

Контрольная работа по курсу “Компьютерные сети”

Задание 1. Расчет скорости передачи информации по сетям Ethernet

Рассчитаем максимальный и минимальный интервал времени, требуемый для передачи файла размером 300 Мбайт по сегменту сети Fast Ethernet без учета данных протоколов сетевого и транспортного уровней.

Вначале определим максимальное и минимальное количество пакетов, необходимое для передачи файла. В кадрах Ethernet минимальный размер данных составляет 46 байт, а максимальный - 1500 байт. Поэтому для передачи файла размером 300 Мбайт потребуется следующее максимальное и минимальное количество пакетов:

$$N_{max} = (300 * 10^6)/46 \approx 6521740$$

$$N_{min} = (300 * 10^6)/1500 \approx 200000$$

Далее определим какое количество байт, нам потребуется передать в каждом Ethernet-кадре. Каждый минимальный кадр требует при передаче размер, показанный на рисунке 1.

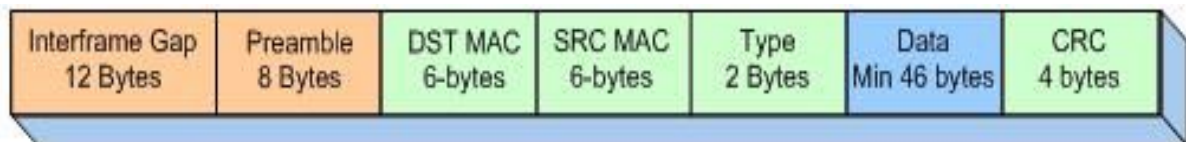


Рисунок 1

На данном рисунке показаны следующие поля:

- Интервал между последовательными кадрами - 12 байт;
- Преамбула - 8 байт;
- MAC-адрес назначения - 6 байт;
- MAC-адрес источника - 6 байт;
- Тип/длина - 2 байта;
- Данные - 46 байт;
- Контрольная сумма кадра - 4 байта.

Таким образом для передаче минимального кадра потребуется передать 84 байта. Поэтому для передачи файла 300 Мбайт по сети потребуется передать:

$$D_{max} = N_{max} * 84 = 6521740 * 84 = 547826160 \text{ байт} \approx 547 \text{ Мбайт}$$

Для передачи кадра максимального размера потребуется передать 1538 байт. Таким образом для передачи нашего файла потребуется:

$$D_{min} = N_{min} * 1538 = 200000 * 1538 = 307600000 \text{ байт} \approx 307.6 \text{ Мбайт}$$

Также определим какую долю занимают полезные данные в минимальном и максимальном случае:

$$S_{max} = 46/84 * 100 = 54.8\%$$

$$S_{min} = 1500/1538 * 100 = 97.5\%$$

Определим максимальное и минимальное время передачи данного файла для сети Fast Ethernet (скорость 100 Мбит/с):

$$T_{max} = D_{max}/B = 547826160 * 8/(100 * 10^6) \approx 43.8 \text{ сек}$$

$$T_{min} = D_{min}/B = 307600000 * 8/(100 * 10^6) \approx 24.6 \text{ сек}$$

Рассчитайте максимальное и минимальное время передачи файлов по Fast Ethernet для размеров файлов по вариантам из таблицы 1 (номер варианта - последняя цифра зачетной книжки).

Таблица 1

№ варианта	Размер, Мбайт	№ варианта	Размер, Мбайт
0	450	5	38
1	630	6	145
2	720	7	210
3	1140	8	376
4	830	9	57

Определим максимальное и минимальное время передачи файлов, с учетом всей служебной информации для всех протоколов, рисунок 2. В этом случае требуется учесть, что в данных кадра также передаются:

- IP-заголовок (20 байт)
- TCP-заголовок (20 байт)

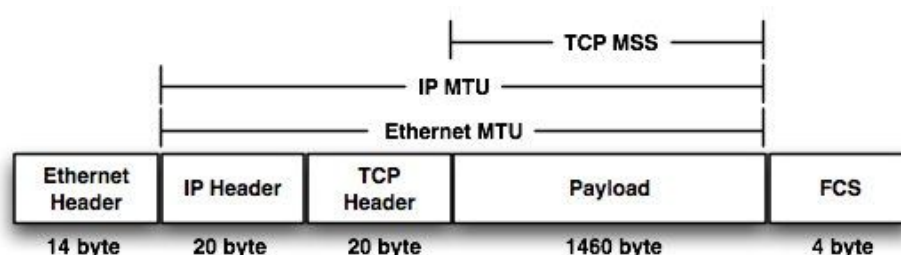


Рисунок 2

Таким образом максимально возможный размер полезных данных снижается до 1460 байт, рисунок 3, а минимально возможный до 6 байт.

