

УДК 007, 681.324

А.В.Благодаров, А.Н.Пылькин, Д.М.Скуднев, А.П.Шибанов

СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОЙ ПО СТОИМОСТИ СТРУКТУРЫ СЕТИ ETHERNET

Рассмотрены вопросы, связанные с автоматизированным синтезом минимальной по стоимости структуры локальной сети Ethernet. Показана возможность получения оптимальной по стоимости структуры локальной сети с заданным количеством компьютеров. Предложены процедуры выбора необходимого количества коммутаторов сети и выбора способа соединения коммутаторов между собой.

Ключевые слова: компьютерные сети, Ethernet, синтез, оптимизация, алгоритм, процедура

Введение. Перед разработчиками локальных сетей ЭВМ возникает важная задача синтеза сети с оптимальной структурой. При этом может потребоваться оптимизировать структуру сети либо по критерию максимальной пропускной способности, либо по критерию минимальной стоимости. Задача является нетривиальной, так как для одних и тех же исходных данных существует огромное количество вариантов построения сети. Как правило, при проектировании структуры сети разработчики руководствуются собственным опытом и интуицией, что не всегда приводит к наилучшим результатам. Поэтому актуальным является создание таких систем автоматизированного синтеза оптимальной структуры сети, чтобы разработчик лишь указывал бы желаемые параметры сети, а на выходе получал бы наилучшую для указанных данных структуру сети. В статье рассматриваются вопросы синтеза оптимальной структуры сети Ethernet по критерию минимальной стоимости.

Теоретические и экспериментальные исследования. Пусть требуется получить структуру сети с минимальной стоимостью оборудования, если известно количество компьютеров РС, объединяемых в сеть. Стоимость сети C будет складываться из стоимости активного оборудования (коммутаторов, концентраторов, мостов и т.д.) C_A и стоимости пассивного оборудования C_{II} (структурированной кабельной системы):

$$C = C_A + C_{II}. \quad (1)$$

При этом C_A будет определяться по формуле:

$$C_A = \sum_{j=1}^K c_j, \quad (2)$$

где c_j – стоимость j -й единицы активного оборудования; K – общее количество единиц активного оборудования.

Сделаем ряд допущений. Будем считать, что для построения сети можно использовать только

устройства – коммутаторы, что в настоящий момент в подавляющем большинстве случаев и делается. Коммутаторы можно выбирать из предопределенного ряда из M видов коммутаторов, различающихся количеством портов, например 8, 16, 24, 32, 48. Для каждого вида коммутатора известна стоимость в условных единицах c_i . Тогда формулу (2) можно представить в виде:

$$C_A = \sum_{i=1}^M K_i c_i, \quad (3)$$

где K_i – количество коммутаторов i -го вида.

Для каждого коммутатора необходимо предусмотреть запас свободных портов на случай дальнейшего развития сети. Также будем считать, что все коммутаторы установлены в одном помещении – коммутационной здания, что также является в настоящий момент типичным и весьма перспективным решением [1].

В этом случае разработчик сети может варьировать лишь стоимость активного оборудования C_A , а стоимость пассивного оборудования C_{II} будет являться константой. Следовательно, задачу оптимизации можно представить:

$$C_A = \sum_{i=1}^M K_i c_i \rightarrow \min. \quad (4)$$

Тогда задача поиска оптимальной структуры сети сводится к решению следующих подзадач.

1. Выбор оптимального количества коммутаторов с различными количествами портов.
2. Распределение компьютеров по коммутаторам.
3. Выбор способа соединения коммутаторов между собой.

Для решения подзадачи выбора необходимого количества коммутаторов с различными количествами портов предлагается рекурсивная процедура, схема алгоритма которой представлена на рисунке 1.

