ЭВМ на

основе использования средств среды моделирования.

В настоящее время наблюдается активное развитие корпоративных вычислительных сетей, создаваемых с использованием технологий IP, Ethernet и DSL. При этом проблемы, имеющие место в прошлом, остаются актуальными и сегодня и требуют разрешения. В данной работе предлагается подход к разрешению проблемы эффективного управления сетями, основанный на опыте создания упомянутых выше систем, адаптированном к условиям сегодняшнего дня.

Рассмотрим данную проблему более детально. Суммарный эффект протекающих в подобных сетях процессов, как правило, выражается в резких периодических ухудшениях эффективности функционирования сети. Возникновение таких эффектов обуславливается трудно предсказуемыми проявлениями взаимодействия коммуникационного оборудования, с присущими ему ограничениями пропускной способности и буферной памяти, и сетевых приложений, использующих адаптивный протокол TCP, работающий поверх протокола Ethernet, который реализует так называемый “best effort” режим доставки пакетов данных и обладает «взрывным» характером трафика [5]. Поддержание эффективной работы такого комплекса протоколов на базе вычислительной сети, характеризующейся сильной неоднородностью, выражающейся в разнообразии применяемого коммуникационного оборудования, сетевого программного обеспечения, разной пропускной способности линий связи и особенностей их загрузки, как правило, требует серьезных усилий сетевого администратора.

Автоматическое управление подобными сетями требует системы, отвечающей следующим требованиям, которые обусловлены характером объекта управления:

- точность: система должна принимать точные решения, учитывающие максимально

большое количество аспектов протекающих в вычислительной сети процессов;

- оперативность: процессы в современных вычислительных сетях отличаются скоротечностью, запаздывающее правильное управляющее воздействие зачастую производит эффект, обратный ожидаемому;

- универсальность: система по возможности должна охватывать все классы объектов вычислительной сети и быть адаптируемой к условиям разных вычислительных сетей, что позволит создавать комплексные системы автоматического управления.

Имеющийся в настоящее время инструментарий по управлению компонентами вычислительных сетей, как правило, ограничивается коммуникационным оборудованием или программным обеспечением одного производителя, либо ограничивается особенностями конкретной реализации того или иного сетевого протокола. Возможности по взаимодействию с другими инструментами и реализации автоматического режима управления зачастую сильно ограничены или отсутствуют. Таким образом, реализуемые с помощью подобных инструментов решения, как правило, отличаются отсутствием комплексного управления и низкой степенью автоматизации, что выражается в низкой эффективности работы вычислительной сети [6]. В данной работе предлагается подход к решению задачи создания системы автоматического управления вычислительными сетями, соответствующей вышеперечисленным требованиям, основанный на использовании имитационных моделей с применением моделирующих систем типа ДИАЛЭМ.

Для решения задачи, сформулированной во вводной части статьи, была разработана методика построения систем автоматического управления вычислительными сетями. Структура систем управления, создаваемых в соответствии с предлагаемой в данной статье методикой, приведенная на рис. 1, полностью повторяет каноническую модель системы автоматического управления. При этом в качестве объекта управления выступает вычислительная сеть, представляемая множеством её объектов, ядром системы является программный модуль, обрабатывающий представляемую интерфейсными модулями информацию и вырабатывающий управляющие воздействия, также реализуемые интерфейсными модулями. В задачу интерфейсных модулей, являющихся программными компонентами, входит реализация функций по сбору информации и переда-

чи управляющий воздействия к объектам вычислительной сети. Данные компоненты системы управления предоставляют ядру унифицированный интерфейс, не зависящий от конкретных особенностей реализации тех или иных функций. Концептуальные особенности методики построения и структура создаваемых систем были обусловлены требованиями, сформулированными выше.

