

Разбор задач контрольной работы 1

Смелянский Р. Л.,
Щербинин В. В.

Дольные единицы измерения

- 1 метр = 100 см = 1000 мм
- 1 мм = 10^{-3} м
- 1 мс = 10^{-3} с

Кратные единицы измерения

- 1 км = 1000 м
- 1 Кбит = 1000 бит
- 1 Мбит = 10^6 бит (= 1000 Кбит)
- 1 КБайт = 2^{10} Байт = **1024** Байта
- 1 МБайт = 2^{20} Байт = **1048576** Байт
- 1 Байт = 8 бит

RTT

- Величина **RTT** (round-trip time) на линии связи London - Houston равна **90 мс**.
Пропускная способность линии **10 Мбит/с**.
Какое максимальное количество бит может находиться на линии в прямом и обратном направлениях?

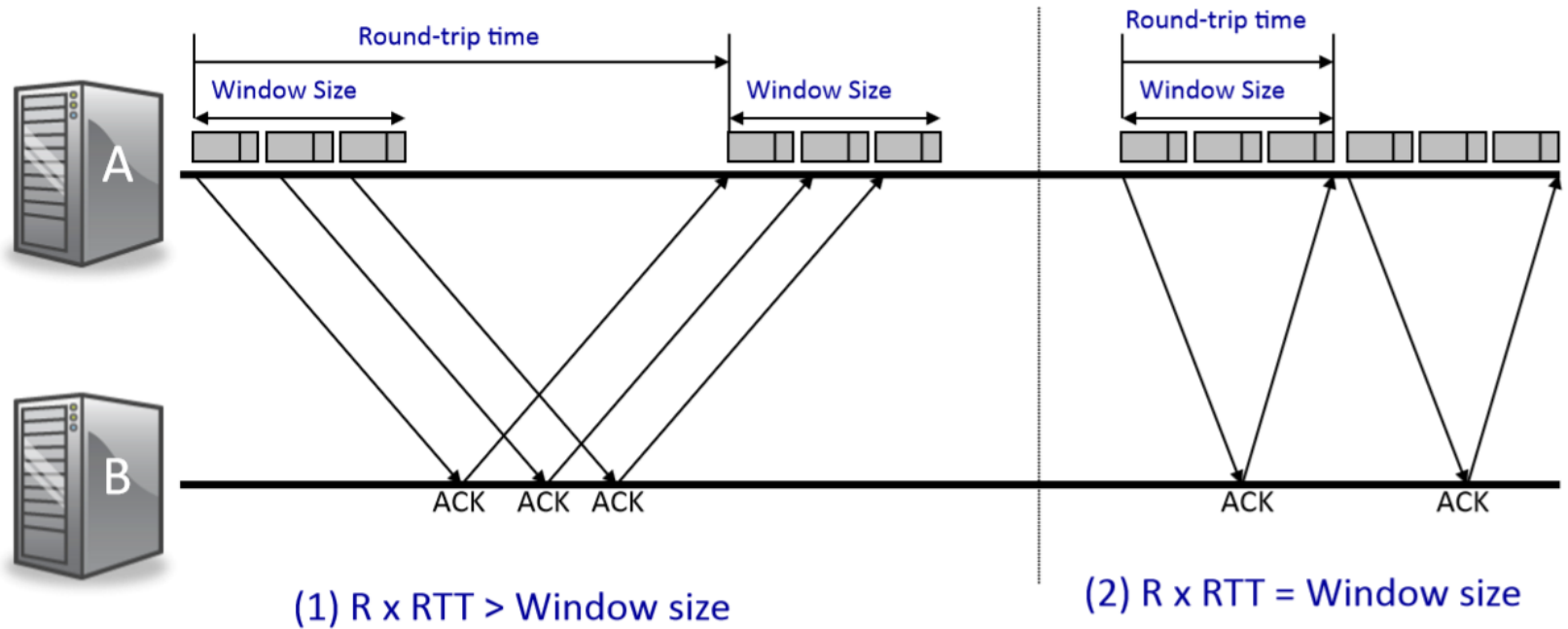
RTT

- $R * RTT = 10 * 10^6 * 90 * 10^{-3} = 900\,000$ бит
- Если $RTT = 90$ мс, то $T_{London2Houston}$ **не обязательно равно 45 мс**

Размер окна

- Максимальная скорость, с которой сетевой уровень может пересылать PDU транспортного уровня между хостами А и В, составляет **10 Мбит/с**. **RTT = 100 мс**. Для передачи данных на транспортном уровне используется протокол ТСР. **Буфер у получателя 50 КБайт**. Каков максимальный размер окна у отправителя в битах?

