

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет  
Информационных технологий механики и оптики

Факультет информационных технологий и программирования

Домашнее задание №2  
По предмету Телекоммуникационные системы и технологии  
«Выбор и обоснование технологий построения  
Телекоммуникационных систем»

Исполнитель: Трофимов В.А.  
Руководитель: Нестеренко А.Г.  
Группа: 2511, вариант 1101

## Содержание

Введение .....	3
Список сокращений .....	3
Постановка задачи .....	5
Исходные данные .....	5
1. Формирование варианта использования локальных сетевых технологий .....	6
1.1. Структурная схема локальной сети .....	6
1.2. Результаты расчетов обобщенных показателей формируемой локальной сети.....	8
1.3. Анализ степени выполнения предъявляемых требований к качеству связи .....	9
2. Формирование варианта использования телефонной сети .....	10
2.1. Структурная схема телефонной сети.....	10
2.2. Результаты расчетов обобщенных показателей .....	12
3. Формирование варианта использования транспортных сетевых технологий ..	13
3.1. Архитектура стека протоколов и обобщенная структура сети.....	13
3.2. Результаты расчетов обобщенных показателей .....	16
3.2.1. X.25 .....	16
3.2.2. Frame Relay .....	18
3.2.2. ATM.....	20
3.3. Сравнительный анализ выполненных расчетов .....	21
4. Анализ доступных технологий .....	22
Заключение .....	25
Список использованной литературы .....	25

## Введение

Целью данной работы является закрепление знаний о сетевых технологиях и овладение навыками проектирования и анализа телекоммуникационных сетей на основании формализованных требований, представленных в варианте задания.

В данной работе будет произведен расчет требуемых каналов связи для локальной сети, требуемых арендуемых основных цифровых потоков для телефонной сети на основании исходных данных, прилагаемых к данной работе, а также произведен анализ имеющихся сетевых технологий *X.25*, *Frame Relay* и *ATM*, расчет основных параметров сети при использовании этих технологий вместе с технологией *TCP/IP*, будет произведен выбор наилучшей из них исходя из различных параметров. Также будет выполнен расчет параметров сети при использовании современных сетевых технологий с последующим сравнением результатов.

## Список сокращений

- *FR* – *Frame relay*
- *ATM* – Asynchronous Transfer Mode
- *IP* – Internet Protocol
- АГ – Абонентская группа
- ФА – Фиксированный абонент
- *IEEE* – Institute of Electrical and Electronics Engineers
- *PDV* – Packet delay variation
- *PVV* – Path Variability Value
- *bt* – Bit time
- УПАТС – Учрежденческо-производственная автоматическая телефонная станция
- ОЦК – Основной цифровой канал
- Эрл – Эрланг
- *OSI/ISO* – open systems interconnection basic reference model
- *MAC* – Media Access Control
- *TCP* – Transmission Control Protocol

- *UDP* – User Datagram Protocol
- *FTP* – File Transfer Protocol
- *HTTP* – HyperText Transfer Protocol
- *LAPB* – Link Access Procedure, Balanced
- *LAPF* – Link Access Procedure for Frame Relay
- *AAL* – ATM Adaptation Layer
- *PHY* – Physical Layer
- *TTL* – Time to live
- *IHL* – Internet Header Length
- *CRC* – Cyclic redundancy check
- *FCS* – Frame check sequence
- *LLC* – Logical link control
- *SFD* – Start frame delimiter
- *GFC* – Generic flow control
- *VPI* – Virtual Path Identifier
- *VCI* – Virtual Circuit Identifier
- *PTI* – Payload Type Indicator
- *CLP* – Cell Loss Priority
- *HEC* – Header Error Control

## Постановка задачи

Используя исходные данные, необходимо:

- 1) Составить структурную схему локальной сети, выполнив анализ ее показателей с учетом предъявляемых требований.
- 2) Составить структурную схему телефонной сети, выполнив анализ ее показателей с учетом предъявляемых требований.
- 3) Проанализировать эффективность работы сети с использованием различных сетевых технологий (*X.25*, *FR*, *ATM*), выбрать наиболее подходящую из них, и, по возможности, предложить лучшую технологию.

## Исходные данные

Фиксированные абоненты распределены между 4 абонентскими группами. Максимальное расстояние между концентратором и конечным узлом не более 100м.

1. Количество фиксированных абонентов и параметры рассредоточения АГ.

Параметр / Абонентские группы	1	2	3	4
Количество фиксированных абонентов	60	20	110	50
Максимальное расстояние между АГ, м	150	100	600	
$T_{кс}$ , Период следования кадров в сегменте, мкс	67,1			
$Z_k$ , Размер кадра, проходящего по сегменту, байт	46			

2. Параметры сетевых технологий.

Параметр	<i>X.25</i>	<i>FR</i>	<i>ATM</i>	<i>TCP/IP</i>
Объем передаваемого сообщения, байт	16000			
Интенсивность нагрузки, час <sup>-1</sup>	$4 * 10^3$			
Среднее время доставки, с	$10 * 10^{-3}$			
Длина служебной части пакета, байт	—	—	—	<i>min</i>
Длина информационной части пакета, байт	—	—	—	4096
Длина служебной части кадра, байт	<i>min</i>	<i>min</i>	<i>min</i>	—
Длина информационной части кадра, байт	16	256	48	—

## 1. Формирование варианта использования локальных сетевых технологий

### 1.1. Структурная схема локальной сети

Так как по условию задания расстояние между концентратором и конечным узлом не может быть больше 100м, то подключение абонентов каждой АГ к соответствующему концентратору будет производиться с помощью интерфейса *10Base – T*, использующего для соединения неэкранированную витую пару. Этот же интерфейс подключения имеет смысл использовать для соединения концентраторов 2 и 3 АГ, так как расстояние между ними также не превышает 100м.