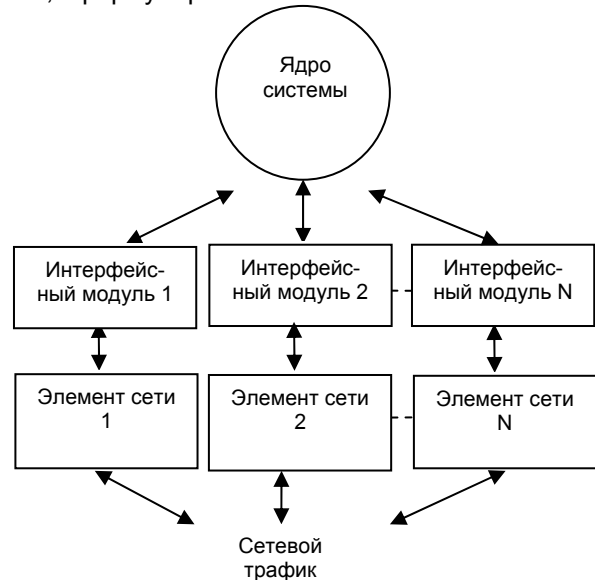


Рисунок 1 – Структура системы управления

Первым рассматриваемым требованием к системе управления является точность, которая определяется тем, насколько верные решения принимает система в процессе управления. Таким образом, в случае использования в ядре системы математической модели, точность системы будет зависеть от степени адекватности этой модели. В случае использования нейронной сети, точность системы будет определяться качеством тренинга используемой нейронной сети. В свою очередь, качество тренинга нейронной сети или адекватность математической модели будут зависеть от полноты имеющейся информации об объекте управления на момент создания модели или нейронной сети. В качестве источника такой информации для разработанной методики была выбрана имитационная модель вычислительной сети. Такой выбор обусловлен рядом причин. Первой причиной, обуславливающей неприменимость аналитических моделей, является потребность в инструменте, позволяющем детально воспроизводить процессы, протекающие в реальных вычислительных сетях. Второй причиной является практическая невозмож-

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ КОРПОРАТИВНЫМИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМИ СЕТЯМИ

ность применения натуральных моделей объекта управления, обусловленная высокими затратами времени, большой трудоемкостью и дороговизной процесса получения детальной информации о функционировании вычислительной сети. Таким образом, имитационное моделирование является единственным практически реализуемым путем получения детальной информации о работе вычислительной сети при создании ядра системы управления. Кроме того, использование имитационной модели объекта управления предоставляет возможность разрабатывать систему управления уже на этапе проектирования вычислительной сети, когда имитационная модель используется для проверки тех или иных аспектов работы проектируемого объекта.

Вторым требованием, предъявляемым к системе управления, является оперативность – способность системы своевременно генерировать управляющие воздействия. Это требование накладывает ограничения на природу ядра, используемого в системе управления. Как правило, в состав ядра управляющей системы входит некоторая математическая модель. Управление таким объектом с быстропротекающими процессами, как современная вычислительная сеть, накладывает жесткие требования к вычислительной эффективности применяемой модели. Такие требования обуславливают невозможность применения в ядре системы сравнительно медленных имитационных моделей, а также традиционных аналитических моделей, характеризующихся большой громоздкостью для случаев сложных дискретных систем. Кроме того, создание традиционных аналитических моделей вычислительных сетей с высокой степенью адекватности требует участия человека и, как правило, является весьма трудоемким процессом [7]. Таким образом, единственным классом моделей, целесообразных для применения в ядре системы управления, являются статистические модели, описываемые некоторым набором зависимостей управляющих воздействий от известного состояния объекта управления. Другой перспективный подход к созданию ядер систем управления заключается в использовании нейронных сетей. Для этого в процессе управления на входы нейронной сети подаются сигналы, характеризующие состояние объекта, а с выходов снимаются управляющие воздействия. К достоинствам такого подхода следует отнести стабильность времени отклика получаемой системы управ-

ления, возможность достаточно точно реализовывать сложные статистически выраженные зависимости без использования таблиц большого объема, а также высокую вычислительную эффективность алгоритмов, реализующих нейронные сети [8].

Еще одним требованием, определившим структуру создаваемых управляющих систем, было требование универсальности – способности системы получать информацию о состоянии вычислительной сети и реализовывать управляющие воздействия, взаимодействуя с широким спектром неоднородных объектов, таких как коммутаторы, маршрутизаторы, мосты, ЭВМ, системное и прикладное программное обеспечение. Неоднородность вышеперечисленных объектов обуславливается несколькими факторами: а) разнообразием функций, выполняемых в составе сети; б) разнообразием предоставляемой информации и реализуемых управляющих воздействий; в) разнообразием интерфейсов, реализуемых объектами. Разработка методики создания систем управления, предусматривающей все эти особенности компонентов вычислительных сетей, потребовала создания унифицированного интерфейса для сбора информации и реализации управляющих воздействий, позволяющего системе управления абстрагироваться от конкретных особенностей используемого сетевого оборудования и программного обеспечения. Для этого был разработан набор программных модулей, которые предоставляют унифицированный интерфейс ядру системы, реализуя требуемые функции посредством взаимодействия с компонентами сети в терминальном режиме (через интерфейс RS-232, протоколы Telnet и SSH) и по протоколу SNMP. При этом, при реализации интерфейса для конкретного оборудования и программного обеспечения, требуется определить соответствующие сценарии для терминального режима или построить таблицы соответствия параметров для режима управления по протоколу SNMP. Такой подход позволяет эффективно взаимодействовать со всем спектром современного коммуникационного оборудования, так как позволяет задействовать практически все используемые в настоящее время механизмы управления сетевым оборудованием и программным обеспечением. Имитация работы интерфейсных программных модулей в составе модели вычислительной сети, выполняется с помощью объектов, воспроизводящих процессы обмена информацией между соответствующими объектами модели, ими-