Размер окна



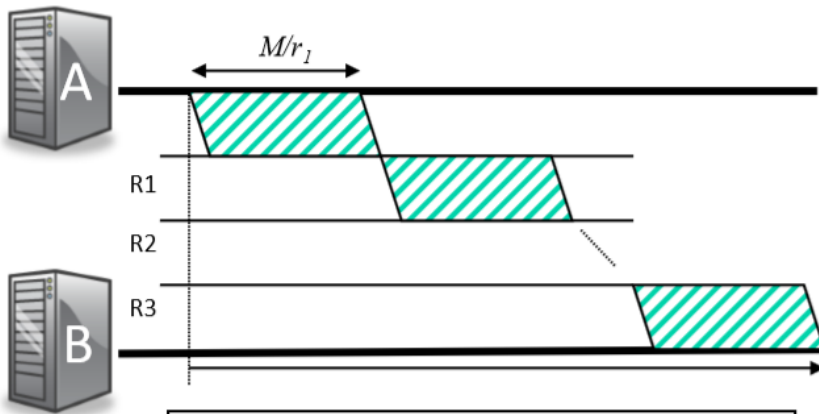
Размер окна

- $SWS = \min(RWS, CWND)$
- $\max CWND = R * RTT$
 $= 10 * 10^6 \text{ бит/с} * 100 * 10^{-3} \text{ с}$
 $= 1\,000\,000 \text{ бит}$
- $RWS = 50 \text{ КБайт} = 50 * 2^{10} \text{ Байт}$
 $= 50 * 8 * 2^{10} \text{ бит}$
 $= 409\,600 \text{ бит}$
- **Ответ:** $SWS = 409\,600 \text{ бит}$

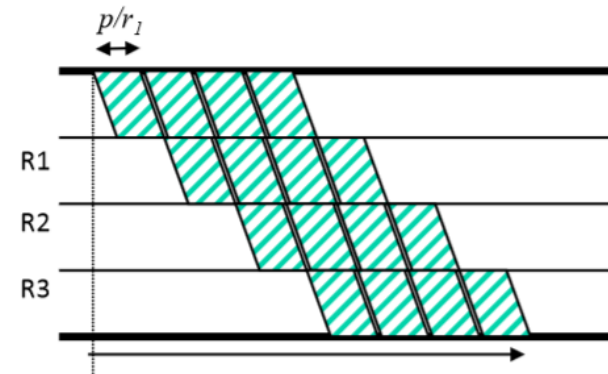
е2е задержка

- Хотим передать блок данных **100 Мбит** через **15** компьютеров с суммарной длиной линий связи **1,5 км** и с пропускной способностью по **10 Мбит/с** у каждой линии. Сколько времени займет передача, если блок разделить на пакеты длиной **1 Кбит**? Скорость распространения сигнала по линии принять **$C = 2 \cdot 10^8$ м/с**.

e2e задержка



$$\text{End-to-end delay, } t = \sum_i \left(\frac{M}{r_i} + \frac{l_i}{c} \right)$$



$$\text{End-to-end delay, } t = \sum_i \left(\frac{p}{r_i} + \frac{l_i}{c} \right) + \left(\frac{M}{p} - 1 \right) \frac{p}{r_{\min}}$$

е2е задержка

- $M = 100 \cdot 10^6$ бит
- $N = 15$
- $r = 10 \cdot 10^6$ бит/с
- $p = 1000$ бит
- $l = 1500$ м
- $$t = N \cdot \frac{p}{r} + \frac{l}{c} + \left(\frac{M}{p} - 1 \right) \cdot \frac{p}{r}$$
$$= 15 \cdot \frac{1000}{10 \cdot 10^6} + \frac{1500}{2 \cdot 10^8} + \left(\frac{100 \cdot 10^6}{1000} - 1 \right) \cdot \frac{1000}{10 \cdot 10^6}$$
$$= 10,0014 \approx 10,001$$

AIMD

- Поток передает данные пакетами по **1 КБайт**, используя **AIMD** алгоритм для управления размером окна. Начальный размер окна **10 КБайт**. Окно достигает размера **20 КБайт** и происходит **потеря последнего пакета**. Сколько пакетов с начала передачи отправитель успевает отправить до того, как окно «сжимается»?