Расстояние между концентраторами 1 и 2 АГ составляет 150м, что уже не позволяет использовать интерфейс подключения *10Base – T* (100м максимум). Для данного расстояния лучше всего подойдет интерфейс подключения *10Base – 2* на основе коаксиального кабеля, который позволяет подключать абонентов, удаленных на расстояния до 185м.

Расстояние между 3 и 4 АГ составляет 600м, что при использовании *10Base* интерфейса уже не позволяет передавать информацию по медным кабелям, в связи с чем оптимальным выбором будет использование оптоволоконного интерфейса *10Base – FL*, который позволяет подключать абонентов на расстоянии до 2км.

Обоснование выбора *10Base* интерфейсов приведено в пункте 1.3.

Ниже, на рисунке 1, представлена структурная схема локальной сети с указанием количества абонентов в соответствующих АГ и используемые интерфейсы подключения абонентов.

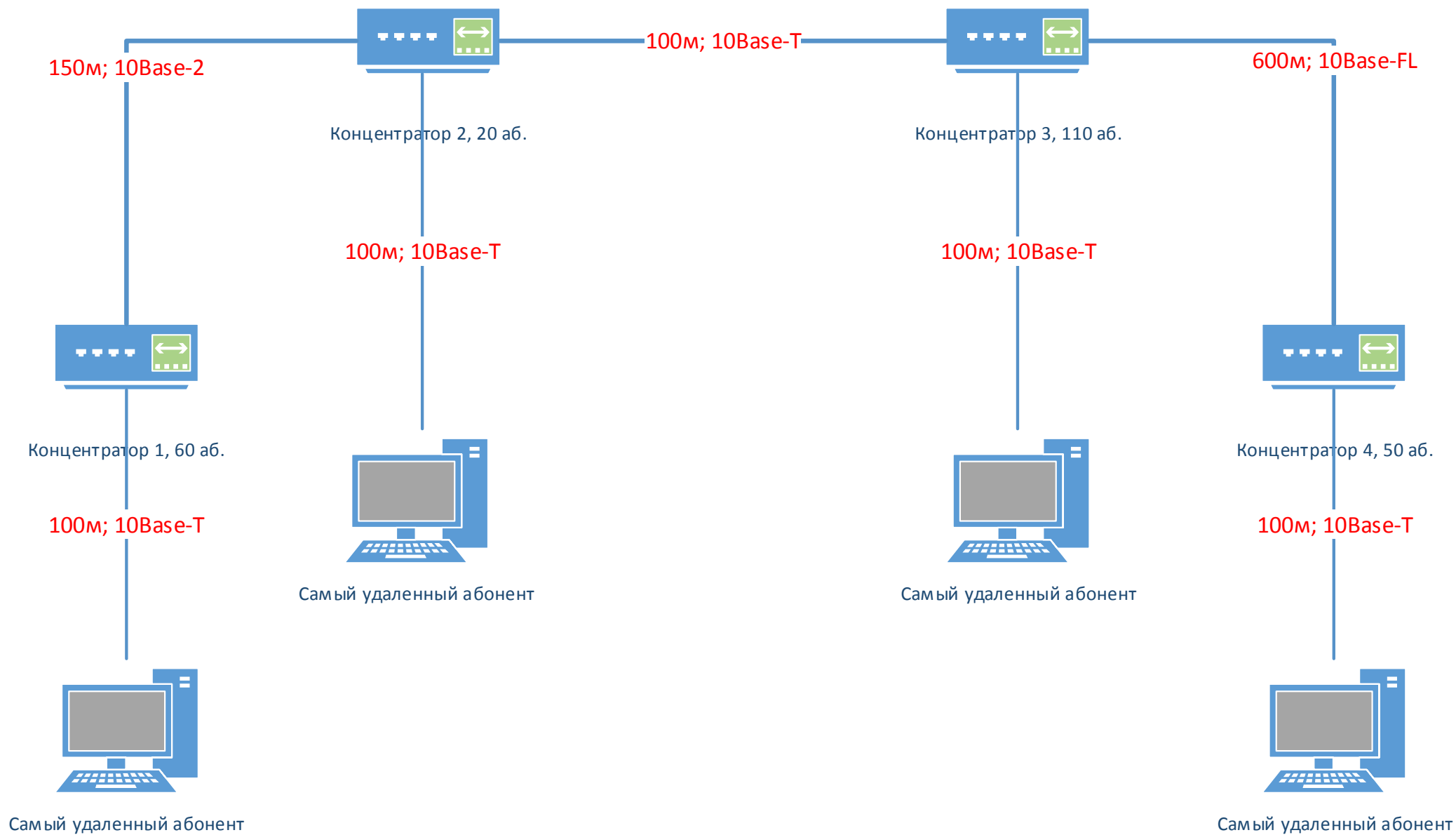


Рисунок 1. Структурная схема локальной сети

## 1.2. Результаты расчетов обобщенных показателей формируемой локальной сети

Расчет максимально возможной пропускной способности сегмента производится исходя из периода следования кадров в сегменте:

$$Y_{max} = \frac{1}{T_{кс}} = \frac{1}{67.1 * 10^{-6}с} = 14903.1 \text{ кадров/с} \sim 14903 \text{ кадров/с}$$

