

## СИНТЕЗ ДВУХСВЯЗНОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ТОПОЛОГИИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ (ТКС)

Системное проектирование ТКС предполагает решение задач двух классов: задачи проектирования структуры и задачи проектирования алгоритмов функционирования системы.

К аспекту проектирования структур относятся проблемы и методы решения задач выбора, оценки и оптимизации топологической и технической структур телекоммуникационной сети.

К задачам проектирования алгоритмов функционирования телекоммуникационной сети относятся следующие: определение алгоритмов маршрутизации, определение алгоритма выбора маршрута, определение алгоритма управления маршрутными таблицами, определение критериев и параметров управления маршрутизацией; определение процедур управления потоком, определение алгоритмов контроля и ограничения загрузки сети, определение алгоритмов предотвращения блокировок и контроля перегрузки на узлах.

Задача проектирования структуры телекоммуникационной сети состоит в том, что при заданных потоках требуется решить задачу выбора структуры и синтезировать такую структуру сети, которая за минимальную стоимость и при соблюдении некоторых требований к характеристикам сети могла бы обслужить эти потоки.

В общем случае задается географическое положение пользовательских ЭВМ и внешний трафик в виде вектора или матрицы трафика, указывающей интенсивности входных потоков между каждой парой терминалов.

Требуется построить: на первом иерархическом уровне телекоммуникационной сети - топологию коммутационной подсети, сделать выбор местоположения узлов коммутации, каналов связи, определить пропускные способности каждого канала, обслуживающих указанный трафик; на втором иерархическом уровне - топологию абонентской сети, выбор узлов привязки для абонентов, каналов привязки и их пропускные способности [1].

Полученная топология должна удовлетворять ряду требований к конечным характеристикам сети. В зависимости от назначения и условий функционирования это могут быть требования к своевременности, надежности, устойчивости, производительности и др.

В данной работе предлагается решение задачи синтеза распределенной топологии телекоммуникационной сети минимальной суммарной длины с минимальной избыточностью.

В распределенной сети связи каждый узел соединен как минимум с двумя другими узлами сети связи. Узлы соединяются таким образом, чтобы суммарная длина всей сети была минимальна, а длина маршрута между любой парой узлов не превышала заданной величины (например, два прямых расстояния между парой узлов). Наиболее важной характеристикой таких сетей связи является коэффициент связности  $S$  ( $S=2 \dots N-1$ , где  $N$  - число узлов в сети связи). Сеть связи называется  $S$ -связной, если при отказе не более, чем  $S-1$  узлов (или ветвей), она остается связной, т.е. все узлы остаются в сети связи. Наиболее часто используют распределенную сеть связи с  $S=2$ . Это значит, что при отказе любого узла (или ветви) сети связи, все узлы остаются в сети связи. Узлами такой сети связи могут быть как терминалы, так и центральные обрабатывающие устройства. В такой сети каждый узел является транзитным, поэтому коммутационный комплекс содержится во всех узлах сети связи.

Распределенная топология сети связи имеет следующие достоинства: отказ какого-либо узла несущественно влияет на работу всех других узлов сети связи; отказ какого-либо канала связи несущественно влияет на работу всех других узлов сети связи; среднее время задержки сообщений в сети связи мало, т.к. сообщения передаются по кратчайшим маршрутам; равномерно загружены все каналы связи; высокая эффективность использования каналов связи, т.к. все каналы связи используются и как транзитные. Распределенная топология сети связи имеет следующие недостатки: более высокая стоимость сети связи, т.к. используются избыточные каналы связи; в каждом узле сети связи необходим коммутационный комплекс.

В настоящее время не существует точных аналитических методов синтеза распределенной структуры сети связи, удовлетворяющей заданным ограничениям и минимизированной по какому-либо параметру. Это обусловлено большой размерностью такого вида задач и отсутствием быстрых алгоритмов их решения. Большинство известных методов (метод насыщенного сечения, метод удаления, метод замены, метод М-структур) являются эвристическими и позволяют находить один из локальных экстремумов поставленной задачи [2]. Эти методы используют идею декомпозиции (разбие-

ния) общей задачи на более мелкие задачи, которые решаются отдельно и объединяются по какому-то алгоритму. Это позволяет находить приближенное решение задачи за приемлемое число итераций.

Задачу синтеза распределенной сети можно сформулировать следующим образом: минимизировать годовые приведенные затраты на сеть связи при заданном ограничении на время реакции сети связи.

В данной работе предлагается следующая декомпозиция поставленной задачи: а) синтез распределенной топологии коммутационной подсети; б) расчет внутреннего трафика в коммутационной подсети; в) выбор пропускной способности каналов в сети; г) расчет технических параметров сети связи.

