

М. Ш. Левин, Д. Б. Магидсон

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВЯЗИ В АСНТИ

Рассматриваются задачи проектирования АСНТИ: выбор каналов связи и близкие задачи типа выбора аппаратуры передачи данных. Проводится структурно-функциональный анализ компонентов процесса передачи данных, приведены формальные многокритериальные модели «рюкзачного» типа и многокритериального ранжирования для решения исследуемых задач. Описаны практические примеры проектирования связи, построение автоматизированной системы поддержки проектирования связи в АСНТИ.

Проектирование информационно-вычислительных сетей представляет собой сложный процесс, состоящий из различных взаимосвязанных этапов (размещение вычислительных центров, баз данных, проектирование архитектуры сети, схмотехническое проектирование станций и блоков доступа и др.). Такие проблемы рассматриваются во многих работах [1—10]. Особое значение приобретают задачи определения характеристик вычислительных сетей (надежности, помехоустойчивости, структурной надежности и др.) [10—13].

Характер информационных потоков в информационно-вычислительных сетях АСНТИ определяется двумя основными режимами:

- диалог удаленных пользователей с информационными базами сети;
- электронная почта (передача массивов информации для накопления и актуализации информационных баз, передача пакетов запросов и ответной информации).

Транспортной средой для передачи информации в информационно-вычислительных сетях являются каналы связи и средства передачи данных.

В данной работе основное внимание уделяется локальной задаче проектирования — выбору каналов связи в АСНТИ и близким задачам — выбору аппаратуры передачи данных, протоколов [3, 4, 7, 14, 15]. Проводится структурно-функциональный анализ процесса передачи данных в сетях, содержательная постановка задач; рассматриваются формальные модели (задача о «рюкзаке», многокритериальное ранжирование и др.); приводятся примеры решения этих задач.

СХЕМА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДАННЫХ

Схема преобразования данных в подсистеме связи информационно-вычислительных сетей представлена на рис. 1 [1—4, 16—18]. Рассмотрены два типа пользователей: работающий с удаленного терминала и локальный, работающий с ресурсами как собственных баз данных, так и удаленных. Можно выделить следующие варианты режима работы с базами данных:

- удаленный пользователь, сеть связи, ЭВМ;
- локальный пользователь, ЭВМ;
- удаленный пользователь, сеть связи, ЭВМ, сеть связи, другая ЭВМ;
- локальный пользователь, ЭВМ, сеть связи, другая ЭВМ.

При этом возможен как диалог с БД, так и режим электронной почты. Первый режим предполагает непосредственное взаимодействие пользователя с БД, а второй — по следующей схеме: прием запросов и их

промежуточное накопление, передача пакета запросов на хост-ЭВМ, обработка запросов на хост-ЭВМ и формирование выдачи, передача пакета выдачи и распределение их по пользователям.

Появление режима электронной почты связано, с одной стороны, с ограниченным объемом внешней памяти хост-ЭВМ, что не позволяет поставить одновременно все разделы БД на обслуживание, а с другой стороны, — желанием использовать традиционный пакетный режим работы с ЭВМ. Кроме того, существенно снижаются затраты на использование каналов связи.

ОПИСАНИЕ КОМПОНЕНТОВ СВЯЗИ

На рис. 1 каждый блок соответствует процессу преобразования данных на базе некоторого набора технических средств.

В табл. 1 приведены характеристики технических средств, реализующих этапы преобразования данных. Характеристики сетей, их возможности по обеспечению обмена информацией в информационно-вычислительных сетях представлены в табл. 2 [2, 16—18].

Из трех существующих сетей связи реально возможно использовать сети ТФ-ОП и ПД-200.

Аппаратура передачи данных является важнейшей подсистемой связи в информационно-вычислительных сетях. В зависимости от типа сети аппаратура выполняет различные функции. В телефонной сети эта аппаратура преобразует дискретные сигналы адаптеров и мультимплексоров передачи данных ЭВМ, терминалов в аналоговые сигналы линий связи и наоборот. В качестве аналоговых сигналов используются гармонические колебания, модулируемые дискретными сигналами по частоте или фазе. Процессы модуляции и демодуляции, реализуемые этой аппаратурой дали еще один широко используемый термин для этой аппаратуры — *модем*.