Рассчитаем теоретически возможное максимальное и минимальное количество кадров:

$$N_{max} = (300 * 10^6) / 6 = 50 * 10^6$$

$$N_{min} = (300 * 10^6) / 1460 \approx 205480$$

Определим максимальное и минимальное количество данных:

$$D_{max} = N_{max} * 84 = 50 * 10^6 * 84 = 4.2 * 10^9 \text{ байт} \approx 4.2 \text{ Гбайт}$$

$$D_{min} = N_{min} * 1538 = 205480 * 1538 = 316028240 \text{ байт} \approx 316 \text{ Мбайт}$$

Также определим какую долю занимают полезные данные в минимальном и максимальном случае:

$$S_{max} = 6 / 84 * 100 = 7.1\%$$

$$S_{min} = 1460 / 1538 * 100 \approx 95\%$$

Определим максимальное и минимальное время передачи данного файла для сети Fast Ethernet (скорость 100 Мбит/с):

$$T_{max} = D_{max} / B = 4.2 * 10^9 * 8 / (100 * 10^6) \approx 336 \text{ сек}$$

$$T_{min} = D_{min} / B = 316 * 10^6 * 8 / (100 * 10^6) \approx 25.3 \text{ сек}$$

Сделайте расчет максимального и минимального времени передачи файлов из таблицы 1 с учетом служебных данных для всех протоколов.

Задание 2. Расчет времени передачи информации по WLAN

Рассчитаем минимальный и максимальный интервал времени, который потребуется для передачи по сегменту беспроводной сети стандарта 802.11n файла размером 300 Мбайт. Без учета накладных расходов на протоколы верхнего уровня, рисунок 3.

Кадр данных Wi-Fi имеет следующий формат:

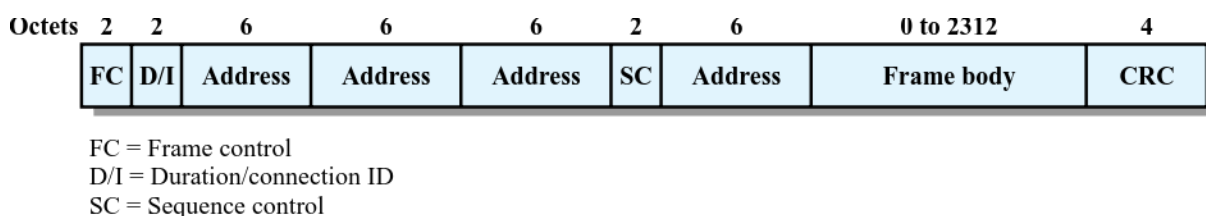


Рисунок 3 - Кадр данных WLAN

В кадрах данных WLAN полезная информация передается в поле Тело кадра (Frame Body), которое может иметь размер от 0 до 2312 байт. Поэтому передача файла размером 300 Мбайт потребует следующего количества кадров:

$$N = (300 * 10^6) / 2312 \approx 130 * 10^3$$

Далее определим общее количество служебной информации, которое потребуется для передачи байт, нам потребуется передать в каждом Ethernet-кадре.

На данном рисунке представлены следующие поля кадра WLAN:

- Управление кадром (FC) - 2 байта;
- Время передачи (D) - 2 байта;
- 4 поля для адресов (Address) по 6 байт ;
- Последовательный номер кадра - 2 байта;
- Тело - 0...2312 байт;
- Контрольная сумма - 4 байта;

Общий размер служебных данных в кадре составит:

$$2 + 2 + 4 * 6 + 2 + 4 = 32 \text{ байта}$$

Максимальный размер кадра: $2312 + 32 = 2344$ байта

Поэтому для передачи файла 300 Мбайт общее количество передаваемых по WLAN данных составит:

$$D = N * 2344 = 130 * 10^3 * 2344 \approx 304 \text{ Мбайт}$$

Определим эффективность передачи полезной информации в кадрах: $S = 2312/2344 * 100 = 98,6\%$

Рассмотрим типовой сценарий, когда передача файла производится от точки доступа на носимое устройство (смартфон) в диапазоне 2,4 ГГц по одному каналу шириной 40 МГц. В этом случае типовая скорость составит 150 Мбит/с.