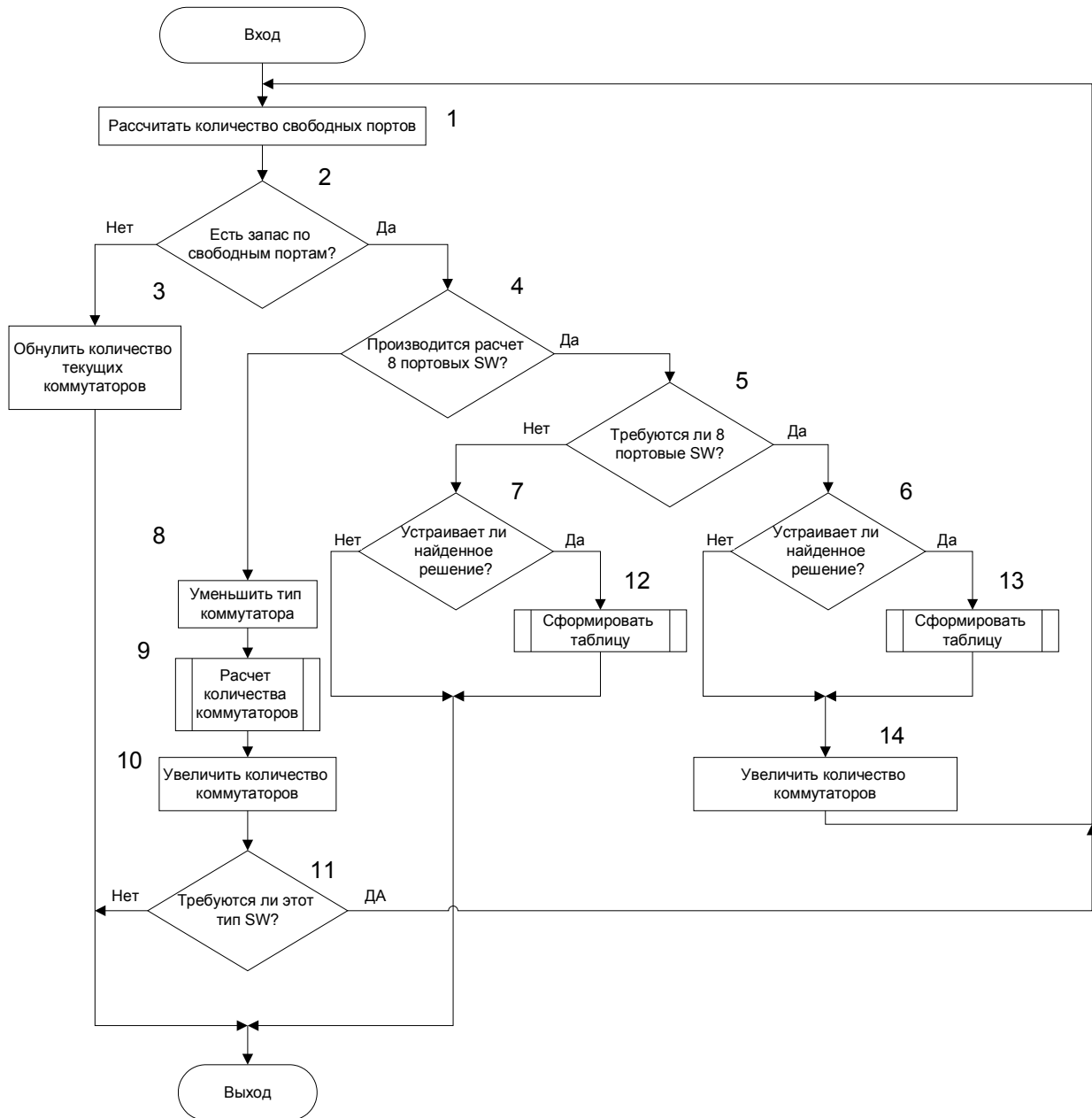


Рисунок 1

Входными данными процедуры являются: количество компьютеров в сети PC, тип коммутатора, процент запаса по свободным портам. Допустимо использовать 8-, 16-, 24-, 32-, 48-портовые коммутаторы, т.е. для (4) $M = 5$.

На выходе получаем таблицу, содержащую все возможные сочетания коммутаторов различных типов, допустимые для решения поставленной задачи.

Основные переменные, используемые в процедуре:

- $A[1..5]$ – массив используемых коммутаторов ($A[1]$ – 8-портовый, $A[2]$ – 16-портовый, $A[3]$ – 24-портовый, $A[4]$ – 32-портовый, $A[5]$ – 48-портовый). Если коммутатор используется, то

в соответствующий элемент массива заносится 1, в противном случае – 0;

- массив $K[1..5]$ – массив количества коммутаторов различных типов;
- Rez – процент резервирования портов.

Процент текущего использования портов вычисляется по формуле:

$$S = \frac{\left(\sum_{i=1}^5 K_i \cdot A_i \right) - PC}{PC} \cdot 100 \% . \quad (5)$$

Поясним назначение блоков алгоритма.

