

ББК 32.973.202я73

А 16

Абросимов Л. И.

А 16 Базисные методы проектирования и анализа сетей ЭВМ: Учебное пособие. — СПб.: Издательство «Лань», 2018. — 212 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература).

ISBN 978-5-8114-3538-8

Рассмотрены задачи выбора структур, комплексного учета распределения функций и производительности сетей ЭВМ. Изложены методики, позволяющие определять кратчайшие структуры сетей ЭВМ для распределенных по территории терминалов, методика определения кратчайших структур с заданной конфигурацией. Охарактеризованы особенности функционирования сети ЭВМ, учитывающие кратчайшие маршруты, объемы трафика, дублирование территориально размещенных серверов. Особое внимание уделено вопросам комплексной оценки производительности сетей ЭВМ. Изложены основные положения авторского метода контуров, основанного на полиномиальной аппроксимации и детализации описания маршрутов трафика, для решения не только задач анализа, но и задач оптимизации. Рассмотрены модели и методика расчета параметров для анализа производительности для различных вариантов терминальных сетей ЭВМ, WAN и кольцевых LAN. Приведены решения оптимизационных задач по критерию стоимостных затрат.

Для студентов, магистров, аспирантов и преподавателей, осуществляющих подготовку по направлению «Информатика и вычислительная техника». Может быть полезно при подготовке других специальностей в области информационных систем и технологий технического вуза.

ББК 32.973.202я73

Рецензенты:

В. П. КЛИМАНОВ — доктор технических наук, профессор кафедры информационных систем Московского государственного технологического университета «Станкин»;

Ю. П. КОРАБЛИН — доктор технических наук, профессор кафедры моделирования информационных систем и сетей Российского государственного социального университета.

Обложка

Е. А. ВЛАСОВА

© Издательство «Лань», 2018

© Л. И. Абросимов, 2018

© Издательство «Лань»,
художественное оформление, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
Глава 1. ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ	7
Глава 2. КЛАССИФИКАЦИЯ СТРУКТУР СЕТЕЙ ЭВМ	13
Глава 3. РАСЧЕТ КРАТЧАЙШИХ ДРЕВОВИДНЫХ СТРУКТУР ПРОИЗВОЛЬНОЙ КОНФИГУРАЦИИ	19
3.1. Расчет кратчайшей древовидной связной сети	19
3.2. Структура древовидной конфигурации централизованных сетей	21
Глава 4. РАСЧЕТ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ ДРЕВОВИДНОЙ КОНФИГУРАЦИИ СЕТИ	26
4.1. Постановка задачи	26
4.2. Алгоритм расчета иерархической древовидной ВС	29
Глава 5. РАСЧЕТ КРАТЧАЙШЕЙ СВЯЗЫВАЮЩЕЙ СЕТИ ЗАДАННОЙ КОНФИГУРАЦИИ	42
5.1. Постановка задачи	42
5.2. Алгоритм определения кратчайшей связывающей сети заданной конфигурации	43
Глава 6. РАСЧЕТ КРАТЧАЙШИХ МАРШРУТОВ	51
6.1. Постановка задачи	51
6.2. Алгоритм определения кратчайших маршрутов	52
6.3. Пример определения кратчайших маршрутов	56
Глава 7. РАЗМЕЩЕНИЕ МАССИВОВ КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ В ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ	59
7.1. Постановка задачи	59
7.2. Алгоритм размещения массивов коллективного пользования	63
Глава 8. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ	71
8.1. Основные определения	72
8.2. Спецификация архитектуры параметров вычислительной сети	75
8.3. Параметры, определяющие производительность вычислительной сети	78
8.4. Задачи исследования производительности распределенных вычислительных сетей ...	80
Глава 9. ОСНОВЫ МЕТОДА КОНТУРОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕГО РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ	83
9.1. Основные понятия и расчетные соотношения	85
9.2. Этапы метода контуров	89
Глава 10. МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ УРАВНЕНИЙ	98
10.1. Метод дихотомии	98
10.2. Метод тангенсов для решения нелинейных уравнений	100
Глава 11. РАСЧЕТ И АНАЛИЗ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ	108

