

МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ  
И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Северо-Кавказский филиал  
ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного  
бюджетного образовательного учреждения высшего образования  
«Московский технический университет связи и информатики»

Кафедра  
«Инфокоммуникационные технологии и системы связи»

Методические указания и задание  
к практическим занятиям

**Расчёт локальной вычислительной сети**

**Ethernet**

Дисциплина: Сети связи, Моделирование

\ Направление подготовки 11.03.02  
«Инфокоммуникационные технологии и системы связи»,  
профиль Инфокоммуникационные системы и сети

Ростов-на-Дону  
2022

Составитель: доцент кафедры «ИТСС», к.т.н., доцент Решетникова И.В.

Данное методическое пособие предназначено для обеспечения проведения лабораторных работ со студентами направления подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи, профиль Инфокоммуникационные системы и сети, квалификации «бакалавр».

Пособие обеспечивает получение навыков по основополагающим вопросам изучаемой дисциплины.

Рецензент: Зав. кафедрой ИТСС, к.т.н., доцент Юхнов В.И.

Методическое пособие рассмотрено и утверждено на заседании кафедры ИТСС 19.12. 2022 г. Протокол №5

## **1. Указания по выбору варианта.**

Варианты задания определяются по (табл. 1) в соответствии с предпоследней цифрой номера студенческого билета, по (табл. 2) - в соответствии с последней цифрой студенческого билета и по (табл. 3) - в соответствии с последней цифрой текущего года.

## **2. Содержание контрольной работы.**

Контрольная работа предусматривает расчет основных характеристик ЛВС предприятия, схема которой представлена на рис.1 на следующей странице, в соответствии с исходными данными по пункту 3.

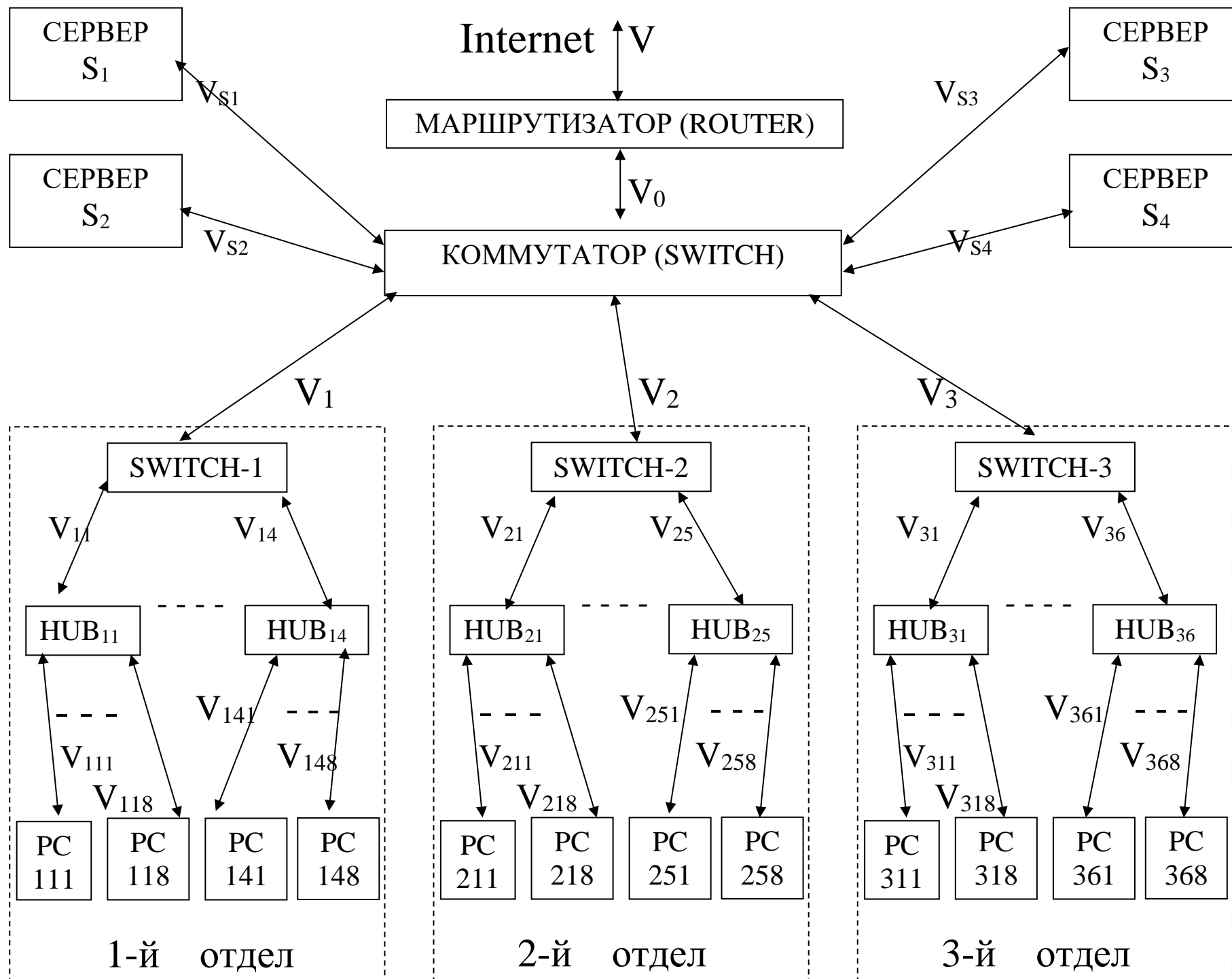
Обозначения на схеме:

-HUB – концентратор;

-PC – персональный компьютер (ПЭВМ, рабочая станция).

В процессе работы необходимо произвести:

- определение среднесуточных и пиковых потоков между всеми элементами ЛВС;
- рассчитать потоки в каждой соединительной линии;
- рассчитать канальные скорости и выбрать соответствующие технологии;
- рассчитать время реакции в системе клиент-сервер для спроектированной ЛВС;
- произвести выбор оборудования;
- рассчитать стоимость выбранного оборудования.



### 3. Исходные данные для расчета.

Рассчитываемая ЛВС представляет собой клиент – серверную систему, объединяющую серверы и рабочие станции производственного подразделения.

Иерархическая структура сети повторяет структуру подразделения.

Исходные данные:

1. Число серверов от 3-х до 6-и в соответствии с табл. 1. Номера серверов -  $m = 1 \div 6$ .
2. Число отделов – 3. Номера отделов –  $i = 1 \div 3$ .
3. Число рабочих групп в каждом отделе от 3-х до 6-и в соответствии с табл. 1. Номера рабочих групп –  $j = 1 \div 6$ .
4. Число ПЭВМ (рабочих станций, персональных компьютеров - РС) в каждой рабочей группе равно 8. Номера РС –  $k = 1 \div 8$ .
5. Интенсивность среднесуточных обменов для любой пары клиент – сервер одинакова и равна:
  - в направлении ПЭВМ – сервер – 0,2 Кбайт/с;
  - в направлении сервер – ПЭВМ – 2 Кбайт/с
  - коэффициент пульсаций трафика (отношение пиковых потоков к среднесуточным) определяется по (табл. 2).

Таблица 1. Число серверов и рабочих групп в отделах

Предпоследняя цифра шифра	Число серверов	Число рабочих групп		
		1 отдел	2 отдел	3 отдел
0	3	3	4	5
1	3	4	5	6
2	4	3	4	6
3	4	4	4	5
4	4	4	5	6
5	5	3	5	5
6	5	4	4	6
7	6	3	4	5
8	6	4	4	6
9	6	4	5	5

6. Интенсивность среднесуточного внешнего обмена для любой ПЭВМ одинакова и равна:
  - в направлении ПЭВМ -Internet - 0,05 Кбайт/с;
  - в направлении Internet – ПЭВМ – 0,7Кбайт/с;
  - коэффициент пульсации трафика определяется по (табл. 3);

7. Интенсивность среднесуточного обмена между ПЭВМ одной рабочей группы – 0,3Кбайта/с. Коэффициент пульсации – 50:1.