Расчет полезной пропускной способности сегмента производится исходя из максимально возможной пропускной способности сегмента и размера кадра, проходящего по сегменту:

$$Y(p) = Y_{max} * Z_k = 14903 * 46 * 8 = 5484304 \text{ бит/с} = 5484.304 \text{ Кбит/с} \sim 5.5 \text{ Мбит/с}$$

Для расчета удвоенной задержки распространения сигнала необходимо учесть тип интерфейса каждого сегмента, проходящего через самый протяженный сетевой путь. Для данного варианта задания этим путем является следующая цепочка сетевых устройств:

- 1) Самый удаленный абонент АГ 1
- 2) Концентратор АГ 1
- 3) Концентратор АГ 2
- 4) Концентратор АГ 3
- 5) Концентратор АГ 4
- 6) Самый удаленный абонент АГ 4

Итого, между этими 6 сетевыми устройствами расположено 5 различных сетевых интерфейсов, при этом сегмент 1 – 2 считается левым, сегмент 5 – 6 – правым, остальные сегменты – промежуточными. Используя эти данные, а также данные об интерфейсах соответствующих сегментов нашей локальной сети и данные для расчета значения  $PDV$  из описания к данной домашней работе (также эти значения можно найти в справочных данных *IEEE*), рассчитаем значение  $PDV$ :

$$\begin{aligned} PDV &= \sum_{i=1}^5 (B_i + l_i * a_i) \\ &= (15.3 + 100 * 0.113) + (46.5 + 150 * 0.1026) + (42.0 + 100 * 0.113) \\ &\quad + (33.5 + 600 * 0.1) + (165 + 100 * 0.113) \\ &= 26.6 + 61.89 + 53.3 + 93.5 + 176.3 = 411.59 \text{ bt} \end{aligned}$$



Для расчета сокращения межкадрового интервала повторителями, как и в предыдущем расчете, необходимо учесть тип интерфейсов соответствующих сегментов самого протяженного сетевого пути. Для расчета данного параметра нам понадобится только 4 сегмента: 1 – 2, 2 – 3, 3 – 4 и 4 – 5, причем сегмент 1 – 2 будем называть передающим, а все остальные – промежуточными. Данные для расчета, как и в предыдущем расчете, взяты из описания к домашней работе (также эти значения можно найти в справочных данных *IEEE*).

$$PVV = \sum_{i=1}^4 PW_i = 10.5 + 11 + 8 + 8 = 37.5 \text{ bt}$$

### 1.3. Анализ степени выполнения

#### предъявляемых требований к качеству связи

Для корректного функционирования сети необходимо выполнение нескольких условий:

- Количество станций в сети не превышает 1024 (имеется 240)
- Общая длина сети не превышает 2500м (суммарная длина всех соединений равна 1250м)
- Максимальная длина каждого сегмента не более величины, определенной в соответствующем стандарте физического уровня (все интерфейсы были выбраны исходя из длины сегмента)
- Время двойного оборота сигнала двумя самыми удаленными друг от друга станциями не должно превышать 575 битовых интервала (расчетное значение 411.59 bt)
- Сокращение межкадрового интервала повторителями не должно превышать 49 битовых интервалов (расчетное значение 37.5 bt)

Как видно из перечисленных выше условий, спроектированная сеть удовлетворяет всем требованиям, что обеспечит корректность ее работы.

Стоит также отметить, что выбор технологии *10Base* был обусловлен величиной полезной пропускной способности  $Y(p) \sim 5.5$  Мбит/с. Для данной пропускной способности будет достаточно технологии с пропускной способностью 10 Мбит/с – *Ethernet*, т.е. *10Base* технологии.

## 2. Формирование варианта использования телефонной сети

### 2.1. Структурная схема телефонной сети

При проектировании телефонной сети принималось в расчет то, что количество абонентов в АГ и их относительное расположение идентично варианту с локальной сетью. Местоположение УПАТС было выбрано исходя из того, что максимальное расстояние от УПАТС до конечного абонентского узла не должно превышать 800м. Принимая во внимание то, что расстояние между концентраторами 3 и 4 АГ составляет 600м, получаем, что расстояние от концентратора 3 АГ до самого удаленного абонента 4 АГ составит 700м. Расстояние между концентраторами 2 и 3 АГ составляет 100м. Следовательно, если разместить УПАТС на месте концентратора 2 АГ, расстояние от нее до самого дальнего абонента 4 АГ будет критическим (800м), поэтому размещать ее на месте концентратора 2 АГ нежелательно, а на месте концентратора 1 АГ и вовсе невозможно. Расположить УПАТС на месте концентратора 4 АГ также невозможно, так как расстояние от нее до самого удаленного абонента 1 АГ будет превышать критическое (950м). Поэтому единственным оптимальным вариантом будет расположить УПАТС на месте концентратора 3 АГ, тогда расстояния до максимально удаленных абонентов АГ будут составлять 350м (1 АГ), 200м (2 АГ), 100м (3 АГ), 700м (4 АГ), что вполне удовлетворяет требованию о максимальной удаленности в 800м. Обоснование того, что у городской сети арендуется два цифровых потока  $E1$ , приведено в пункте 2.2.

Ниже, на рисунке 2, приведена структурная схема с указанием расположения УПАТС.