AIMD

- Если все нормально, то каждый RTT

$$W \leftarrow W + 1$$

- Если ACK не получен, то

$$W \leftarrow \frac{W}{2}$$

AIMD

- 1-й RTT – окно 10 пакетов – отправляем 10 пакетов
- 2-й RTT – окно 11 пакетов – отправляем 11 пакетов
- ...
- 11-й RTT – окно 20 пакетов – отправляем 20 пакетов, пакет теряется => на следующем RTT окно «сжмется»
- До «сжатия» окна мы успели отправить
$$10 + 11 + \dots + 20 = 145 \text{ пакетов}$$

Рессиверный буфер

- Пусть есть маршрут с общей задержкой пакетизации **15 мс** и общей задержкой на распространение – **25 мс**, задержка на буферизацию колеблется **от 0 до 10 мс**. Вычислить размер Рессиверного буфера (РБ) в мс, если при потере пакета происходило **не более 1 повторной передачи**.

Рессиверный буфер

- РБ – сглаживание задержек
- Размер РБ = $T_{e2e}^{max} - T_{e2e}^{min}$
- $T_{e2e}^{min} = 15 \text{ мс} + 25 \text{ мс} + 0 \text{ мс} = 40 \text{ мс}$
- $T_{e2e}^{max} = (15 \text{ мс} + 25 \text{ мс} + 10 \text{ мс}) * 3 = 150 \text{ мс}$
- Ответ: 110 мс

Очередь

- Пусть есть очередь (FIFO), для которой известно, что на отрезке времени $[0, T]$, где $T > 0$, поступает равномерный поток $S + X \cdot t$ бит, $t \in [0, T]$, $S > 0$ и $X > 0$ - константы.
- Каково **максимальное значение X** , при котором очередь опустошится к концу заданного отрезка времени?
- Какова максимальная длина очереди при **$X = R/2$** ?

Очередь

- $A(t) = S + X \cdot t$
- $D(t) = R \cdot t$
- $Q(t) = A(t) - D(t) = S + X \cdot t - R \cdot t$
- $Q(T) = 0 \Leftrightarrow X \leq \mathbf{R} - \frac{S}{T}$
- $X = R/2 \Rightarrow Q(t) = S - \frac{R \cdot t}{2}$
- $\max_t Q(t) = Q(0) = S$

IP фрагментация

- Пусть маршрутизаторы А, В, С соединены в линейную топологию (А-В-С), **максимальный размер пакета IP**, который может передать канальный уровень на линии **А-В**, составляет **16000 Байт (считая заголовок)**, а максимальный размер пакета IP, который может передать канальный уровень на линии **В-С**, составляет **400 Байт (считая заголовок)**. Пусть кадр канального уровня требует **30 Байт** дополнительной информации, IP заголовок – **20 Байт**. Пакеты не теряются и **А всегда шлет пакет максимальной длины**. На каждые **1000 Байт**, что А шлет В (**не считая заголовка**), сколько байт В должен послать С (**считая затраты на IP заголовки и заголовки кадра**)? Ответ округлить до байт.