Глава 12. РАСЧЕТ И АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ WAN	119
12.1. Постановка задачи	119
12.2. Расчет производительности WAN.....	123
Глава 13. РАСЧЕТ И АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОЛЬЦЕВОЙ ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ.....	126
13.1. Постановка задачи	126
13.2. Расчет производительности кольцевой локальной вычислительной сети	130
Глава 14. РАСЧЕТ И АНАЛИЗ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМИНАЛЬНЫХ СЕТЕЙ	133
Глава 15. ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕРМИНАЛЬНЫХ СЕТЕЙ	152
15.1. Постановка задачи	152
15.2. Алгоритм оптимизации параметров ТВС.....	157
Глава 16. ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ КОЛЬЦЕВОЙ ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ.....	160
16.1. Постановка задачи	160
16.2. Процедура решения задачи.....	165
Глава 17. ПРОБЛЕМЫ СИСТЕМНОЙ ИНТЕГРАЦИИ СЕТЕЙ ЭВМ.....	170
17.1. Проблемы облачных вычислений и пути их разрешения	170
17.2. Проблемы оценки производительности сетей ЭВМ реальной размерности	192
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	200
ЛИТЕРАТУРА.....	208

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее учебное пособие представляет собой развернутый конспект лекций для магистров по курсу «Методы проектирования и анализа сетей ЭВМ» (по направлению подготовки 09.04.01 Информатика и вычислительная техника) и является очередным шагом обобщения опыта чтения лекций по сетям ЭВМ, которые читал автор для студентов кафедры вычислительных машин, систем и сетей в Московском энергетическом институте.

Целью курса является подготовка системных интеграторов, которые для принятия решений используют методы, позволяющие получать количественные оценки, на основании которых на стадиях проектирования и модернизации сетей ЭВМ выбирается состав устройств и программного обеспечения.

Для достижения поставленной цели автор предлагает методики, которые можно использовать при решении задач реальной размерности.

Пособие рассчитано на системотехника, имеющего математическую и техническую подготовку в объеме курса подготовки бакалавров технического университета.

Автор стремится при изложении методик и примеров объяснить основные этапы постановки и решения новых задач, которые ставит жизнь перед системными интеграторами. Поэтому при изложении каждой задачи последовательно излагается вербальная и математическая постановки каждой задачи, приводятся обоснования метода решения и алгоритм решения задачи.

Пособие снабжено большим количеством примеров, в ряде случаев – примерами расчетного характера, в которых применение излагаемых методов иллюстрируется на конкретном материале и доводится до численного результата.

Для стимулирования возможности самостоятельного изучения и для возможности коллективного обсуждения в группе с преподавателем предложены вопросы и задания самоподготовки.

Глава 1 играет роль введения, ее содержание показывает сложный и итеративный характер разработки сетей ЭВМ. В главе в первую очередь, в качестве базовых, рассматриваются задачи выбора структур, комплексного учета распределения функций и производительности сетей ЭВМ, однако нетрудно видеть, что предложенные этапы легко трансформируются для включения других технических параметров, которые, по мнению заказчика, являются важными при разработке любой специализированной сети ЭВМ.

Главы 2–3 содержат изложение методик, которые позволяют для распределенных по территории терминалов определять кратчайшие структуры сетей ЭВМ: древовидные с произвольной и иерархической конфигурацией. Методика определения кратчайших структур с заранее заданной конфигурацией изложена в главе 4.

Особенности функционирования сети ЭВМ, учитывающие кратчайшие маршруты, объемы трафика, дублирование территориально размещенных серверов, рассмотрены в главах 5 и 6.

В главах 9–17 особое внимание уделено вопросам комплексной оценки производительности сетей ЭВМ, при которой учитываются как задержки сообщений в каналах связи, так и задержки в серверах и терминалах, функционирующих в диалоговом режиме.