В блоке 1 происходит вычисление функции (5).

В блоке 2 проводится проверка наличия запаса свободных портов. Если запас имеется, то

выполняется блок 4, в противном случае выполняется 3 блок с последующим завершением алгоритма.

В блоке 4 проводится проверка тип рассчитываемого коммутатора. Если происходит расчет 8-портовых коммутаторов, то управление передается в блок 5, в противном случае – в блок 8.

В блоке 5 проверяется, необходимы ли 8-портовые коммутаторы?

Блоки 6 и 7 идентичны и требуются для проверки выполнения условия $0 \leq S \leq Re_z$. Если условие выполняется, то производится вывод данных в таблицу (блоки 12 или 13).

В блоках 10 и 14 увеличивается число рассчитываемых коммутаторов на единицу $K_i = K_i + 1$.

В блоке 8 уменьшаем тип рассчитываемого коммутатора.

В блоке 9 осуществляем рекурсивный вызов данной процедуры.

Блок 11 служит для проверки необходимости использования коммутатора данного типа.

Пример результатов работы процедуры для $PC = 50$ приведены в таблице 1.

Таблица 1

№	Количество портов коммутатора					Запас
	8	16	24	32	48	
1	7	0	0	0	0	12 %
2	5	1	0	0	0	12 %
3	3	2	0	0	0	12 %
4	1	3	0	0	0	12 %
5	4	0	1	0	0	12 %
6	2	1	1	0	0	12 %
7	0	2	1	0	0	12 %
8	1	0	2	0	0	12 %
9	3	0	0	1	0	12 %
10	1	1	0	1	0	12 %
11	0	0	1	1	0	12 %
12	1	0	0	0	1	12 %

В таблице 2 приведено количество возможных сочетаний видов коммутаторов для различного количества компьютеров в сети.

Таблица 2

Кол-во PC	Количество сочетаний		
	Все виды	16, 24, 32, 48 портовые	24, 32, 48 портовые
50	12	2	2
100	190	31	8
150	740	100	20
200	2724	297	48
250	5613	511	70
300	13888	1088	128
350	25676	1799	187
400	50491	3141	291
450	76830	4262	361
500	133354	6738	518

Из таблицы 2 видно, что при использовании только 16-, 24-, 32- и 48-портовых коммутаторов при количестве компьютеров в сети порядка 500 количество возможных сочетаний коммутаторов составляет менее 7000. При таком небольшом количестве сочетаний поиск оптимального значения по формуле (4) можно вести методом простого перебора, по данным, синтезированным процедурой.

Подзадача 2 распределения компьютеров по коммутаторам для случая с оптимизацией по стоимости является тривиальной, так как выбор способа подключения компьютера к тому или иному коммутатору не влияет на стоимость.

Для решения подзадачи 3 по выбору способа соединения коммутаторов между собой предложена соответствующая процедура.

Суть задачи состоит в том, чтобы получить соединения всех коммутаторов между собой в виде древовидной структуры. При этом будем считать, что любые два коммутатора имеют физическую возможность соединения между собой.

Схема алгоритма процедуры представлена на рисунке 2. Входными данными процедуры является число коммутаторов, участвующих в решении поставленной задачи. Результатом работы процедуры является таблица связей коммутаторов.

На первом этапе формируется массив свободных коммутаторов (коммутаторов, не имеющих ни одного подключения с любым другим коммутатором). Случайным образом выбирается одна вершина первого уровня W_1 . После выбора вершина исключается из массива свободных вершин. На следующем этапе случайным образом задается число вершин второго уровня и случайно выбираются номера вершин второго уровня, создавая связи между вершиной первого уровня и вершинами второго уровня. На третьем этапе для каждой вершины второго уровня задается случайное число вершин третьего уровня, формируя соответствующие связи, и т.д.

Пример результатов работы процедуры для семи коммутаторов показан в таблице 3.