Кадр L2

Пакет IP



Заголовок

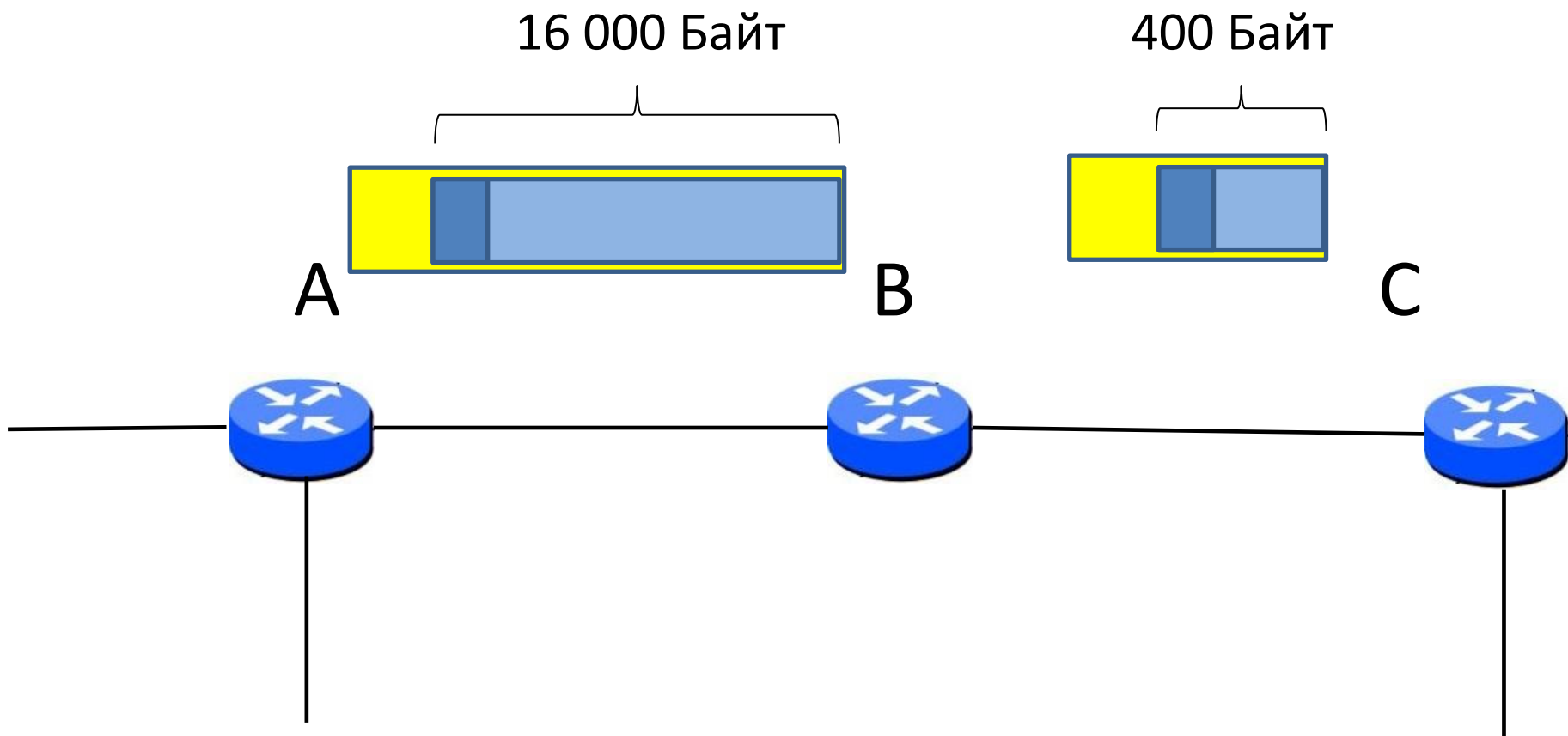
L2

Заголовок

IP

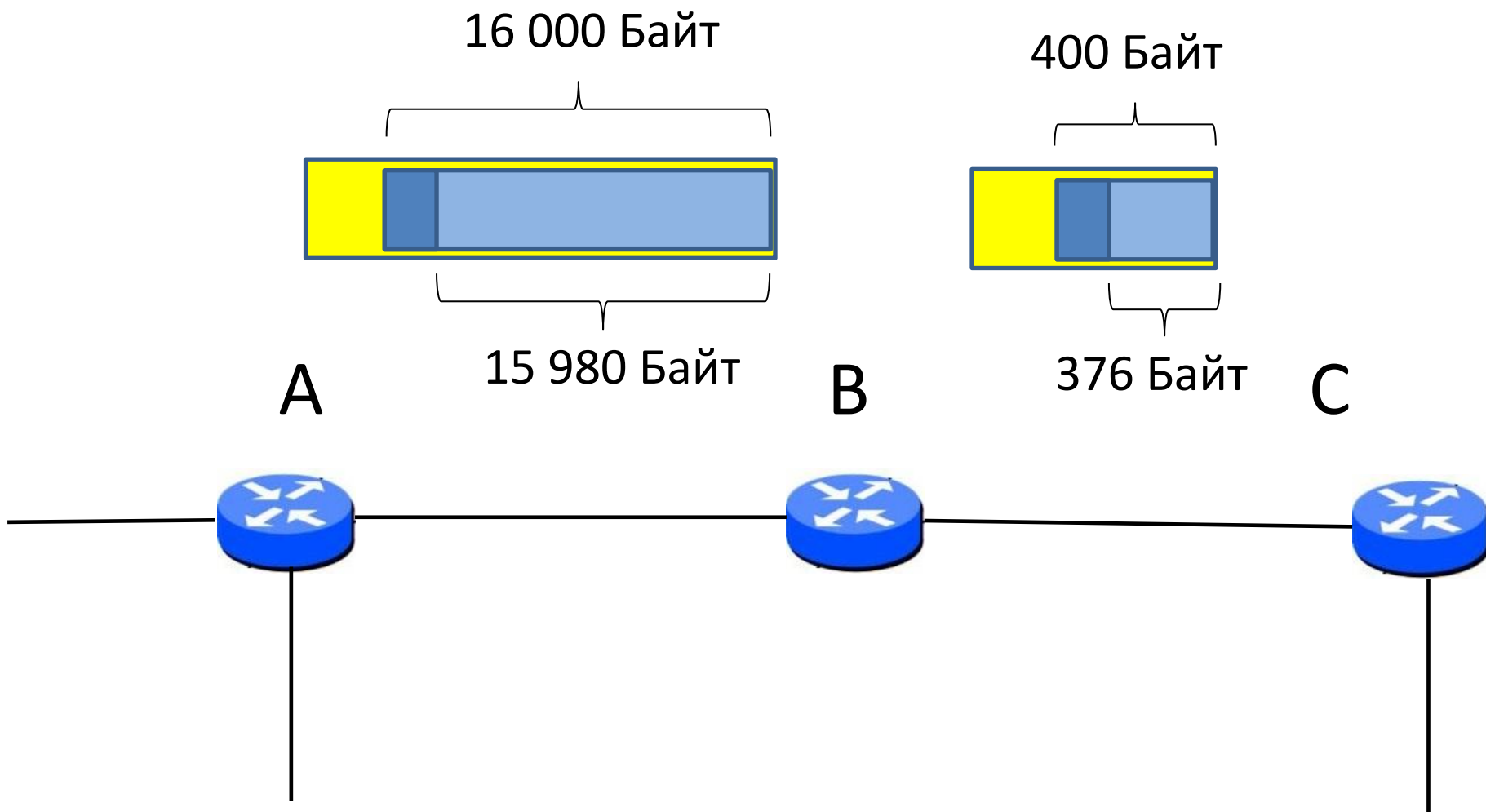
Тело

IP



IP фрагментация

- А шлет пакет с 15980 Б полезной нагрузки В
- В фрагментирует полученный кадр IP на **несколько кадров IP, в которых полезной нагрузки ≤ 380 Б**
 - Поле offset заголовка IP содержит смещение полезной нагрузки фрагмента, выраженное в 8-байтовых порциях => размер полезных нагрузок всех пакетов кроме последнего **должен быть кратен 8 байтам**
 - Максимальное число, кратное 8 и меньшее 380, равно 376 – это **размер полезной нагрузки пакетов IP на линии В-С**