При такой декомпозиции задачи синтеза структуры сети минимизация годовых приведенных затрат (на каждом этапе а, б, в) осуществляется по следующим направлениям:

1. За счет получения 2-х связной топологии сети, имеющей малую избыточность (минимум ветвей) и короткие маршруты между всеми узлами (малое время задержки);
2. За счет распределения внешнего трафика, поступающего в сеть, по кратчайшим маршрутам между всеми парами узлов сети.
3. За счет расчета пропускных способностей каналов связи по методу «квадратного корня» (минимизируем среднее время задержки сети)[3].

Для синтеза 2-х связной распределенной топологии сети связи разработан алгоритм «минимальных колец». Он основан на идеях двух известных алгоритмов: алгоритма маршрутизации [1] и алгоритма удаления [2]. Алгоритм является эвристическим и позволяет находить одно из локальных решений задачи синтеза оптимальной распределенной топологии за  $(N-1)^2/2$  итераций ( $N$ -число узлов в сети). Алгоритм позволяет получить распределенную топологию сети с минимальной избыточностью и длиной маршрутов (между любыми парами узлов), не превышающей двух прямых расстояний между данными узлами. Результатом работы алгоритма является 2-х связная распределенная топология, состоящая из колец, соединенных между собой, поэтому алгоритм назван алгоритмом «минимальных колец».

Ниже приводится формальное описание алгоритма.

1. Вводится полносвязная начальная топология сети  $L[i,j]$ ,  $(i,j=1,N)$ .
2. Вычисляется матрица начальных кратчайших маршрутов между всеми парами узлов  $M1[i,j]$ ,  $(i,j=1,N)$ .
3. Вычисляется число непомяченных ветвей ( $M$ ) в матрице  $L[i,j]$ .
4. Проверка условия:
  - если  $M=0$ , то выводится полученная топология сети  $L[i,j]$ , и конец работы алгоритма.
5. Из матрицы  $L[i,j]$  удаляется самая длинная непомященная ветвь  $l_{max}$ .
6. Вычисляется связность ( $S$ ) текущей топологии сети  $L[i,j]$ .
7. Проверка условия:
  - если  $S < 2$ , то удаленная ветвь  $l_{max}$  восстанавливается и помечается в  $L[i,j]$  и переход к п.3.
8. Вычисляется матрица текущих кратчайших маршрутов между всеми парами узлов  $M2[i,j]$ ,  $(i,j=1,N)$ .
9. Вычисляется матрица увеличения маршрутов  $V[i,j]$ ,  $(i,j=1,N)$ :  $V[i,j]=M2[i,j]/M1[i,j]$ .
10. Определяется максимально увеличивающийся маршрут:  $V_{max}=\max\{V_{11} \dots V_{NN}\}$ .
11. Проверка условия:
  - если  $V_{max} > 2$ , то удаленная ветвь  $l_{max}$  восстанавливается, и помечается в матрице  $L[i,j]$ ;
  - иначе переписывается матрица  $M1$ :  $M1[i,j]=M2[i,j]$ .
12. Переход к п.3.

В алгоритме синтеза распределенной сети связи, алгоритме «минимальных колец», неоднократно используется процедура проверки связности новой полученной структуры телекоммуникационной сети. Ниже приводится формальное описание алгоритма проверки двухсвязной сети ( $S=2$ ).

1. FLAG=1.
2. Нумеруются все вершины сети.
3. Проверка условия:
  - есть ли еще непомяченные узлы, если нет, то конец работы алгоритма.
4. Удаляется первый непомяченный узел.
5. Проверка условия:
  - все ли вершины, кроме удаленной, входят в сеть?
  - если да, то узел помечается и восстанавливается, и переход к п.3.

6. FLAG=0.

7. Конец.

В результате работы алгоритма получаем: если FLAG =1, то сеть имеет связность S=2; если FLAG=0, то сеть не имеет связности S=2.

Для использования алгоритма «минимальных колец» написана программа TOPOLO.PAS (TOPOLO.EXE), реализующая данный алгоритм. Программа написана на языке программирования TURBO PASCAL 7.0. Программа синтезирует топологию сети связи (с параметром связности S=2) минимальной суммарной длиной и минимальными маршрутами. Для работы программы необходима матрица начальной максимально связной топологии.

**Список литературы:** 1. *Васильев В.И., Буркин А.П., Свириденко В.А.* Системы связи. М.: Высшая школа, 1987. 280 с. 2. *Зайченко Ю.П., Гонта Ю.В.* Структурная оптимизация сетей ЭВМ. К.: Техника, 1986. 168 с. 3. *Шварц М.* Сети ЭВМ. Анализ проектирование. М.: Радио и связь, 1981. 336 с.

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники*

*Поступила в редколлегию 03.10.2001*