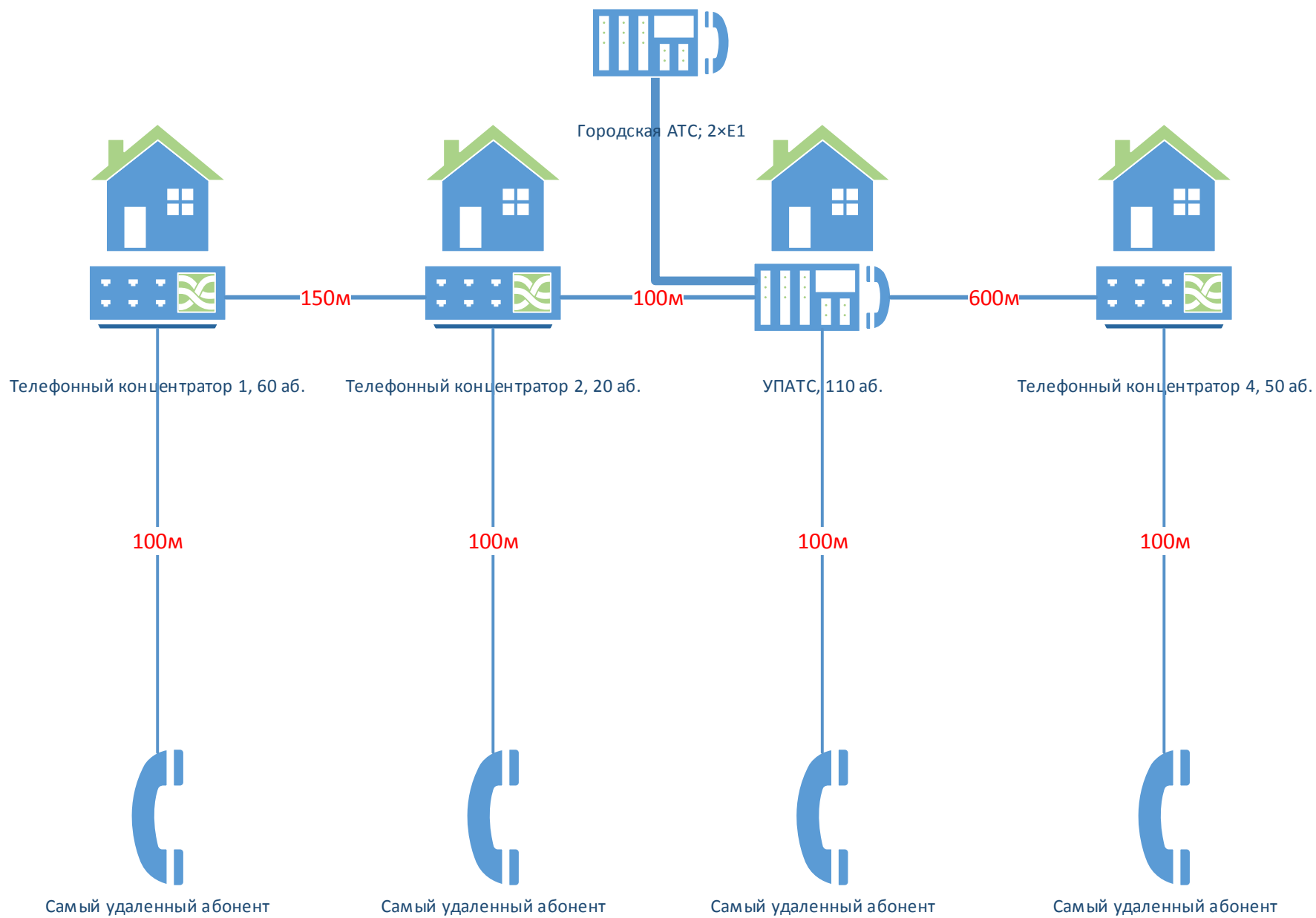


Рисунок 2. Структурная схема телефонной сети

## 2.2. Результаты расчетов обобщенных показателей

Для расчета суммарного числа ОЦК необходимо принять во внимание, что в среднем нагрузка на 1 абонентскую линию составляет 0.166 Эрл, т.е. на каждого абонента нет смысла выделять отдельный основной цифровой поток  $DS0$ , поэтому суммарное число ОЦК будет определяться следующим образом:

$$Z_{\Sigma} = [N_{аб} * 0,166] = [60 + 20 + 110 + 50] * 0,166 = 240 * 0,166 = [39,84] = 40 \text{ шт}$$

Что соответствует требуемой скорости выходного цифрового потока:

$$V = Z_{\Sigma} * 64 \text{ Кбит/с} = 40 * 64 = 2560 \text{ Кбит/с}$$

Т.е. подразумевается, что суммарная интенсивность, создаваемая всеми абонентами, будет составлять 40 Эрл. Арендовать 40 цифровых потоков  $DS0$  по-отдельности не является оптимальным. Одного цифрового потока  $E1$  ( $30 * DS0$ ) будет недостаточно, а цифровой поток  $E2$  ( $120 * DS0$ ) будет в 3 раза превышать требуемое значение. В связи с этим было принято решение арендовать два цифровых потока  $E1$ , т.е. 60 цифровых потоков  $DS0$ , что превосходит требуемое значение на 20 основных цифровых потоков, но этот запас позволит впоследствии незначительно расширить количество абонентов в сети, и будет более выгодно, чем арендовать потоки по-отдельности.

Количество абонентов УПАТС не превышает 512, расстояние от УПАТС до самой удаленной абонентской станции не превышает 800м, следовательно сеть удовлетворяет всем выдвинутым требованиям и будет корректно функционировать.

