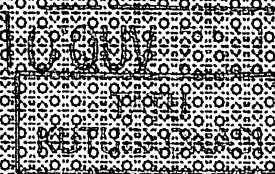


504

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ СПЕЦИАЛЬНОЕ ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
ПО КУРСУ «ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА РАБОТЫ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

Москва, 2004

Методическое пособие
по дисциплине «Специализация сетей
и баз данных» для специальности «Информационные
технологии в телекоммуникациях»



ТАЙНКИТ ДРУ

Предисловие

В настоящем комплексе методических указаний представлены материалы которые помогут студентам направления образования "Телекоммуникация" изучить разделы дисциплины "Телекоммуникационные сети". В соответствии с учебным планом дисциплины ТС на изучение данного раздела отводиться 16 часов лабораторных занятий.

Содержание этого объема часов являет ряд тем, определенных тематикой данного курса. После изучения этой дисциплины студент должен знать принцип построения сетей в виде графов расчёт структурных параметров сетей, расчет надежности сети, распределение каналов первичных сетей, расчет обходных направлений.

В результате предварительной в неаудиторной подготовки и на данных лабораторных занятиях студенты ознакомятся с разными типами построения сетей, структурными параметрами сети. Методами определения структурных параметров сетей связи, структурной надежности, методами распределение каналов первичной сети а так же методами определения расчета числа каналов в обходном направлении.

В результате изучение этой дисциплины ТС студенты должны уметь на основе построенного графа определить путь между узлами коммутации, составить структурную матрицу для данного графа определить структурную надёжность графа, оптимально распределить каналы между узлами коммутации а так же определить используя методы Эрланга и Вилькенсона обходные направления. При этом студенты учатся понятиям путь, ранг пути, избыточная нагрузка, маршрутизация.

Лабораторная работа № 1

Расчет структурных параметров сети

1.1 Цель работы

В результате выполнения лабораторной работы студент должен:

- знать принцип построения сети связи. Уяснить особенности построения сетей связи, составление матрицы смежности и производимые над ними операции;
- изучить структурные параметры сетей связи, определение графического эквивалента сети связи.

1.2 Задание к лабораторной работе

Выбрать свой вариант задачи, составить сети для своего варианта. Определить все возможные пути от узла i к узлу j .

1.3 Теоретические сведения

1.3.1 Параметры сети

Для изучения структурных свойств сети, сеть удобно представить в виде графа. Граф сети обозначим буквой G . Граф сети – совокупность пунктов (узлов) сети, то есть вершин графа. Вершину графа обозначим буквой A . Множество вершин $A = a_1, \dots, a_n$. $B = \{b_{ij}\}$ – множество ребер, соединяющих узлы a_i и a_j , соответствующих всем линиям или каналом связи между этими узлами. Поскольку каналы могут быть одностороннего и двухстороннего действия, то и соответствующие им ребра будут направленными или ненаправленными.

Граф может быть записан матрицей смежности порядка N , по главной диагонали в которой поставлены единицы, а вхождением, а b_{ij} принимают значения 1 если есть ребро, соединяющее узел a_i и a_j , 0 если ребра нет. Если в сети нет ненаправленных ребер, то матрица будет симметричной по отношению к главной диагонали.

$$R = \begin{vmatrix} 1101 \\ 1111 \\ 0111 \\ 1011 \end{vmatrix}$$

Оконечными пунктами рассматриваемой сети являются пункты ввода и вывода сообщений для этой сети. Это могут быть индивидуальные абонентские пункты, имеющие соединения с ближайшей станцией.

Пункты (узлы), соединенные ребром, будем называть – смежными. Число ребер, инцидентных данному пункту называют – рангом этого узла. Узел ранга

Г является тупиковым – окончательным, и через него не могут проходить никакие пути. Путь μ_{st} из узла a_s в узел a_t – это упорядоченная последовательность ребер, начинающаяся в a_s , заканчивающаяся в a_t , и не проходящая дважды через один и тот же узел, причем конец каждого предыдущего ребра совпадает в промежуточном узле с началом последующего ребра. Путь, намеченный для доставки тех или иных сообщений между заданной парой пунктов будем называть маршрутом, а процесс установлении таких маршрутов – маршрутизацией. Длинной пути или рангом пути будем понимать физическую длину, то есть расстояния между узлами a_s и a_t по данному пути будем называть число ребер, образующих этот путь. Минимальный ранг пути l , максимальный $N - 1$. Когда путь проходит через все узлы. Путь μ_{st}^R (R – порядковый номер пути) будем записывать перечнем ребер, образующих этот путь, то есть

$$\mu_{st}^R = \mu_{s_1 m_1 \dots q_1} = b_{a_1} b_{m_1} \dots b_{q_1} \quad (2)$$

Все пути от a_s к a_t образуют множество m_{st} , а совокупность двух множеств, соответствующих противоположным направлениям – множество всех путей между a_s и a_t :

$$M_{st} = m_{st} V_{mst}$$

Для ненаправленных сетей

$$M_{st} = m_{st} = m_{ts}$$

В реальной сети, как правило, для связи между заданными узлами a_s и a_t используются не все возможные пути, а только пути, выделенные по какому – либо показателю или обладающие некоторыми заданными свойствами

Сечением сети – « σ » назовем не избыточную совокупность ребер, которые надо изъять из сети, чтобы нарушилась ее связность. Сечениями по отношению к узлам a_s и a_t будем называть такие сечения, при которых узлы a_s и a_t оказываются в разных подсетях (подграфах). При этом в сети с направленными ребрами будем различать направленные сечения, нарушающие связи от a_s и a_t или наоборот, и ненаправленные – полностью нарушающие связи между a_s и a_t .

В общем случае в сети N узлами может быть $2^{N-1} - 1$ сечений. Однако не все возможные сечения, которые делят сеть на две связанные подсети (в частном случае в одной из подсетей может быть один узел), которые иногда называют простыми. Каждое сечение может быть записано множеством входящих в него ребер:

$$\sigma = \{b_{i_1} b_{i_2} \dots b_{i_r}\}$$

Рангом сечения $r(\sigma)$ будем называть число входящих в него ребер.

Каждое сечение характеризуется пропускной способностью и емкостью. Пропускная способность сечения определяется как сумма пропускных способностей ребер b_{kn} , образующих данное сечение:

$$C(\sigma^e) = \sum_{bkn \in \sigma k} C_{kn} \quad (3)$$

Пути характеризуются также длиной, пропускной способностью и емкостью.

Длина пути l_{st}^R ранга r определяется как сумма длин всех ребер, образующих данный путь:

$$l_{st}^R = l(\mu_{st}^R) = \sum_{brn \in \mu_{st}^R} l_{Rn} \quad (4)$$

Пропускная способность пути $C(\mu_{st}^R)$ определяется наиболее узким местом пути, то есть минимальной пропускной способностью ребра из множества ребер, образующих данный путь:

$$C(\mu_{st}^R) = \min_{b_{Rn} \in \mu_{st}^R} C_{Rn} \quad (5)$$

Емкость пути – это минимальное число каналов, которое может быть получено в данном пути, то есть :

$$V(\mu_{st}^R) = \min_{b_{Rn} \in \mu_{st}^R} \delta_{Rn} \quad (6)$$

Под связностью сети понимают минимальное число независимых путей h , имеющих между каждой парой узлов сети. Независимыми считаются пути, не имеющие общих ребер. Связанность сети определяется в результате анализа множества путей:

$$h = \min r(\sigma^R) \quad (7)$$

1.3.2 Структурные матрицы и операции с ними

Для нахождения путей, сечений и их характеристик целесообразно использовать структурную матрицу и некоторые операции, основанные на применении математического аппарата булевой алгебры. Каждый путь

μ_{st}^R (сечение σ_{st}^R) будем представлять произведением символов ребер, образующих этот путь, множества путей – дизъюнкций этих произведений.

Так, для сети, изображенной на рис.1.1, запишем: $m_{13} = ab \vee cd \vee aed$

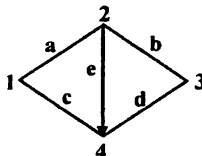


Рис. 1.1. Граф сети из 4 узлов

Структурной матрицей \mathbf{B} сети \mathbf{G} из N узлами называется квадратичная матрица порядка N , в которой каждому узлу a_i соответствует i -я строка i -й столбец:

$$\mathbf{B} = \|\beta_{ij}\| \quad (8)$$

Здесь $i, j = 1, N$. Вхождения β_{ij} определяется по следующему правилу:

$$\beta_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{при } i=j \\ b_{ij} & \text{(или соответственно буквенные символы } c \text{ при } i < j \text{ и } \bar{c} \text{ при } i > j) \text{ в случае, если есть не посредственная связь от узла } i \text{ к узлу } j, \text{ если такой непосредственной связи нет} \end{cases}$$

Если все ребра ненаправлены, то матрица будет симметричной по отношению к главной диагонали, а если есть направленные ребра, то не-симметричной. Для сети из пяти узлов структурная матрица будет иметь вид:

1	B_{32}	0	0	B_{15}
B_{24}	1	0	B_{24}	B_{25}
0	B_{32}	1	B_{34}	B_{35}
0	B_{42}	B_{43}	1	B_{45}
B_{51}	0	B_{52}	B	1

Структурную матрицу можно рассматривать как булеву матрицу (и принять к ней аппарат булевой алгебры, алгебры логики), в частности, может быть применен аппарат преобразования булевых матриц и булевых определителей. Произведение двух булевых квадратных матриц $A = \|a_{ij}\|$ и $B = \|\beta_{ij}\|$ порядка N приводит к квадратной матрице $C = AB = \|y_{ij}\|$ того же порядка, вхождения которой y_{ij} равны сумме по членным произведений i -строки матрицы A и j -го столбца матрицы B

$$y_{ij} = a_{ij} \beta_{ij} \vee a_{i2} \beta_{2j} \vee \dots \vee a_{iN} \beta_{Nj} \quad (9)$$

При возведении структурной матрицы в квадрат получим новую структурную матрицу $C = B^2$ с единицами по главной диагонали, а ее вхождения y_{ij}^2 будут включать в виде суммы как непосредственное ребро β_{ij} (если оно было в сети), так и все пути ранга 2 (проходящие через один узел) от узла a_i к узлу a_j вида $b_{ij} b_{ij}$.

Возведение структурной матрицы в q -ю степень приводит к тому, что каждое вхождение новой матрицы будет содержать все пути от узла a_i к узлу

ранга не более q , т.е. $V^q = \left\| m_{ij}^{e < q} \right\|$. Имеется некоторое q_{\max} , такое, что дальнейшее возведение матрицы

$$V^{q_{\max}+1} = V^{q_{\max}} = M_{\text{хар}} \left\| m_{ij} \right\| \quad (10)$$

Матрица $M_{\text{хар}} = V^{g_{\max}}$ называется характеристической или матрицей всех путей, содержит все возможные в сети пути между узлами. Поскольку максимальный ранг пути не может превышать $N - 1$, $g_{\max} \leq N - 1$. Аналогично могут быть составлены матрицы M^* путей обладающих свойством, для которых вхождениями будут множество m^*_{ij} . Вычисления определителей булевых матриц производится аналогично, что в обычной алгебре, с той разницей, что все члены, появляющиеся в процессе вычисления, берутся только со знаком V и производится преобразования, вытекающие из знаков булевой алгебры. Вычисление определителей производится разложением определителя по вхождениям какого-либо ряда, что дает возможность при каждой операции снизить порядок определителя на единицу. При этом для уменьшения операций по поглощению лишних слагаемых рекомендуется раскладывать по ряду, в котором нет единиц. Разложение определителя матрицы A ранга N с вхождением a_{ij} по i -й строке имеет вид

$$\{A\} = a_{i1} |A_{i1}| V a_{i2} |A_{i2}| V \dots V a_{iN} |A_{iN}|$$

Где $|A_{ij}|$ - определитель матрицы дополнения полученной из матрицы A вычеркиваем i -й строки и j -го столбца. Для определителей третьего и второго порядка можно применить обычную процедуру раскрытия по диагонали, считая $b_{ij} b_{ij} = 0$ или $aa = 0$.

1.3.3 Структурный анализ сети

Для структурного анализа сети можно воспользоваться структурной матрицей можно определить интересующие нас множество путей между любой парой узлов. Для этого можно воспользоваться последовательным возведением структурной матрица. В во вторую, третью и т.д. степени до тех пор пока матрица не перестанет изменяться, то есть станет характеристической. Если интересуют пути ранга не более g , то матрицу следует возводить только до g -й степени. Из структурной же матрицы V может быть найдено множество m_{s1} всех путей от узла a_s к узлу a_1 .

$$m_{st} = \det B_{ts} = |B_{ts}|$$

Графическим эквивалентом этого метода является построения дерева путей для заданного начального узла a_s , которое строится по матрице B следующим образом :

Для получения количественных оценок ребер, путей и связей . Для каждой характеристики может быть составлена матрица , вхождения которой относятся либо к ребрам β_{ij} , либо к узлам a_i . Прежде всего введем матрицы, характеризующие ребра :

1. Матрица смежности
2. Матрица длин ребра (линий)

$$L = \| l_{ij} \| \quad (11)$$

l_{ij} - длина линии от пункта a_i до пункта a_j .

3. Матрица пропускных способностей ребер. Под пропускной способностью будем понимать либо максимальное число , которое может быть пропущено всеми каналами данного ребра в единицу времени при заданной верности, либо пропускаемую нагрузку при заданном качестве обслуживания:

$$C = \| c_{ij} \| \quad (12)$$

Матрица емкостей характеризует некоторые потенциальные возможности сегмента, так как не отражает свойств узлов, применяемых способов кроссировок и направленности каналов. Эти способности более полно учитываются в следующей матрице.

Матрица прямых каналов

$$I = \| i_{ij} \| \quad (13)$$

Где I_{ij} - число каналов, начинающихся в узле a_i кончающихся в узле a_j .

4. Матрица надежности :

$$P = \| p_{ij} \| \quad (14)$$

где $p_{ij} = 1 - g_{ij}$ - вероятность нахождения данного ребра в работоспособном состоянии, а

g_{ij} - вероятность выхода его из строя.

5. Матрица стоимостей :

$$Z = \| z_{ij} \| \quad (15)$$

где z_{ij} - стоимость ребра между пунктами a_i и a_j . В стоимость ребра может быть включена стоимость каналаобразующей, а иногда и части

коммутационной аппаратуры узлов a_i и a_j . Для пути $\mu_{st}^R = b_{st} b_{lm} \dots L_{pt}$ в зависимости от поставленной задачи

Могут быть использованы матрицы либо емкостей либо прямых каналов

1. Ранг $r(\mu_{st}^R)$ пути число входящих в него ребер:

2. Длина пути- сумма длин всех ребер, образующих этот путь:

$$L_{st}^R = L(\mu_{st}^R) = \sum_{b_{ij} \in \mu_{st}^R} L_{ij} \quad (16)$$

3. Пропускная способность пути определяется наиболее минимальной пропускной способностью ребер образующих путь:

$$C(\mu_{st}^R) = \min_{b_{ij} \in \mu_{st}^R} C_{ij} \quad (17)$$

4. Емкость пути $V(\mu_{st}^R)$ - максимальное число каналов может быть получено в данном пути:

$$V(\mu_{st}^R) = \min_{b_{ij} \in \mu_{st}^R} V_{ij} \quad (18)$$

1.4. ЗАДАЧА

1.4.1 Условие задачи

Провести анализ сети, схема которой задана на рис. 1.2

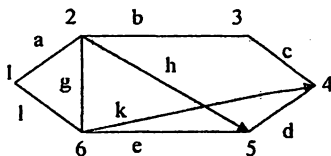


Рис.1.2. Граф сети

- найти структурную матрицу сети;
- найти все возможные пути от узла коммутации УК_i до УК_j. Номера узлов i и j задаются в таблице вариантов;
- определить пути ранга не более трех для заданной пары узлов УК_i до УК_j;
- по структурной матрице подстроить дерево путей ранга r не более 3 между УК_i и всеми другими узлами сети. Выделить в дерево путей пути c

$g \leq 3$ для связи с узлом j . И сравнить полученный результат с результатом пункта в задания;

д) найти квазисечение между $УК_i$ и $УК_j$ для множества путей $g \leq 3$.

В задаче разработаны номера вариантов указывающие номер исходящего узла $УК_i$ и входящего узла $УК_j$.