В главах 8–10 излагаются основные положения предложенного автором метода контуров, основанного на полиномиальной аппроксимации и детализации описания маршрутов трафика. Метод позволяет адекватно описать особенности структуры кабельных соединений, распределение маршрутов трафика и специфику обработки удаленных заданий серверами и терминалами. В результате для сетей ЭВМ, содержащих несколько сотен узлов, становится возможным решение не только задач анализа, но и задач оптимизации.

В главах 11–14 рассмотрены модели и методика расчета параметров для анализа производительности для различных вариантов терминальных сетей ЭВМ, WAN и кольцевых LAN, а в главах 15 и 16 решаются оптимизационные задачи по критерию стоимостных затрат.

В настоящее издание по сравнению с первым внесены следующие изменения и дополнения: в каждую главу добавлены контрольные вопросы и контрольные задания, предназначенные для самоконтроля знаний, существенно переработаны главы 4, 5, 6, 7 и 17, введено приложение, в котором приведены методические материалы, полезные при организации учебного процесса, устранены обнаруженные опечатки.

Глава 1. ЭТАПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Ускорению темпов развития средств вычислительной техники способствовала разработка и реализация режимов обслуживания удаленных пользователей. Расширение состава пользователей привело к увеличению состава требуемых услуг, что, в свою очередь, обусловило появление новых, более серьезных требований к программным и техническим средствам вычислительной техники.

Вычислительные сети (ВС) – это сложные системы, поэтому проектировщику необходимо вести комплексную разработку, при которой требуется учитывать разнообразие функций обработки информации, функций передачи данных и возможностей программной или аппаратной реализации этих функций. Как указывает Б. Байцер [10], работа архитектора вычислительных систем состоит в разработке комплекса аппаратурных и программных средств, реального с технической, экономической, функциональной и социальной точек зрения и такого, который работает, оптимален и жизнеспособен.

Таким образом, разработчик ВС должен знать технические и программные средства, реализующие разнообразные функции сети, их характеристики и условия совместного функционирования, уметь выделить из комплексной задачи проектирования ВС отдельные подсистемы и подзадачи, для которых следует сформулировать цели проектирования, критерии и ограничения, математически сформулировать задачи проектирования и выбрать адекватную модель, позволяющую найти требуемое решение и на основании теоретически рассчитанных результатов принять конкретное техническое решение.

Понимание сущности ВС в целом и характеристик, составляющих ее компонентов, позволяет выделить следующую последовательность взаимосвязанных классов задач, практически решаемых при проектировании.

Вначале решаются задачи структурного проектирования, которые на базе системного анализа с использованием обобщенных характеристик отдельных компонент позволяют выбрать базовую топологию сети из известного класса структур и решить задачу группирования абонентов, размещения хост-машин (серверов) и коллективных баз данных (БД).

Далее, на базе более детальных моделей выбранная топология уточняется, определяются параметры ее компонентов. В качестве основных функциональных характеристик могут рассматриваться стоимость, время реакции системы, достоверность передачи данных, производительность ВС, живучесть ВС.

При разработке и при реализации процедур автоматизированного выбора проектных решений серьезные трудности вызывает получение обобщенных характеристик ВС, особенно в том случае, если решается задача модернизации, развития ВС. Грамотное определение исходных данных существенно влияет на точность получаемых результатов, поэтому технология сбора и анализа исходных данных также заслуживает пристального внимания.

Сложность ВС обусловлена наличием в составе системы технических средств, предоставляющих вычислительные ресурсы, обеспечивающих комму-

тацию сообщений, хранение и передачу данных, а также программные средства, которые позволяют реализовать функции прикладного и сетевого программного обеспечения, включающего в свой состав протоколы взаимодействия различных сетевых уровней.

Рассмотрим основные этапы проектирования ВС, представленные на рис. 1.1 [1].

Начальным этапом разработки ВС является анализ технического задания (блок 1), в результате выполнения которого выясняется:

- относится разработка к созданию новой системы либо модернизируется уже существующая ВС;

- какой состав основных параметров внешних характеристик (технических, экономических, социальных и т.д.) определяет в целом вычислительную систему.