Типизировать модемы можно в соответствии со следующими факторами:

- 1) способ модуляции (частотный, фазовый);
- 2) скорость передачи данных в бодах (200, 600, 1200, 2400, 4800, 19 200);
- 3) режим передачи данных (дуплекс, полудуплекс, дуплекс и полудуплекс);
- 4) способ подключения к линии (2-х проводный, 4-х проводный, 2-х и 4-х проводный);
- 5) вид линии связи (выделенная, коммутируемая, выделенная и коммутируемая);
- 6) дополнительные возможности (наличие служебного канала, автовызова, автоответа);

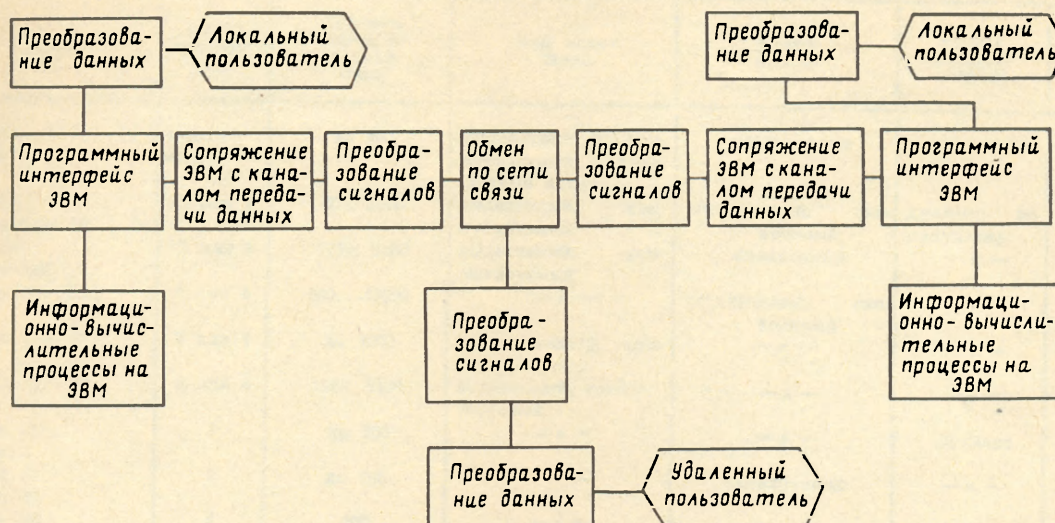


Рис. 1. Схема преобразования данных

Таблица 1

Процессы преобразования данных	Технические средства
Преобразование данных (алфавитно-цифровой код — код передачи данных)	Дисплеи, телетайпы, дисплейные станции, абонентские пункты
Преобразование сигналов (аналог-дискрет, ТЛГ-дискрет)	Модемы, устройства преобразования сигналов
Обмен по сетям связи	Каналы связи сетей ТФ-ОП, АТ-50, ПД-200
Сопряжение канала связи с каналом ЭВМ	Адаптеры дистанционной связи и мультиплексоры передачи данных
Коммутация сообщений (канал связи — канал ЭВМ)	Адаптеры дистанционной связи и мультиплексоры передачи данных

7) вид конструктивного исполнения (встроенный, автономный).

В табл. 3 приведены основные типы модемов и их характеристики [19].

При типизации устройств наряду с преобразованием сигналов с факторами 2) — 6) используется метод работы (синхронный, асинхронный, смешанный).

Адаптеры и мультиплексоры передачи данных обеспечивают сопряжение аппаратуры различного типа с ЭВМ по таким параметрам, как скорость передачи информации и значения электрических сигналов. Основное отличие мультиплексоров передачи данных от адаптеров заключается в возможности многоканального сопряжения. С одной стороны, использование мультиплексоров передачи данных для мини- и микроЭВМ может быть ограничено возможностями программных средств по организации одновременной работы нескольких пользователей, а с другой — на уровне персональ-

Таблица 2

№№	Характеристики	Сеть АТ-50	Сеть ПД-200	Сеть ТФ-ОП
1.	Скорость передачи данных бит/сек	50	200	до 4800
2.	Помехоустойчивость (вероятность сбоя единичного бита информации)	10^{-4}	10^{-5}	10^{-3}
3.	Номенклатура абонентских пунктов	телеграфный аппарат Т-63	ТАП-2 ТАП-34	Абонентские пункты ЕС ЭВМ и СМ ЭВМ, интеллектуальные абонентские пункты на базе микроЭВМ (например, ПЭВМ «Искра-226»)
4.	Номенклатура ЭВМ, подключаемых к сети	ЕС ЭВМ и СМ ЭВМ, имеющие телеграфные адаптеры	ЕС ЭВМ МДП ЕС 8410	ЕС ЭВМ, СМ ЭВМ, микроЭВМ, ПЭВМ, имеющие телефонные адаптеры
5.	Возможность обеспечения режима диалога	не имеется	имеется	имеется
6.	Возможность обеспечения режима электронной почты	имеется	имеется	имеется
7.	Разветвленность	средняя	средняя	высокая
8.	Уровень тарифов при временном использовании каналов сети	невысокий	высокий	средний
9.	Сложность приобретения оконечной аппаратуры (абонентских пунктов)	нет	высокая	умеренная (учитывается широкий диапазон абонентских пунктов)

