

Г.Б. АВШАРЯН, Р.Г. КИРАКОСЯН

МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ СХЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ

Описан метод проектирования схемы компьютерной сети с учетом структуры расположения имеющихся узлов сети и матрицы достижимости, которая выявляет направление передачи нагрузки между парами узлов связи. Определена матрица смежности, показывающая физическую связь между парами узлов связи.

Ключевые слова: компьютерная сеть, узел связи, матрица достижимости, матрица смежности, математическая модель.

Введение. При проектировании схемы компьютерных сетей необходимо определить структуру прохождения коммутационных соединений между узлами сети. Наиболее распространенной топологией при проектировании компьютерных сетей рассматривается кольцевая схема [1 - 4]. Кольцевую схему проектирования физических коммуникационных линий связей между узлами компьютерной сети необходимо осуществить на основе рекомендаций и правил, описанных в [4].

Задача объединения коммуникационных линий связей между узлами компьютерных сетей рассматривалась во многих работах [1, 2, 4], но до сих пор нет универсального инструмента, который был бы пригоден для решения этой проблемы для всех типов топологии компьютерных сетей. Разработка математической модели и простого метода проектирования схемы компьютерной сети позволит модернизировать действующие или спроектировать новые эффективные компьютерные сети.

1. Постановка задачи. Пусть компьютерная сеть имеет M узлов связи, которые необходимо спроектировать в кольцевую схему, объединенную в G колец. Требуется разработать математическую модель и алгоритм проектирования схемы компьютерной сети.

1.1. Обозначения. Для разработки математической модели и алгоритма проектирования схемы компьютерной сети примем следующие обозначения: **уровень системы** - максимальное количество первичных цифровых трактов в транспортном модуле (L); **узел связи** - приемник/передатчик первичных цифровых трактов, представленных вершинами $A = \{a \mid a = 1, \dots, M\}$, где M - общее количество узлов связи в компьютерной сети; **нагрузка узла связи** - количество принимаемых/передаваемых первичных цифровых трактов, задаваемых матрицей достижимости $|B|$, расстояние между узлами задается симметрической матрицей $|D|$ [4].

Коэффициент развития компьютерной сети ν задает динамику предполагаемого увеличения объема передаваемого в сети трафика в перспективе, где $\nu \geq 1$. Во многих случаях статистический анализ перспективы развития компьютерной сети показывает, что значение коэффициента развития ν может находиться в пределах двукратного увеличения связей на развитие сети, т.е. увеличения значений элементов матрицы $|B|$.

1.2. Математическая модель. Для разработки математической модели проектирования схемы исследуемой кольцевой схемы компьютерной сети примем следующую модель: $U = \{A, B, D\}$, которая отражает конфигурацию компьютерной сети передачи информации. В соответствии с поставленной задачей для получения необходимой физической схемы связи между узлами компьютерной сети необходимо создать G колец.

При помощи матрицы связанности Y можно описать физическое прохождение колец между узлами [2, 4].

Описание любого кольца можно представить следующим образом:

$Z^g = \{z_g, z_{g+1}, \dots, z_{g+m_g-1}\}$, где z_g - номер узла связи, входящего в кольцо; g - номер кольца; m_g - количество узлов связи в g -ом кольце. Матрица связанности Y для каждого кольца описывается следующим образом:

$$Y^g = \begin{bmatrix} 1 & y_{z_g, z_{g+1}} & \dots & y_{z_g, z_{g+m_g-1}} \\ y_{z_{g+1}, z_g} & 0 & \dots & y_{z_{g+1}, z_{g+m_g-1}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{z_{g+m_g-1}, z_g} & y_{z_{g+m_g-1}, z_{g+1}} & \dots & 1 \end{bmatrix}, Y^G = \begin{bmatrix} 1 & y_{z_G, z_{G+1}} & \dots & y_{z_G, z_{G+m_G-1}} \\ y_{z_{G+1}, z_G} & 0 & \dots & y_{z_{G+1}, z_{G+m_G-1}} \\ \dots & \dots & 0 & \dots \\ y_{z_{G+m_G-1}, z_G} & y_{z_{G+m_G-1}, z_{G+1}} & \dots & 0 \end{bmatrix},$$

$g = 2, \dots, G-1$.

В матрице связанности Y диагональная единица показывает общий узел связи для разных колец и, соответственно, наличие транзитного трафика в последующих или предыдущих по номерам кольцах. Объем передаваемых цифровых трактов в g -ом кольце между узлами связи i и j имеет три составляющие: трафик внутри кольца, транзитный трафик в предыдущие по номеру кольца b_{preg}^g и транзитный трафик в последующие по номеру кольца b_{subs}^g .