При анализе технических решений (блок 2) постоянно сопоставляются известные технические решения с заданными внешними характеристиками, в результате чего определяется состав функций (блок 3), которые должна выполнять разрабатываемая или модифицируемая ВС. При описании состава функций целесообразно использовать понятия семиуровневой модели архитектуры ВС, в соответствии с которыми функции группируются по уровням: физическому, каналному, сетевому, транспортному, сеансовому, представления и прикладному. Каждый уровень разрабатываемой ВС должен содержать в своем составе набор функций, характеристики которых существенно влияют на внешние характеристики системы в целом.

Например, физический уровень может обеспечить различную среду передачи сигналов (витую пару, коаксиальный кабель, волоконно-оптическую линию связи, среду для передачи радиосигналов и т.д.).

Канальный уровень может применять различные протоколы обмена кадрами (BSC, X25, X75 и т.д.), различные методы контроля безошибочного приема (контроль по четности, контроль методами циклического кодирования и т.д.).

Сетевой уровень может реализовать различные методы маршрутизации сообщений (централизованный, децентрализованный, адаптивный и т.д.).

Транспортный уровень может использовать различные способы передачи данных (в виде цепочек или датаграмм, в виде срочного или нормального потока и т.д.).

Сеансовый уровень ВС может обеспечивать различные режимы взаимодействия с прикладными процессами (монопольный или виртуальный), контроль за исправным состоянием сетевых ресурсов (циклический, случайный, по событиям и т.д.), организацию и прекращение сеансов, изменение конфигурации технических средств, управление ресурсами сетевого и сессионного программного обеспечения.

