

e2e-задержка

- Задержка пакетизации
- Задержка распространения
- Задержка буферизации

e2e-задержка #0

- Дана топология:

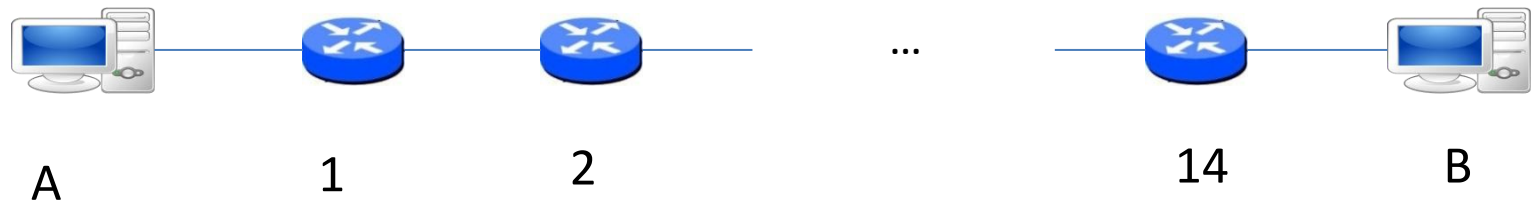


- Скорость всех линий равна 1 МБит/с
- Найти минимальную и максимальную задержку буферизации

e2e-задержка #1

- Требуется передать блок данных 100 Мбит от А к В через 14 маршрутизаторов. Суммарная длина линий связи 1,5 км, пропускная способность линий 10 Мбит/с. 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. Задержкой буферизации пренебречь, ответ дать с точностью до мс.

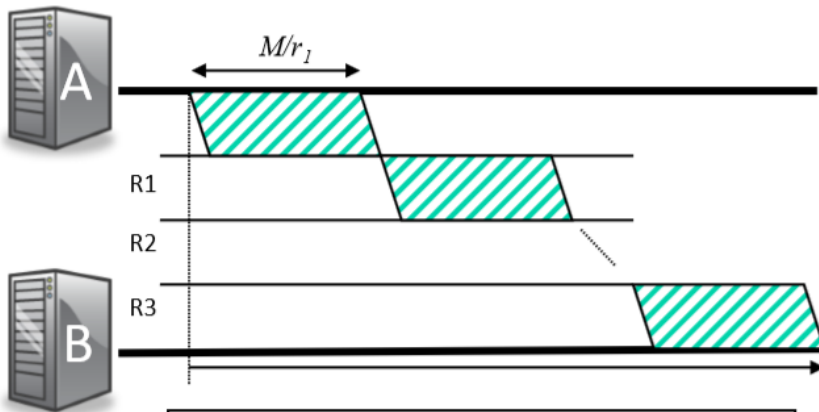
e2e-задержка #1



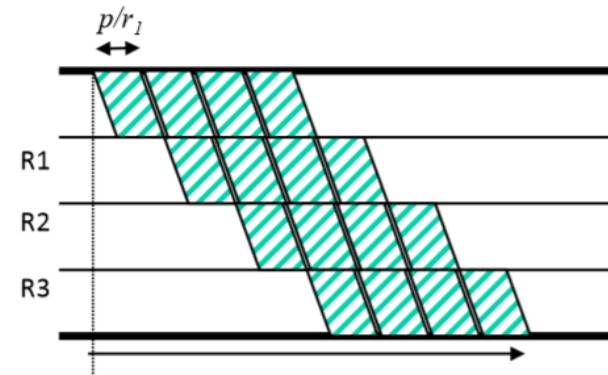
- 14 маршрутизаторов
- 15 линий связи

e2e задержка #1

- Маршрутизатор должен полностью принять пакет перед тем, как отправлять его дальше



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



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

e2e задержка #1

- $M = 100 \cdot 10^6$ бит
- $N = 15$
- $r = 10 \cdot 10^6$ бит/с
- $p = 1000$ бит
- $l = 1500$ м