IP фрагментация

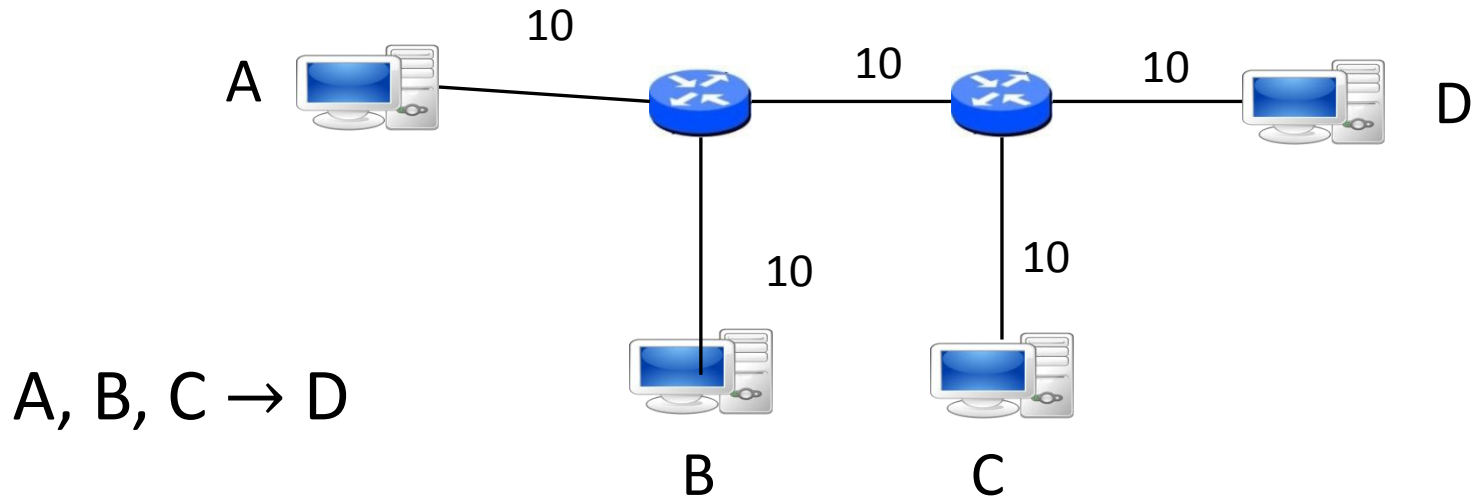
- В **фрагментирует** пришедший от А пакет с полезной нагрузкой 15980 Б
на $\left\lceil \frac{15980}{376} \right\rceil = 43$ пакета.
- Каждый из этих пакетов В **инкапсулирует** в кадр L2 и посылает С
- Каждый кадр состоит из полезной нагрузки пакета IP
 - + заголовок IP (20 байт)
 - + заголовок L2 (30 байт)

IP фрагментация

- На каждый кадр, посылаемый от В к С, приходится $30 + 20 = 50$ байт заголовков
- Всего в 43 кадрах $50 * 43 = 2150$ байт заголовков
- На каждые 1000 байт полезной нагрузки, посылаемой от А к В, В посылает