8. Интенсивность среднесуточного обмена между любыми ПЭВМ подразделения не входящими в одну рабочую группу – 0,1Кбайт/с. Коэффициент пульсации – 50:1.

Таблица 2. Коэффициент пульсаций трафика “клиент – сервер” и “сервер – клиент”

Последняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Коэффициент пульсаций	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85

Таблица 3. Коэффициент пульсаций внешнего трафика

Последняя цифра текущего года	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Коэффициент пульсаций	85	90	95	100	110	120	130	140	150	160

## 4. Порядок выполнения контрольной работы.

**4.1.** Составить структурную схему ЛВС, уточнив для схемы (рис. 1) числа серверов и рабочих групп в отделах для своего варианта.

**4.2.** Для удобства дальнейших расчетов провести индексацию всех узлов схемы своего варианта подобно тому, как это сделано на схеме (рис.1). В рассматриваемой сети под узлом  $N$  (Node) понимается любое устройство типа маршрутизатор (Router), коммутатор (Switch) или концентратор (hub).

Линии связи (ветви) между узлами удобно индексировать так же, как узел, расположенный ниже по иерархии. Например, линию, соединяющую узел  $N_1$  (в данном случае SWITCH-1) с узлом  $N_{11}$  (HUB<sub>11</sub>), будем обозначать как  $V_{11}$ , а линию, соединяющую  $N_{36}$  (HUB<sub>36</sub>) с узлом  $N_{368}$  (PC-368), обозначим как  $V_{368}$ . Эти обозначения будут необходимы при расчете потоков в линиях.

Самые нижние ветви (между ПЭВМ и концентратором) имеют трёхиндексное обозначение  $V_{ijk}$ , где:  $i$  – номер отдела,  $j$  – номер рабочей группы и  $k$  – номер ПЭВМ в рабочей группе.

**4.3.** Произвести расчет пиковых потоков для направлений обменов, указанных в пунктах 5÷8 раздела 4.3. Например, если трафик ПЭВМ – Сервер составляет 2 Кбайта/с при пульсациях 70:1, то пиковый поток составит 140 кбайт/с.

**4.4.** Определить суммарные пиковые потоки для каждой ветви. Это основная расчетная часть работы, требующая точности и внимательности. Ориентируясь на суммарные пиковые потоки, необходимо будет определять пропускные способности соответствующих ветвей. Фактически это сведется к

выбору одного из стандартов; Ethernet (10Мбит/с), Fast Ethernet (100 Мбит/с), Gigabit Ethernet (1000 Мбит/с) или 10GBit Ethernet (10Гбит/с). Целесообразно составить таблицу со столбцами – ветвями и строками – потоками следующего вида (табл. 4).

**Таблица 4. Объёмы потоков в ветвях ЛВС**

№	Вид трафика	Объёмы потоков в ветвях (Мбайт/с)										
		$V_{1jk}$	$V_{2jk}$	$V_{3jk}$	$V_{1j}$	$V_{2j}$	$V_{3j}$	$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_0$	$V_{sm}$
1	ПЭВМ → Сервер											
2	Сервер → ПЭВМ											
3	ПЭВМ → Internet											
4	Internet → ПЭВМ											
5	ПЭВМ → ПЭВМ одной рабоч. группы											
6	ПЭВМ → ПЭВМ разных рабоч. групп											
7	Суммарный трафик в ветви											
8	Суммарная скорость в ветви, Мбит/с											

Структура таблицы отражает следующие особенности исходных данных:

- в каждом отделе потоки между ПЭВМ и концентратором одинаковы. Поэтому в таблице для ветвей нижнего уровня выделено только три столбца –  $V_{1jk}$  (ветви 1-го отдела),  $V_{2jk}$  и  $V_{3jk}$  ;
- в каждом отделе потоки между концентратором и коммутатором для каждой рабочей группы одинаковы. Поэтому в таблице для ветвей среднего уровня тоже выделено только три столбца –  $V_{1j}$  (ветви 1-го отдела),  $V_{2j}$  и  $V_{3j}$  .