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

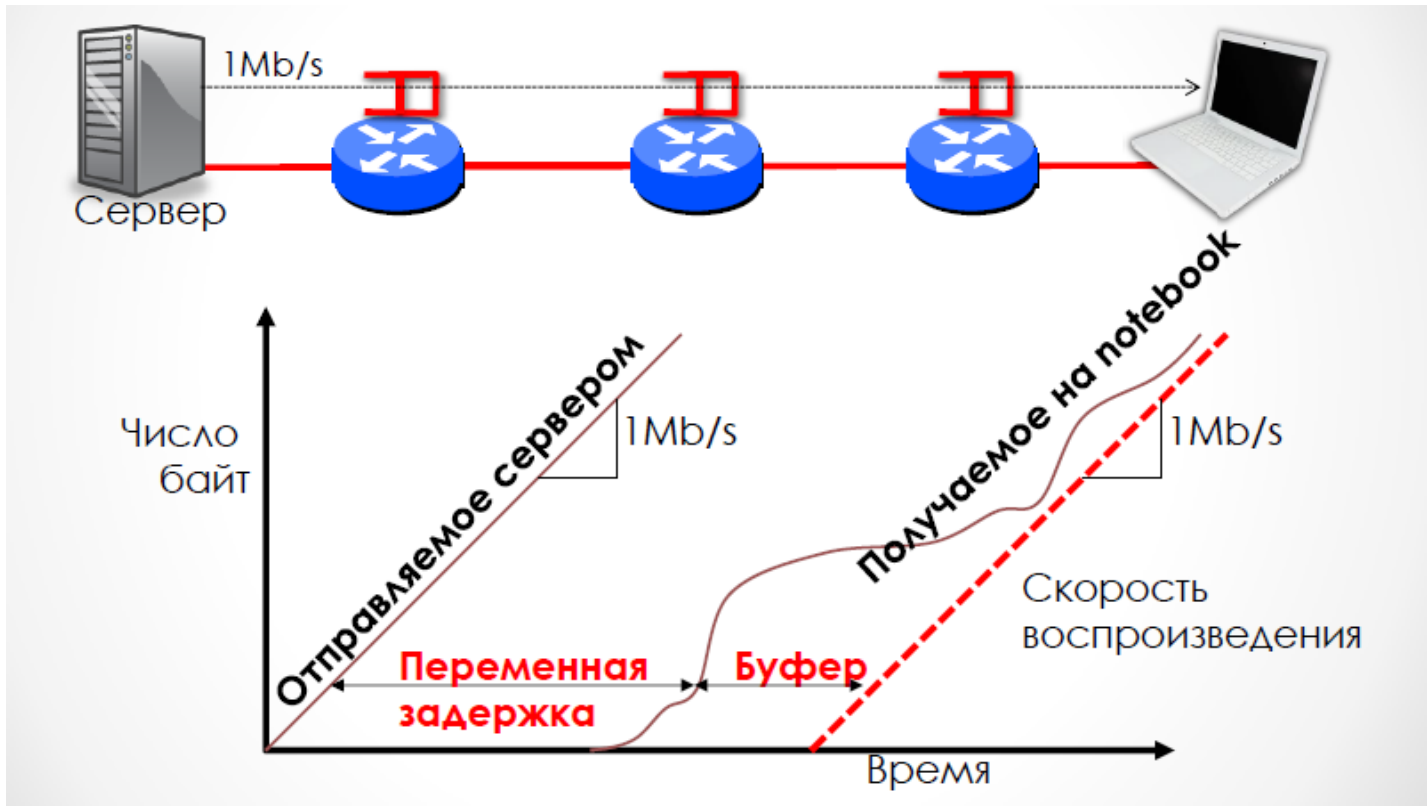
е2е-задержка #2

- Требуется передать блок данных 100 Мбит от А к В через 5 маршрутизаторов. Суммарная длина линий связи 280 км, пропускная способность линий 50 Мбит/с. Сколько времени займет передача, если блок разделить на пакеты длиной 20 Кбит? Скорость распространения сигнала по линии принять $C = 2 \cdot 10^8$ м/с. Задержкой буферизации пренебречь, ответ дать с точностью до мс.

e2e-задержка #3

- 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 буфера воспроизведения (playback buffer) в мс. Считать, что потерь пакетов не происходит.