Для каждого g -го кольца матрица B^g имеет вид

$$B^g = \begin{bmatrix} b_{\text{preg}}^g & b_{z_g, z_g+1} & \dots & b_{z_g, z_g+m_g-1} \\ b_{z_g+1, z_g} & 0 & \dots & b_{z_g+1, z_g+m_g-1} \\ \dots & \dots & 0 & \dots \\ b_{z_g+m_g-1, z_g} & b_{z_g+m_g-1, z_g+1} & \dots & b_{\text{subs}}^g \end{bmatrix},$$

где
$$b_{\text{preg}}^g = \sum_{i \in Z^g} \sum_{j < z_g} b_{ij}, \quad b_{\text{subs}}^g = \sum_{i \in Z^g} \sum_{j \geq z_g+m_g} b_{ij}.$$

Суммарный объем трафика, который проходит по g -му кольцу (Q_{total}^g), можно вычислить по следующей формуле:

$$Q_{\text{total}}^g = b_{\text{preg}}^g + \sum_{j=z_g+1}^{z_g+m_g-1} b_{ij} + b_{\text{subs}}^g. \quad (1)$$

Учитывая ограничения на объем передаваемого в g -ом кольце трафика и уровень системы [4], получим

$$Q_{\text{total}}^g < L \quad g=1, \dots, G. \quad (2)$$

Проблема определения соответствия между матрицами и проектирования схемы компьютерной сети состоит в определении значений y_{ij}^g и Q_{total}^g .

Рассматриваемую задачу возможно решить с использованием метода прямого перебора или метода перебора с ограничениями. Последнее возможно, если учесть условия постановки задачи и вышеприведенные ограничения.

Разработанным простым альтернативным методом решения возможно введение некоторых ограничений, учитывающих условия проблемы, с помощью чего можно упростить решение проблемы путем ее декомпозиции на подзадачи с определением целевой функции.

2. Метод проектирования. Для упрощения поиска схемы прохождения колец в структуре компьютерной сети предлагается рассматриваемую проблему декомпозировать на следующие взаимосвязанные **три подзадачи**:

Подзадача 1. Разделение узлов связи всей компьютерной сети на сегменты.

Подзадача 2. Определение уровня системы для каждого сегмента.

Подзадача 3. Формирование необходимого количества колец для каждого сегмента.

Подзадача 1. Решение данной подзадачи позволит сократить множество узлов связи перед процессом формирования колец, что, в свою очередь, способствует эффективному объединению узлов при создании колец с минимальным количеством узлов и минимальной протяженностью соединительных линий. При

создании колец необходимо обеспечить выполнение ограничения на минимальное количество узлов связи в кольце, которое должно быть равно трем.

Для решения **подзадачи 1** необходимо осуществить последовательность выполнения взаимосвязанных шагов, которые в виде алгоритма приведены на рис. 1.

Подзадача 2. Решение данной подзадачи позволит наиболее точно выбрать уровень системы и, соответственно, тип используемого оборудования для каждого сегмента. Для решения **подзадачи 2** необходимо осуществить выполнение взаимосвязанных шагов, которые в виде алгоритма приведены на рис. 2.

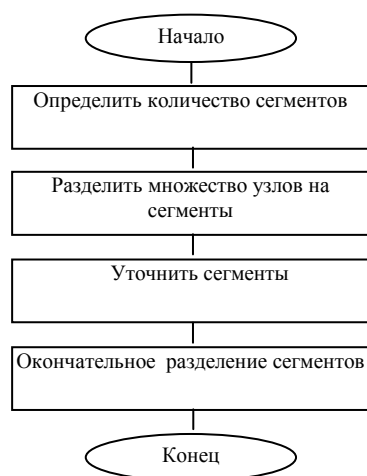


Рис. 1. Алгоритм решения **подзадачи 1**

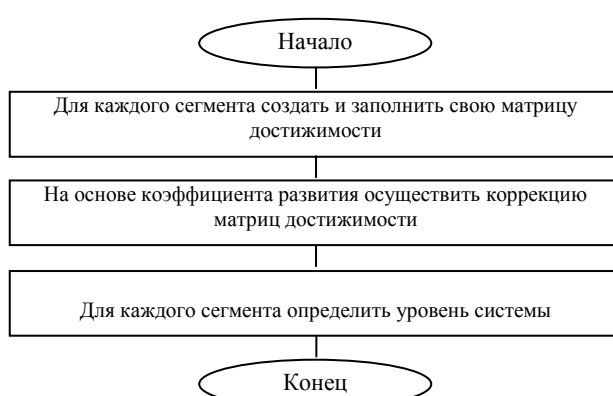


Рис. 2. Алгоритм решения **подзадачи 2**

Подзадача 3. Решение данной подзадачи позволит в каждом сегменте определить необходимое количество колец для передачи общего количества цифровых трактов с выполнением требования резервирования и обеспечения максимального процента заполнения колец.