Например, пиковый поток от сервера  $S_1$  до  $PC_{118}$ , равный 1,2 Мбайт/с, пройдет по ветвям  $V_{S1}$ ,  $V_1$ ,  $V_{11}$  и  $V_{118}$  и должен быть отмечен в столбцах  $V_{sm}$ ,  $V_1$ ,  $V_{1j}$  и  $V_{1jk}$  . Поток между двумя ПЭВМ 1-го и 2-го отделов, равный 50 Кбайт/с, пройдет по ветвям, например,  $V_{111}$ ,  $V_{11}$ ,  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_{21}$  и  $V_{218}$  и должен быть отмечен в соответствующих столбцах.

Необходимо обязательно просчитывать количество одинаковых потоков, проходящих по той или иной ветви, и указывать их суммарный объём.

Например, в 5-й строке столбца  $V_{ijk}$  указывается пиковый поток от одной из ПЭВМ 1-го отдела к семи другим ПЭВМ своей рабочей группы, умноженный на 2. Удвоение потока необходимо для учёта исходящего и входящего потоков, так как по одной и той же ветви  $V_{131}$  проходит, например, поток  $PC_{131} \rightarrow PC_{138}$  и поток  $PC_{138} \rightarrow PC_{131}$ .

После включения в табл. 4 всех потоков можно будет подсчитать суммарный информационный поток в каждой ветви.

**Замечание.** Такой подсчет суммарной нагрузки является очень упрощенным, так как пики потоков носят стохастический характер и необязательно совпадают во времени. Для точных расчетов применяются методы теории телетрафика, но для сложных сетей, подобных рассматриваемой, они не разработаны. В случае необходимости получения точных значений объемов потоков применяют методы имитационного моделирования, которые выходят за рамки данной контрольной работы. Однако, использование такой явно завышенной оценки суммарного потока в какой-то степени оправдано, так как создает определенный запас пропускной способности каналов. Обычная практика проектирования сетей - загружать каналы изначально не более, чем на 20-30%, поскольку интенсивность информационного обмена в современных сетях непрерывно возрастает (по некоторым оценкам удваивается каждые 9 месяцев).

**4.5.** Определяются требуемые каналные скорости для каждой ветви (заполняется последняя строка табл. 4). Общепринято информационные потоки измерять в байт/с, а каналные скорости в бит/с. Поэтому переход от предпоследней строки табл. 4 к последней состоит в простом умножении ее значений на 8 (на число бит в байте).

**4.6.** На заключительных этапах работы студенты должны выбрать оборудование для узлов ЛВС (Раздел 5), определить стоимость выбранного оборудования и рассчитать время реакции в тракте “ПЭВМ – Сервер – ПЭВМ” (Раздел 6).

## 5. Выбор оборудования для узлов ЛВС.

Рассмотрим ряд устройств (концентратор, коммутатор, маршрутизатор), которые использовались при построении данной ЛВС.

**5.1. Концентратор** – это многопортовый повторитель, который любой бит, появляющийся на любом из его портов, передает на все другие порты, независимо от адреса принятого кадра (адрес даже не анализируется). Появление сигналов одновременно на двух или более входах рассматривается как столкновение и обнаруживается источниками этих сигналов. Передача временно прекращается и возобновляется через некоторый случайный промежуток времени. Концентратор – устройство физического уровня. Он проще и дешевле коммутатора, но безадресная передача кадров на все выходы сильно перегружает соответствующий сегмент сети.

**5.2. Коммутатор** - любой поступающий на его порт кадр записывает в



память (целиком или только заголовок), анализирует адрес получателя и передает этот кадр только в направлении к адресату. Это даёт возможность коммутатору осуществлять одновременно несколько обменов. Например, передавать кадр с порта 1 на порт 7 и одновременно с 11-го порта - на 9-й. Коммутатор – устройство второго уровня. Он производит передачу кадров в соответствии с физическими адресами портов.