Буфер воспроизведения



e2e-задержка #3

- БВ – сглаживание задержек
- Размер БВ = $T_{e2e}^{max} - T_{e2e}^{min}$
- $T_{e2e}^{min} = 15 \text{ мс} + 25 \text{ мс} + 0 \text{ мс} = 40 \text{ мс}$
- $T_{e2e}^{max} = 15 \text{ мс} + 25 \text{ мс} + 10 \text{ мс} = 50 \text{ мс}$
- Ответ: 10 мс

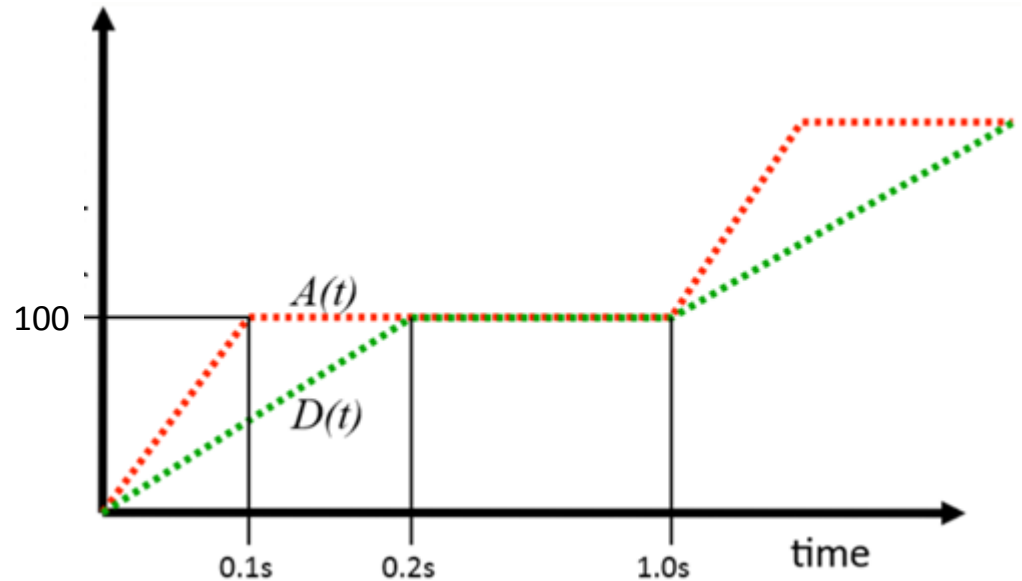
e2e-задержка #4

- Пусть есть маршрут с общей задержкой пакетизации 10 мс и общей задержкой распространения – 5 мс, задержка на буферизацию колеблется от 0 до 50 мс. Значения задержек верны при передаче как в одну, так и в другую сторону. Пусть по этому маршруту передается видеопоток от отправителя к получателю. Пакеты не теряются, их порядок сохраняется, однако некоторые пакеты могут приходить в испорченном виде (с ошибкой). Получатель в случае обнаружения ошибки может запросить у отправителя повторную пересылку пакета. Вычислить минимальный размер буфера воспроизведения (playback buffer) в мс, если при порче пакета происходит не более 1 повторной пересылки.

Очереди #1

- Каждую секунду в сетевое устройство поступает пакет размером 100 бит на скорости 1000 бит/с. Максимальная скорость отправки – 500 бит/с. Какова средняя длина очереди сетевого устройства? Считать, что сетевое устройство не проводит обработки пакета и данные отправляются на выходной порт сразу по поступлении первого бита на входной порт.

Очереди #1



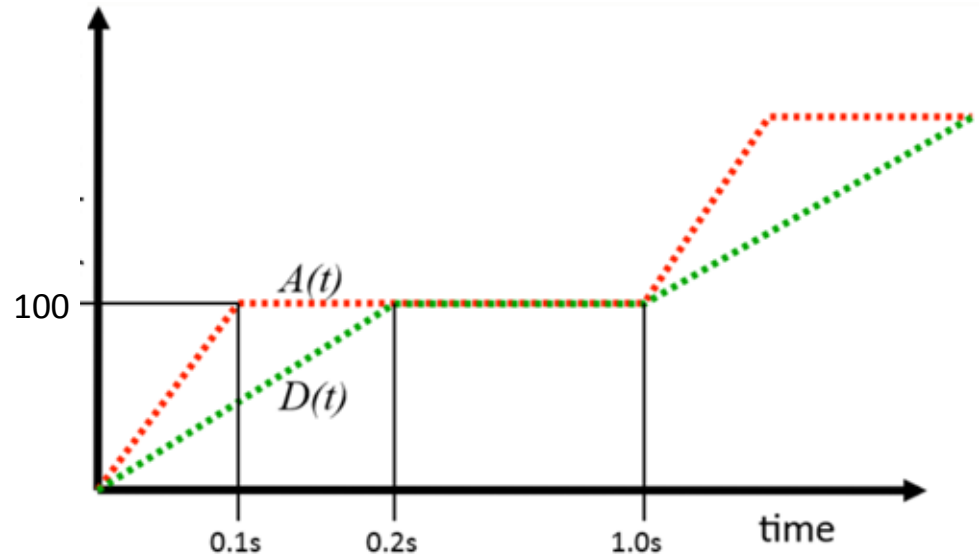
- Средняя длина очереди за период $[0, T]$