Таблица 3

	SW1	SW2	SW3	SW4	SW5	SW6	SW7
SW1	0	1	0	0	1	1	0
SW2	1	0	1	1	0	0	0
SW3	0	1	0	0	0	0	1
SW4	0	1	0	0	0	0	0
SW5	1	0	0	0	0	0	0
SW6	1	0	0	0	0	0	0
SW7	0	0	1	0	0	0	0

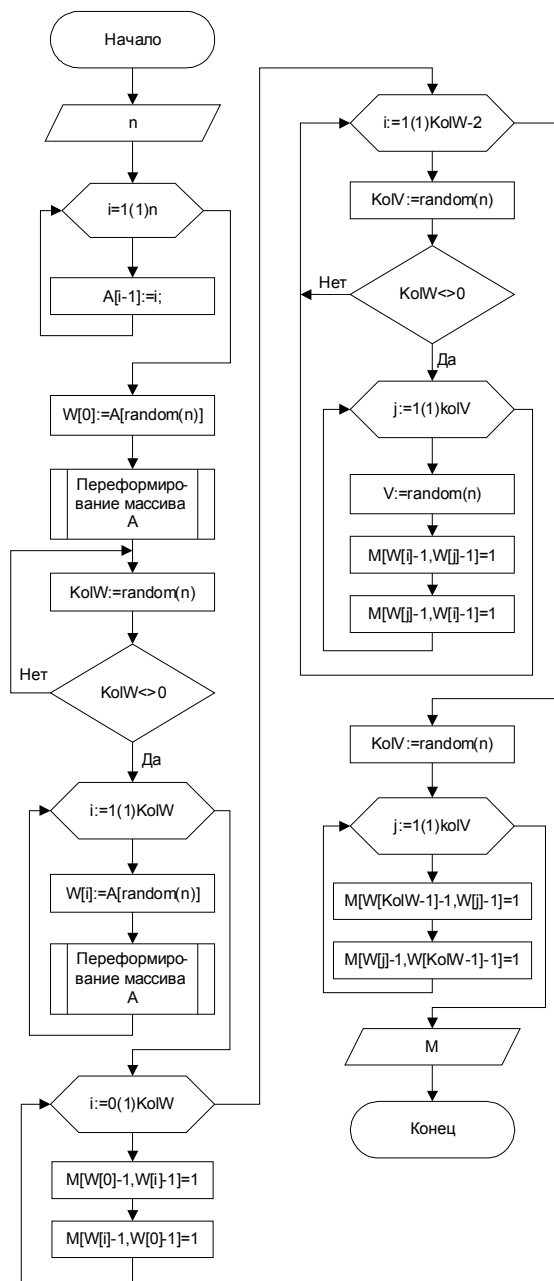


Рисунок 2

На рисунке 3 представлены результаты процедуры в виде графа.

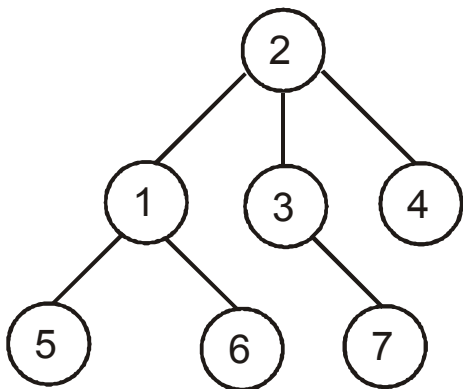


Рисунок 3

Для проверки производительности полученной сети можно воспользоваться программой и алгоритмами, предложенными в [2].

Рассмотренные процедуры могут использоваться также и для решения задачи оптимизации структуры сети по пропускной способности. Однако в этом случае следует также учитывать и способы подключения отдельных компьютеров к коммутаторам. При этом количество возможных вариантов соединения компьютеров будет огромным, и метод простого перебора использовать невозможно. В связи с этим для оптимизации структуры сети по пропускной способности целесообразно использовать генетические алгоритмы [3].

Выводы. Таким образом, удалось решить задачу синтеза оптимальной по стоимости локальной сети Ethernet с заданным количеством компьютеров для случая, когда все активное оборудование находится в одном помещении.

Работа поддержана Российским Фондом фундаментальных исследований, грант 07-07-00146.

Библиографический список

1. Семенов А.Б., Сунчелей И.Р., Стрижаков С.К. Структурированные кабельные системы. – М.: Компания АйТи, Книга и бизнес, ДМК пресс, 2006. –640 с.
2. Благодаров А.В., Пылькин А.Н., Скудннев Д.М. Моделирование процессов функционирования сети Ethernet // Вестник РГРТУ. Вып. 21. Рязань, 2007. – С. 60-64.
3. Рутковская Л., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы/ пер. с польск. И.Д. Рутинского. – М.: Горячая линия Телеком, 2006. – 452 с.