тирующими управляемый компонент сети и ядро системы управления. Определение параметров объекта модели вычислительной сети, имитирующего процессы получения информации и реализации управляющих воздействий, а также разработка требуемых сценариев для терминального режима управления или создание таблиц соответствия параметров для режима управления по протоколу SNMP, осуществляются на этапе создания имитационной модели соответствующего устройства или программного обеспечения.

Таким образом, создание системы автоматизированного управления в соответствии с предлагаемой методикой будет заключаться в создании ядра системы управления и связывании ядра с программными модулями, предоставляющими информацию о сети и реализующими управляющие воздействия.

Рассмотрим поэтапно процесс создания системы автоматического управления в соответствии с предлагаемой методикой:

На первом этапе создается имитационная модель объекта управления – вычислительной сети. Применяемая методика создания имитационных моделей вычислительных сетей представлена в [9]. Суть данной методики, основанной на системном подходе к созданию имитационной модели вычислительной сети, заключается в синтезе модели из ранее созданных компонентов, имитирующих работу объектов вычислительной сети. Синтез модели осуществляется путем внедрения в среду моделирования компонентов и установки связей между ними, соответствующих связям реальных объектов, работа которых имитируется компонентами модели. При необходимости, отсутствующие компоненты создаются на базе уже существующих в соответствии с разработанными методиками. Принцип работы создаваемых моделей основан на детальном воспроизведении компонентами модели процессов, протекающих в реальных объектах вычислительных сетей. Взаимодействие компонентов модели основано на механизме передачи сообщений, которые отражают события в среде моделирования связанные с переходом модели из одного состояния в другое. В процессе выполнения цикла моделирования компонентами модели вычисляются показатели, характеризующие их работу. Такой подход позволяет точно воспроизводить и наблюдать все эффекты, связанные с проявлениями взаимодействия разных объектов вычислительной сети: программного обеспечения, сетевых

протоколов, коммуникационного оборудования и вычислительной техники.

На втором этапе решаются задачи, связанные с проектированием системы и подготовкой к сбору информации об объекте управления. В этой связи выбираются показатели $Q=(q_1, q_2, \dots, q_l)$, характеризующие объект управления и формулируются ограничения на их значения. Обычно эти ограничения включают некоторый диапазон допустимых значений показателя, максимальное отклонение и максимум допустимого времени отклонения значения от заданного диапазона. Далее определяются источники информации о состоянии вычислительной сети и спектр управляющих воздействий, предполагаемых для реализации. После этого в модель включаются компоненты, воспроизводящие работу базовой ЭВМ системы управления и программных модулей, осуществляющих сбор информации об объектах вычислительной сети и реализацию управляющих воздействий. Последней задачей на данном этапе является подготовка сценариев развития событий в объекте управления, обеспечивающих воспроизведение компонентами модели работы элементов сети и инициирование соответствующих процессов передачи данных.

На третьем этапе производится сбор информации, необходимой для создания ядра системы. Основной задачей здесь является определение зависимостей между входными и выходными переменными ядра, необходимых для достижения цели управления. Одним из вариантов решения этой задачи является простой перебор доступных управляющих воздействий Y , с оценкой новых состояний Z , в которые будет переходить объект управления в результате того или иного воздействия. Состояния сети определяются средствами ее имитационной модели, оценка состояний производится с учетом выбранных ранее показателей Q , в результате серии таких оценок будут определены необходимые управляющие воздействия и соответствующие состояния объекта управления, выражающие требуемые зависимости. Очевидно, что для решения данной задачи требуются значительные затраты машинного времени, связанные с осуществлением множества циклов моделирования. Существенно сократить эти затраты позволяет возможность распараллеливания процессов проверки управляющих воздействий между несколькими ЭВМ, работа которых синхронизируется одной управляющей машиной.