$$\frac{15980 + 2150}{15980} \cdot 1000 \approx 1134 \text{ байта}$$

Распределение нагрузки

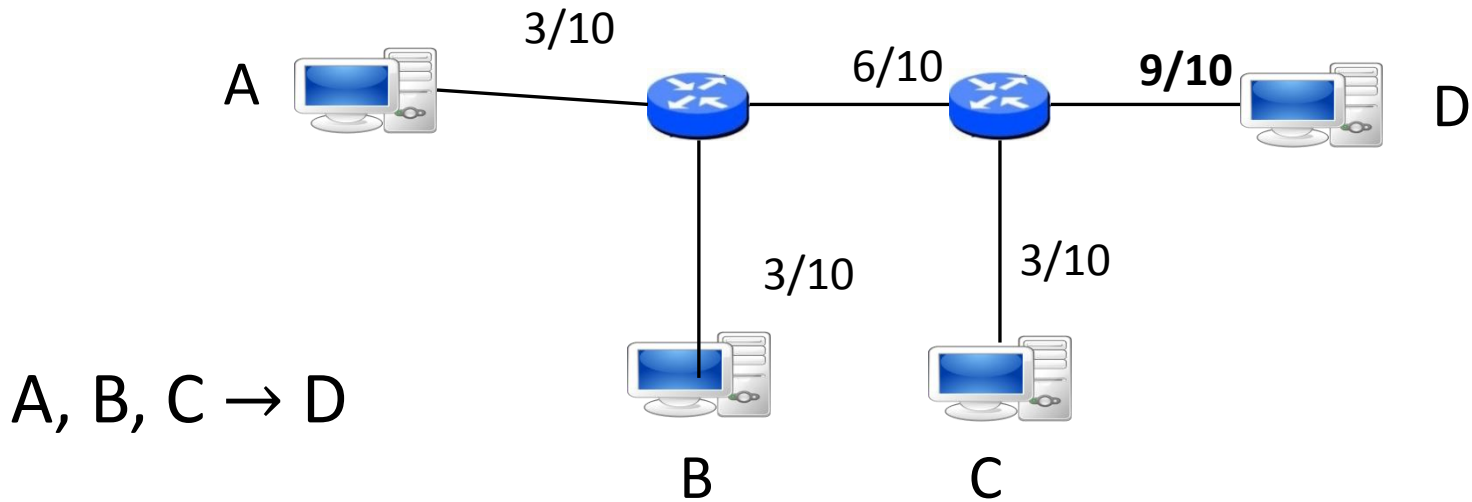


	A	B	C
a)	3	3	3
b)	3	3	4
c)	8	1	1
d)	4	4	4

Max-min справедливость

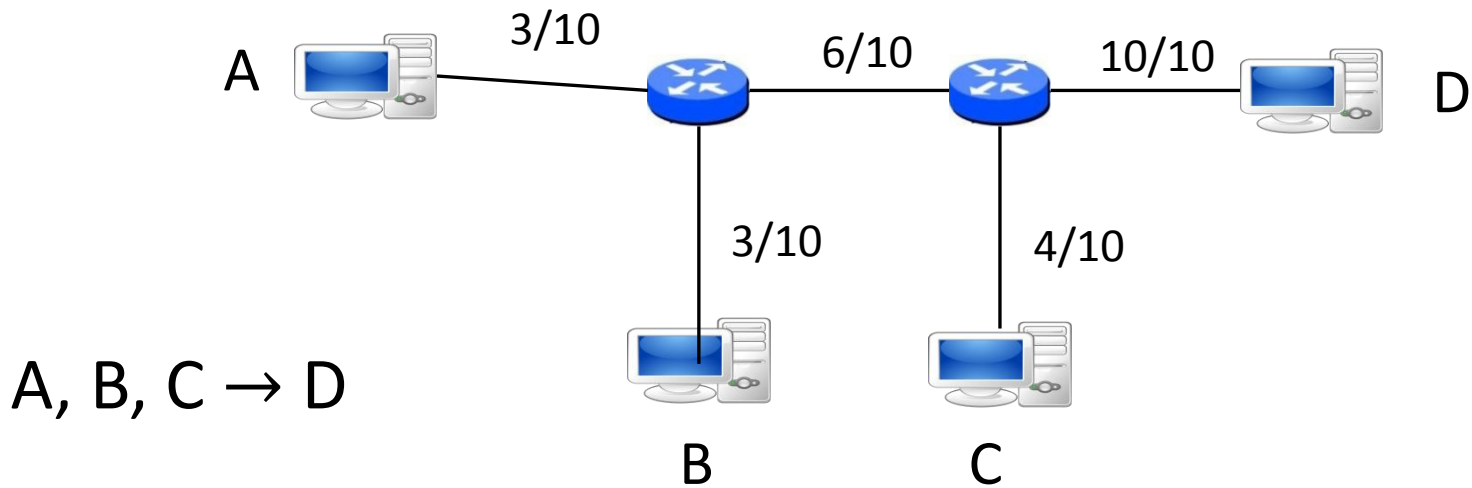
- Распределение **max-min справедливо**, если нельзя увеличить скорость какого-нибудь потока, не уменьшив скорость другого потока