Для решения **подзадачи 3** необходимо осуществить выполнение взаимосвязанных шагов, которые в виде алгоритма приведены на рис. 3.

При необходимости, после решения всех взаимосвязанных трех подзадач для поиска схемы прохождения колец в компьютерной сети путем объединения частей из разных сегментов возможно обновление данных.

На рис. 4 приведена блок-схема обобщенного алгоритма разработанного метода проектирования компьютерной сети, которая объединяет решение всех трех описанных взаимосвязанных подзадач.



Рис. 3. Алгоритм решения подзадачи 3



Рис.4. Алгоритм разработанного метода проектирования компьютерной сети

Применение разработанного алгоритма проектирования схемы компьютерной сети позволяет получить следующие результаты:

1. Для каждой связи выявляется последовательность узлов и колец, через которые проходит та или иная связь, т.е. определяется таблица путей.
2. Для формирования требуемого количества цифровых трактов определяются количество и тип коммутаторов, используемых в узлах связи сети.
3. Как для отдельного кольца, так и для всей компьютерной сети определяется длина используемого кабеля.

Перечисленные выше результаты дают возможность выявить экономию капитальных затрат на проектирование схемы компьютерной сети, что, в свою очередь, позволяет определить эффективность создания новой или целесообразности модернизации действующей компьютерной сети.

Апробация предложенного метода проектирования схемы компьютерной сети на конкретных примерах, в частности в компаниях “Арментел” и “С.I.Technology”, показала получение большего процента загрузки сети, что позволяет сэкономить до 15% капитальных затрат на модернизацию действующей или проектирование новой схемы сети.

Заключение. С помощью разработанного метода проектирования схемы компьютерной сети с учетом заданных критериев возможно определить оптимальную топологию создаваемой сети. Кроме того, разработанный метод проектирования схемы компьютерной сети может быть использован в рекомендациях для оптимизации топологии уже действующей сети.

Результаты использования метода проектирования схемы компьютерной сети подтверждают следующее:

1. Применение метода позволяет получить оптимальную схему организации кольцевой схемы компьютерной сети по критериям минимальных капитальных затрат и обеспечения требуемого качества услуг, предоставляемых клиентам.
2. Предложенный метод проектирования схемы компьютерной сети позволяет сэкономить до 15 % капитальных затрат на проектирование новой или модернизацию действующей структуры сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гулевич Д.С.** Сети связи следующего поколения.- М.: Бином, 2007. – 203 с.
2. **Семенов Ю.В.** Проектирование сетей связи следующего поколения – СПб.: Наука и техника, 2005. – 311с.
3. **Росляков А.В.** Сети доступа: Учебное пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 2008. – 272 с.
4. **Харитонов В.Х.** Мультисервисная сеть и методы коммутации // Электросвязь. – 2004. – N 1.- С. 29 - 33.

ГИУА (П). Материал поступил в редакцию 28.04.2010.

Հ. Բ. ԱՎՇԱՐՅԱՆ, Ռ. Գ. ԿԻՐԱԿՈՍՅԱՆ

ՔՈՄՓՅՈՒԹԵՐՆԱԻՆ ՑԱՆՑԻ ՇՂԹԱՅԻ ՆԱԽԱԳԾՄԱՆ ՄԵԹՈԴ

Մշակված է քոմպյութերային ցանցի շղթայի նախագծման մեթոդ, որը հաշվի է առնում ցանցի հանգույցների տեղակայման կառուցվածքը և հասանելիության մատրիցը, ինչը բացահայտում է կապի հանգույցների միջև բեռնվածքի փոխանցման ուղղությունը, որոշված է հարակցության մատրիցը, որը ցույց է տալիս կապի հանգույցների միջև ֆիզիկական կապը:

Առանցքային բառեր. քոմպյութերային ցանց, կապի հանգույց, հասանելիության մատրից, հարակցության մատրից, մաթեմատիկական մոդել:

H.B. AVSHARYAN, R. G. KIRAKOSSIAN

A METHOD FOR DESIGNING A COMPUTER NETWORK

A method for designing a computer network taking into account the structure disposition of the accessibility matrices revealing the direction of load transmission between the pairs of nodes is considered. The contiguity matrix showing the physical link between nodes is determined.

Keywords: computer network, nodes, accessibility matrix, contiguity matrix, mathematical model.