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ КОРПОРАТИВНЫМИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫМИ СЕТЯМИ

На четвертом этапе создается ядро системы управления, в качестве которого могут быть использованы программный модуль, реализующий нейронную сеть или модуль, обеспечивающий эффективный поиск необходимых управляющих воздействий. Полученные на предыдущем этапе зависимости представляются в виде, пригодном для использования ядром. Далее построенное таким образом ядро тестируется с использованием модели вычислительной сети, при необходимости производится возврат на один из предыдущих этапов построения системы управления.

В результате рассмотренной последовательности действий будет получена система автоматического управления вычислительной сетью, соответствующая требованиям, сформулированным на втором этапе применения данной методики.

В настоящее время представленная в статье методика и соответствующий программный инструментарий проходят апробацию в рамках системы автоматического управления научно-образовательной вычислительной сетью г. Бийска. К основным достоинствам данной методики следует отнести возможность создания системы управления еще на этапе проектирования вычислительной сети, а также полную автоматизацию и высокую точность результатов процесса поиска оптимальных управляющих воздействий. К недостаткам методики можно отнести сравнительно высокие затраты машинного времени на третьем этапе и традиционную для подходов, основанных на применении моделей, зависимость качества получаемой системы управления от степени адекватности используемой модели объекта управления. Уровень развития современной вычислительной техники и ее доступность легко позволяют устранить первый недостаток методики путем применения системы параллельных вычислений, обеспечивающей значительное сокращение затрат машинного времени [10]. С другой стороны, адекватность применяемых имитационных моделей полностью зависит от степени адекватности компонентов, из которых осуществляется синтез модели. В настоящее время разработаны методики создания адекватных компонентов для имитационных моделей вычислительных сетей [11]. Использование разработанных

методик в сочетании с возможностью многократного применения компонентов для разных моделей вычислительных сетей позволяет обеспечить высокую степень адекватности компонентов, и, как следствие, высокую степень адекватности используемых моделей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобрышев В.П., Карлов А.А., Попов Ф.А., Филиппов С.А. Математическое обеспечение терминальной станции на базе мини ЭВМ типа СМ-3, СМ-4 // Материалы третьей Всесоюзной конференции ДИАЛОГ ЧЕЛОВЕК-ЭВМ – Серпухов: ИФВЭ, 1984. – С.136.
2. Попов Ф.А., Бобрышев В.П., Филиппов С.А. Интегрированная система СИГМА. Архитектура и основные возможности // Тезисы докладов IV Всесоюзной конф. по проблемам машинной графики. – Серпухов: ИФВЭ, 1987. – С.29.
3. Попов Ф.А., Груздев Г.П., Галигузов С.Н. Технология разработки программного обеспечения ЭВМ М-400 и М-600 с использованием ЭВМ БЭСМ-6 // Управляющие системы и машины, 1980. – №1. – С.41-45.
4. Карлов А.А., Попов Ф.А. ДИАЛЭМ - диалоговая система для разработки математического обеспечения ЭВМ в режиме эмуляции // Материалы третьей Всесоюзной конф. «ДИАЛОГ ЧЕЛОВЕК-ЭВМ». – Серпухов: ИФВЭ, 1984. – С.69.
5. Kumar A. Comparative performance analysis of versions of TCP in a local network with a lossy link // IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 6, Issue 4 (August 1998). – P. 485-498.
6. Papavassiliou S. Network and service management for wide-area electronic commerce networks // International Journal of Network Management, Vol. 11, Issue 2 (March-April 2001). – P. 75-90.
7. Жожикашвили А.В., Вишневский В.М. Сети массового обслуживания. Теория и применение к сетям ЭВМ. – М.: Радио и связь, 1988. – 152 с.
8. Freeman J., Skapura D. Neural Networks Algorithms, Applications and Programming Techniques // Addison-Wesley. – 1991.
9. Данилюк Ю.С., Попов Ф.А., Максимов А.В. Моделирование локальных вычислительных сетей // Известия АГУ.- Спецвыпуск.- 2002. – С. 63–64.
10. Andrews G. Multithreaded, Parallel and Distributed Programming // Addison-Wesley. – 2000.
11. Данилюк Ю.С., Попов Ф.А. Определение параметров имитационных моделей коммутаторов EtherNet // Труды X Всероссийской научно-методической конф. Телематика 2003. Том.1 – СПб.: Санкт-Петербургский государственный ИТМО (технический университет), ГосНИИ информационных технологий и телекоммуникаций «Информика» (Москва), 2003. – С. 223-224.