Таблица 1.1

Номер узлов	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
i	1	2	1	2	1	4	4	6	6	6
j	2	1	3	6	6	2	6	1	4	2
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
i	3	3	3	2	5	1	5	4	5	4
j	5	6	1	5	2	5	1	1	3	3

1.4.2 Пример решения задачи

Для решения задачи необходимо усвоить ряд терминов и определений, относящихся к теоретической модели сети. Сеть связи отображается в виде графа, вершины которого сопоставляются с узлами коммутации (станциями), а ребра (ветви) с соединяющими их пучками каналов. В зависимости от свойств каналов ребра могут быть направленными или ненаправленными.

Для установления связи в сети из $УК_i$ и $УК_j$ должен быть установлен путь μ_{ij} , которой чаще всего представляется упорядочным набором ребер или узлов. Если путь состоит из ненаправленных ребер, то он будет двусторонним, то есть $\mu_{ij} = \mu_{ji}$, если же в нем будет хотя бы одно направленное ребро, то путь будет направленным. Рангом пути $g(\mu_{ij})$ называется число составляющих его ребер (то есть число транзитных участков). Длина пути $L(\mu_{ij})$ от $УК_i$ до $УК_j$ измеряется в километрах.

Для анализа сети, то есть нахождения путей и сечений и надежности рассмотрим граф сети состоящей из пяти вершин, то есть узлов коммутации и семи ребер. Для облегчения расчетов ребра обозначим буквами. При этом необходимо отметить, что путь записывается перечнем ребер, при этом установлено, что если ребро в данном пути направлено от узла с меньшим индексом к узлу с большим индексом, то обозначается a,b,c..... В противном случае – a,b,c.

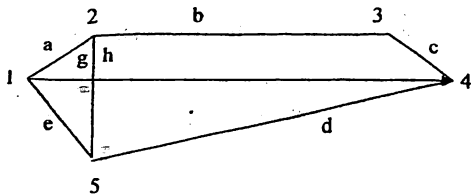


Рис. 1.3. Граф сети

Для анализа сети, то есть нахождения путей и сечений, используют структурную матрицу V . V – квадратная матрица, строки и столбцы, которой сопоставлены с узлами сети. Связь внутри узла отображается единицей. Если связи между узлами нет, то элемент равен 0. для сети рис. 1.3 имеем:

$$V = \begin{array}{c|ccccc} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ \hline 1 & 1 & a & 0 & h & e \\ 2 & a & 1 & b & 0 & g \\ 3 & 0 & b & 1 & c & 0 \\ 4 & 0 & 0 & c & 1 & d \\ 5 & e & 0 & 0 & d & 1 \end{array}$$

Значения матрицы рассматриваются как элементы булевой алгебры с двумя значениями: 1 – соединение есть, 0 – нет. Поэтому матрицу V преобразуют как булеву, применяя в ней аппарат булевой алгебры.

1. $a \vee b$ = закон поглощения;

2. $1 \vee a = 1$; $1a = a$;

3. $0 \vee a = a$; $0a = 0$;

4. $a \wedge a = 0$; $a \vee a = 1$;

5. $a \vee a = a$; $a \wedge a = a$ закон повторения;

6. При вычислении определителей (\det) матриц учитываем следующее:

а) если в \det поменять местами две строки (столбца) или транспортировать его, то его значение не изменится;

б) если в каждой строке (столбце) \det есть хотя бы одна 1, то $\det = 1$;

в) если в \det строка (столбец) состоит из одних нулей, $\det = 0$;

г) если строка (столбец) содержит одну единицу, а остальные нули, то ее можно вычеркнуть.

Множество путей m_{ij} проще всего может быть найдено раскрытием минора структурной матрицы V , получаемого путем вычеркивания 1 – го

столбца j – й строки в B , и последующим разложением полученного определителя. Определим из структурной матрицы множество путей между $УК_1$ и $УК_4$ и проведем разложение по ненулевым членам третьей строки и далее решим матрицу:

$$m_{14} \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 1 & a & 0 & h & e \\ \hline a & 1 & b & 0 & g \\ \hline 0 & b & 1 & c & 0 \\ \hline 0 & 0 & c & 1 & d \\ \hline e & 0 & 0 & d & 1 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline a & 0 & h & e \\ \hline 1 & b & 0 & g \\ \hline b & 1 & c & 0 \\ \hline 0 & 0 & d & 1 \\ \hline \end{array}$$

$$= a \begin{vmatrix} b & 0 & g \\ 1 & c & 0 \\ 0 & d & 1 \end{vmatrix} + h \begin{vmatrix} 1 & b & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} + e \begin{vmatrix} 1 & b & 0 \\ 0 & 1 & c \\ 0 & 0 & d \end{vmatrix} = ab \begin{vmatrix} c & 0 \\ d & 1 \end{vmatrix} + h ag \begin{vmatrix} 1 & c \\ 0 & d \end{vmatrix} + h e \begin{vmatrix} 1 & c \\ 0 & d \end{vmatrix} + h e \begin{vmatrix} b & c \\ 0 & d \end{vmatrix} = abcVag\bar{d}VhVed$$

На основе полученных результатов, то есть множество путей построим дерево путей. Графический эквивалент перечня путей – дерево путей, которое можно построить непосредственно по матрице B . Для построения дерева путей из $УК_1$ берем первую строку матрицы B и помечаем на графе вершины путей с $r = 1$, имеющие $b_{ij} = 0$. После того, как процесс для строки закончен и отмечены номера слов, переходим к строке одного из тех узлов, который расположен на линии $r = 1$ и продолжаем процесс аналогичным образом. При этом следует учитывать, что узлы в одном пути не должны повторяться.

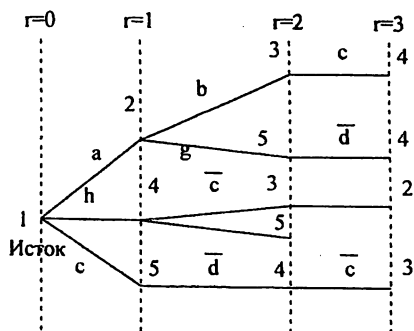


Рис. 1.4. Дерево путей графа из 5 УК.

Для нахождения сечения, необходимо заменить функцию m_{14} двойственной, заменив дизъюнкцию конъюнкцией и конъюнкцию дизъюнкцией. Затем произвести упрощение и привести выражение к дизъюнктивной нормальной форме. Каждое слагаемое и есть искомое сечение. Определим сечение для

$$m_{14} = abc \ V \ agd \ V \ h \ v \ ed$$

$$S_{14} = (a \ Vb \ Vc)(a \ Vg \ Vd)(h) \ (e \ V \ d) = ahe \ Vahd \ V \ bghe \ V \ cghe \ Vdbnt \ Vdche \ Vbdhd \ Vcghd \ Vdbh \ V = ahe \ Vahd \ Vbghe \ Vcghd \ Vdbh \ Vdch.$$

1.5 Контрольные вопросы

1. Что означает и как задается структура сети?
2. Что называется графом сети?
3. Перечислите основные структурные параметры сети?
4. Дайте определения пути от узла a_i к узлу a_i .
5. Какими параметрами характеризуются пути?
6. Как определяется множество путей?
7. Что понимается под сечением пути?
8. Что характеризует квазисечение?
9. Как определяются сечения сети?
10. Что характеризует матрица связности?
11. Каким образом определяется квадратичная матрица?
12. Что является графическим эквивалентом сети связи?
13. Что является корнем дерева?

1.6 Отчет по лабораторной работе

В отчете должно быть отражены:

1. Краткие теоретические сведения.
2. Условия задачи и номер варианта.
3. Решения задачи.

Лабораторная работа № 2

Синтез структуры первичной сети связи

2.1 Цель работы

В результате выполнения лабораторной работы студент должен:

Знать: принцип построения первичной сетей, структуру первичной сети.

Изучить: способы выбора структуры сети, определение пропускной способности первичной сети, методы синтеза структуры первичной сети.

2.2 Задание к лабораторной работе

Выбрать свой вариант задачи, составить сеть для своего варианта, матрицу надежности и матрицу ёмкостей.

2.3 Теоретические сведения

Создание сети связи требует решения ряда вопросов, связанных с наиболее экономичным построением различных информационных сетей. При этом вопрос о возможности совместного использования единых систем передачи информации для различных сетей связи является одним из важнейших. Поэтому оказалось целесообразным в рамках сети связи выделить из общей сети совокупность систем передачи и сетевых узлов, образующих сеть каналов связи различных типов. Эта сеть, являющаяся «фундаментом» для построения всех других видов сетей связи, была названа первичной сетью связи.

При создании первичной сети требуется решить ряд вопросов, связанных с выбором структуры, пропускной способности и динамики ее развития в пространстве и во времени. Важной характеристикой первичной сети является ее структура, определяемая числом, местоположением узлов сети, а также характером их взаимосвязи. Следующей характеристикой первичной сети служит ее пропускная способность, под которой понимается число каналов в каждой ветви, соединяющей отдельные пары узлов. Возможность получения на узлах сети групповых трактов, а не только отдельных стандартных каналов, является третьей характеристикой первичной сети связи. Надежность и живучесть также являются важнейшей характеристикой первичной сети связи. Наряду с указанными характеристиками первичной сети имеются и другие характеристики, такие, как вид применяемых магистралей (воздушные, кабельные, радиорелейные, тропосферные,

спутниковые и т.д.), наличие и число промежуточных пунктов, общая протяженность магистралей и т.д.

Важнейшей задачей, которая должна решаться при планировании сети, являются выбор структуры и определение пропускной способности первичной сети, обеспечивающей передачу всех информационных потоков. Для выбора структуры и определения пропускной способности необходимо иметь исходные данные и показатели эффективности сети.

Для создания первичной сети обычно задаются

1. Расположение и число узлов первичной сети, в которых каналы первичной сети предоставляются различным

вторичным сетям. Обычно расположение узлов задается матрицей

$$L = \|\ell_{ij}\| \text{ длин ребер.}$$

2. Возможные трассы образования ребер (линий) и их надежность. Возможность трассы образования ребер задаются в виде графа возможных связей, а надежность ребер – в виде матрицы

$$P = \|P_{ij}\| \text{ ожидаемой надежности ребер.}$$

3. Необходимое количество каналов для организации различных вторичных сетей. Необходимое число каналов задается при помощи

матрицы $\Phi = \|\varphi_{ij}\|$ требования.

4. Набор линий и систем передачи, которые могут быть использованы для создания первичной сети с указанием их пропускной способности, надежности и стоимости.

В качестве показателя оптимальности структуры первичной сети могут использоваться

общая длина ребер $L_s = \sum_{ij \in a} \ell_{ij}$

общая длина каналов $\Lambda = \sum_{ij \in a} \ell_{ij} \cdot \delta_{ij}$

общая стоимость сети $C = \alpha \cdot L_s + \beta \cdot \Lambda$

надежность и живучесть сети ;

эффективность обслуживания потоков информации ребром сети и т.д.

Решение задачи синтеза структуры первичной сети даже в упрощенном виде связано с большими трудностями. Поэтому широко применяются машинные методы анализа возможных вариантов структуры первичной сети.

Если стоимость сети в основном определяется стоимости структуры данной сети можно использовать общую длину ребер. При этом задача синтеза структуры первичной сети сводится к построению односвязной кратчайшей сети.

В теории графов существует эффективный метод построения односвязных сетей с минимальным суммарным весом (например, длин) ребер. Для синтеза структуры первичной сети считаются заданными матрицы: требований $\Phi = \|\varphi_{ij}\|$; длин ребер $L = \|\ell_{ij}\|$, которой ℓ_{ij} могут быть длины ветвей или абстрактные стоимостные коэффициенты. Задача сводится к нахождению варианта синтезируемой сети, удовлетворяющей матрице Φ и имеющей минимальную протяженность линии

$$\min \sum_{i,j \in S} \ell_{ij} \quad (1)$$

Процесс построения такой сети заключается в следующем. На первом шаге соединяются узлы a_n и a_m , между которыми существует ребро с минимальной длиной ℓ_{nm} . На каждом последующем шаге добавляется самое короткое ребро из оставшихся, но так, чтобы не получилось цикла. Если имеется несколько ребер одинаковой длины, то может быть взято любой из них. Процесс продолжается до тех пор, пока все узлы не окажутся соединенными в одно целое дерево.

В настоящее время не существует подобных методов построения сетей оптимальных по общей длине каналов Λ или стоимости Π .

Рассмотрим метод синтеза структуры первичной сети по критерию эффективности обслуживания потоков информации. Под эффективностью обслуживания потоков информации ребром сети понимается математическое ожидание объема потока $\varphi_{e_{ij}}^n$ пропущенного ребром e_{ij} . Величина $\varphi_{e_{ij}}^n$ зависит от объема поступающего на ветвь потока $\varphi_{e_{ij}}^{пост}$, пропускной способности $C_{e_{ij}}$, вероятности исправного состояния $P_{e_{ij}}$ ребра e_{ij} . При этом эффективность сети определяется как математическое ожидание суммарного объема всех потоков, пропущенных всеми ветвями сети.

Метод синтеза структуры сети предполагает известными число и местоположение узлов, граф возможных связей, матрицу ожидаемой надежности $P = \|\rho_{ij}\|$, матрицу требований $\Phi = \|\varphi_{ij}\|$ и объем ресурсов, выделенных для строительства сети.

При указанных выше условиях выбранная структура должна обеспечивать максимальную эффективность обслуживания потоков информации сетью связи.

Построение сети производится в следующем порядке. Для того, чтобы гарантировать построение связной сети, на первом этапе синтеза строится односвязная сеть, на втором этапе – избыточная структура, позволяющая организовать и обходные пути.

На первом шаге расчета определяется ожидаемая эффективность $\mathcal{E}(e_{ij})$ каждой ветви, включаемой в пустой фрагмент структуры сети. Эффективность $\mathcal{E}(e_{ij})$ ветви e_{ij} может быть определена из выражения

$$\mathcal{E}(e_{ij}) = \sum_{\mu_{st}^l \in \Phi} \rho_{e_{ij}}(\mu_{st}^l) \cdot \varphi_{st}^{e_{ij}} + \sum_{\mu_{st}^k \in \Phi} \theta_{lm}^{e_{ij}} \cdot \varphi_{lm}^{e_{ij}}, \quad (2)$$

где $\rho_{e_{ij}}(\mu_{st}^l)$ - ожидаемая надежность пути от узла a_s к узлу a_t , проходящего через ребро e_{ij} ; $\varphi_{st}^{e_{ij}}$ - поток от a_s к a_t , поступающий на путь μ_{st}^l , который образуется при включении в сеть ветви e_{ij} ; $\varphi_{lm}^{e_{ij}}$ - поток от a_s к a_t , который может пройти по ветви e_{ij} при условии, что если после включения в сеть ребра e_{ij} будет включено, по крайней мере, еще одно ребро для образования пути μ_{lm}^k ; $\theta_{lm}^{e_{ij}}$ - коэффициент, учитывающий вероятность образования пути μ_{lm}^k , проходящего через ребро e_{ij} .

Анализируя полученные на первом шаге расчеты, выбираются для включения в первый фрагмент структуры сети ребра с максимальной эффективностью. Затем из графа возможных связей ребро v_{mn} исключается.

На втором шаге вычисляется эффективность ребер, являющихся соседними с ветвями построенного фрагмента сети и т.д.

До тех пор, пока не будет получена сеть, связывающая все узлы и имеющая структуру типа дерева.

Синтез избыточной структуры сети производится аналогичным способом. Введение ветвей в сеть производится до тех пор, пока не будет исчерпан весь объем ресурсов, отпущенных на построение сети.

2.4. ЗАДАЧА

Условие задачи

Заданы граф возможных связей (рис 2.1). матрица ожидаемой надежности ребер $P = \|P_{ij}\|$ и матрица требований $\Phi = \|\varphi_{ij}\|$

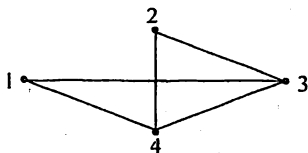


Рис. 2.1.

$$P = \begin{vmatrix} - & 0 & 0,8 & 0,9 \\ 0 & - & 0,7 & 0,9 \\ 0,8 & 0,7 & - & 0,8 \\ 0,9 & 0,9 & 0,8 & - \end{vmatrix} ; \quad \Phi = \begin{vmatrix} 0 & 20 & 0 & 10 \\ 20 & 0 & 20 & 0 \\ 0 & 20 & 0 & 10 \\ 10 & 0 & 10 & 0 \end{vmatrix}$$

Пусть объем ресурсов выделенных для строительства сети ограничен так, что допустимо создание только 4 ребер. Необходимо определить структуру первичной сети, обеспечивающей максимальную эффективность обслуживания потоков сетью.