### 3. Формирование варианта использования транспортных сетевых технологий

#### 3.1. Архитектура стека протоколов и обобщенная структура сети

На схемах, представленных ниже на рисунках 3, 4 и 5, на обобщенной структуре показаны стеки протоколов при использовании технологии *TCP/IP* поверх технологий *X.25*, *Frame Relay* и *ATM* методом инкапсуляции с указанием соответствующих уровней модели *OSI/ISO*.



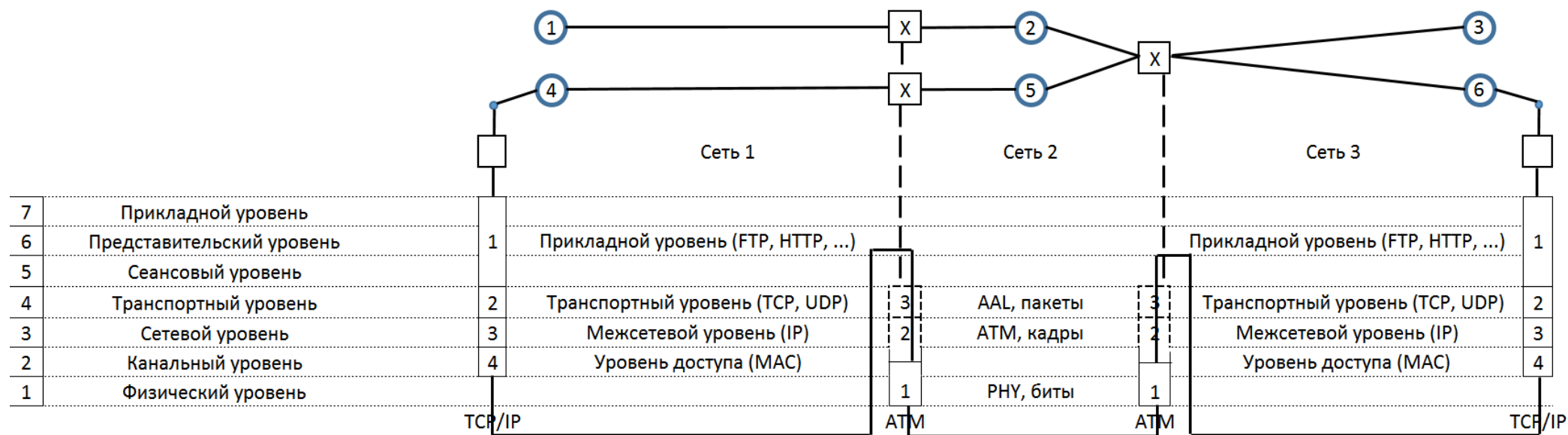


Рисунок 5. TCP/IP over ATM

## 3.2. Результаты расчетов обобщенных показателей

### 3.2.1. X.25

Объем передаваемого информационного сообщения по условию варианта:

$$W_{\text{и}} = 16\,000 \text{ байт}$$

Длина информационной части пакета по условию варианта:

$$W_{\text{и.1}} = 4096 \text{ байт}$$

Октет	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	Версия			IHL			Тип обслуживания									Длина пакета																
4	Идентификатор															Флаги			Смещение фрагмента													
8	Время жизни (TTL)							Протокол								Контрольная сумма заголовка																
12	IP-адрес отправителя																															
16	IP-адрес получателя																															
20	Параметры (от 0 до 10-и 32-х битных слов)																															
	Данные																															

Рисунок 6. Структура пакета IPv4

Будем считать, что передаваемые данные включают в себя всю служебную информацию вплоть до служебной информации *TCP*. Согласно заданию варианта, будем считать, что объем служебной части *IP*-пакетов минимален, и, согласно структуре данных *IP*-пакета (рисунок 6), равен 20 байт. В расчетах для других сетей (*Frame Relay*, *ATM*) также будем считать, что объем служебной части *IP*-пакета равен 20 байт, и повторно изображенную выше схему приводить не будем.

Длина служебной части пакета по структуре пакета и условию варианта:

$$W_{\text{с.1}} = \min = 20 \text{ байт}$$

Флаг 01111110	Адрес	Управление	Данные (пакет)	Проверочная последовательность (CRC)	Флаг 01111110
1 байт	1 байт	1 (2) байта	1–1024 байта	2 байта	1 байт

Рисунок 7. Структура кадра X.25

Длина информационной части кадра по условию варианта:

$$W_{\text{и.2}} = 16 \text{ байт}$$

Длина служебной части кадра по структуре кадра и условию варианта:

$$W_{\text{с.2}} = \min = 5 \text{ байт}$$



Исходное информационное сообщение разбивается на части равной фиксированной длины  $W_{и.1}$ , к которым прибавляется *IP*-заголовок, и в результате получается набор *IP*-пакетов.

Количество *IP*-пакетов рассчитывается как:

$$N_1 = \left\lceil \frac{W_{и}}{W_{и.1}} \right\rceil = \left\lceil \frac{16000}{4096} \right\rceil = [3.9] = 4 \text{ шт}$$

Весь набор пакетов разбивается на части равной фиксированной длины  $W_{и.2}$ , к которым прибавляется заголовок *X.25*, и в результате получается набор кадров *X.25*.