Таблица 3

№	Модем	Способ подключения	Скорость передачи данных (бод)	Вид линии связи	Метод работы	Режим передачи данных	Тип модуляции
1.	CM-8101 модем 200	двухпроводный (2)	до 300	выделенный и ком- мутируемый теле- фонный канал	асинхронный	дуплекс	частотная
2.	CM-8102 модем 600/1200	2 или 4	600, 1200	выделенный, ком- мутируемый	асинхронный, син- хронный	дуплекс, по- лудуплекс	частотная
3.	CM-8103 модем 2400/1200	2 или 4	1200, 2400	выделенный, ком- мутируемый	синхронный	— > —	фазовая
4.	Модем 600/19200	2 или 4	600...19200	— > —	асинхронный, син- хронный	— > —	— > —
5.	Модем 1200 КН	2 или 4	до 1200	выделенный-26, ком- мутируемый-4	— < —	— > —	частотная
6.	Модем 2400 КН	2 или 4	1200, 2400	выделенный, комму- тируемый	— > —	— > —	— > —
7.	Модем 200 ЕС-8001-1	2	до 200	— > —	— > —	дуплекс	— > —
8.	Модем 200 ЕС-8001-2	2	до 200	— > —	асинхронный	— > —	— > —
9.	Модем 200 ЕС-8002-1	2	200	— > —	— > —	— > —	— > —
10.	Модем 200 ЕС-8002-2	2	200	— > —	асинхронный, син- хронный	дуплекс, по- лудуплекс	— > —
11.	Модем 200 ЕС-8002-3	2	200	— > —	— > —	дуплекс	— > —
12.	Модем 200 ЕС-8004	2 или 4	200	— > —	асинхронный	— > —	— > —
13.	Модем 600/1200 ЕС-8005	2	600, 1200	— > —	асинхронный, син- хронный	дуплекс, по- лудуплекс	— > —
14.	Модем 1200 ЕС-8006-1	2 или 4	600, 1200	— > —	— > —	— > —	— > —
15.	Модем 600/1200 ЕС-8006-2	2	600, 1200	— > —	синхронный	дуплекс	— > —
16.	Модем 1200 ЕС-8006-3	2 или 4	600, 1200	— > —	асинхронный, син- хронный	дуплекс, по- лудуплекс	фазовая
17.	Модем 600/1200 ЕС-8007	2	600, 1200	— > —	синхронный	дуплекс	— > —
18.	Модем 2400 ЕС-8010	4	600, 1200 2400	выделенный	— > —	дуплекс, по- лудуплекс	частотная
19.	Модем 2400 ЕС-8011	2 или 4	1200, 2400	— > —	— > —	— > —	фазовая
20.	Модем 1200/2400 ЕС-8013	2 или 4	1200, 2400	— > —	— > —	— > —	— > —
21.	Модем 4800 ЕС-8015	4	2400, 4800	— > —	— > —	дуплекс	частотная

ных ЭВМ будут использоваться, как правило, адаптеры.

Протоколы связи по режиму и способу передачи данных подразделяются на дуплексный асинхронный, дуплексный синхронный, полудуплексный асинхронный и полудуплексный синхронный.

Для больших массивов информации несомненно более эффективным является дуплексный синхронный протокол [1]. Синхронная связь более эффективна, чем асинхронная, благодаря значительному сокращению объема служебной информации (стартстопных посылок), однако в диалоговых сеансах связи или в сеансах связи по передаче небольших массивов информации выигрыш от синхронного протокола незначителен. Реализация синхронных протоколов требует более сложной аппаратуры [1].

По способам и методам помехозащиты протоколы связи можно разделить на несколько групп. Наиболее простые протоколы связи используются для взаимодей-

ствия с абонентскими пунктами, состоящими из терминала (дисплея) и модема. Это асинхронные протоколы, в которых для борьбы с помехами используются эхо-контроль или простая проверка на четность [1, 2]. Помехоустойчивые протоколы, обнаруживающие и исправляющие ошибки, применяются при взаимодействии ЭВМ. При обмене информацией между ЭВМ могут использоваться и методы программной эмуляции периферийных ЭВМ под терминалы центральной ЭВМ. Программа эмулятор реализует тот протокол, который используется при взаимодействии центральной ЭВМ со своими терминалами [1, 3].

СОДЕРЖАТЕЛЬНАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СВЯЗИ В ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ АСНТИ

Создаваемые в рамках АСНТИ сети по своей топологии являются, в основном, иерархическими. Это не

исключает связей между периферийными узлами сети. Последнее вызвано появлением близких научно-производственных проблем и формированием на их основе соответствующих информационных потребностей. Рассматриваемые сети отличаются динамикой информационных потоков, изменяющихся по мере удовлетворения конкретных информационных потребностей пользователей сети и накопления проблемно-ориентированных баз данных.

Задача рационального проектирования связи информационно-вычислительных сетей АСНТИ связана с оптимизацией критериев качества связи [1—4, 10, 18].

Рассмотрим основные критерии качества связи в сетях с позиции эффективного функционирования АСНТИ:

Уровень 1. Критерии пользователя

1.1. Качество получаемой информации (полнота, точность, достоверность).

1.2. Оперативность доступа к БД (оперативность передачи запросов, оперативность поступлений из баз данных).

1.3. Удобство взаимодействия с системой (удобство и адаптивность интерфейса).

1.4. Стоимость.

соединению; указание о директивно определенных **типах** (выделенный или коммутируемый) каналов связи на конкретных соединениях.

Ограничения могут вводиться и в перечисленные выше критерии качества связи в сетях. Например, предельно допустимые затраты на связи или среднее время установления соединения и т. д.

Важнейшим исходным параметром проектирования служит трафик. Его значения определяются на основе прогнозного анализа информационных потребностей пользователей сети, темпах и качестве их удовлетворения базами данных сетей. В результате могут возникнуть несколько альтернативных исходных вариантов трафика. Рис. 2 иллюстрирует типизацию трафика в ИВС.

Директивное назначение выделенных каналов может быть связано либо с требованием обеспечить немедленный доступ в БД абонентам с наивысшим приоритетом, либо — при очень больших объемах трафика — по отдельным соединениям сети.

Коммутируемые каналы, как правило, могут директивно назначаться на внутригородских соединениях сети — из-за трудностей аренды выделенных каналов связи.

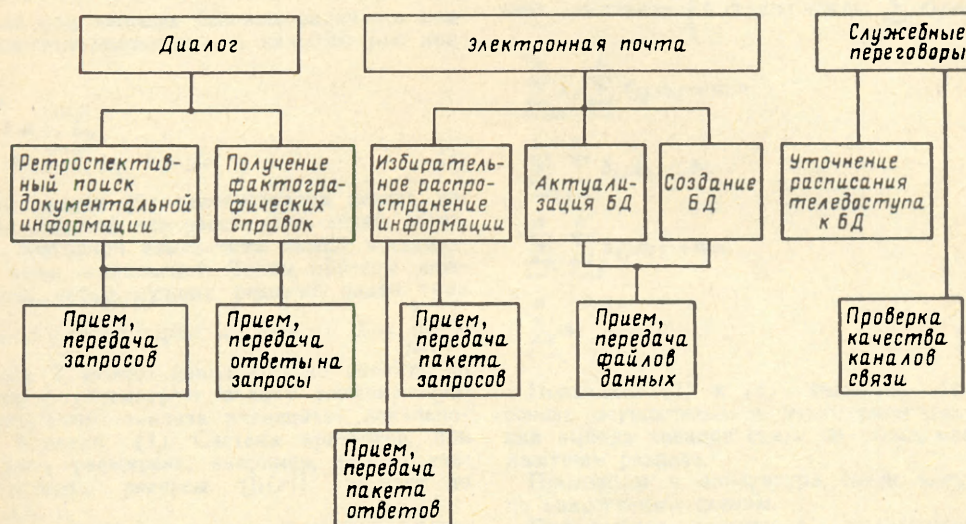


Рис. 2. Типизация трафика

1.5. Адаптивность.

Уровень 2. Технические характеристики

2.1. Надежность ИВС.

2.2. Время задержки при установлении соединений.

2.3. Время доставки данных.

Уровень 3. Физические параметры

3.1. Надежность программного обеспечения.

3.2. Надежность технических средств (аппаратуры связи, оконечной аппаратуры ЭВМ, каналов связи).

3.3. Помехоустойчивость протоколов связи.

3.4. Время задержки при установлении связи по конкретным типам каналов с учетом оборудования телефонных, телеграфных и других станций.