Таблица 2.1

№ Варианта	P	Φ
1	$P = \begin{vmatrix} - & 0,1 & 0,8 & 0,6 \\ 0,1 & - & 0,7 & 0,5 \\ 0,8 & 0,7 & - & 0,9 \\ 0,6 & 0,5 & 0,9 & - \end{vmatrix}$	$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 15 & 10 & 10 \\ 15 & 0 & 20 & 20 \\ 10 & 20 & 0 & 10 \\ 10 & 20 & 10 & 0 \end{vmatrix}$
2	$P = \begin{vmatrix} - & 0,5 & 0,9 & 0,9 \\ 0,5 & - & 0,7 & 0,9 \\ 0,9 & 0,7 & - & 0,3 \\ 0,9 & 0,9 & 0,3 & - \end{vmatrix}$	$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 20 & 20 & 10 \\ 20 & 0 & 15 & 20 \\ 20 & 15 & 0 & 10 \\ 10 & 20 & 10 & 0 \end{vmatrix}$
3	$P = \begin{vmatrix} - & 0,9 & 0,8 & 0,9 \\ 0,9 & - & 0,7 & 0,9 \\ 0,8 & 0,7 & - & 0,5 \\ 0,9 & 0,9 & 0,5 & - \end{vmatrix}$	$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 10 & 15 & 20 \\ 10 & 0 & 20 & 10 \\ 15 & 20 & 0 & 9 \\ 20 & 10 & 9 & 0 \end{vmatrix}$
4	$P = \begin{vmatrix} - & 0,6 & 0,9 & 0,8 \\ 0,6 & - & 0,8 & 0,9 \\ 0,9 & 0,8 & - & 0,3 \\ 0,5 & 0,9 & 0,3 & - \end{vmatrix}$	$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 18 & 20 & 10 \\ 18 & 0 & 15 & 19 \\ 20 & 15 & 0 & 20 \\ 10 & 19 & 20 & 0 \end{vmatrix}$
5	$P = \begin{vmatrix} - & 0,7 & 0,9 & 0,5 \\ 0,7 & - & 0,8 & 0,9 \\ 0,9 & 0,8 & - & 0,6 \\ 0,5 & 0,9 & 0,6 & - \end{vmatrix}$	$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 10 & 20 & 20 \\ 10 & 0 & 20 & 10 \\ 20 & 20 & 0 & 15 \\ 20 & 10 & 15 & 0 \end{vmatrix}$
6	$P = \begin{vmatrix} - & 0,6 & 0,8 & 0,7 \\ 0,6 & - & 0,9 & 0,5 \\ 0,8 & 0,9 & - & 0,9 \\ 0,7 & 0,5 & 0,9 & - \end{vmatrix}$	$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 15 & 15 & 10 \\ 15 & 0 & 20 & 9 \\ 15 & 20 & 0 & 20 \\ 10 & 9 & 20 & 0 \end{vmatrix}$
7	$P = \begin{vmatrix} - & 0,9 & 0,9 & 0,4 \\ 0,9 & - & 0,8 & 0,9 \\ 0,9 & 0,8 & - & 0,6 \\ 0,4 & 0,9 & 0,6 & - \end{vmatrix}$	$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 20 & 10 & 10 \\ 20 & 0 & 15 & 10 \\ 10 & 15 & 0 & 20 \\ 10 & 10 & 20 & 0 \end{vmatrix}$
8	$P = \begin{vmatrix} - & 0,7 & 0,9 & 0,8 \\ 0,7 & - & 0,6 & 0,9 \\ 0,9 & 0,6 & - & 0,7 \\ 0,8 & 0,9 & 0,7 & - \end{vmatrix}$	$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 10 & 10 & 20 \\ 10 & 0 & 15 & 10 \\ 10 & 15 & 0 & 20 \\ 20 & 10 & 20 & 0 \end{vmatrix}$

9	$P = \begin{vmatrix} - & 0,6 & 0,9 & 0,7 \\ 0,6 & - & 0,9 & 0,9 \\ 0,9 & 0,9 & - & 0,5 \\ 0,7 & 0,9 & 0,5 & - \end{vmatrix}$	$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 25 & 10 & 20 \\ 25 & 0 & 15 & 10 \\ 10 & 15 & 0 & 20 \\ 20 & 10 & 20 & 0 \end{vmatrix}$
10	$P = \begin{vmatrix} - & 0,9 & 0,8 & 0,6 \\ 0,9 & - & 0,7 & 0,9 \\ 0,8 & 0,7 & - & 0,8 \\ 0,6 & 0,9 & 0,8 & - \end{vmatrix}$	$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 10 & 10 & 20 \\ 10 & 0 & 15 & 10 \\ 10 & 15 & 0 & 15 \\ 20 & 10 & 15 & 0 \end{vmatrix}$
11	$P = \begin{vmatrix} - & 0,8 & 0,5 & 0,9 \\ 0,8 & - & 0,6 & 0,8 \\ 0,5 & 0,6 & - & 0,7 \\ 0,9 & 0,8 & 0,7 & - \end{vmatrix}$	$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 15 & 10 & 15 \\ 15 & 0 & 20 & 10 \\ 10 & 20 & 0 & 20 \\ 15 & 10 & 20 & 0 \end{vmatrix}$
12	$P = \begin{vmatrix} - & 0,5 & 0,9 & 0,9 \\ 0,5 & - & 0,8 & 0,6 \\ 0,9 & 0,8 & - & 0,7 \\ 0,9 & 0,6 & 0,7 & - \end{vmatrix}$	$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 18 & 20 & 10 \\ 18 & 0 & 10 & 20 \\ 20 & 10 & 0 & 20 \\ 10 & 20 & 20 & 0 \end{vmatrix}$
13	$P = \begin{vmatrix} - & 0 & 0,9 & 0,8 \\ 0 & - & 0,6 & 0,9 \\ 0,9 & 0,6 & - & 0,8 \\ 0,8 & 0,9 & 0,8 & - \end{vmatrix}$	$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 20 & 0 & 15 \\ 20 & 0 & 10 & 0 \\ 0 & 20 & 0 & 10 \\ 15 & 0 & 10 & 0 \end{vmatrix}$
14	$P = \begin{vmatrix} - & 0,9 & 0,4 & 0 \\ 0,9 & - & 0 & 0,9 \\ 0,7 & 0 & - & 0,8 \\ 0,6 & 0,9 & 0,8 & - \end{vmatrix}$	$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 10 & 10 & 0 \\ 10 & 0 & 20 & 10 \\ 10 & 20 & 0 & 20 \\ 0 & 10 & 20 & 0 \end{vmatrix}$
15	$P = \begin{vmatrix} - & 0,8 & 0,7 & 0,6 \\ 0,8 & - & 0 & 0,9 \\ 0,7 & 0 & - & 0,7 \\ 0,6 & 0,9 & 0,7 & - \end{vmatrix}$	$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 20 & 10 & 15 \\ 20 & 0 & 15 & 10 \\ 10 & 15 & 0 & 20 \\ 15 & 10 & 20 & 0 \end{vmatrix}$
16	$P = \begin{vmatrix} - & 0,1 & 0,9 & 0,7 \\ 0,1 & - & 0,7 & 0,9 \\ 0,9 & 0,7 & - & 0,5 \\ 0,7 & 0,7 & 0,5 & - \end{vmatrix}$	$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 20 & 0 & 10 \\ 20 & 0 & 20 & 0 \\ 0 & 20 & 0 & 10 \\ 10 & 0 & 10 & 0 \end{vmatrix}$

17	$P = \begin{vmatrix} - & 0,3 & 0,9 & 0,8 \\ 0,3 & - & 0,8 & 0,7 \\ 0,9 & 0,8 & - & 0,6 \\ 0,8 & 0,7 & 0,6 & - \end{vmatrix}$	$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 10 & 10 & 20 \\ 10 & 0 & 20 & 10 \\ 10 & 20 & 0 & 15 \\ 20 & 10 & 15 & 0 \end{vmatrix}$
18	$P = \begin{vmatrix} - & 0,2 & 0,6 & 0,7 \\ 0,3 & - & 0,8 & 0,5 \\ 0,6 & 0,8 & - & 0,4 \\ 0,7 & 0,5 & 0,4 & - \end{vmatrix}$	$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 15 & 10 & 10 \\ 15 & 0 & 20 & 10 \\ 10 & 20 & 0 & 20 \\ 10 & 10 & 20 & 0 \end{vmatrix}$
19	$P = \begin{vmatrix} - & 0,4 & 0,9 & 0,8 \\ 0,4 & - & 0,9 & 0,7 \\ 0,9 & 0,9 & - & 0,6 \\ 0,8 & 0,7 & 0,6 & - \end{vmatrix}$	$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 20 & 10 & 20 \\ 20 & 0 & 15 & 10 \\ 10 & 15 & 0 & 20 \\ 20 & 10 & 20 & 0 \end{vmatrix}$
20	$P = \begin{vmatrix} - & 0,9 & 0,7 & 0,2 \\ 0,9 & - & 0,6 & 0,9 \\ 0,7 & 0,6 & - & 0,8 \\ 0,2 & 0,9 & 0,8 & - \end{vmatrix}$	$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 10 & 15 & 8 \\ 10 & 0 & 20 & 10 \\ 15 & 20 & 0 & 9 \\ 8 & 10 & 9 & 0 \end{vmatrix}$
21	$P = \begin{vmatrix} - & 0,1 & 0,7 & 0,2 \\ 0,1 & - & 0,2 & 0,9 \\ 0,7 & 0,2 & - & 0,8 \\ 0,2 & 0,9 & 0,8 & - \end{vmatrix}$	$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 20 & 15 & 8 \\ 20 & 0 & 20 & 10 \\ 15 & 20 & 0 & 10 \\ 8 & 10 & 10 & 0 \end{vmatrix}$
22	$P = \begin{vmatrix} - & 0,1 & 0,9 & 0,2 \\ 0,1 & - & 0,2 & 0,9 \\ 0,9 & 0,2 & - & 0,1 \\ 0,2 & 0,9 & 0,1 & - \end{vmatrix}$	$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 20 & 15 & 25 \\ 20 & 0 & 20 & 10 \\ 15 & 20 & 0 & 10 \\ 25 & 10 & 10 & 0 \end{vmatrix}$
23	$P = \begin{vmatrix} - & 0,8 & 0,9 & 0,1 \\ 0,8 & - & 0,2 & 0,9 \\ 0,9 & 0,2 & - & 0,5 \\ 0,1 & 0,9 & 0,5 & - \end{vmatrix}$	$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 10 & 5 & 15 \\ 10 & 0 & 20 & 10 \\ 5 & 20 & 0 & 10 \\ 15 & 10 & 10 & 0 \end{vmatrix}$
24	$P = \begin{vmatrix} - & 0,5 & 0,9 & 0,1 \\ 0,5 & - & 0,2 & 0,6 \\ 0,9 & 0,2 & - & 0,5 \\ 0,1 & 0,6 & 0,5 & - \end{vmatrix}$	$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 10 & 15 & 15 \\ 10 & 0 & 20 & 10 \\ 15 & 20 & 0 & 15 \\ 15 & 10 & 15 & 0 \end{vmatrix}$

25	$P = \begin{vmatrix} - & 0,2 & 0,3 & 0,5 \\ 0,2 & - & 0,2 & 0,6 \\ 0,3 & 0,2 & - & 0,5 \\ 0,5 & 0,6 & 0,5 & - \end{vmatrix}$	$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 20 & 15 & 10 \\ 20 & 0 & 15 & 10 \\ 15 & 15 & 0 & 15 \\ 10 & 10 & 15 & 0 \end{vmatrix}$
26	$P = \begin{vmatrix} - & 0,7 & 0,3 & 0,5 \\ 0,7 & - & 0,8 & 0,2 \\ 0,3 & 0,8 & - & 0,5 \\ 0,5 & 0,2 & 0,5 & - \end{vmatrix}$	$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 20 & 15 & 10 \\ 20 & 0 & 10 & 10 \\ 15 & 10 & 0 & 25 \\ 10 & 10 & 25 & 0 \end{vmatrix}$
27	$P = \begin{vmatrix} - & 0,9 & 0,9 & 0,5 \\ 0,9 & - & 0,8 & 0,5 \\ 0,9 & 0,8 & - & 0,5 \\ 0,5 & 0,5 & 0,5 & - \end{vmatrix}$	$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 10 & 20 & 10 \\ 10 & 0 & 10 & 10 \\ 20 & 10 & 0 & 15 \\ 10 & 10 & 15 & 0 \end{vmatrix}$
28	$P = \begin{vmatrix} - & 0,7 & 0,7 & 0,9 \\ 0,7 & - & 0,8 & 0,5 \\ 0,7 & 0,8 & - & 0,5 \\ 0,9 & 0,5 & 0,5 & - \end{vmatrix}$	$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 20 & 20 & 10 \\ 20 & 0 & 10 & 10 \\ 20 & 10 & 0 & 10 \\ 10 & 10 & 10 & 0 \end{vmatrix}$
29	$P = \begin{vmatrix} - & 0,5 & 0,6 & 0,7 \\ 0,5 & - & 0,9 & 0,2 \\ 0,6 & 0,9 & - & 0,5 \\ 0,7 & 0,2 & 0,5 & - \end{vmatrix}$	$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 15 & 20 & 10 \\ 15 & 0 & 15 & 15 \\ 20 & 15 & 0 & 10 \\ 10 & 15 & 10 & 0 \end{vmatrix}$
30	$P = \begin{vmatrix} - & 0,2 & 0,5 & 0,9 \\ 0,2 & - & 0,1 & 0,2 \\ 0,5 & 0,1 & - & 0,5 \\ 0,9 & 0,2 & 0,5 & - \end{vmatrix}$	$\Phi = \begin{vmatrix} 0 & 10 & 20 & 10 \\ 10 & 0 & 20 & 15 \\ 20 & 20 & 0 & 10 \\ 10 & 15 & 10 & 0 \end{vmatrix}$

2.5 Пример решения задачи

Определяем ожидаемую эффективность каждого ребра, включаемого в пустой фрагмент структуры сети (рис. 2.2а).

$$\begin{aligned} \mathcal{E}(B_{14}) &= P(M_{14}^{e14}) \cdot Y_{14}^{e14} + \theta_{12}^{e14} \cdot Y_{12}^{e14} + \theta_{13}^{e14} \cdot Y_{13}^{e14} + \theta_{34}^{e14} \cdot Y_{34}^{e14} = \\ &= 0,9 \cdot 10 + 0,1(20 + 0 + 10) = 12; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathcal{E}(B_{13}) &= P(M_{13}^{e13}) \cdot Y_{13}^{e13} + \theta_{34}^{e13} \cdot Y_{34}^{e13} + \theta_{14}^{e13} \cdot Y_{14}^{e13} + \theta_{21}^{e13} \cdot Y_{21}^{e13} = \\ &= 0,8 \cdot 0 + 0,1 \cdot (10 + 10 + 20) = 4; \end{aligned}$$

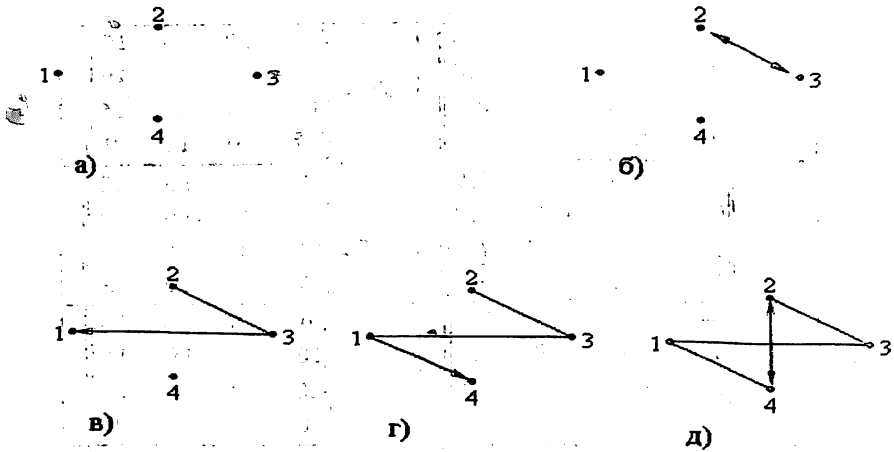


Рис. 2.2.

$$\begin{aligned} \mathcal{E}(B_{23}) &= P(M_{23}^{e23}) \cdot Y_{23}^{e23} + \theta_{12}^{e23} \cdot Y_{12}^{e13} + \theta_{24}^{e23} \cdot Y_{24}^{e23} + \theta_{34}^{e23} \cdot Y_{34}^{e23} = \\ &= 0,7 \cdot 0 + 0,1(10 + 20 + 10) = 4; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathcal{E}(B_{24}) &= P(M_{24}^{e24}) \cdot Y_{24}^{e24} + \theta_{34}^{e24} \cdot Y_{34}^{e24} + \theta_{12}^{e24} \cdot Y_{12}^{e24} + \theta_{23}^{e24} \cdot Y_{23}^{e24} = \\ &= 0,8 \cdot 20 + 0,1 \cdot (10 + 10 + 0) = 18; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathcal{E}(B_{34}) &= P(M_{34}^{e34}) \cdot Y_{34}^{e34} + \theta_{14}^{e34} \cdot Y_{14}^{e34} + \theta_{24}^{e34} \cdot Y_{24}^{e34} + \theta_{13}^{e34} \cdot Y_{13}^{e34} = \\ &= 0,7 \cdot 10 + 0,1 \cdot (20 + 20 + 10) = 12; \end{aligned}$$

Как видно из расчетов, наибольшая эффективность обслуживания потоков достигается при включении в пустой фрагмент сети ребра e_{24} (рис. 2.2б). Из графа возможных связей исключаем ребро e_{34} .