**5.3. Маршрутизатор** – устройство 3-го уровня. В сетях, входящих в Internet, маршрутизаторы анализируют адреса IP-пакетов, поступающих на любой из его портов, и в соответствии с этими адресами направляют пакеты к другим маршрутизаторам или ПЭВМ (напрямую или через сети 2-го уровня). Другая существенная функция маршрутизатора – согласование протоколов логического уровня. Как правило, порты маршрутизатора многофункциональны (или модульны). К одному маршрутизатору могут подключаться, например, каналы ЛВС Ethernet и каналы сети ATM, Frame Relay или ISDN.

**5.4. Выбор оборудования** производится по следующим критериям:

- число портов. Очевидно, что приобретаемое устройство должно иметь число портов, не меньшее, чем число подходящих к нему каналов;
- наличие соответствующих физических интерфейсов: коаксиальные кабели, витая пара, оптоволоконный кабель. Для нашей схемы примем, что все каналы организованы на витых парах категории 5, кроме канала выхода в Internet (V), который целесообразно организовать на оптическом кабеле;
- наличие соответствующих логических интерфейсов. Для внутренних линий нашей схемы примем интерфейсы разновидностей Ethernet (Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet или 10Gbit Ethernet), а для внешней линии (V) – интерфейс с сетью ATM по каналу абонентского доступа ADSL;
- пропускные способности портов должны быть не ниже канальных скоростей, рассчитанных для соответствующих линий (последняя строка табл. 4). При этом необходимо обратить внимание на следующее обстоятельство: представленные в табл. 4 потоки получены путём суммирования двухсторонних потоков в каждой ветви. Поэтому выбранные канальные скорости будут достаточны даже для полудуплексных режимов работы портов Ethernet, а в случае выбора аппаратуры с дуплексным режимом будет обеспечен определённый запас по пропускной способности ветви. В лучшем случае, при симметричном трафике, запас будет двукратным. Например, при дуплексной связи порты Ethernet 10 Мбит/с могут передавать данные со скоростью 20 Мбит/с – по 10 Мбит/с в каждом направлении. Отметим также, что современные стандарты Ethernet, кроме коаксиальных версий, используют, как правило, дуплексные режимы;
- суммарная пропускная способность устройства должна быть не ниже суммы рассчитанных канальных скоростей для всех линий, подключаемых к этому устройству.

**5.5. Рекомендации по выбору оборудования.**

При выборе оборудования из номенклатуры: маршрутизатор, коммутатор, концентратор необходимо пользоваться следующими правилами:

ми:

- маршрутизатор по сравнению с коммутатором обладает большим интеллектом (работа с IP-адресами, борьба с широковещательными штормами), а коммутатор дешевле и обладает, как правило, большим быстродействием;

- коммутатор по сравнению с концентратором более интеллектуален (работа с MAC-адресами, что позволяет существенно ограничить зону коллизий, специфичную для технологии Ethernet). Концентратор дешевле. Однако, в последние годы в связи с массовым выпуском микрочипов для коммутаторов их стоимость значительно снизилась и они считаются более предпочтительными. В данном практическом занятии выбор предоставляется студентам.

5.6. Перечни необходимых устройств и их параметры регулярно печатаются в прайс листах. Например, в таких изданиях как «Что? Где? Почему? Компьютеры и оргтехника» или «Телеком Ростов. Компьютеры > средства связи > оргтехника > электроника» Параметры выбранного устройства можно уточнить, «покопавшись» в Интернете.

## 6. Расчет времени реакции системы.

В системе клиент - сервер под временем реакции понимается интервал времени между вводом запроса в ПЭВМ клиента и получением ответа на экране монитора. С большими упрощениями этот расчет можно произвести следующим образом.

В общем виде 
$$T_p = t_{пз} + t_s + t_{по};$$

- $T_p$  - время реакции;
- $t_{пз}$  - время передачи запроса от ПЭВМ до сервера. Так как запросы, как правило, очень короткие, то можно в  $t_{пз}$  учесть только задержки в узлах. Примерно по 25мкс. на каждом узле (концентраторе или коммутаторе);
- $t_s$  - время подготовки ответа сервером. Если не учитывать возможное стояние запроса в очереди на обслуживание сервером, то можно принять  $t_s$  равным 0,5мс;
- $t_{по}$  - время передачи ответа от сервера до ПЭВМ. Здесь, кроме задержки в узлах (25 мкс.), следует учесть и время прохождения длинного ответа через самый низкоскоростной канал.