В качестве ограничений при проектировании могут рассматриваться следующие параметры: топология соединений в сети (схема информационных потоков); трафик по каждому соединению сети (двустороннее количество сеансов связи в течение года или другого интервала времени); прогнозируемые изменения трафика; протоколы связи или указание о программных средствах поддержки обмена информацией по каждому

Искомым решением задачи проектирования должен стать наилучший вариант связи в сети, выбранный с учетом всех критериев качества. Общая схема проектирования включает следующие основные этапы [1—10]: построение схемы связи информационно-вычислительных сетей (размещение баз данных пользователей, задание интенсивного трафика и др.); выбор каналов связи; выбор протоколов связи по соединениям; выбор аппаратуры передачи данных, выбор схем соединения в узлах сети (через мультиплексоры и адаптеры); выбор аппаратуры сопряжения ЭВМ.

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ И МОДЕЛИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Связь информационно-вычислительной сети представляет собой достаточно сложную систему. При проектировании связи важно учитывать два основных фактора: структурную сложность объекта проектирования и необходимость учитывать большое число критериев и ограничений. Процесс проектирования можно пред-

ставить в виде многоэтапной иерархической схемы, основанной на морфологическом анализе, описанном в [20]:

— построение структурно-функциональной иерархической модели объекта (в частности, древовидной);

— разработка системы критериев качества для объекта в целом и для каждой подсистемы, компонентов и групп компонентов (соответствующих вершинам в графовой модели);

— генерация вариантов построения подсистемы, начиная с самого нижнего уровня в подсистеме, их ранжирование и выбор наилучших.

Здесь возможны различные подходы: инженерный и морфологический анализ, модели принятия решений и дискретной оптимизации.

При многокритериальных постановках задач их решение направлено, по сути, на агрегирование оценок, полученных по различным критериям. Одним из подходов является описанная в [21] схема (типа модификации метода уступок). Пусть задача имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} F_j(x) &\rightarrow \min, \quad j = \overline{1, k}, \\ f_l(x) &\geq 0, \quad l = \overline{1, L}, \\ x &= (x_1, \dots, x_l, \dots, x_n), \quad x_i = 0 \vee 1 \quad \forall i = \overline{1, n}. \end{aligned} \quad (1)$$

Сформулируем ряд частных базовых задач — в данном случае однокритериальных для каждого j -го критерия

$$\begin{aligned} F_j(x) &\rightarrow \min, \\ f_l(x) &\geq 0, \quad l = \overline{1, L}, \\ F_r(x) &\geq F_r^0 \quad \forall r = \overline{1, R}, \quad r \neq j. \end{aligned} \quad (2)$$

При решении задачи (2) целесообразно искать несколько лучших решений или рассмотреть серию задач, получающихся благодаря изменению самой постановки, например, из-за ограничений. Таким образом можно сформировать набор лучших решений задач типа

(2) для каждого j -го критерия X^j . Введем $X = \bigcup_{j=1}^k X^j$.

Каждый элемент X можно дополнительно оценить по всем критериям и рассмотреть задачу многокритериального сравнительного анализа имеющихся локально-оптимальных решений (1). Система критериев, при этом, может быть расширена, например, можно учитывать используемые ресурсы ($f_i(x)$), невязки по ограничениям и т. п.

Задача многокритериального сравнительного анализа (группового ранжирования, стратификации) имеет следующий вид. Имеется множество проектных вариантов (объектов, альтернатив) $A = \{1, \dots, i, \dots, n\}$, множество критериев $K = \{1, \dots, j, \dots, l\}$, множество весов критериев $\{w_j\}$ и матрица оценок объектов по критериям $Z = \|z_{ij}\|$. Предполагается, что используются монотонные количественные или порядковые шкалы по критериям. Задача заключается в разбиении исходного множества A на упорядоченные по важности m подмножества $A = \bigcup_{r=1}^m B_r$.

$B_u \cap B_v = \emptyset$ при $u \neq v$ ($u, v = \overline{1, m}$). Если $1 \leq r_1 < r_2 \leq m$, то $\forall i_1 \in B_{r_1}$ и $\forall i_2 \in B_{r_2}$ выполняется $i_1 \prec i_2$ (i_1 предпочтительнее i_2).

Подходы и инструментальные средства для решения задач подобного вида подробно рассмотрены в [22, 23].

ТИПОВЫЕ ПОДЗАДАЧИ

В качестве основных типовых локальных задач при проектировании подсистемы связи сетей можно выде-

лить такие, как выбор каналов связи, выбор протоколов, выбор соединений в узлах сети, выбор аппаратуры (модемы, адаптеры) и др.

В рамках формирования исходных данных для проектирования можно уменьшить размерность задачи, сократив исходные наборы используемых технических средств, осуществив директивный выбор аппаратуры и назначение типов каналов и т. п.