На втором шаге вычисляются эффективность ребер e_{11} , e_{14} и e_{24} , являющихся соседними e_{24} построенного фрагмента сети

$$\begin{aligned} \mathcal{E}(B_{34}) &= P(M_{34}^{e34}) \cdot Y_{34}^{e34} + P(M_{24}^{e34}) \cdot Y_{24}^{e34} + \theta_{14} \cdot Y_{14} + \\ &+ \theta_{13} \cdot Y_{13} + \theta_{12} \cdot Y_{12} = 0,7 \cdot 10 + 0,8 \cdot 20 + 0,1 \cdot (10 + 10 + 0) = 23 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathcal{E}(B_{23}) &= P(M_{23}^{e23}) \cdot Y_{23}^{e23} + P(M_{34}^{e23}) \cdot Y_{34}^{e23} + \theta_{12} \cdot Y_{12} + \\ &+ \theta_{14} \cdot Y_{14} + \theta_{13} \cdot Y_{13} = 0,7 \cdot 0 + 0,7 \cdot 10 + 0,1 \cdot (10 + 20 + 10) = 11 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathcal{E}(B_{14}) &= P(M_{14}^{e14}) \cdot Y_{14}^{e14} + P(M_{12}^{e14}) \cdot Y_{12}^{e14} + \theta_{34} \cdot Y_{34} + \\ &+ \theta_{23} \cdot Y_{23} + \theta_{13} \cdot Y_{13} = 0 \cdot 20 + 0,8 \cdot 10 + 0,1(10 + 0 + 10) = 10 \end{aligned}$$

Анализируя результаты расчета, определяем необходимость включения в построенный фрагмент сети ребра e_{34} (рис. 2.2в).

На третьем шаг вычисляются эффективность ребра e_{14} , e_{13} являющихся соседним с ребрами построенного фрагмента сети

$$\begin{aligned} \mathcal{E}(B_{13}) &= P(M_{13}^{a13})Y_{13}^{a13} + P(M_{14}^{a14})Y_{14} + \theta_{24}Y_{24} + \theta_{23}Y_{23} + \\ \theta_{12}Y_{12} &= 0,9 \cdot 10 + 0 \cdot 20 + 0,1 \cdot (0 + 10 + 10) = 11 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathcal{E}(B_{14}) &= P(M_{14}^{a14})Y_{14}^{a14} + P(M_{13}^{a13})Y_{13}^{a13} + \theta_{14}Y_{14} + \theta_{12}Y_{12} + \\ \theta_{23}Y_{23} &= 0 \cdot 20 + 0,9 \cdot 10 + 0,1 \cdot (20 + 10 + 20) = 14 \end{aligned}$$

Как видно из расчетов, наибольшая эффективность достигается при включении в сеть ребра e_{14} (рис. 2.2г). Таким образом, синтезирована структура односвязной сети.

Для синтеза избыточной структуры вычисляем эффективность ребер e_{12} и e_{34}

$$\begin{aligned} \mathcal{E}(B_{12}) &= P(M_{12}^{a12})Y_{12}^{a12} + P(M_{24}^{a24})Y_{24} + \theta_{23}Y_{23} + \theta_{34}Y_{34} + \theta_{13}Y_{13} = \\ &= 0,8 \cdot 10 + 0,8 \cdot 20 + 0,1(0 + 10 + 20) = 26 \text{ max} \end{aligned}$$

$$\mathcal{E}(B_{34}) = P(M_{34}^{a34}) \cdot Y_{34}^{a34} + P(M_{24}^{a24}) \cdot Y_{24}^{a24} = 0,9 \cdot 10 + 0,9 \cdot 0,7 \cdot 0 = 9$$

Таким образом, на последнем шаге в сеть включается ребро e_{24} (рис. 2.2г) и весь объем ресурсов, выделенных для строительства сети, исчерпан, что соответствует условию задачи.

2.6 Контрольные вопросы

1. Какие сети называются первичными сетями.
2. Структура первичных сетей.
3. Синтез структуры первичных сетей.
4. Какие показатели оптимальности структуры первичной сети используются при синтезе сетей.
5. По каким параметрам синтезируются первичные сети.
6. Выбор структуры первичной сети.
7. Что характеризует матрица надежности.
8. Что характеризует матрица ёмкостей.
9. Что характеризует параметр эффективности сети.
10. Параметр структуры первичной сети.

2.7 Отчет по лабораторной работе

В отчете должно быть отражены:

1. Краткие теоретические сведения.
2. Условия задачи и номер варианта.
3. Решения задачи

Лабораторная работа № 3

Синтез структуры вторичной сети связи

3.1 Цель работы

В результате выполнения лабораторной работы студент должен знать:

- принцип построения вторичной некоммутируемой сети;
- способы синтеза вторичных сетей;
- принцип построения структуры вторичной сети.
- принцип построения и структуру некоммутируемых сетей;
- определение возможных путей пучков каналов и оптимальное распределение каналов по каждому из путей графа сети;
- изучить структуру сети, структурные параметры сети и методы нахождения ПРК.

3.2 Задание к лабораторной работе

Выбрать свой вариант по данным матрицы требований и матрицы емкостей определит кратчайшей путь между заданными узлами и составить оптимальный план распределения канала.

3.3 Теоретическая часть

Методы нахождения оптимального распределения каналов

При синтезе вторичной некоммутируемой сети необходимо на базе выделенных каналов первичной сети образовать путем кроссировок на КК пучки каналов для связи пар УК сети. Задаются ёмкости таких пучков и задача состоит в том, чтобы при создании пучков каналов (прямых или с кроссированными на транзитных УК) было использовано минимальное число каналов первичной сети или минимальная протяжимость каналов первичной сети. Получив структуру кроссовых соединений каналов в КК, тем самым определяют структуру некоммутируемой сети и план распределения каналов. Таким образом, ПРК называют организацию каналов непосредственно между оконечными УК и через транзитные УК с помощью кроссировок в соответствии с имеющейся потребностью в связи между данными УК.

При построении некоммутируемой сети необходимо определить возможные пути пучков каналов, оценить целесообразность организации пучков каналов по каждому из путей в соответствии с ограниченной ёмкостью линий связи первичной сети и выбрать ёмкости путей таким образом, чтобы обеспечить передачу заданных объемов информации. Оптимальное

распределение каналов позволяет с максимальной полнотой использовать все возможности первичной сети.

Для решения задачи нахождения ПРК на первичной сети задаются:

1. Структура сети в виде графа, содержащего n узлов и R ребер

2. для ребер сети задаются матрицы смежности узлов $B = \|G_{ij}\|$, емкостей $U = \|U_{ij}\|$ в числе стандартных каналов, длин ребер $L = \|L_{ij}\|$ и др.

3. Матрица требований $\Phi = \|\phi_{st}\|$, где ϕ_{st} – требуемое число каналов между УК_s и УК_t

4. Ограничения на ранг пути, т.е. число ребер γ_{\max} k -м пути

$\mu_{st}^k, \gamma \leq \gamma_{\max}$, и максимально возможная длина пути $\mu_{st}^k = L_{st}^k$, т.е. $L_{st}^k = \sum L_{ij} \leq L_{\max}$

$$B_{ij} \in \mu_{st}$$

Требуется найти ПРК.

В результате нахождения ПРК решается задача анализа некоммутируемой сети, т.к. дается ответ на вопрос можно или нельзя получить допустимый ПРК, удовлетворяющий всем требованиям матрицы $\|\phi_{st}\|$ с одной стороны, а с другой стороны использующей для своей реализации имеющийся ресурс сети. При нахождении допустимого ПРК решается также задача структурного синтеза сети, т.е. создания сети с заданными параметрами. При нахождении оптимального ПРК при этом используется минимальный ресурс сети.

Дополнительные ограничивающие условия такие, как условие повышенной надежности, выраженное например, в определенном числе независимых путей между УК: условие, запрещающие образование некоторых путей.

В качестве критерия оптимальности можно принять минимальное суммарное число каналов, занятых по всем ребрам первичной сети. При этом для организации оптимального ПРК по сравнению с неоптимальным сокращается число каналов первичной сети, использованное в путях передачи, а освобожденные каналы могут быть использованы для улучшения обслуживания абонентов или для предоставления каналов другим абонентам.

Могут быть другие критерии оптимальности ПРК, например, суммарная длина всех путей или суммарное число каналов – километров, а также стоимость затрат на линии связи.

Приближенные методы определения плана распределения каналов

Для нахождения оптимального ПРК существует точный метод, основанный на использовании линейного программирования. Однако этот метод требует обязательного применения ЭВМ.

Можно применять более простые инженерные приближенные методы: последовательный и параллельный (1.2)

Последовательный метод состоит в следующем. Из матрицы $\Phi = \|\phi_{st}\|$ выбирается пара УК_s и УК_t, между которыми $\phi_{st} > 0$. По сети графу сети определяется кратчайший путь (пути) μ_{st}^{\min} . Кратчайший путь находится по числу ребер (или по длине, по надежности)

С помощью матрицы $\|U_{ij}\|$ определяется емкость этого пути
 $X_{st}^{\min} = \min U_{ij}$ из величины требований
 b_{ij} и емкости U_{ij} ветвей пути μ_{st}^{\min} вычитается величина X_{st}^{\min}

Выбирается следующая пара узлов и процесс повторяется до тех пор, пока существует хотя бы одно требование $\varphi_{st} > 0$ по крайней мере один путь μ_{st}^{\min} между выбранной парой узлов с емкостью $X_{st}^{\min} > 0$.

Из алгоритма видно, что пучки каналов, которые организуются первыми имеют преимущество в получении лучших путей по сравнению с последующими. Поэтому при всей простоте последовательный метод не всегда обеспечивает требуемое качество решения.

Параллельный метод по сравнению с последовательным позволяет получить лучший ПРК.

3.4 Задача Условие задачи

На первичной сети, структура которой определена графом таблицы 1, 2, заданы:

1. Матрица требований $\Phi = \|U_{ij}\|$

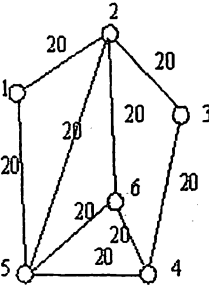
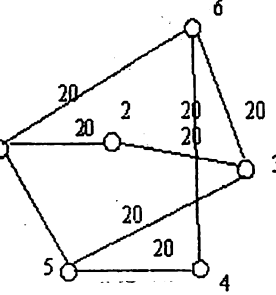
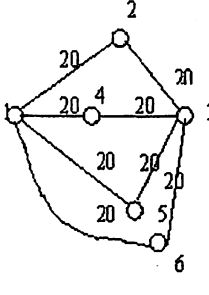
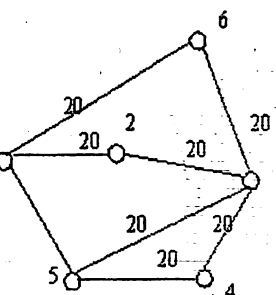
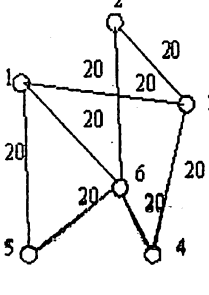
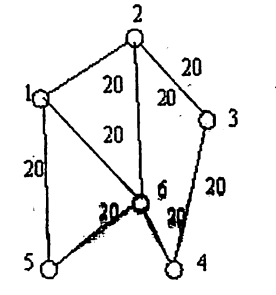
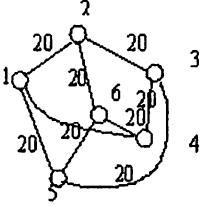
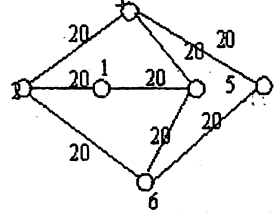
Где U_{ij} - требуемое число каналов в путях передачи от $УК_i$ и $УК_j$. В таблице 1 и 2 указаны лишь ненулевые элементы матрицы требований Φ .

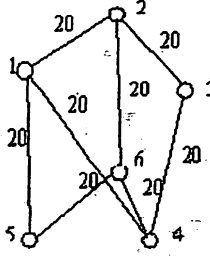
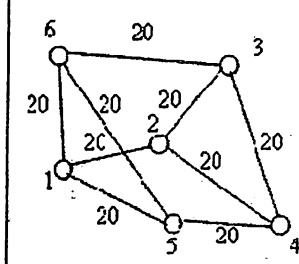
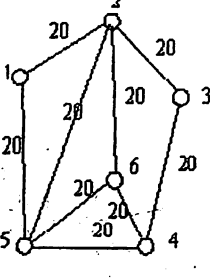
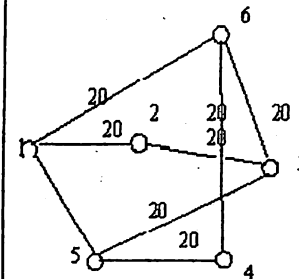
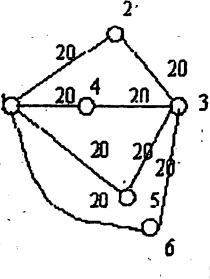
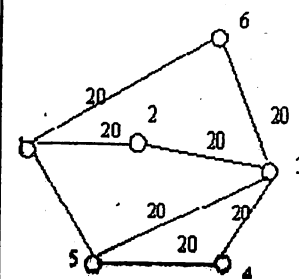
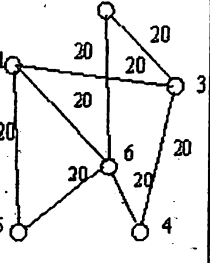
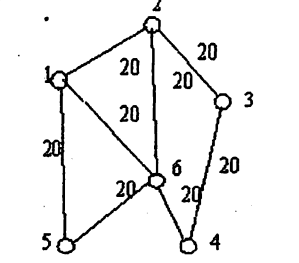
2. Емкости ребер U_{kl} в числе каналов первичной сети, заданные весами ребер на графе.

Требуется определить план распределения каналов (ПРК), удовлетворяющий матрице требований Φ , при условии использования только кратчайших путей.