Число кадров, приходящихся на один пакет, вычисляется по формуле:

$$N_2 = \left\lceil \frac{W_{с.1} + W_{и.1}}{W_{и.2}} \right\rceil = \left\lceil \frac{20 + 4096}{16} \right\rceil = [257,2] = 258 \text{ шт}$$

Скорость передачи данных на физическом уровне определяет, с какой скоростью будет передан исходный объем информации включая всю служебную информацию:

$$\begin{aligned} V &= N_1 * N_2 * (W_{с.2} + W_{и.2}) * \left( \lambda + \frac{1}{T} \right) = 4 * 258 * (5 + 16) * 8 * \left( \frac{4 * 10^3}{3600} + \frac{1}{10 * 10^{-3}} \right) \\ &= 4 * 258 * 21 * 8 * (1.11 + 100) = 17\,530\,047.36 \text{ бит/с} \sim 17\,530 \text{ Кбит/с} \end{aligned}$$

Относительные потери показывают, какую часть от всего переданного объема информации составляет служебная информация:

$$\delta V = \frac{N_1 * W_{с.1} + N_1 * N_2 * W_{с.2}}{N_1 * W_{с.1} + N_1 * N_2 * W_{с.2} + W_{и}} = \frac{4 * 20 + 4 * 258 * 5}{4 * 20 + 4 * 258 * 5 + 16000} = \frac{5240}{21240} = 0.2467$$

### 3.2.2. Frame Relay

Объем передаваемого информационного сообщения по условию варианта:

$$W_{\text{и}} = 16\,000 \text{ байт}$$

Длина информационной части пакета по условию варианта:

$$W_{\text{и.1}} = 4096 \text{ байт}$$

Длина служебной части пакета по структуре пакета и условию варианта:

$$W_{\text{с.1}} = \min = 20 \text{ байт}$$

Кадр LAPF	Флаг 01111110	Заголовок	Данные	Проверочная последовательность (FCS)	Флаг 01111110
	1 байт	2–4 байта	1–4096 байт	2 байта	1 байт

Рисунок 8. Структура кадра Frame Relay

Длина информационной части кадра по условию варианта:

$$W_{\text{и.2}} = 256 \text{ байт}$$

Длина служебной части кадра по структуре кадра и условию варианта:

$$W_{\text{с.2}} = \min = 5 \text{ байт}$$

Исходное информационное сообщение разбивается на части равной фиксированной длины  $W_{\text{и.1}}$ , к которым прибавляется IP-заголовок, и в результате получается набор IP-пакетов.

Количество IP-пакетов рассчитывается как:

$$N_1 = \left\lceil \frac{W_{\text{и}}}{W_{\text{и.1}}} \right\rceil = \left\lceil \frac{16000}{4096} \right\rceil = \lceil 3.9 \rceil = 4 \text{ шт}$$

Весь набор пакетов разбивается на части равной фиксированной длины  $W_{\text{и.2}}$ , к которым прибавляется заголовок FR, и в результате получается набор кадров FR.

Число кадров, приходящихся на один пакет, вычисляется по формуле:

$$N_2 = \left\lceil \frac{W_{\text{с.1}} + W_{\text{и.1}}}{W_{\text{и.2}}} \right\rceil = \left\lceil \frac{20 + 4096}{256} \right\rceil = \lceil 16.07 \rceil = 17 \text{ шт}$$

Скорость передачи данных на физическом уровне определяет, с какой скоростью будет передан исходный объем информации включая всю служебную информацию:

$$\begin{aligned}
 V &= N_1 * N_2 * (W_{\text{с.2}} + W_{\text{и.2}}) * \left( \lambda + \frac{1}{T} \right) = 4 * 17 * (5 + 256) * 8 * \left( \frac{4 * 10^3}{3600} + \frac{1}{10 * 10^{-3}} \right) \\
 &= 4 * 17 * 261 * 8 * (1.11 + 100) = 14\,356\,002.24 \text{ бит/с} \sim 14\,356 \text{ Кбит/с}
 \end{aligned}$$

Относительные потери показывают, какую часть от всего переданного объема информации составляет служебная информация:

$$\delta V = \frac{N_1 * W_{c.1} + N_1 * N_2 * W_{c.2}}{N_1 * W_{c.1} + N_1 * N_2 * W_{c.2} + W_{\text{и}}} = \frac{4 * 20 + 4 * 17 * 5}{4 * 20 + 4 * 17 * 5 + 16000} = \frac{420}{16420} = 0.025$$

### 3.2.2. АТМ

Объем передаваемого информационного сообщения по условию варианта:

$$W_{\text{и}} = 16\,000 \text{ байт}$$

Длина информационной части пакета по условию варианта:

$$W_{\text{и.1}} = 4096 \text{ байт}$$

Длина служебной части пакета по структуре пакета и условию варианта:

$$W_{\text{с.1}} = \min = 20 \text{ байт}$$

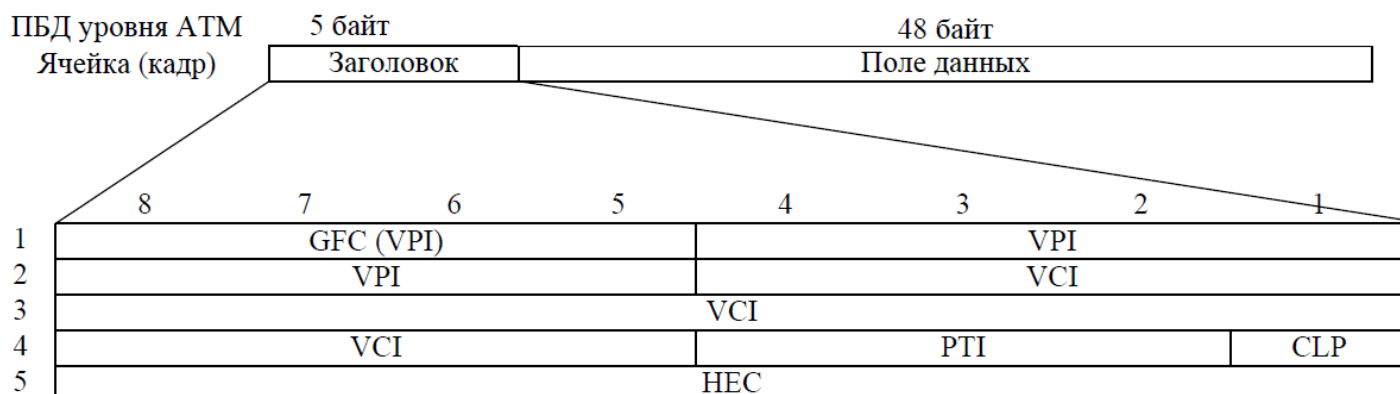


Рисунок 9. Структура кадра АТМ

Длина информационной части кадра по условию варианта:

$$W_{\text{и.2}} = 48 \text{ байт}$$

Длина служебной части кадра по структуре кадра и условию варианта:

$$W_{\text{с.2}} = \min = 5 \text{ байт}$$

Исходное информационное сообщение разбивается на части равной фиксированной длины  $W_{\text{и.1}}$ , к которым прибавляется *IP*-заголовок, и в результате получается набор *IP*-пакетов.

Количество *IP*-пакетов рассчитывается как:

$$N_1 = \left\lceil \frac{W_{\text{и}}}{W_{\text{и.1}}} \right\rceil = \left\lceil \frac{16000}{4096} \right\rceil = \lceil 3.9 \rceil = 4 \text{ шт}$$

Весь набор пакетов разбивается на части равной фиксированной длины  $W_{\text{и.2}}$ , к которым прибавляется заголовок *АТМ*, и в результате получается набор кадров *АТМ*.

Число кадров, приходящихся на один пакет, вычисляется по формуле:

$$N_2 = \left\lceil \frac{W_{\text{с.1}} + W_{\text{и.1}}}{W_{\text{и.2}}} \right\rceil = \left\lceil \frac{20 + 4096}{48} \right\rceil = \lceil 85.75 \rceil = 86 \text{ шт}$$

Скорость передачи данных на физическом уровне определяет, с какой скоростью будет передан исходный объем информации включая всю служебную информацию:

$$V = N_1 * N_2 * (W_{c.2} + W_{и.2}) * \left( \lambda + \frac{1}{T} \right) = 4 * 86 * (5 + 48) * 8 * \left( \frac{4 * 10^3}{3600} + \frac{1}{10 * 10^{-3}} \right) \\ = 4 * 86 * 53 * 8 * (1.11 + 100) = 14\,747\,500.16 \text{ бит/с} \sim 14\,747 \text{ Кбит/с}$$

Относительные потери показывают, какую часть от всего переданного объема информации составляет служебная информация:

$$\delta V = \frac{N_1 * W_{c.1} + N_1 * N_2 * W_{c.2}}{N_1 * W_{c.1} + N_1 * N_2 * W_{c.2} + W_{и}} = \frac{4 * 20 + 4 * 86 * 5}{4 * 20 + 4 * 86 * 5 + 16000} = \frac{1800}{17800} = 0.101$$

### 3.3. Сравнительный анализ выполненных расчетов

Выполнив расчеты для всех трех технологий, необходимо выбрать из них одну, которая больше всех будет подходить по полученным результатам. При этом стоит отметить, что для параметра «относительные потери» действует обратная зависимость – чем меньше, тем лучше (тем меньше служебной информации передается), также, как и для параметра «скорость передачи на физическом уровне», так как чем выше значение этого параметра, тем большую пропускную способность должны обеспечивать каналы связи.

В приведенной ниже таблице объединены все результирующие параметры для трех сетей:

	Скорость передачи, Кбит/с	Относительные потери
<i>X.25</i>	17 530	0.2467
<i>Frame Relay</i>	14 356	0.025
<i>ATM</i>	14 747	0.101

Получается, что при заданных условиях наилучшим выбором будет использование сети *Frame Relay* – она обеспечит максимально эффективное использование пропускной способности каналов связи с точки зрения потерь на служебную информацию, а также, с другой стороны, будет менее требовательна к пропускной способности каналов связи.

#### 4. Анализ доступных технологий

На данный момент технологии *X.25*, *Frame Relay* и *ATM* считаются устаревшими, и есть современная технология *Ethernet*. Попробуем провести расчеты для сети, основанной на данной технологии. Размер информационной и служебной частей кадра выберем таким образом, чтобы размер служебной части был минимален, а размер информационной части был таков, чтобы пакеты укладывались в кадры «ровно», с минимальным размером неиспользуемой части кадра.

Объем передаваемого информационного сообщения по условию варианта:

$$W_{\text{и}} = 16\,000 \text{ байт}$$

Длина информационной части пакета по условию варианта:

$$W_{\text{и.1}} = 4096 \text{ байт}$$

Длина служебной части пакета по структуре пакета и условию варианта:

$$W_{\text{с.1}} = \min = 20 \text{ байт}$$



Рисунок 10. Структура кадра *Ethernet*

Длина информационной части кадра по условию варианта:

$$W_{\text{и.2}} = 1372 \text{ байт}$$

Длина служебной части кадра по структуре кадра и условию варианта:

$$W_{\text{с.2}} = \min = 26 \text{ байт}$$

Исходное информационное сообщение разбивается на части равной фиксированной длины  $W_{\text{и.1}}$ , к которым прибавляется *IP*-заголовок, и в результате получается набор *IP*-пакетов.