Выбору каналов может предшествовать многокритериальное ранжирование всех соединений сети с учетом вариантов трафика и таких характеристик, как приоритеты пользователей, характер обмена информацией и характер принимаемых на ее основе решений.

Пусть i — номер соединения, j — номер проектного варианта, b_{ij} — затраты на вариант связи j на соединении i , a_i — трафик по соединению i , t_{ij} — время задержки на установление связи при варианте j на соединении i , t — ограничение на максимальное среднее время задержки, b — ограничение на затраты, x_{ij} — булева переменная, равная 1, если выбирается вариант j на линии i , и 0 — в противном случае. Подзадачи выбора каналов связи при минимизации среднего времени задержки и минимизации затрат представляют собой блочные задачи

типа «рюкзак» (с ограничением $\sum_{j=1}^k x_{ij} = 1, \quad i = \overline{1, n}$):

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n a_i \sum_{j=1}^k t_{ij} x_{ij} &\rightarrow \min, \\ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k b_{ij} x_{ij} &\leq b, \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k b_{ij} x_{ij} &\rightarrow \min, \\ \sum_{i=1}^n a_i \sum_{j=1}^k t_{ij} x_{ij} &\leq t. \end{aligned} \quad (4)$$

Подзадачи (3) и (4) являются базовыми; на их основе осуществляется многокритериальная оптимизация выбора каналов связи по схеме, описанной в предыдущем разделе.

Протоколы и аппаратура связи могут выбираться по аналогичным схемам.

При выборе протокола используются следующие данные: характер информационных потоков на соединении (диалог, электронная почта); типы ЭВМ, абонентских пунктов, взаимодействующих при соединении, достоверность связи, обеспечиваемая протоколом; наличие и возможности программных драйверов поддержки терминалов, прикладных пунктов программ поддержки помехоустойчивых протоколов взаимодействия ЭВМ, интеллектуальных абонентских пунктов; объемы оперативной памяти ЭВМ, необходимые для функционирования драйверов и пакетов и т. д.

Результаты расчета достоверности связи, обеспечиваемой каждым конкретным типом помехоустойчивого протокола, зависят от характеристики качества выбранных каналов связи.

Для модемов постановка задачи выбора может быть сформулирована как максимизация скорости передачи информации в информационно-вычислительных сетях при ограниченных затратах на приобретение аппаратуры. В такой задаче скорость передачи информации в сети рассматривается как средняя скорость по всем соединениям сети.

В качестве дополнительных критериев оптимизации выбора модемов могут быть введены показатели ли-

нейной (на уровне линии связи) помехоустойчивости (отношение «сигнал/шум» или выходная мощность), стоимости, потребляемой мощности, габаритов и весов, а также трудности приобретения модемов.

Задача оптимизации выбора модемов решается следующим образом:

- из каталогов, номенклатурных справочников выбираются типы модемов, отвечающих требованиям (ограничениям) протоколов связи по соединениям сети (например, дуплексный асинхронный режим передачи данных);

- формируется множество пар модемов;

- в каждом множестве по многим критериям выбирается наилучшая (наилучшие) пара модемов;

- наилучшие пары модемов распределяются по соединениям сети в соответствии с типами протоколов;

- определяется средняя скорость передачи информации в сети.

Задача выбора схемы соединения сводится к определению вида (видов) аппаратуры сопряжения с ЭВМ в многоходовых узлах сети. Выделим три вида соединения: с помощью адаптеров, с помощью мультиплексоров передачи данных и смещений, в котором используются оба вида аппаратуры.

Схему соединения можно выбрать на основе содержательного анализа таких факторов, как количество линий связи, подходящих к узлу; количество разнотипных протоколов связи, используемых на соединениях узла; сведения о прогнозируемом расширении связей узла; экспертная оценка сложности приобретения того или иного вида аппаратуры.

После выбора схемы соединения (указание вида сопряжения в каждом узле сети) выбираются конкретные типы аппаратуры сопряжения (при ограниченных затратах на их приобретение). Задачи выбора аппаратуры решаются следующим образом:

- формируются множества типов адаптеров и мультиплексоров передачи данных (эти адаптеры и мультиплексоры должны удовлетворять требованиям протокола связи — по режиму и способу передачи данных);

- определяется система критериев для выбора наилучшего типа аппаратуры каждого вида сопряжения;

- осуществляется многокритериальное сравнение, а затем выбирается наилучший тип;

- лучшие типы распределяются по узлам в соответствии со схемой соединения;

- определяется стоимость комплекса, которая сравнивается с допустимыми затратами.