Варианты задания

№ таб.	Структура сети	Ненулевые элементы матрицы Φ	№ вар.	Структура сети	Ненулевые элементы матрицы Φ
1.		$\Phi_{12} = 20$ $\Phi_{13} = 12$ $\Phi_{15} = 15$ $\Phi_{54} = 21$	2.		$\Phi_{25} = 20$ $\Phi_{36} = 12$
3.		$\Phi_{16} = 33$ $\Phi_{13} = 20$ $\Phi_{24} = 12$	4.		$\Phi_{25} = 24$ $\Phi_{64} = 12$ $\Phi_{13} = 16$ $\Phi_{23} = 16$ $\Phi_{14} = 8$

5.		$\varphi_{24} = 33$ $\varphi_{16} = 20$ $\varphi_{35} = 12$	6.		$\varphi_{13} = 30$ $\varphi_{56} = 21$ $\varphi_{14} = 20$
7.		$\varphi_{13} = 44$ $\varphi_{25} = 20$ $\varphi_{56} = 12$	8.		$\varphi_{13} = 30$ $\varphi_{56} = 16$ $\varphi_{24} = 12$ $\varphi_{15} = 12$
9.		$\varphi_{16} = 18$ $\varphi_{24} = 20$ $\varphi_{36} = 24$ $\varphi_{16} = 8$	10.		$\varphi_{12} = 20$ $\varphi_{26} = 18$ $\varphi_{35} = 16$ $\varphi_{14} = 12$
11.		$\varphi_{13} = 24$ $\varphi_{16} = 18$ $\varphi_{15} = 16$ $\varphi_{54} = 21$	12.		$\varphi_{25} = 16$ $\varphi_{64} = 10$ $\varphi_{13} = 12$ $\varphi_{14} = 16$

13		$\varphi_{14} = 24$ $\varphi_{25} = 18$ $\varphi_{36} = 12$	14		$\varphi_{16} = 44$ $\varphi_{13} = 16$ $\varphi_{24} = 20$
15		$\varphi_{13} = 30$ $\varphi_{25} = 18$ $\varphi_{14} = 16$	16		$\varphi_{14} = 20$ $\varphi_{24} = 18$ $\varphi_{36} = 18$ $\varphi_{35} = 16$
17		$\varphi_{24} = 20$ $\varphi_{15} = 24$ $\varphi_{35} = 18$	18		$\varphi_{13} = 30$ $\varphi_{15} = 16$ $\varphi_{25} = 18$ $\varphi_{26} = 20$
19		$\varphi_{13} = 24$ $\varphi_{36} = 20$ $\varphi_{24} = 16$ $\varphi_{15} = 12$	20		$\varphi_{13} = 33$ $\varphi_{25} = 16$ $\varphi_{36} = 12$

3.5 Пример решения задачи

Задано структура первичной сети (рис.3.1) и матрица требований или отдельные ненулевые её элементы:

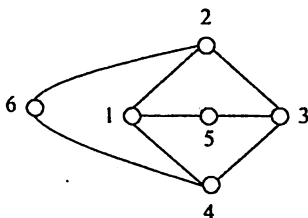


Рис. 3.1 Структурная схема графа сети

$\varphi_{13} = 18$, $\varphi_{36} = 16$, $\varphi_{24} = 12$, $\varphi_{56} = 16$ каналов. Число каналов первичной сети задано либо как веса ветвей на графе (см.рис 1), либо в виде матрицы емкостей ребер.

		1	2	3	4	5	6
	1	0	20	0	20	20	0
	2	20	0	20	0	0	20
U=	3	0	20	0	20	20	0
	4	20	0	20	0	0	20
	5	20	0	20	0	0	0
	6	0	20	0	20	0	0

Требование для каждого нулевого потока на первом этапе распределяются по возможным кратчайшим путям (путям с минимальным рангом) для каждого потока независимо друг от друга, т.е. составляется идеальный ПРК, который был бы оптимален, если бы ребра первичной сети имели бы произвольную емкость. Затем идеальный ПРК корректируется до тех пор, пока не будут выполнены ограничения по емкостям всех ветвей. Коррекция производится путем снятия каналов в пути потока, перенасыщенного ребра и перемещения этих каналов на другой путь того же потока, имеющий свободные ребра. Если после коррекции какие – либо требования не будут удовлетворены или дальнейшее их удовлетворение станет невозможными.

Рассмотрим алгоритм параллельного метода более подробно на примере сети на рис. 3.1.

1. Из матрицы Φ выбираем требование $\varphi_{13} = 18$ каналов.
2. Из рис.3.1. Определяем кратчайшее пути:

$$\mu^1_{1,2,3}; \mu^2_{1,4,3}; \mu^3_{1,5,3}$$

3. Определяем число каналов, потребное для обслуживания данного потока, распределяя общее потребное число каналов равномерно на три пути:

$$X^1_{1,2,3} = X^2_{1,4,3} = X^1_{1,5,3} = 6$$

4. Аналогично, все три пункта 1,2,3 выполняем для трех других потоков, В результате получаем:

$$\varphi_{36} = 16$$

$$\varphi_{24} = 12$$

$$\varphi_{56} = 16$$

$$X^1_{3,2,6} = X^2_{3,4,6} = 8;$$

$$X^1_{2,1,4} = X^2_{2,3,4} = 6;$$

$$X^1_{5,1,2,6} = X^2_{5,3,2,6} = X^3_{5,1,4,6} =$$

$$X^1_{5,3,4,6} = 4$$

5. Далее составлен матрицу емкостей кратчайших путей и ребер для сделанного идеального варианта ПРК, представленную в таблице 1. Подсчитываем для каждого в ij его емкость, полученную в результате загрузки в соответствии с идеальным ПРК и в графе ставим со знаком «+», то число каналов, которое осталось незагруженным (ненасыщенные ребра) и со знаком 2 «-» число каналов, на которое загрузка ребра в соответствии с идеальным ПРК превышает заданное число каналов в ребре. Поскольку в строке отмечены перегруженные ребра (v_{23} и v_{34}), то идеальный ПРК недопустим.

6. По матрице идеального ПРК определяем, что перенасыщенному ребру v_{23} соответствуют пути $\mu^1_{3,2,6}$; $\mu^2_{2,3,4}$; $\mu^1_{1,2,3}$; $\mu^2_{5,3,2,6}$, т.е строки таблицы $X^1_{3,2,6}$; $X^1_{1,2,3}$; $X^2_{2,3,4}$; $X^2_{5,3,2,6}$

7. Выписываем, какой паре УК соответствует первый из найденных в П7 путей и определяем, есть ли кратчайший путь, соответствующий данной паре и состоящий из ненасыщенных ребер.

Если такой путь найден, то переходим К П9. Если такого пути нет, то т.е. все кратчайшие пути содержат насыщенные или перенасыщенные ребра, то переходим к П11.

9. Путь между парой 1-3, содержащий ненасыщенные ребра, найден, это путь $X^3_{1,5,3}$. Путь $X^2_{1,4,3}$ использовать для перераспределения нельзя, так как он содержит перенасыщенное ребро v_{34} . Определяем величину перераспределяемой с пути $X^1_{1,2,3}$ на путь $X^3_{1,5,3}$ емкости. Так как в ребре v_{23} следует уменьшить число требований на 4 с тем, чтобы его емкость не превышало заданную, то во всем пути $X^1_{1,2,3}$, т.е. ребрах в $1,2$ и $v_{2,3}$, число требований следует уменьшить на 4, а в пути $X^3_{1,5,3}$ (ребрах в $1,5$ и $v_{3,5}$) увеличить на 14. старые значения емкостей зачеркиваем. Новые значение емкостей проставлены в левом верхнем углу. В строке ΔX^1_{ij} отмечаем новые величины ΔX_{ij} .

10. ПРК остался недопустимым, так как перенасыщено ребро v_{34} . Повторяем действия П7, П8 и П9. В результате находим, что для пары 2 - 4 существует путь с емкостью $X^1_{2,1,4}$, $X^2_{2,3,4}$, который проходит по ненасыщенным ребрам в $1,2$ и в $1,4$. В пути емкости ребер уменьшаем на 4, а в пути $X^1_{2,1,4}$ - увеличиваем.

В строке ΔX_{ij} отмечаем новые величины ΔX_{ij} . Данный ПРК допустим.

Полученные элементы матрицы определяют искомый ПРК.

11. Если кратчайшего пути с ненасыщенными ребрами для данной пары не найдено, то переходим к следующему пути, соответствующему ненасыщенному ребру и повторяем П8. процесс повторяем до тех пор пока не будет найден для какой – либо пары УК ненасыщенный кратчайший путь. Если для всех пар не найдено путей с ненасыщенными ребрами, то требования не могут быть удовлетворены по кратчайшим путям и следует составлять таблицу с учетом путей. Содержащих большее число транзитных участков (в пределах допустимого ранга). Если таких путей не существует, то требования не могут быть удовлетворены полностью.

Таблица 3.1

№ пары УК	Емкость пути для пары	Значение числа каналов, занятых в ребре								Примечание	
		v12	v14	v15	v23	v26	v34	v35	v46		
1-3	X ¹ ₁₂₃	2г			2г						
	X ¹ ₁₆₃		6					6			
	X ¹ ₁₅₃			10г					10г		
3-6	X ¹ ₃₂₆				8	8					
	X ¹ ₃₆₆							8		8	
	X ¹ ₃₄₆	10г	10г								
2-4	X ¹ ₂₃₄				2г			2г			
	X ¹ ₂₄₄										
5-6	X ¹ ₅₁₂₆	4		4	4				4		
	X ¹ ₅₃₂₆				4	4				4	
	X ¹ ₅₁₄₆		4	4							4
	X ¹ ₅₃₄₆										
	? X ^u _u	+4	+4	+6	-4	+4	-4	+6	+4		ПРК недопустим
	? X ¹ _u	+8	+4	+2	0	+4	-4	+2	+4		ПРК недопустим
	? X ^u _u	+4	0	+2	+4	+4	0	+2	+4		ПРК допустим

Определение каналов вторичной некоммутируемой сети.

Существует точный метод нахождения распределения каналов, основанный не использованием линейного программирования и приближенные (квазиоптимальные). При большом числе узлов в сети применяются более простые приближенные методы.

3.6 Контрольные вопросы

1. При каких условиях выбранная структура должно обеспечить максимальную эффективность обслуживания потоков информации сетью связи?
2. Какая сеть имеет сетевые узлы переключения второго класса. А также территориальные сетевые узлы второго класса ?
3. К каким узлам первичной сети могут подключаться оконечные станции?
4. К какому типу вторичной сети относится сеть где включены АМТС и МТС?

5. При каком типе вторичных сетей во всех узлах или некоторых из них устанавливается устройство для кроссовых соединений?
6. Какая матрица определяет максимальное число каналов, которое может быть получено в данном пути?
7. Что характеризует пропускная способность пути?
8. Какие величины должны быть заданы для синтеза структуры первичной сети?
9. При каких условиях выбранная структура должна обеспечить максимальную эффективность обслуживания потоков информации сетью связи?
10. Какие показатели оптимальности структуры первичной сети используются?
11. Какие параметры сети должны быть заданы для плана распределения каналов?
12. Какая матрица определяет максимальное число каналов, которое может быть получено в данном пути?
13. Какими характеристиками характеризуется ребро?
14. Какими параметрами характеризуются сети?
15. При каком типе вторичной сети во всех узлах или некоторых из них устанавливается устройство для кроссовых соединений?
16. Что характеризуется под понятием характеристическая матрица?
17. Для чего применяется план распределения сигналов?
18. Минимальное число каналов и минимальное протяжение каналов?

3.7 Отчет по лабораторной работе

В отчете должно быть отражены:

1. Краткие теоретические сведения.
2. Условия задачи и номер варианта.
3. Решения задачи

Лабораторная работа № 4 Расчет структурной надежности сетей связи

4.1 Цель работы

В результате выполнения лабораторной работы студент должен:

- знать структурные параметры сетей связи;
- понятие о путях;
- сечениях и качественные параметры характеризующих эффективность функционирования сетей связи.

4.2 Задание к лабораторной работе

На основе результатов расчета пути и сечения полученные в лабораторной работе №1, определить для своего варианта нижнюю и верхнюю границу надежности.

4.3 Теоретические сведения

Одной из важнейших характеристик эффективности функционирования сетей связи в условиях повреждения ее элементов являются надежность и живучесть. Под надежностью и живучестью сети связи понимается устойчивость ее функционирования относительно повреждений элементов сети. При этом термин «живучесть» употребляется для аварийных или преднамеренных повреждений, а термин «надежность» для случайных отказов.

Надежность и живучесть сети можно охарактеризовать большим числом детерминированных показателей которые являются показателями живучести сети связи, в предположения, что разрушение сети производится при знании ее структуры. Вероятностные показатели используются при априорно известных вероятностных характеристиках разрушения сети связи или отказа ее элементов.

Среди всевозможных состояний сети можно выделить критические состояния, при которых нарушается связность сети. Детерминированными параметрами критических состояний являются следующие :

1. Минимальное число ребер, узлов (или тех и других) сети связи, удаление которых (разрушение сети) приводит либо к несвязной сети относительно произвольной пары узлов, либо к несвязной сети относительно конкретной пары узлов. К числу таких параметров относятся $\varphi(G\{A, B\})$

- вершинная связность графа $G\{A, B\}$, т.е. наименьшее число вершин графа $G\{A, B\}$, удаление которых приводит к несвязному графу; $\sigma_{ij}(G\{A, B\})$; $i, j \in A$ - наименьшее число вершин графа $G\{A, B\}$, удаление которых приводит к несвязному графу относительно вершин a_i и a_j ; $\lambda(G\{A, B\})$ - реберная связность графа т.е. наименьшее число ребер графа $G\{A, B\}$ удаление которых приводит к несвязному графу; $\lambda_{ij}(G\{A, B\})$; $i, j \in A$ - наименьшее число ребер графа $G\{A, B\}$, удаление которых приводит к несвязному графу относительно вершин a_i и a_j ;

2. Среднее число $W(k, G)$ пар вершин, остающихся связными при одновременном повреждении k произвольных ребер. Пусть $G = G\{A, B\}$; $|A|=n$, $|B|=m$.

Тогда

$$W(k, G) = \frac{\sum_{i=1}^{C_m^k} (C_n^2 - g_i(k, G))}{C_m^k}, \quad (4.1)$$

где $g_i(k, G)$ - число несвязных пар вершин при i - m повреждении; C_m^k - число сочетаний из m элементов по k .

Основным вероятностным показателем надежности сети связи является надежность связи относительно конкретной пары узлов или относительно конкретной пары узлов или относительно произвольной пары узлов. Вероятностная модель ненадежной сети строится в предположении, что отказы узлов и ребер независимы друг от друга. Обычно при определении надежности связи сети предполагается, что узлы сети абсолютно надежны.

Если задано множество путей $m_{st}(M_{st}, m_{st})$, которые могут быть использованы для связи между узлами a_s и a_t и известны $P_{kl} = 1 - g_{kl}$ - вероятности исправного состояния каждого ребра b_{kl} сети, то надежность связи $\rho(m_{st})$ от узла a_s к узлу a_t определяется как вероятность исправного состояния хотя бы одного пути из заданного множества т.е.

$$\rho(m_{st}) = 1 - \prod_{\mu_{st}^k \in m_{st}} (1 - \rho(\mu_{st}^k)) \quad (4.2)$$

где $\rho(\mu_{st}^k)$ - надежность пути μ_{st}^k .

Надежностью $\rho(\mu_{st}^k)$ k -го пути назовем вероятность исправного состояния всех ребер, образующих этот путь:

$$\rho(\mu_{st}) = \prod_{h_{st}^k \in \mu_{st}} P_{kl} \quad (4.3)$$

При определении надежности связи $\rho(m_{st})$ множества путей m_{st} рассматриваются как независимыми и включенными параллельно, поэтому выражение (4.2) дает верхнюю границу надежности связи.

Для нарушения связи от a_s к a_t достаточна, чтобы вышли из строя все ребра хотя бы одного сечения G_{st}^f из множества сечений S_{st} , соответствующего множества путей m_{st} , т.е. надежность связи $\rho(S_{st})$ можно определить выражения

$$\rho(S_{st}) = \prod_{G_{st}^f \in S_{st}} \rho(G_{st}^f) \quad (4.4)$$

где

$$\rho(G_{st}^f) = 1 - \prod_{h_{st}^k \in G_{st}^f} (1 - P_{kl}) \quad (4.5)$$

- вероятность того, что в ℓ -м сечении G_{st}^f исправно хотя бы одно ребро.

При определении надежности связи $\rho(S_{st})$ все сечения рассматриваются как независимые и включенные последовательно, поэтому выражение (4.4) дает нижнюю границу надежности связи.

Действительное значение надежности связи ρ_{st} можно получить, если в выражениях для нижней или верхней границы после раскрытия скобок все показатели степени при P_{kl} больше 1, заменить на 1. Такую операцию обозначают $E(f)$, где f - многочлен. Таким образом,

$$\rho_{st} = E[\rho(m_{st})] = E[\rho(S_{st})] \quad (4.6)$$

4.4 Задача Условие задачи

Для сети, представленной в лабораторной работе №1 определить структурную надежность сетей связи. При этом надежность ветвей данного графа 0,9.

Для решения задачи необходимо определить все возможные пути от узла i к узлу j , так как надежность сети в целом определить трудно в связи с этим определяются надежность путей между определенными узлами на основе вероятностного состояния ветвей графа.

В лабораторной работе определено множество путей и сечения, которые приведены ниже.

4.5 Пример решения

По результатам решения задачи №1 можно определить структурную надёжность сети.