Распределение нагрузки



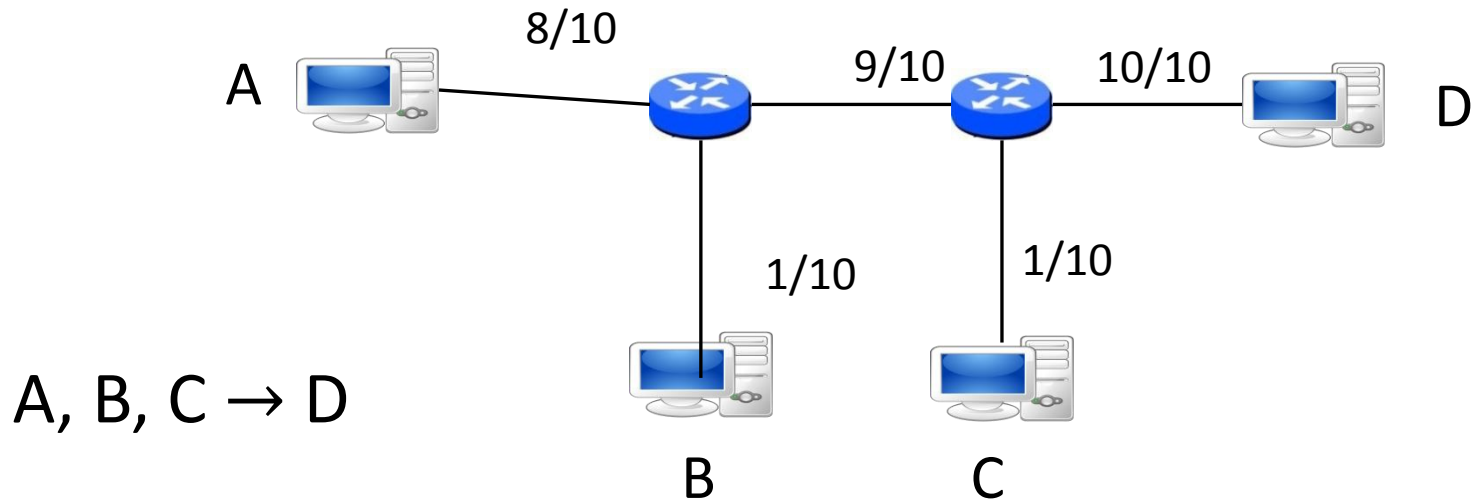
	A	B	C
a)	3	3	3
b)	3	3	4
c)	8	1	1
d)	4	4	4

Распределение нагрузки



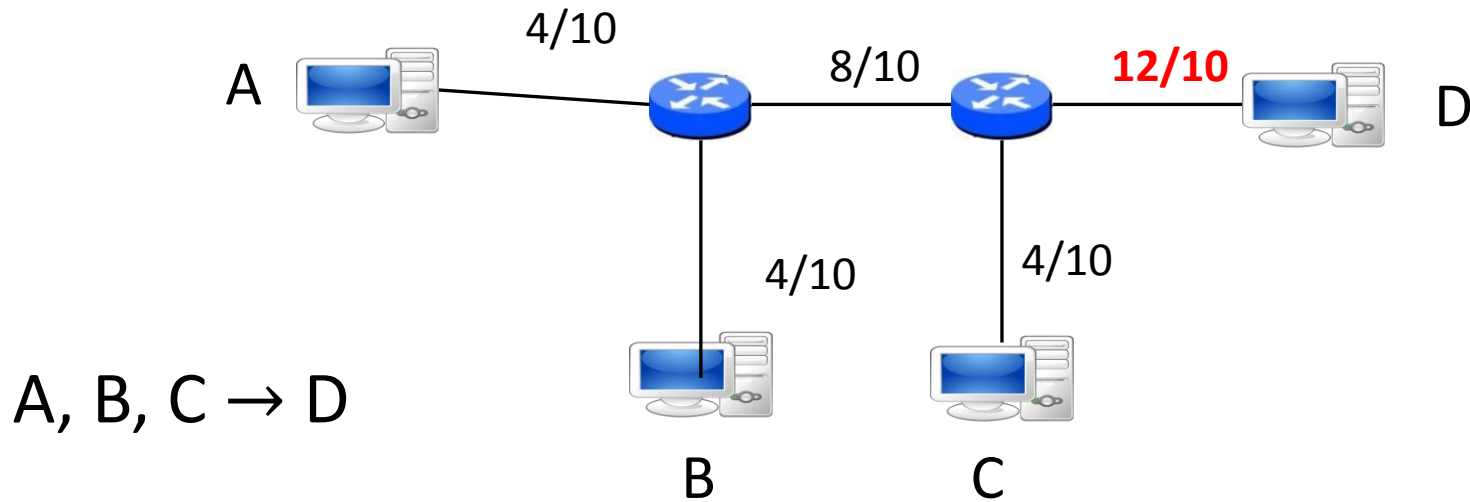
	A	B	C
a)	3	3	3
b)	3	3	4
c)	8	1	1
d)	4	4	4

Распределение нагрузки



	A	B	C
a)	3	3	3
b)	3	3	4
c)	8	1	1
d)	4	4	4

Распределение нагрузки



	A	B	C
a)	3	3	3
b)	3	3	4
c)	8	1	1
d)	4	4	4

Вопросы