При создании информационно-вычислительных сетей АСНТИ часто возникают трудности из-за слабой телефонизации организаций и центров НТИ. В этом случае каналы связи должны выбираться с учетом ограничений на число телефонов в узлах сети.

ПРИМЕР ЗАДАЧИ

Был разработан комплекс инструментальных средств, включающий процедуры решения комбинаторных дискретных моделей «рюкзачного» типа, многокритериального ранжирования, а также сервисные средства. Комплекс реализован в операционной среде РВ на УВК СМ-4 (язык программирования — Фортран). Общая структура автоматизированной системы поддержки проектирования связи приведена на рис. 3.

Были проведены практические расчеты по проектированию связи (выбор каналов связи, модемов и др.) для ряда региональных отраслевых информационно-вычислительных сетей АСНТИ. В табл. 4 приведены условные исходные данные для выбора каналов связи в радиальной сети с центром в г. Киеве. В качестве ограничения затрат определена сумма в 3,5 млн рублей.

Оптимизированные расчеты по модели (3) выполнялись для двух вариантов трафика (существующий и перспективный) по соединениям сетей. Полученные 29 локально-оптимальных решений были проранжированы по четырем критериям (среднее время задержки установления связи при существующем и перспективном трафиках, соответствующие затраты), на основе технологических подходов, описанных в [22, 23]. Проводились серии расчетов для различных систем весовости критериев. Аналогично были подготовлены проектные варианты связи для двух отраслевых информационно-

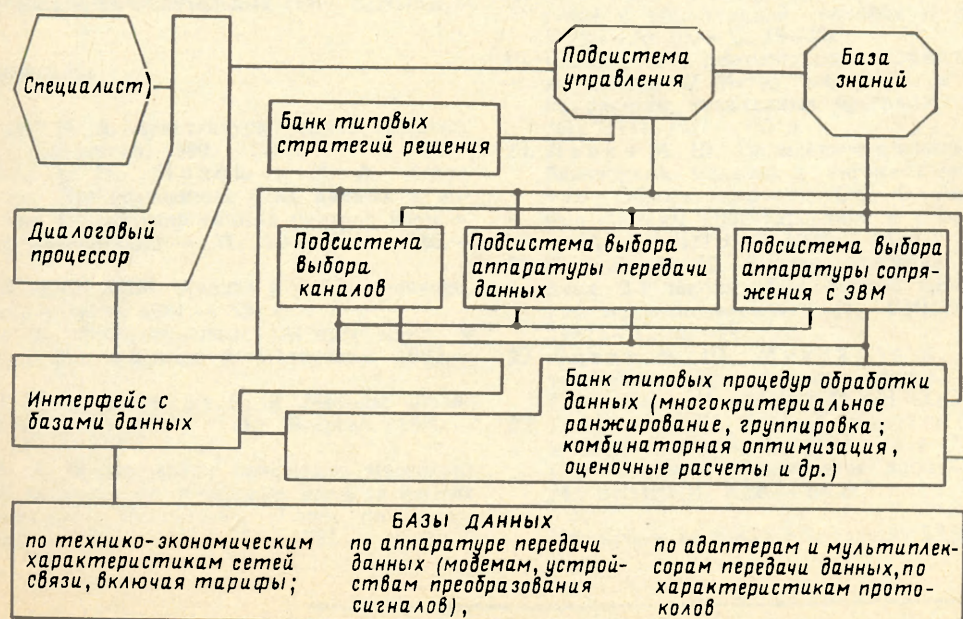


Рис. 3. Структура системы поддержки проектирования связи в АСНТИ

Таблица 4

№	Линия связи	Трафик (сеансов) в год	Директивные связи	Стоимость (руб./мин.)
1.	Киев — Винница	600	—	0,25
2.	Киев — Ворошиловград	600	выделенный	0,25
3.	Киев — Донецк	600	—	0,25
4.	Киев — Житомир	600	—	0,25
5.	Киев — Запорожье	900	—	0,25
6.	Киев — Иваново-Франковск	600	—	0,25
7.	Киев — Симферополь	600	—	0,30
8.	Киев — Кировоград	600	—	0,25
9.	Киев — Львов	900	выделенный	0,25

вычислительных систем АСНТИ и для региональной сети со сложной топологией (несколько центров с крупными базами данных, около 100 соединений).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Автоматизированные средства поддержки проектирования связи в информационно-вычислительных сетях позволяют оперативно формировать и анализировать множество альтернативных проектных вариантов. Такие системы могут использоваться в действующих сетях при корректировке структуры связи из-за изменений в интенсивности и топологии информационного обмена.