Надёжность связи от УК_i к УК_j – это вероятность исправного состояния хотя бы одного пути (или, при ограничении числа транзитных участков и пути установления соединения тремя одного пути с $r \leq 3$). Тогда, если все пути взаимно независимы, то

$$\overline{p_{ij}} = p_{ij}^{\max} = 1 - \prod_{\mu_{ij}^k \in m_{ij}} (1 - p_{ij}^k);$$

p_{ij}^k - надёжность к-го пути μ_{ij}^k определяется:

$$p_{ij}^k = \prod_{a \in \mu_{ij}^k} (1 - q_a) = \prod_{a \in \mu_{ij}^k} p_a$$

Где p_a - вероятность исправности а-го ребра, принадлежащего пути μ_{ij}^k ;
 q_a - вероятность неисправного состояния а-го ребра.

Однако в реальных условиях часто пути зависимы, т.е имеют общие ребра. Равенство превращается в неравенство и даёт верхнюю оценку надёжности. Действительное значение получится, если в выражение (5) после раскрытия скобок, все показатели степени большей единицы заменить на единицу. Такая операция обозначается буквой E:

$$\overline{p_{ij}} = E \left\{ 1 - \prod_{\mu_{ij}^k \in m_{ij}} (1 - p_{ij}^k) \right\};$$

Рассмотрим нахождение $\overline{p_{ij}}$ для случая, решаемого в задаче

$$m_{14} = \{abc \vee agd \vee h \vee ed\}$$

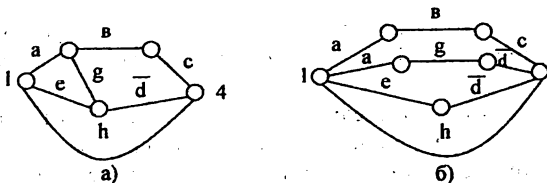


Рис. 4.1

Приведем схему путей между УК₁ и УК₄, соответствующую перечню путей π₁₄, с учетом и без учета их взаимной зависимости.

В соответствии с выражением (6) и (7) запишем:

$$\overline{P_{14}}^{\max} = 1 - (1 - p_a p_b p_c)(1 - p_a p_g p_d)(1 - p_h)(1 - p_e p_d).$$

Раскрыв скобки, имеем:

$$\begin{aligned} \overline{P_{14}}^{\max} &= p_a p_b p_c + p_a p_g p_d - p_a^2 p_b p_c p_g p_d + p_h - p_a p_b p_c p_h - \\ &- p_a p_g p_d p_h + p_a^2 p_b p_c p_g p_d p_h + p_e p_d - p_a p_b p_c p_e p_d - \\ &- p_d^2 p_a p_c p_g + p_a^2 p_b p_c p_g p_d^2 p_e - p_e p_d p_h + p_b p_c p_e p_d p_h p_a + \\ &+ p_d^2 p_a p_c p_g p_h - p_a^2 p_b p_c p_d^2 p_h p_e \end{aligned}$$

Далее, применив операцию E снижения степени многочлена, получим формулу для определения надёжности связи $\overline{P_{14}}$:

$$\begin{aligned} \overline{P_{14}} &= E(\overline{P_{14}}^{\max}) = p_a p_b p_c + p_a p_g p_d - p_a^2 p_b p_c p_g p_d + p_h - \\ &- p_a p_b p_c p_h - p_a p_g p_d p_h + p_a^2 p_b p_c p_g p_d p_h + p_e p_d - \\ &- p_a p_b p_c p_e p_d - p_a p_e p_g p_d + p_a p_b p_c p_g p_d p_e - p_e p_d p_h + \\ &+ p_b p_c p_e p_d p_h p_a + p_d p_a p_e p_g p_h - p_a p_b p_c p_d p_h p_e p_g \end{aligned}$$

Предположим, что надёжности всех ребер одинаковы и равны p. Тогда, проведя преобразования, получим формулу для вычисления

$$\overline{P_{14}} = p^1 + p^2 + p^3 - p^5 - 3p^4 + 3p^6 - p^7$$

$$P_{14} = 0,9 + 0,81 + 0,72 - 0,59 - 1,96 + 1,59 - 0,47 = 0,9$$

4.6 Контрольные вопросы

1. Что понимается под надёжностью сети?
2. Что характеризует коэффициент готовности?
3. Что понимается под показателем живучести?

4. Охарактеризуйте свойства надежности.
5. Что называется структурным аспектом надежности?
6. Что называется аппаратным аспектом надежности?
7. Приведите нижнюю границу надежности.
8. Приведите верхнюю границу надежности.
9. На основе каких параметров определяется нижняя и верхняя граница надежности.
10. Что такое долговечность сети?

4.7 Отчет по лабораторной работе

В отчете должно быть отражены:

1. Краткие теоретические сведения.
2. Условия задачи и номер варианта.
3. Решения задачи

Лабораторная работа № 5

Метод рельефа при динамическом управлении

5.1 Цель работы

В результате выполнения лабораторной работы студент должен:

- знать принцип управления телекоммуникационными сетями;
- уяснить принцип динамического управления и методы, применяемые при динамическом управлении;
- изучить метод рельефа, принцип составления матрицы рельефа и матрицы маршрута.

5.2 Задание к лабораторной работе

Выбрать свой вариант, на графе сети определить веса ветвей и для своего варианта составить матрицу рельефа и матрицу маршрута.

5.3 Теоретическое сведение

Принцип управления на сетях связи

Для обеспечения заданного качества обслуживания абонентов в нормальных условиях работы, надежности и эффективности использования всех средств и сооружений связи при повреждениях и перегрузках создана система управления сетью связи.

Управление первичными сетями строится по территориально иерархическому принципу. С этой целью предусматривается создание:

- главного центра управления;
- территориальных центров контроля и управления сетью связи;
- зональных центров управления.

Главный центр управления должен осуществлять управление международной и внутренними сетями.

Территориальные центры контроля и управления создаются для управления сетями на каждой территории.

Зональные центры управления организуются на АМТС каждой зоны нумерации для осуществления управления внутрizonной телефонной сетью.

Система управления на сетях связи должна включать подсистемы: сбора информации о качестве обслуживания вызовов, нагрузке, повреждаемости оборудования и каналов, организации телефонной сети; анализа собранной информации, выбора способов управления структурой сети и потоками нагрузки, выработку управляющих команд.

В свою очередь подсистема сбора информации должна обеспечивать:

- технический контроль на станциях и узлах отображение информации о качестве обслуживания вызовов;

- сбор статистической информации о состоянии сети, об организации сети и технической эксплуатации.

В зависимости от состояния сети используются системы управления: структурой сети и потоками нагрузки на сети.

Управление структурой телефонной сети может осуществляться путем изменения емкости пучков каналов; образования новых прямых или обходных путей.

Управление потоками нагрузки на сети может осуществляться путем перенаправления потоков; ограничения объема поступающей нагрузки; динамического адаптивного управления потоками нагрузки.

Управление на сети при статическом распределении потоков нагрузки

Система управления сетью должна функционировать в процессе установления соединений на телефонной сети. Она предназначена для распределения потоков нагрузки по пучкам и каналам сети с целью обеспечения заданного качества обслуживания при различном состоянии сети (повреждения, перегрузка, перекосы нагрузки). Управление соединением на междугородной и внутризональной сети осуществляется по участкам, через которые проходит соединение, анализируются знаки междугородного номера и выбирается один из возможных путей к станции назначения.

Система предусматривает на АМТС и УАК занятие одного главного направления (прямой путь) и до четырех обходных направлений в следующей последовательности.

В первую очередь выбирается прямой путь к станции назначения, если он имеется и свободен. При занятости прямого пути или его отсутствии нагрузка направляется по одному из обходных путей, порядок выбора которых определяется числом транзитов. В последнюю очередь занимается путь последнего выбора. Для обеспечения нормального качества связи аппаратура управления предусматривает установление соединений по обходным путям не более чем через два УАК одного класса. Система управления процессом установления соединений на сети реализуется в оборудовании станций и узлов и не может быть изменена при изменении ситуации на сети. С помощью такой системы перераспределения потоков нагрузки при повреждениях, перегрузках или перекосах нагрузки возможно только в соответствии с возможностями системы управления, которые предусмотрены оборудованием станций и узлов с замонтированной программой алгоритма управления. Поэтому такую систему, когда алгоритм установления соединения не может быть изменен в связи с изменением ситуации на сети, называют статической системой распределения потоков нагрузки на сети.

Управление на сети при динамическом распределении потоков нагрузки

Появление на телефонных сетях станций и узлов с программным управлением открывает новые возможности для введения адаптивного – динамического управления потоками нагрузки на этих сетях за счет автоматического изменения алгоритма установления соединения в зависимости от изменения ситуации на сети. Так как сеть представляет собой большую и сложную систему со многими обратными связями и постоянно изменяющимися параметрами нагрузки. Необходимо отметить, что телефонная нагрузка – эта величина, которая постоянно меняет свою величину и отсчет распределение телефонной нагрузки на сети постоянно меняется, создавая перекосы нагрузки, то есть перегрузки и недогрузки на отдельных ее участках. Необходимость в перераспределении нагрузки возникает и при повреждениях сооружений сети.

Кроме того, при проектировании телефонной сети пользуются статистическими материалами о телефонной нагрузке, накопленными за ряд лет. Прогнозирование же нагрузки на 15 – 20 лет вперед дает лишь приближенную картину, на основе которой строится сеть. Все это приводит к тому, что действительная нагрузка значительно отличается от проектируемой.

Создание системы отображения изменяющейся нагрузки на сети и анализ возможности сети её перераспределение это задача адаптивных динамических систем управления. Это позволяет повысить использование сооружений сети.

При длительных перегрузках или недогрузках отдельных ветвей или выходе их из строя выбранной ранее плана распределения нагрузки.

Порядок выбора исходящих направлений из УК_i ко всем остальным узлам сети, то есть план распределения нагрузки узла УК_i можно представить матрицей маршрутов M_i для УК_i

$$M_i = \begin{matrix} & \begin{matrix} UK_1 & UK_2 & \dots & UK_N \end{matrix} \\ \begin{matrix} \beta_{i1} \\ \beta_{i2} \\ \dots \\ \beta_{in} \end{matrix} & \begin{vmatrix} m_{i1,1} & m_{i1,2} & \dots & m_{i1,N} \\ m_{i2,1} & m_{i2,2} & \dots & m_{i2,N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ m_{in,1} & m_{in,2} & \dots & m_{in,N} \end{vmatrix} \end{matrix}$$

В матрице маршрутов число столбцов равно N – 1, где N – число узлов на сети, а число строк числу n соседних с рассматриваемым УК_i узлов. Элемент m_{jr} матрицы M_i указывает номер очередности выбора ветви β_i при установлении соединения к узлу УК_r, то есть m_{jr} → { 1, 2 ... n }.

Все существующие способы динамического управления потоками нагрузки делятся на детерминированные и статические. Они в свою очередь, могут быть реализованы как централизованные и децентрализованные.

При централизованном принципе построения системы управления имеется одно или несколько дублирующих друг друга управляющих устройств сети. При этом управляющие устройства сети передают параметры управления каждому узлу коммутации. Данные параметры управления определяют режим обслуживания абонентов различной категории. Информация о состоянии на сети отображения.

При децентрализованном принципе построения системы управления управляющего устройства сети находятся на каждом узле коммутации и анализируют информацию не о своей сети, а лишь локальную информацию о ближайших к данному узлу коммутации участках сети. Однако в совокупности устройства управления сетью всех узлов коммутации должны обеспечить те же функции, что и устройство управления сетью при централизованном принципе построения системы управления.

Для обеспечения нормальной работы и развития сети связи в условиях изменяющихся требований к ней, внешних воздействий, изменений структуры сети, появления новых видов связей и услуг, а также изменений потоков необходимо иметь соответствующие системы управления сетью. Основным назначением сети связи является доставка информации. Поэтому системы управления на сетях связи обеспечивают, с одной стороны, развитие и поддержание в рабочем состоянии как сети в целом, так и отдельных ее составляющих, для того чтобы они могли выполнять свои функции, а с другой – распределение и доставку отдельных сообщений по адресу с соблюдением различных требований к этой доставке.

Способ управления, при котором производится изменение плана распределения потоков по направлениям, по величине или характеру распределения вызовов в потоке в зависимости от изменения состояния сети или ее отдельных частей, получил название динамического управления.

В общем случае при динамическом управлении на сети связи для оценки состояния сети или ее отдельных частей устройства, предназначенные для управления сетью, должны накапливать информацию о состоянии сети в течение некоторого периода времени, усреднять ее и производить управление по средним значениям. Длительность периода накопления информации о состоянии сети определяет эффективность управления. Очень короткие периоды не позволяют получить достаточно достоверную информацию, и управление по коротким интервалам накопления информации может оказаться неэффективным из-за принятия слишком частых и поспешных решений, не обеспечивающих эффективности функционирования сети. С другой стороны, чрезмерно длинные интервалы наблюдений без принятия решений об изменении плана распределения потоков делают сеть консервативно, работающей неэффективно в течение длительных периодов.

На сети различают централизованный, зонный и децентрализованный способы управления.

При централизованном способе управления вся информация накапливается в едином центре и на ее основании принимается общее решение для всех элементов сети, которое и передается в соответствующие звенья сети для его исполнения.

Другим, противоположным способом управления является децентрализованное управление, при котором отдельные узлы сети принимают местные решения об алгоритмах установления соединений на основании информации от близлежащих узлов.

Зоновый способ управления является промежуточным между указанными выше двумя способами. При этом способе информация о состоянии сети собирается в пределах части сети и решения, принимаемые Зоновым управляющим устройством, предназначаются для их использования в пределах рассматриваемой зоны.

5.4 ЗАДАЧА

Условие задачи

На сети заданной структуры необходимо:

- составить i -рельеф (рельеф узла i);
- для узла j составить один столбец матрицы маршрутов M_j (для установления соединения с узлом i);
- переформировать i -рельеф и внести изменения в матрицу маршрутов при выходе из строя ребра (ветви) β_{ij} . Номера i, j, β_{ij} взять в соответствии с вариантом из табл.1;
- проанализировать возможность использования метода рельефов при децентрализованном принципе построения системы ДУ (динамическое управление).

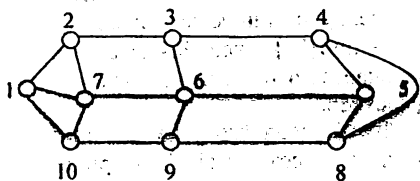


Рис.5.1 Граф сети

Таблица 5.1

Номера узлов и ребер	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
i	1	2	3	4	5	5	7	8	9	10
j	9	4	3	9	1	2	8	1	1	4
β_{ij}	$V_{1,10}$	$V_{2,2}$	$V_{2,1}$	$V_{3,4}$	$V_{5,7}$	$V_{3,4}$	$V_{5,8}$	$V_{8,10}$	$V_{10,9}$	$V_{9,8}$

Номера узлов и ребер	Номер варианта									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
i	1	2	3	1	5	5	7	8	1	1
j	6	10	9	8	7	3	5	10	4	5
β_{ij}	$V_{7,1}$	$V_{7,2}$	$V_{6,3}$	$V_{10,9}$	$V_{6,5}$	$V_{4,5}$	$V_{6,5}$	$V_{9,8}$	$V_{2,3}$	$V_{7,6}$

5.5 Пример решения задачи

По заданию требуется построить рельеф только для одного i -го УК. Построенным i -рельефом можно пользоваться только при установлении соединения от любого другого УК $_k$ к узлу i . Фиксируется соседний с УК $_i$ узел j . Стрелка, исходящая от узла i и показывающая вес этого направления, должна иметь высоту l , что имеет тот физический смысл, что при установлении соединения от УК $_j$ до УК $_i$ используется путь в один транзитный участок. Если рассмотреть расстояния от узлов, соседних узлу j , то очевидно, путь установления соединения от этих узлов по направлению к узлу j будет иметь длину на один транзитный участок больше, т.е. 2 и т.д. Присвоение рельефа на графе сети можно проводить, пользуясь следующим простым алгоритмом.

1. Рассмотрим произвольный УК $_r$, управляющее устройство рассматривает веса исходящих стрелок и выбирает стрелку с минимальной высотой. Эта высота считается высотой узла H_r : $H_r = \min\{h_{rj}\}$, где h_{rj} - высота ребра b_{rj} . Физический смысл этого действия заключается в том, что на узле отмечается кратчайший путь в числе транзитных участков.