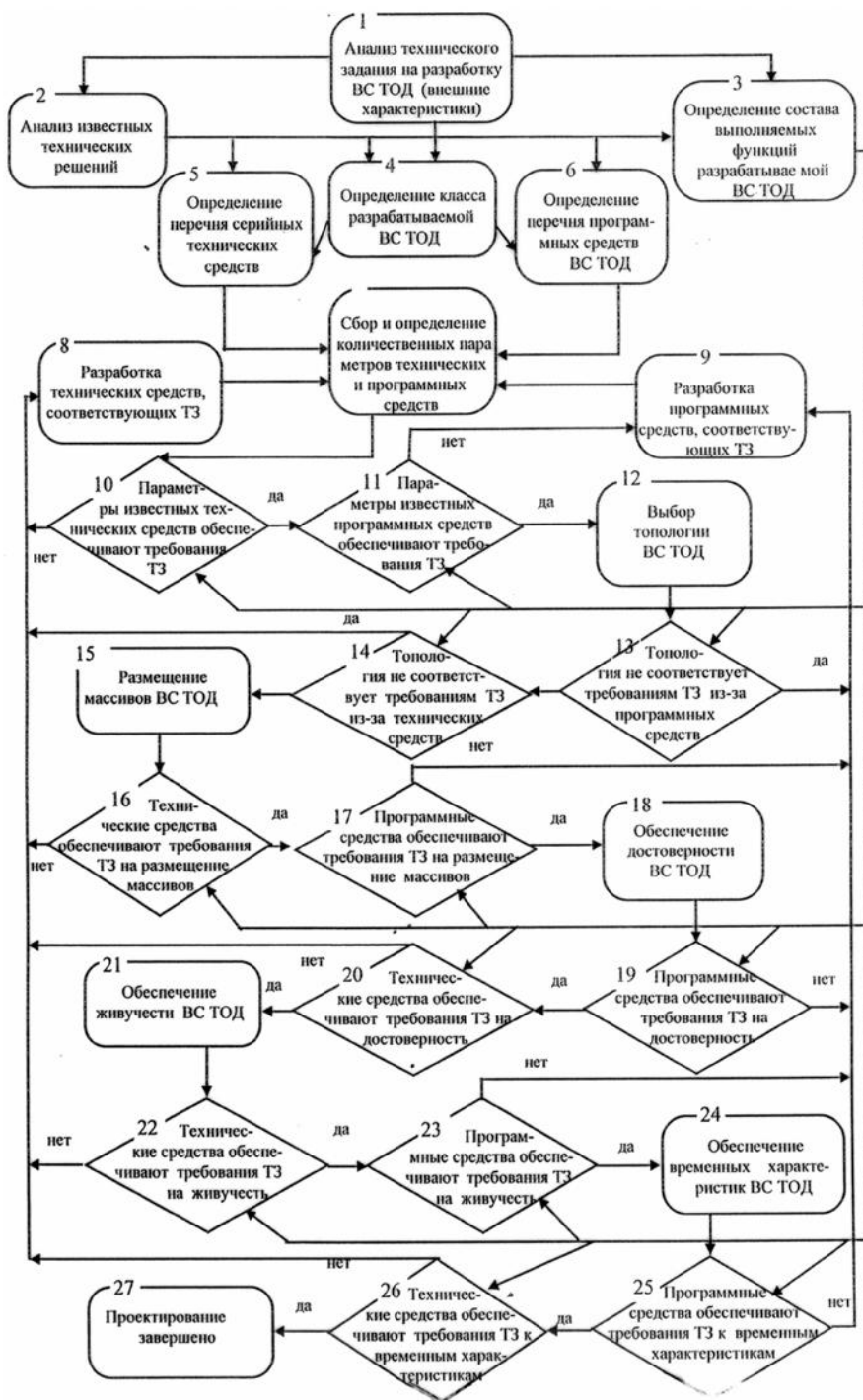


Рис. 1.1. Технологические этапы проектирования ВС

Уровень представления может содержать в своем составе реализацию различных функций, которые обеспечивают согласованное взаимодействие оконечного пользователя с сетевыми и сессионными ресурсами. В состав функций этого уровня входят, например, различные средства обеспечения диалога, средства согласования форматов и сигналов и т.д.

Прикладной уровень может включать различные прикладные программы и БД, использование которых и определяет эффективность ВС, так как именно для широкого применения прикладных программ и баз данных в конечном счете и разрабатывается любая вычислительная сеть. Техническое задание в значительной степени предопределяет класс разрабатываемой ВС (блок 4). Основные разрабатываемые ВС могут быть ограничены четырьмя классами:

- вычислительная система коллективного пользования (ВСКП) содержит вычислительный комплекс (ВК), аппаратуру передачи данных (АПД), групповые устройства управления (ГУУ) и дисплеи;

- терминальная вычислительная сеть (ТВС) содержит процессоры (ПР) с мультиплексными (М) и селекторными (С) каналами, внешние устройства ввода-вывода (ВНУ), накопители на магнитных дисках (НМД), аппаратуру передачи данных (АПД) и терминалы;

- распределенная вычислительная сеть (РВС) содержит хост-машины Т5, коммутационные контроллеры Т4, групповые контроллеры Т2;

- локальная вычислительная сеть (ЛВС) содержит среду передачи данных (СПД), блоки доступа (БД), транспортные станции (ТС), хост-машины (Х) и дисплеи (рабочие станции).

ВС, относящаяся к любому из перечисленных классов, может быть технически реализована из устройств, серийно выпускаемых промышленностью. Разработчик должен составить спецификацию (блок 5), т.е. перечень серийных устройств, которые могут в соответствии с ТЗ реализовать требуемый класс ВС. Также необходимо определить перечень серийных программных средств ВС, составляющих базовую программную платформу (блок 6).

Однако условия возможности комплексирования (технической совместимости) являются только необходимыми, но не достаточными, так как ТЗ предъявляет технические характеристики, которым должна соответствовать разработанная система, поэтому для выбранных технических и программных средств должны быть определены количественные параметры (блок 7). Определяют параметры либо методами макетирования, либо методами моделирования.

Сравнение (блоки 10, 11) выполняемых функций, реализованных на существующем оборудовании и уже разработанных программных средствах, с требованиями ТЗ может привести к формированию требований, а затем и разработке, дополнительных устройств, которые необходимы для комплексирования ВС заданного класса и способствуют (обеспечивают) выполнение требуемых функций (блок 8), и разработке соответствующих программных средств (блок 9).

При наличии необходимых технических и программных средств можно переходить к последующим этапам разработки: выбору топологии ВС (блок 12);