К достоинству автоматизированных средств поддержки следует отнести гибкость, адаптируемость к различным схемам проектирования и оптимизации критериев качества связи в ИВС.

Необходимо отметить, что такая автоматизированная система сможет повысить эффективность труда проектировщиков и явится основой для создания типовой САПР информационно-вычислительных сетей АСНТИ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Якубайтис Э. А. Архитектура вычислительных сетей.— М.: Статистика, 1980.— 279 с.
- Михайлов А. И., Болошин И. А., Кузнецов Б. А. Распределенный банк данных и документов сети автоматизированных центров научно-технической информации.— М.: ВИНТИ, 1985.— 28 с.
- Шварц М. Сети ЭВМ. Анализ и проектирование.— М.: Радио и связь, 1981.— 336 с.
- Вейцман К. Распределенные системы мини- и микроЭВМ.— М.: Финансы и статистика, 1983.— 382 с.
- Янбых Г. Ф., Эттингер Б. Я. Методы анализа и синтеза сетей ЭВМ.— Л.: Энергия, 1980.— 96 с.
- Агаян А. А. Исследование алгоритмов многокритериальной оптимизации топологии вычислительных сетей: Препринт.— М.: Научн. Совет по компл. пробл. «Кибернетика» АН СССР, 1981.— 56 с.
- Зайченко Ю. П., Гонга Ю. В. Структурная оптимизация сетей ЭВМ.— Киев: Техника, 1986.— 168 с.
- Шенброт И. М., Антропов М. В., Давиденко К. Я. Распределенные АСУ технологическими процессами.— М.: Энергоатомиздат, 1985.— 240 с.
- Tanenbaum A. S. Computer Network. Problem Solutions.— New Jersey: Prentice-Hall, 1981.— 517 p.
- Цвиркун А. Д., Тониев К. С. Методы синтеза структуры распределенных систем обработки данных // Измерение, контроль, автоматизация. Научно-технический сборник обзоров.— М.: ЦНИИТЭИ-приборостроения, 1984.— Вып. 2(50).— С. 65—74.
- Филин Б. П. Методы анализа структурной надежности сетей связи.— М.: Радио и связь, 1988.— 208 с.
- Вычислительные сети (адаптивность, помехоустойчивость, надежность) / Самойленко С. М. и др.— М.: Наука, 1981.— 277 с.
- Ушаков И. А., Гадасин В. А. Анализ надежности структурно-сложных систем // Анализ надежности сложных систем.— М.: Знание, 1979.— С. 3—62.
- Левин М. Ш., Магидсон Д. Б. Выбор каналов связи при проектировании отраслевой АС НТИ // НТИ. Сер. 2.— 1985.— № 3.— С. 8—11.
- Левин М. Ш., Магидсон Д. Б. О проектировании связи в вычислительной сети // Докл. Всес. научн.-техн. конф. «Электроника и информатика в гибких автоматизированных производствах (ГАП)». — Пермь: НИИ управляющих машин и систем, 1988.— С. 77—86.
- Кузнецов Б. А., Левинский Л. С. Организация доступа в автоматизированной системе в сети пакетной коммуникации // НТИ. Сер. 1.— 1987.— № 4.— С. 5—8.
- Левинский Л. С. Технические средства удаленного доступа в распределенном автоматизированном банке данных САЦНТИ // НТИ. Сер. 1, 1984.— № 1.— С. 23—29.
- Шварцман В. О. Передача данных по сетям связи с коммутацией каналов // Электросвязь.— 1982.— № 10.— С. 19—25.
- Стандарты и рекомендации в области телеобработки данных // Метод. материалы и документация по пакетам прикладных программ. Вып. 11.— М.: МЦ НТИ, 1981.— 57 с.
- Левин М. Ш. Применение оптимизационных комбинаторных моделей в автоматизированных системах / Обзorn. информ.: Сер. 9. Автоматизированные системы проектирования и управления. Вып. 1.— М.: ВНИИТЭМР, 1986.— 64 с.
- Левин М. Ш. Задача агрегации данных // Тез. докл. 2-й школы «Прикладные проблемы управления макросистемами».— М.: ВНИИСИ АН СССР, 1987.— С. 26—29.
- Левин М. Ш., Михайлов А. А. Фрагменты технологии стратификации множества объектов: Препринт.— М.: ВНИИСИ АН СССР, 1988.— 60 с.
- Левин М. Ш. Типовой подход к оценке качества машиностроительной продукции / Обзorn. информ.: Сер. Управление качеством продукции. Вып. 4.— М.: ВНИИКИ, 1988.— 64 с.

Материал поступил в редакцию 22.08.88.