2. Высота H_r передается соседям, ЭУМ соседнего узла ω , приняв H_r , отмечает направление, ведущее от ω к r высотой (H_r+1) , придерживаясь того правила, что если путь от соседнего УК $_r$ до УК $_i$ составляет некоторое число транзитных участков, то от УК $_i$ этот путь будет на 1 участок длиннее. Придерживаясь такого алгоритма, можно сформировать рельеф всей сети, при этом алгоритм является децентрализованным, каждая ЭУМ работает независимо от ЭУМ других УК. Однако между узлами передается информация об их весах. Пример рельефа для УК $_1$ показан для графа сети на рис.6.2. Для практического использования на сетях связи алгоритм несколько видоизменен. Когда ЭУМ УК ведет просмотр направлений с целью вычисления своей высоты, она учитывает, для какого узла вычисляется высота, и исключает из рассмотрения направление, ведущее к этому узлу. Это позволяет избежать образования петель, Например, если H_3 посылается к УК $_2$, то из рассмотрения

исключается высота h_{32} и в результате $H=3$. Новый вес ребра b_{23} приведен в кружочке. Это позволяет исключить из рассмотрения путь $\mu_{2,3,2,1}$.

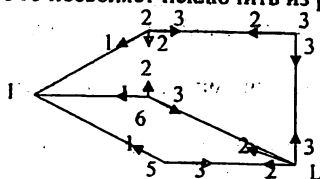


Рис 5.2. Граф сети

Алгоритм метода рельефа обладает свойством исправлять неправильные веса, которые могут возникнуть в том случае, если в сети вышло из строя ребро или им нельзя пользоваться в результате возникшей перегрузки. Управляющее устройство узла, на котором это произошло, сообщает всем своим соседям новый вес, если, конечно, вышло из строя направление с минимальным весом. Таким образом, рельеф соседних узлов меняется в соответствии с заданным выше алгоритмом. Если высота УК в результате выхода из строя ребра не меняется, изменение рельефа на соседних УК не происходит. В задании требуется составить матрицу маршрутов для УК_j. Лучше всего привести матрицу рельефов и на ней пояснить построения матрицы маршрутов. Пусть матрицу маршрутов требуется построить для УК₄ сети рис.2. Ниже приведены соответствующие столбцы матрицы рельефов R_4 и маршрутов M_4 . Веса в матрице рельефов обозначает число транзитных участков в кратчайшем пути от УК₄ до УК_i, если устанавливать соединение по направлению b_{ij} . Числа в матрице маршрутов задают порядок выбора направлений.

$$R_4 = \begin{array}{c} b_{43} \\ b_{46} \\ b_{45} \end{array} \left| \begin{array}{c} 3 \\ 2 \\ 2 \end{array} \right| \qquad M_4 = \begin{array}{c} b_{43} \\ b_{46} \\ b_{45} \end{array} \left| \begin{array}{c} 3 \\ 1(2) \\ 2(1) \end{array} \right|$$

Заметим, что направления b_{46} и b_{45} с точки зрения выбранного критерия равноценны, поэтому в скобках в M_4 указан другой возможный вариант порядка выбора.

Если вышло из строя какое – либо ребро сети, то необходимо провести изменение рельефа (лучше всего это сделать на новом чертеже графа сети), затем сформировать для этого случая заданный столбец матриц рельефа и маршрута.

5.6 Контрольные вопросы

1. Из каких подсистем состоит система управления по сети связи?
2. Что вы понимаете под статической системой распределения потоков нагрузки по сети?
3. В чем сущность задачи адаптивных динамических систем управления?
4. Что называется матрицей маршрутов?
5. Что вы понимаете под централизованным и децентрализованным принципами построения системы управления?
6. Что характеризует матрица рельефа?
7. Каким образом определяется вес ветви.
8. Охарактеризуйте динамический метод управления.
9. Методы используемые при динамическом методы управления.
10. Статистический метод управления в телекоммуникационных сетях связи.

5.7 Отчет по лабораторной работе

В отчете должно быть отражены:

1. Краткие теоретические сведения.
2. Условия задачи и номер варианта.
3. Решения задачи

Лабораторная работа № 6

Расчёт обходных направлений.

6.1 Цель работы:

Изучения принципа динамического управления; понятие об обходных направлениях методы расчёта обходных направлений. В результате выполнения лабораторной работы студент должен:

Знать: первую формулу Эрланга, понятие избыточного потока и расчёт телефонной нагрузки на обходном направлении.

Уметь: выполнить расчёты по определению обходных направлений методом Эрланга и Энгсета.

6.2 Задание к лабораторной работе

Выбрать свой вариант, рассчитать избыточную телефонную нагрузку в обходном направлении и определить число каналов в обходном направлении методом Эрланга и Энгсета

6.3 Теоретические сведения.

Система управления сетью должна функционировать в процессе установления соединений на автоматически коммутируемой телефонной сети. Она предназначена для распределения потоков нагрузки по пучкам и каналам сети целью обеспечения при различных состояний сети управления процесс установления соединений на сети реализуется оборудованием станций и узлов и не может быть изменена при изменении ситуации на сети с помощью таких систем перераспределения потоков нагрузки при повреждениях, перезагрузках или переносах нагрузки возможно и только в соответствии с возможностями системы управления, которые предусмотрены оборудованием станций и узлов в замонтированной программой алгоритма управления. Поэтому такую систему, когда алгоритм установления соединения не может быть изменен в связи с изменением ситуации на сети, называют статической системой распределения потоков нагрузки на сети или статическим управлением.

Появление на телефонной сети станций и узлов с программным управлением открывает новые возможности для ведения адаптивного – динамического управления потоками нагрузки на этих сетях за счет автоматического изменения алгоритма установления соединения в зависимости от изменения ситуации на сети.

Сеть представляет собой большую и сложную систему со многими обратными связями и постоянно изменяющимися параметрами нагрузки.

Нет двух моментов, когда характеристика нагрузки на сети были бы одинаковы по величине и направлению.

Создание системы отображения изменяющейся нагрузки на телефонной сети и на основе анализа возможностей сети, ее перераспределение – задача адаптивных динамических систем управления. Это позволяет повысить использование сооружений сети. Рассмотрим понятие плана распределения нагрузки (ПРН) применительно к коммутируемой сети связи.

Пусть задан граф сети, на которой определенный поток нагрузки распределяется от УК_А к узлу УК_Е. для передачи этого потока допускается установление соединений на УК_А как по ветви В_{АЕ}, так и по ветвям В_{АВ} и В_{АС}. В последних двух случаях соединение от УК_А к УК_Е будет установлено через транзитные узлы УК_В и УК_С. Следовательно, от УК_А к УК_Е можно устанавливать соединения по трем путям различной длины. Кратчайшим путем от узла УК_А к УК_Е будет путь, проходящий через ветвь В_{АЕ}. Назовем ветвью первого выбора ветвь, которая входит в кратчайший путь. Выбор ветвей в УК происходит в порядке возрастания их длины. Число обходных направлений может быть меньше или равно общему числу исходящих из данного УК ветвей.

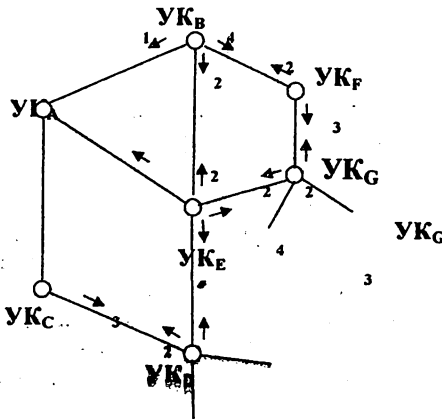


Рис 6.1 Граф сети

Если свободных каналов в В_{АЕ} нет, то отыскивается свободный канал в В_{АВ}. При наличии свободного канала В_{АВ} соединение с УК_Е установится через УК_В. Если свободных каналов не оказалось ни в В_{АЕ}, ни В_{АВ}, то соединение будет устанавливаться в направлении В_{АС}. При установлении соединений к другому УК порядок выбора ветвей может быть другим. Распределение по каждому УК порядка выбора ветвей для

установления соединений ко всем остальным УК называется планом распределения нагрузки ПРН. При длительных перезагрузках или недозагрузках отдельных ветвей или выходе их из строя выбранной ранее план распределения нагрузки может оказаться не оптимальным, то есть не обеспечивающим максимальную пропускную способность сети при заданном качестве обслуживания. Одной из основных задач динамического управления является анализ ситуации на сети и корректировка плана распределения нагрузки. Порядок выбора исходящих направлений из УК, можно представить матрицей маршрутов для УК.

6.4 Задание Условие задачи

Задан фрагмент иерархической сети Рис. 6.2 а,б. На обходное направление (отмеченное на рис 6.2 а жирной линией) поступает избыточные потоки с нескольких направлений высокого использования. Нагрузка, не обслуженная каналами обходного направления, теряется. Все пучки каналов полностью доступны.

В таблице 6.1 даны интенсивности Пуассоновских (простейших) потоков нагрузки, поступающих на прямые направления U_i , число каналов в прямых пучках V_i , $i=1 \dots 5$.

Определить число каналов в обходном направлении при норме потерь $P_{обх} = 0,01$ двумя способами:

- учитывая только первые моменты (то есть интенсивности) избыточных нагрузок;
- пользуясь интенсивностями и дисперсиями (первыми и вторыми моментами) избыточных нагрузок.

Сравнить полученные результаты, объяснить характер и причины расхождения.

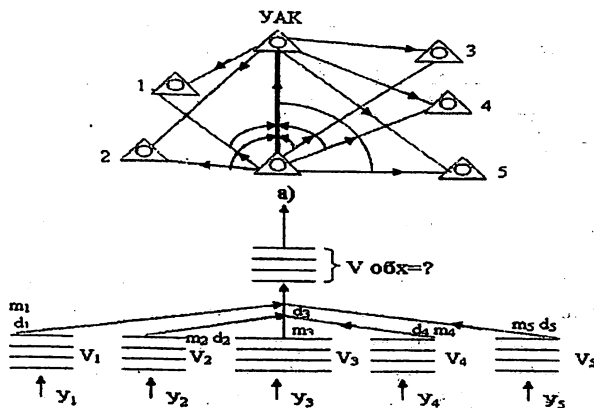


Рис 6.2 Фрагмент сети.

Таблица 6.1

№вариант N _i пучка	1		2		3		4		5		6		7	
	Y _i	V _i	Y _i	V _i	Y _i	V _i	Y _i	V _i	Y _i	V _i	Y _i	V _i	Y _i	V _i
1	19	20	17,8	18	16,2	16	16,9	17	16,4	18	15,5	16	12,8	14
2	14,5	15	15,5	16	20	19	17,5	18	8,6	9	18	17	12	12
3	18,2	19	17	16	11,3	12	16,7	16	14,9	15	13,5	14	10,3	11
4	10,9	12	11,5	12	9,2	10	12	12	11,4	12	11,7	13	11,5,9	16
5	9,6	10	12,9	13	19,7	20	15,6	15	9	10	15,6	16	11,8	12

№вариант N _i пучка	8		9		10		11		12		13		14	
	Y _i	V _i	Y _i	V _i	Y _i	V _i	Y _i	V _i	Y _i	V _i	Y _i	V _i	Y _i	V _i
1	14	14	14,7	15	11,4	12	17,8	20	9,6	13	15,6	20	11,3	14
2	13,5	14	9,5	10	10,5	11	14,5	15	11	12	19,7	15	19	19
3	16,5	17	13,2	13	14,4	14	17	19	18	19	12	10	17	20
4	11,7	12	18,5	18	20,8	11	10,9	12	16	16	9,2	12	16,2	16
5	9,7	10	15	15	15,5	16	12,9	10	14,5	18	16,4	18	10	12

№вариант N _i пучка	15		16		17		18		19		20		21	
	Y _i	V _i	Y _i	V _i	Y _i	V _i	Y _i	V _i	Y _i	V _i	Y _i	V _i	Y _i	V _i
1	15,6	17	12,9	14	12,8	14	17	18	11,4	15	14,9	15	9	11
2	9	11	14,9	15	9,8	10	10,5	11	10,5	12	9,5	11	12,8	13
3	12	13	9	9	12	12	13,8	14	14,4	15	13,8	14	17	18
4	11,6	12	16	18	15,9	17	10	11	10,5	12	18,5	19	11	12
5	13,5	14	15,5	16	13	14	14	14	15,5	16	15,5	17	12,4	14

№вариант N _i пучка	22		23		24	
	Y _i	V _i	Y _i	V _i	Y _i	V _i
1	10	11	17	20	10,4	11
2	8	10	13	15	8,5	9
3	12,4	13	18,4	19	11	12
4	13,5	14	14	16	16,7	18
5	17	19	11,8	12	15	17

6.5 Пример решения.

Для того, чтобы произвести расчет числа каналов в обходном направлении, необходимо в начале определить параметры избыточной нагрузки, математическое ожидание нагрузки при расчетах по пункту а) и математическое ожидание и дисперсию, если расчет проводится по пункту б).

Проводим расчет по пункту а). При этом рассматривается каждый пучок каналов в прямом направлении V_i , $i = 1, 2 \dots 5$ на который поступает

Пуассоновский поток нагрузки. Считаем пучок полнодоступным. Тогда расчет математического ожидания избыточной нагрузки определим по формуле:

$$m_i = y_i E_{v_i}(y_i) \quad (6.1)$$

где $E_{v_i}(y_i)$ - вероятность отказов в полнодоступном пучке при поступлении Пуассоновского потока и экспоненциальном законе распределения времени обслуживания (первая формула Эрланга)

Для i - го пучка каналов

$$E_{v_i}(Y_i) = Y_i^{v_i} v_i! / \sum_{j=0}^{v_i} Y_j^j / j! \quad (6.2)$$

где Y_i - интенсивность поступающей на пучок нагрузки

v_i - число каналов в пучке.

Эта формула широко известна, однако для практических расчетов удобнее пользоваться другой рекуррентной формулой:

$$E_j(Y_i) = Y_i E_{j-1}(Y_i) / j + Y_i E_{j-1}(Y_i), \quad E_0(Y_i) = 1 \quad (6.3)$$

Индекс j обозначает состояние системы и меняется от 0 до v_i , т. е. $j=0, 1, \dots, (v_i-1), v_i$.

Для случая а) считаем, что избыточные потоки от пяти первичных пучков являются Пуассоновскими. Определяем интенсивность потока на обходное направление:

$$M = \sum_{i=1}^5 m_i \quad (6.4)$$

Теперь получаем схему для расчета обходного направления: Обходное направление - это полнодоступный пучок, на который поступает Пуассоновский поток интенсивностью M рис. 6.3. Зная вероятность отказов на обходном направлении (1%), методом подбора можно определить величину $v_{обх}$.

Однако избыточные потоки, как показывают измерения на реальных сетях, не являются Пуассоновскими, для которых характерен равномерный характер поступления вызовов и дисперсия нагрузки равна ее математическому ожиданию $m_i = d_i$. Для избыточного потока характерно неравенство $m_i < d_i$, то есть он характеризуется наличием малых отрезков времени, на которых имеются большие скопления вызываемыми и больших отрезков времени, когда вызовы отсутствуют.

Поэтому расчеты $v_{обх}$ по формуле (6.2) будут неточными, а это приводит к тому, что сеть не будет обеспечивать заданную норму потерь. В связи с чем расчет лучше вести методом эквивалентной замены, предложенным Вилкинсоном. Для каждого избыточного потока вычисляется математическое ожидание нагрузки m_i по формуле (6.1), что сделано в расчетах пункта б)

задания. Помимо этого, нужно определить величины дисперсии избыточных нагрузок от всех прямых пучков:

$$d_i = m_i (1 + Y_i / V_i + 1 + m_i - Y_i) \quad (6.5)$$

Для объединенного избыточного потока, поступающего на обходное направление, имеет :

$$M \equiv \sum_{i=1}^5 m_i; \quad D = \sum_{i=1}^5 d_i \quad (6.6)$$

Для учета колеблемости поступающего потока при расчете числа каналов в обходном направлении $V_{обх}$ следует использовать метод «эквивалентной замены» Вилкинсона. Производим эквивалентную замену пяти первичных полнодоступных пучков на каждый из которых поступает нагрузка интенсивностью Y_i , одним полнодоступным пучком емкостью S (рис. 6.4).