Рассмотрим цепь каналов между сервером  $S_1$  и  $PC_{111}$  (Рис.2).

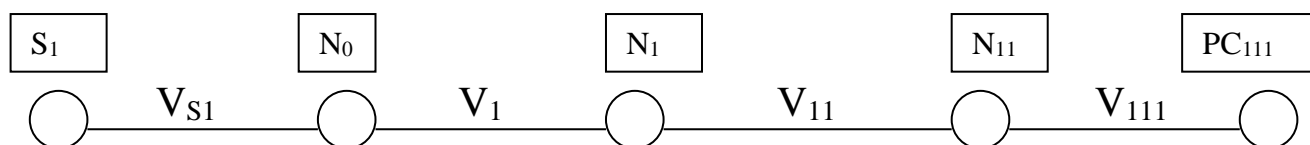


Рис.2. Схема тракта сервер – рабочая станция (ПЭВМ).

Пусть в результате расчетов по пункту 5 определены следующие каналные скорости:  $C_{111}=10\text{Мбит/с}$ ,  $C_{11}=10\text{Мбит/с}$ ,  $C_1=100\text{ Мбит/с}$ :

Тогда, для передачи ответного файла, например, длиной в  $L$  Мбайт, по самому низкоскоростному каналу  $V_{111}$  (скорость  $C_{111}=10\text{Мбит/с}$ ) потребуется время  $t_{111} = \frac{L * 8}{C} = \frac{0,01 * 10^6 * 8}{10 * 10^6} = 8\text{мс}$ ; (для  $L=0,01$  Мбайт).

Цифра 8 в числителе соответствует числу бит в байте. Таким образом, общее время реакции составит:

$$T_p = 3 * 25\text{мкс} + 500\text{мкс} + 3 * 25\text{мкс} + 8000\text{мкс} = 8650\text{ мкс}.$$

Коэффициенты 3 в данной формуле соответствуют 3-м узлам, разделяющим ПЭВМ и сервер. Время - 500мкс – это продолжительность подготовки ответа сервером. Время - 8000мкс – это рассчитанная выше продолжительность передачи ответа (8мс). Длину ответного файла  $L$  студент выбирает произвольно и независимо от других студентов.

Строго говоря, расчёт времени реакции должен был учитывать и время распространения сигнала (электромагнитной волны) от компьютера до сервера и обратно. В общем случае, это время определяется как  $t_p = S/v$ , где:  $S$  – расстояние между двумя узлами (по кабелю);

$v$  – скорость распространения электромагнитной волны в кабеле данного типа (можно принять  $v = 200000\text{ км/с}$ ).

Тогда для  $S = 100\text{ м}$  получим  $t_p = 0,5\text{ мкс}$ . А время распространения сигнала в обе стороны определится как  $t_{p2} = 1\text{мкс}$ .

В связи с тем, что топология ЛВС (расположение серверов, компьютеров, коммутаторов) в данном практическом задании не определяется, а также в связи с незначительностью времени распространения в пределах небольшой локальной сети, это время при расчёте времени реакции не учитывалось.

## 7. Заключение.

В заключении работы необходимо привести основные параметры рассчитанной системы:

- число ПЭВМ;
- время реакции;
- скорость канала доступа в Internet;
- стоимость оборудования.

## **Список литературы для выполнения работы.**

- В.Л. Бройдо Вычислительные системы, сети и телекоммуникации: учебное пособие для студентов ВУЗов/В.Л. Бройдо, О.П. Ильина. -3-е издание, -СПб: Питер, 2008. 766 с.: ил.
- Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. Учебник для ВУЗов/В.Г. Олифер, Н.А. Олифер 3-е изд.- СПб: Питер, 2009г.- 958 с.: ил.