Определим интервал времени необходимый для передачи файла:

$$T = D/B = 304 * 10^6 * 8/(150 * 10^6) \approx 16.2 \text{ сек}$$

В случае плохого приема скорость передачи будет снижена до 6,5 Мбит/с в канале 20 МГц. В связи с этим максимальный интервал времени для передачи составит:

$$T_{max} = D/B_{min} = 304 * 10^6 * 8/(6.5 * 10^6) \approx 374 \text{ сек}$$

Рассчитайте минимальный и максимальный интервалы времени для размеров файлов по вариантам из таблицы 2 (номер варианта - последняя цифра зачетной книжки).

Таблица 2

№ варианта	Размер, Мбайт	№ варианта	Размер, Мбайт
0	450	5	38
1	630	6	145
2	720	7	210
3	1140	8	376
4	830	9	57

Определим максимальное и минимальное время передачи файлов, с учетом всей служебной информации для всех протоколов. В этом случае требуется учесть, что в кадрах WLAN будут также передаваться служебные данные:

- Заголовок 802.2 (4 байта)
- IP-заголовок (20 байт)
- TCP-заголовок (20 байт)

Также необходимо учесть то, что поскольку данные, как правило, передаются из сети Интернет, то размер максимальный размер поля полезных данных не будет превышать 1460 байт.

Рассчитаем необходимое количество кадров:

$$N = (300 * 10^6) / 1460 \approx 205480$$

Определим общее количество служебных данных в кадре:

$$32 + 4 + 20 + 20 = 76 \text{ байт}$$

Общий размер кадра будет:

$$76 + 1460 = 1536 \text{ байт}$$

Доля полезных данные в кадре будет:

$$S = 1460 / 1536 * 100 = 95 \%$$

Общий размер передаваемых данных составит:

$$D = N * 1536 = 205480 * 1536 \approx 315,6 \text{ Мбайт}$$

Приблизительный интервал времени передачи составит:

$$T = D / B = 315,6 * 10^6 * 8 / (150 * 10^6) \approx 16.8 \text{ сек}$$

Максимальный интервал времени:

$$T_{max} = D / B_{min} = 315,6 * 10^6 * 8 / (6.5 * 10^6) \approx 388.4 \text{ сек}$$

Сделайте расчет интервалов времени передачи файлов из таблицы 2 с учетом служебных данных для всех протоколов.

Задание 3. Определить максимальную скорость передачи беспроводной сети в указанных точках

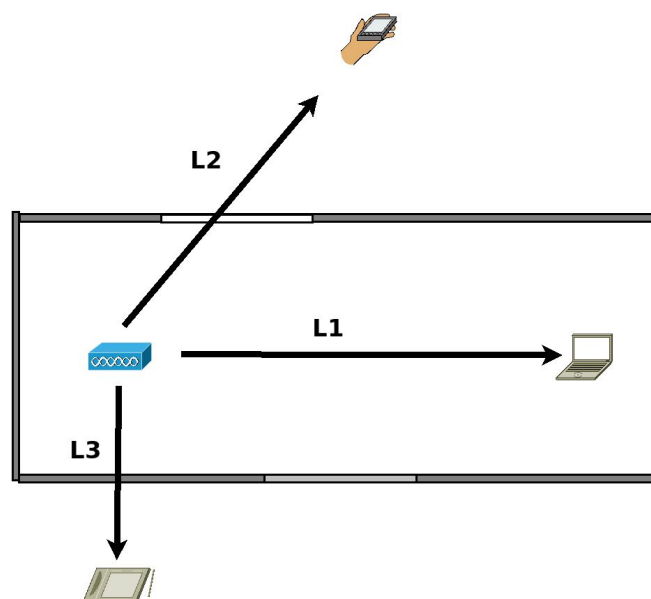


Рисунок 4

Оцените скорость беспроводной сети стандарта 802.11ac для диапазона 2,4 ГГц, шириной канала 40 МГц и одним пространственным потоком в следующих точках, рисунок 4:

- 1) В помещении с AP в зоне прямой видимости на расстоянии $L1$.
- 2) Вне помещения AP, сигнал проходит через окно, на расстоянии $L2$.
- 3) Вне помещения, сигнал проходит через бетонную стену на расстояние $L3$, приемное устройство находится вне прямой видимости.