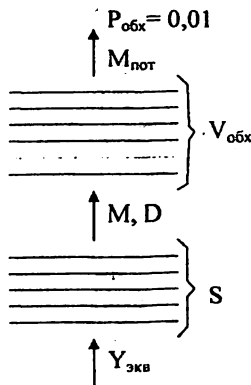


Рис. 6.4. Полнодоступный пучок линий

Рассматриваем всю эту схему как один полнодоступный пучок емкостью $V_{обх} + S$, на вход которого поступает эквивалентная нагрузка $Y_{эkv}$. Значения $Y_{эkv}$ и S можно определить методом подбора по формуле (6.1) и (6.5), если Y заменить на $Y_{эkv}$, а $E(Y)$ на $E_s(Y_{эkv})$, то есть рассматриваем нижнюю часть схемы (рис 6.4) как полнодоступный пучок в S каналов, на который поступает Пуассоновский поток интенсивностью $Y_{эkv}$, что создает избыточную нагрузку с интенсивностью M дисперсий D . Однако проводить расчеты по этим формулам очень сложно и лучше пользоваться простыми и приближенными, формулами:

$$Y_{\text{экв}} = D + 3 \frac{D}{M} \left(\frac{D}{M} - 1 \right) \quad (6.7)$$

$$S = Y_{\text{экв}} \frac{M^2 + D}{M^2 + D - M} - M - 1 \quad (6.8)$$

Число каналов S может быть дробным. Далее рассматриваем пучок ($V_{\text{обк}} + S$) каналов. На (6.7) и (6.8) найдены S и $Y_{\text{экв}}$

Потери в эквивалентной схеме рис 6.4 можно рассчитать по формуле:

$$P_{\text{экв}} = P_s * P_{\text{обк}}$$

Где P_s – потери в пучке в S каналов, которые можно найти как отношение интенсивности потерянной и пропущенной нагрузки.

$$P_s = M / Y_s$$

Нормативное значение потерь в обходном направлении $P_{\text{обк}}$ известно и равно 0,01. Отсюда можно определить $P_{\text{экв}}$ по формуле

$$P_{\text{экв}} = \frac{M * P_{\text{обк}}}{Y_{\text{экв}}} \quad (6.9)$$

Рассматривая ($S + V_{\text{обк}}$) как общий полнодоступный пучок, можно применить для его расчета формулу Эрланга:

$$P_{\text{экв}} = E_{(\text{обк}+S)}(Y_{\text{экв}}) \quad (6.10)$$

Из (6.10) методом подбора можно найти величину ($V_{\text{обк}} + S$). Зная число каналов в эквивалентном пучке, отсюда можно найти $V_{\text{обк}}$.

6.6 Контрольные вопросы

1. Приведите методы расчета обходных направлений.
2. Какая нагрузка является избыточной нагрузкой.
3. Объясните путь последнего выбора.
4. Какой путь является путем первого выбора.
5. Какой путь называется путем высокого использования.
6. В чем особенность расчета избыточных нагрузок на обходных направлениях сетей связи.
7. Какого эффективность введения обходных направлений?
8. Что называется обходным направлением?

9. Объясните понятие избыточного потока.

10. Каким образом определяется число каналов в обходном направлении.

6.7 Отчет по лабораторной работе

В отчете должно быть отражены:

1. Краткие теоретические сведения.
2. Условия задачи и номер варианта.
3. Решения задачи

Лабораторная работа №7 Структура интерфейсов базового доступа.

7.1 Цель работы

В результате выполнения лабораторной работы студент должен:

- Знать принцип построения ЦСИО.
- Уяснить архитектуру построения ЦСИО.
- Изучить систему доступа сетей ЦСИО.

7.2 Задание к лабораторной работе

Изучить принцип построения ЦСИО, функции и циклическую структуру построения интерфейсов базового и первичного доступа.

7.3 Теоретическая часть

Базовый и первичный доступ (физический уровень).

Базовый (основной) и первичный доступы являются двумя типами системы доступа, через которые подключаются оконечные терминалы к узлам коммутации ЦСИО.

Базовый доступ является основным для большинства оконечных терминалов, а первичный доступ – используется для оконечных систем с повышенной нагрузочной способностью. Например, для систем коммутации в больших учреждениях.

$БД = 2В + D$, где БД – базовый доступ

Также через первичный доступ возможно подключение локальных ведомственных сетей, баз данных.

Базовый доступ обеспечивает 2 информационных канала В со скоростью передачи 64 кбит/с и 1 D-канал со скоростью – 16 кбит/с. Для организации базового доступа используются стандартные двухпроводные телефонные абонентские линии с номинальной скоростью передачи 144 кбит/с. Однако в точке интерфейса с сетью суммарная скорость передачи должна быть 192 кбит/с, так как необходимо еще передать информацию, обеспечивающую синхронизацию и управление цифровым потоком.

Структурная схема базового доступа имеет следующий вид:

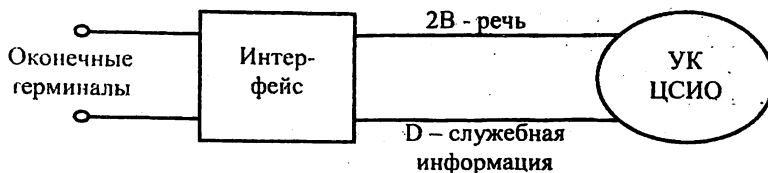


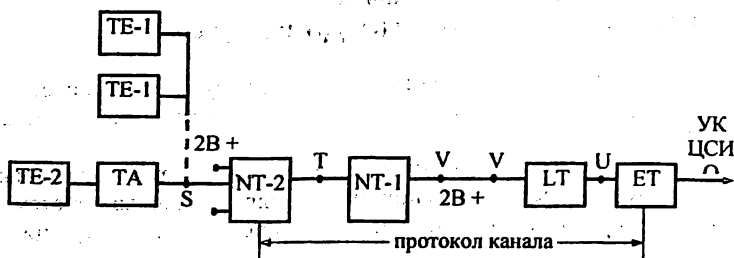
Рис. 7.1 Структура базового доступа

Для организации первичного доступа используется существующая система передачи ИКМ-30/32, которая содержит 32 канала со скоростью передачи 64 кбит/с. Из них 0 (нулевой) канал используется для синхронизации и управления, 16 канал используется как канал D (служебный) со скоростью передачи 64 кбит/с. Остальные 30 каналов используются как каналы В (для передачи речи).

$ПД = 30В + D$, где ПД – первичный доступ

Номинальная скорость передачи = 1984 кбит/с, а с учетом нулевого канала
-реальная скорость передачи = 2048 кбит/с.

Принцип построения базового доступа



TE – terminal element – оконечный терминал,
TA – телефонный аппарат,
NT – network terminal – сетевое окончание,
LT – linear terminal – линейный терминал,
ET – station terminal – станционное окончание,
S, T, V, U – интерфейсы.

Рис. 7.2. Функциональная схема базового доступа

Базовый доступ служит для подключения оконечных терминалов двух типов - TE-1 и TE-2.

TE-1 – интеллектуальный оконечный терминал

TE-2 – неинтеллектуальный оконечный терминал.

Оконечные терминалы TE-1 представляют собой интеллектуальные однофункциональные или многофункциональные терминалы, которые разработаны в соответствии с рекомендациями МККТТ по интерфейсу пользователь-сеть и предназначены для подключения в сеть интегрального обслуживания через базовый доступ.

Оконечные терминалы TE-2 – множество существующих в настоящее время терминалов. Эти терминалы разрабатывались для использования на сетях различного назначения. Для их включения в сеть интегрального обслуживания необходимо специальное оборудование, называемое терминальным адаптером.

NT-2 является сетевым окончанием, которое выполняет функции коммутации и концентрации нагрузки для группы оконечных терминалов. NT-2 осуществляет выравнивание сигналов, поступающих от различных оконечных терминалов 1 типа и терминальных адаптеров с коррекцией искажений. Каждый NT-2 может содержать несколько S-интерфейсных портов для подключения оконечных терминалов. При этом один порт позволяет подключить до 8 оконечных терминалов. Если требуется только один интерфейсный порт, то интерфейсы S и T сливаются, и NT-1 и NT-2 выполняют одну функцию, т.е. являются физически одним целым.

NT-1 является физическим и электрическим окончанием оборудования, подключаемого к двухпроводной абонентской линии с номинальной скоростью – 144 кбит/с.

LT – линейный терминал, который является линейным окончанием, т.е. оконечным оборудованием абонентской линии на узлах коммутации.

LT и NT-2 являются однотипным оборудованием, которое зеркально включается на концах абонентской линии. Это оборудование обеспечивает синхронизацию и управление на физическом уровне, а также поддерживает заданную скорость передачи информации, тем самым реализуя интерфейс V.

ET – станционное окончание, которое выполняет функции оконечного станционного комплекта по сигнализации. Кроме того, станционное окончание содержит пакетное запоминающее устройство и обеспечивает обработку пакетной информации.

Интерфейс U служит для организации базового доступа с использованием обычной двухпроводной абонентской линии, а также передачи цифровой информации по этой линии, т.е. протокол физического уровня, который определяет скорость передачи, способ синхронизации, организацию дуплексной связи, линейный код. Номинальная скорость передачи информации по абонентской линии 144 кбит/с. Передача цифровой информации по этой линии, т.е. протокол физического уровня, который определяет скорость передачи, способ синхронизации, организацию дуплексной связи, линейный код. Синхронизация абонентской линии – цикловая структура интерфейса V, передаваемый цифровой поток по времени делится на циклы по 4 мс каждый. Один цикл содержит 640 бит, которые разделены на 34 сегмента. 32 сегмента ($W_1 - W_{32}$) – сегменты синхрослова и один сегмент управления SYN.

Каждый сегмент W состоит из 19 бит, причем 8 бит для канала B_1 , 8 бит для канала B_2 и плюс 2 бита для D, а один имеет постоянное нулевое значение. Сегмент SYN состоит из 19 бит, причем значение всех битов равно единице.

Сегмент S состоит из 13 бит, 12 из которых используются для передачи управляющей информации физического уровня, а 1 бит имеет постоянное значение.

Таким образом, за 4 мс осуществляется передача 640 бит информации, что соответствует скорости передачи 160 кбит/с.

Организация дуплексной связи может быть осуществлена при помощи 2 способов:

1. По 2-х проводной абонентской линии, так называемый «пинг-понг».

Обмен информации между NT-1 и LT осуществляется поочередно, т.е. передача информации от NT-1 к LT, и обратно, от LT к NT-1, только разнесена во времени. Этот способ не требует больших затрат на аппаратную реализацию, но необходимо увеличение скорости передачи в два раза.

2. С использованием дифференциальной системы.

При использовании дифференциальной системы передача информации в обоих направлениях осуществляется одновременно. Однако из-за несовершенства дифференциальной системы и невозможности четкого согласования при подключении к линии возникает отраженный сигнал, так называемое ЭХО. Для компенсации этого сигнала используется специальный адаптивный фильтр, который обеспечивает компенсацию эхо-сигнала на выходе приемника. Этот метод наиболее сложен в аппаратной реализации. Однако на практике он дает лучшее качество связи, чем способ «пинг-понг».

Интерфейсы S и T(сеть пользователя). Границей между сетью и аппаратной пользователя является S-интерфейс. Пользователь имеет право включать в каждый порт стандартного S-интерфейса до 8 оконечных терминалов, удовлетворяющих требованиям ЦСИО.

Подключение оконечных терминалов осуществляется через S-интерфейс, основными функциями которого являются:

- подключение к одному порту до 8 оконечных терминалов;
- обеспечение возможности одновременного обмена информации для нескольких оконечных терминалов;
- распределение поступающих вызовов между оконечными терминалами с учетом их назначения;
- обеспечение передачи информации на участке S-интерфейса с затуханием не более 6 дБ.

Линия от S-интерфейса до оконечного терминала называется терминальной линией, которая всегда 4-х проводная. Реализация вышеперечисленных функций возложена на NT-2. NT-2 выполняет функции первого уровня и частично второго. А также если имеется несколько портов подключения оконечных терминалов, то - и третьего уровня. Возможны случаи, когда NT-2 выполняет функции только первого уровня, т.е. физического уровня. В этом случае S-интерфейс называется прозрачным, т.е. происходит слияние интерфейсов S и T.

Примером может служить, когда к абонентской линии подключается только один оконечный терминал. Номинальная скорость передачи на участке S-интерфейса – 144 кбит/с, а действительная – 192 кбит/с. В общем случае S-интерфейс имеет многоточечную структуру, и в зависимости от расстояния от оконечного терминала до NT-2 может иметь конфигурацию активной шины ли звезды. При одноточечной структуре S-интерфейса, т.е. когда к порту NT-2

подключается только один оконечный терминал, он имеет конфигурацию из конца в конец. Конфигурация пассивной шины наиболее целесообразна для небольших абонентских пунктов, например, школы, магазины и т.п.

Интерфейс T выделяется при реализации первичного доступа, а также базового доступа многоточечной конфигурации подключения оконечных терминалов.

Функции T-интерфейса реализуются в NT-1. T-интерфейс имеет скорость передачи 256 кбит/с. При этом формат T-интерфейса аналогичен формату V-интерфейса. При одноточечном подключении, т.е. когда имеется одно абонентское окончание и отсутствует NT-2, терминальная линия включается непосредственно в оборудование, реализующее S и T интерфейсы.

Интерфейс U – станционный модуль, обычно обеспечивает подключение группы абонентских линий (или группы LT). Таким образом, станционный модуль, реализующий функции U-интерфейса, обеспечивает мультиплексирование цифровых потоков, поступающих от группы линейных окончаний. С точки зрения унификации станционный модуль, который является терминальным модулем узла коммутации, целесообразно использовать стандартную скорость передачи – 2048 кбит/с с первичной цифровой системой передачи, содержащей 32 канала.

7.4 Контрольные вопросы

1. Понятие ЦСИО. Для чего она необходима?
2. Что является основой ЦСИО и каково ее основное назначение?
3. Опишите этапы перехода аналоговой сети к ЦСИО.
4. Что необходимо сделать для создания сети ЦСИО? Почему?
5. Какого типа информацию может передавать ЦСИО? Какие каналы необходимы для этого?
6. Чего можно достичь внедрением сети ЦСИО?
7. Что такое базовый и первичный доступы? В чем их отличие?
8. Для чего необходимы S, T, V, U – интерфейсы? Где они реализуются?
9. Приведите циклическую структуру интерфейса S.
10. Объясните назначение и функции NT-1, NT-2.
11. Какую функцию выполняют ET, LT.
12. Какая линия называется терминальной линией?

7.5 Отчет к лабораторной работе

В отчете должно быть отражены:

1. Краткие теоретические сведения.
2. Структура базового доступа.
3. Циклическая структура интерфейсов базового и первичного доступа.

Список литературы.

1. Зайончковский Е.А., Пшеничников А.П., Романцев В.М. Автоматическая междугородная связь. – М.: Радио и связь, 1984.
2. Теория сетей связи/Под ред. В.Н. Рогинского.- М.: Связь, 1981.
3. Бакалейщик Ф.Б. Проектирование автоматических междугородних телефонных станций. – М.: Связь. 1980.
4. Лазерев В.Г. Электронная коммутация в узлах связи. – М.: Связь, 1974.
5. Давыдов Г.В., Рогинский В.Н., Толчан А.Я., Сети электросвязи. – М.: Связь 1977.
6. Глушков В.М., Калинин Л.А., Лазерев В.Г., Сифоров В.И. Сети ЭВМ. – М.: Связь, 1977.
7. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями. – М.: Мир, 1979.
8. Ершов В.А., Кузнецов Н.А. Мультисервисные сети. МГТУ Н.Е. Баумана, 2003г.
9. Гольдштейн Б.С., Ехрисль И.М., Рерле Р.Д. Интеллектуальные сети. – М.: Радио и связь, 2003г.
10. Семёнов Ю.В. Проектирование сетей следующего поколения. С-Пб.: Наука и техника, 2005г.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие-----	3
1. Расчет структурных параметров сетей связи-----	4
2. Синтез структуры первичной сети-----	15
3. Синтез структуры вторичной сети-----	26
4. Расчет структурной надежности сетей связи-----	35
5. Метод рельефа при динамическом управлении-----	41
6. Расчет обходных направлений-----	49
7. Структура интерфейсов базового доступа-----	57
Список литературы-----	62

Методическое пособие
по дисциплине
«Телекоммуникационные сети»

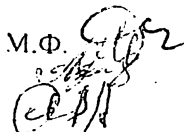
Рассмотрено и одобрено на
заседании кафедры ТС и СК,
Протокол №6 26 ноябрь 2007 г.
ТАТУ НМС__ - протокол
2008г. _____

Составители:

Абдурахмонова М.Ф.

Азизова Н.Н.

Султанов И.



Ответственный редактор:
Корректор:

Сон В.М.

Хамдам-Заде Л.Х.



Формат 60x84 1/16 Заказ № 14 Дираж 9^{го}

Отпечатано в Издательско
полиграфическом
центре «ALOQACHI» при ТУИТ
ул. Ташкент Амир Темура, 108