Количество *IP*-пакетов рассчитывается как:

$$N_1 = \left\lceil \frac{W_{\text{и}}}{W_{\text{и.1}}} \right\rceil = \left\lceil \frac{16000}{4096} \right\rceil = \lceil 3.9 \rceil = 4 \text{ шт}$$

Весь набор пакетов разбивается на части равной фиксированной длины  $W_{\text{и.2}}$ , к которым прибавляется заголовок *Ethernet*, и в результате получается набор кадров *Ethernet*.

Число кадров, приходящихся на один пакет, вычисляется по формуле:

$$N_2 = \left\lceil \frac{W_{c.1} + W_{и.1}}{W_{и.2}} \right\rceil = \left\lceil \frac{20 + 4096}{1372} \right\rceil = \lceil 3 \rceil = 3 \text{ шт}$$

Скорость передачи данных на физическом уровне определяет, с какой скоростью будет передан исходный объем информации включая всю служебную информацию:

$$\begin{aligned} V &= N_1 * N_2 * (W_{c.2} + W_{и.2}) * \left( \lambda + \frac{1}{T} \right) = 4 * 3 * (26 + 1372) * 8 * \left( \frac{4 * 10^3}{3600} + \frac{1}{10 * 10^{-3}} \right) \\ &= 4 * 3 * 1398 * 8 * (1.11 + 100) = 13\,569\,770.88 \text{ бит/с} \sim 13\,569 \text{ Кбит/с} \end{aligned}$$

Относительные потери показывают, какую часть от всего переданного объема информации составляет служебная информация:

$$\delta V = \frac{N_1 * W_{c.1} + N_1 * N_2 * W_{c.2}}{N_1 * W_{c.1} + N_1 * N_2 * W_{c.2} + W_{и.1}} = \frac{4 * 20 + 4 * 3 * 26}{4 * 20 + 4 * 3 * 26 + 16000} = \frac{392}{16392} = 0.024$$

Можно заметить, что полученные результаты превосходят выбранную ранее технологию *Frame Relay*, причем по обоим показателям – скорости передачи на физическом уровне (13 569 Кбит/с против 14 356 Кбит/с у *FR*) и относительным потерям (0.024 против 0.025 у *FR*). В связи с этим при заданных условиях лучше использовать технологию *Ethernet*.

Обобщенная структура со стеками протоколов и указанием соответствующих уровней модели *OSI/ISO* для использования технологии *TCP/IP* поверх технологии *Ethernet* представлена ниже на рисунке 11.

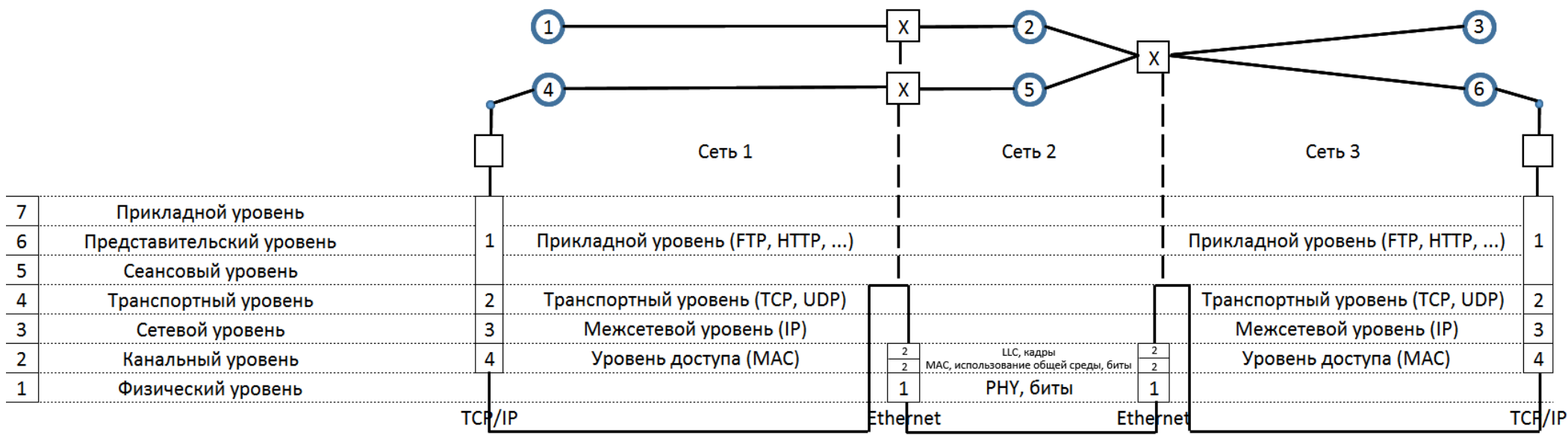


Рисунок 11. TCP/IP over Ethernet



## Заключение

Проведенные расчеты и анализ позволили определить наилучший вариант использования локальных сетевых и транспортных технологий для имеющихся исходных данных. Полученные на лекционных занятиях знания были закреплены в процессе выполнения данной домашней работы

## Список использованной литературы

- Э. Таненбаум, Д. Уэзеролл, «Компьютерные сети»
- Олифер В. Г., Олифер Н. А., «Компьютерные сети»
- [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) – свободная энциклопедия