Данные для индексов модуляции, скорости передачи и силы принимаемого сигнала приведены в таблице 3.

Таблица 3

MCS	Скорость, Мбит/с	SNR, дБ	RSSI, дБм
0	15	5	-79
1	30	8	-76
2	45	12	-74
3	60	14	-71
4	90	18	-67
5	120	21	-63
6	135	23	-62
7	150	28	-61
8	180	32	-56
9	200	34	-54

Если сила сигнала на приеме (RSSI) составляет менее -85 дБм, то прием считается ненадежным. Сила сигнала на приеме определяется по следующей формуле:

$$RSSI = P_T + G_T - PathLoss + G_R - L_R$$

где P_T - мощность передатчика, дБм;

G_T - усиление антенны передатчика, дБ;

$PathLoss$ - потери на пути распространения радиоволн, дБ;

G_R - усиление антенны приемника, дБ;

L_R - потери приемника (добавочные потери, шумы и тп), дБ.

Типичными значениями для беспроводных сетей являются следующие значения параметров: $P_T = -10$ дБм, $G_R = 2,2$ дБ, $G_T = 2,2$ дБ.

Потери на пути распространения рассчитываются по формуле:

$$PathLoss = 20 \log(4\pi/\lambda) + 10n \log(d)$$

где λ - длина волны, м; d - расстояние от передатчика до приемника, м; n - показатель среды распространения.

Для диапазона 2,4 ГГц длина волны составляет 12,5 см. В случае прямой видимости, для свободной среды распространения показатель распространения можно принять равным 2.

Дополнительные потери приемника необходимо учитывать при наличии препятствий на пути распространения радиоволн. Приближенные значения дополнительных потерь приведены в таблице 4.

Таблица 4

Препятствие	Потери, дБ
Деревянная дверь	2
Окно (стекло)	3
Кирпичная стена	11
Железобетонная стена	15

Определим максимальную скорость WLAN в случае $L_1=10$ м и без препятствий.

Потери при распространении:

$$PathLoss = 20 \log(4\pi/0,125) + 10 * 2 * \log(10) = 40 + 20 = 60 \text{ дБ}$$

RSSI на приеме составит:

$$RSSI = -10 + 2,2 - 60 + 2,2 - 0 = -65,6 \text{ дБм}$$

По таблице 3 можно определить, что максимально достижимая скорость в таких условиях составит 150 Мбит/с.

Проведем аналогичный расчет для второго случая при $L_2 = 17$ м и препятствия в виде оконного стекла. Потери при распространении:

$$PathLoss = 20 \log(4\pi/0,125) + 10 * 2 * \log(17) = 40 + 24,6 = 64,6 \text{ дБ}$$

RSSI на приеме:

$$RSSI = -10 + 2,2 - 64,6 + 2,2 - 3 = -73,2 \text{ дБм}$$

Максимальная скорость передачи по таблице 3 составит 45 Мбит/с.

Расчет для третьего случая при $L3 = 5$ м и препятствия в виде железобетонной стены. Потери при распространении:

$$PathLoss = 20 \log(4\pi/0,125) + 10 * 2 * \log(5) = 40 + 14 = 54 \text{ дБ}$$

RSSI на приеме:

$$RSSI = -10 + 2,2 - 54 + 2,2 - 15 = -74,6 \text{ дБм}$$

Максимальная скорость передачи по таблице 3 составит 30 Мбит/с.

Выполните расчет силы сигнала на приеме и определите соответствующую ей скорость передачи в трех случаях для расстояний приведенных в таблице 5 (номер варианта - последняя цифра зачетной книжки). Если RSSI составит менее -85 дБм, то скорость передачи считается равной 0 Мбит/с.

Таблица 5 - Варианты заданий

№ Варианта	Расстояния		
	L1	L2	L3
0	15	25	11
1	7	14	6
2	12	8	10
3	8	4	3
4	14	16	9
5	3	23	4
6	19	30	3
7	17	15	2
8	21	10	7
9	11	20	5