$$\bar{Q}_T = \frac{\int_0^T (A(t) - D(t)) dt}{T}$$

- Средняя длина очереди

$$\bar{Q} = \lim_{T \rightarrow \infty} \bar{Q}_T$$

Очереди #1



- Площадь треугольника: $\frac{1}{2} \cdot 0.1 \cdot 100 = 5$
- Средняя длина очереди за период $[0, 1]$ равна 5 бит
- Средняя длина очереди за все время также равна 5 бит, поскольку каждую секунду все повторяется

Очереди #2

- Каждую секунду в сетевое устройство поступает пакет размером 100 бит на скорости 1000 бит/с. Максимальная скорость отправки – 125 бит/с. Какова средняя длина очереди сетевого устройства? Считать, что сетевое устройство должно получить пакет полностью, прежде чем оно может начать передавать его на выходной порт.

Работа маршрутизатора #1

- Дана таблица маршрутизации:
 - 1) 10.0.0.0/24 → 1
 - 2) 10.0.1.0/24 → 2
 - 3) 10.0.1.16/28 → 3
 - 4) default gateway → 4
- На какой порт будет отправлен пакет с destination 10.0.1.18?

Работа маршрутизатора #1

00001010.00000000.00000000.00000000 A1

11111111.11111111.11111111.00000000 M1

→ 1

00001010.00000000.00000001.00000000 A2

11111111.11111111.11111111.00000000 M2

→ 2

00001010.00000000.00000001.00010000 A3

11111111.11111111.11111111.11110000 M3

→ 3

Default gateway

→ 4

Работа маршрутизатора #1

10.0.1.18:

00001010.00000000.00000001.00010010 D

Работа маршрутизатора #1

10.0.1.18:

00001010.00000000.00000001.00010010 D

1)

00001010.00000000.00000000.00000000 A1

11111111.11111111.11111111.00000000 M1

Работа маршрутизатора #1

10.0.1.18:

00001010.00000000.000000001.00010010 D

&

11111111.11111111.11111111.00000000 M1

=

00001010.00000000.00000000**1**.00000000

00001010.00000000.00000000.00000000 A1

D&M1 != A1 => строка 1 **не подходит**

Работа маршрутизатора #1

10.0.1.18:

00001010.00000000.00000001.00010010 D

2)

00001010.00000000.00000001.00000000 A2

11111111.11111111.11111111.00000000 M2

Работа маршрутизатора #1

10.0.1.18:

00001010.00000000.00000001.00010010 D

&
11111111.11111111.11111111.00000000 M2

=
00001010.00000000.00000001.00000000

00001010.00000000.00000001.00000000 A2

D&M2 == A2 => строка 2 подходит,
длина префикса **24**

Работа маршрутизатора #1

10.0.1.18:

00001010.00000000.00000001.00010010 D

3)

00001010.00000000.00000001.00010000 A3

11111111.11111111.11111111.11110000 M3

Работа маршрутизатора #1

10.0.1.18:

00001010.00000000.00000001.00010010 D

&

11111111.11111111.11111111.11110000 M3

=

00001010.00000000.00000001.00010000

00001010.00000000.00000001.00010000 A3

D&M3 != A3 => строка 3 подходит, длина префикса **28**

Работа маршрутизатора #1

- Совпадение было для строк 2 и 3
- Для строки 2 длина префикса 24
- Для строки 3 длина префикса 28
- Отправляем пакет с destination 10.0.1.18 по порту 3:

1) 10.0.0.0/24 → 1

2) 10.0.1.0/24 → 2

3) **10.0.1.16/28 -> 3**

4) default gateway -> 4

Работа маршрутизатора #2

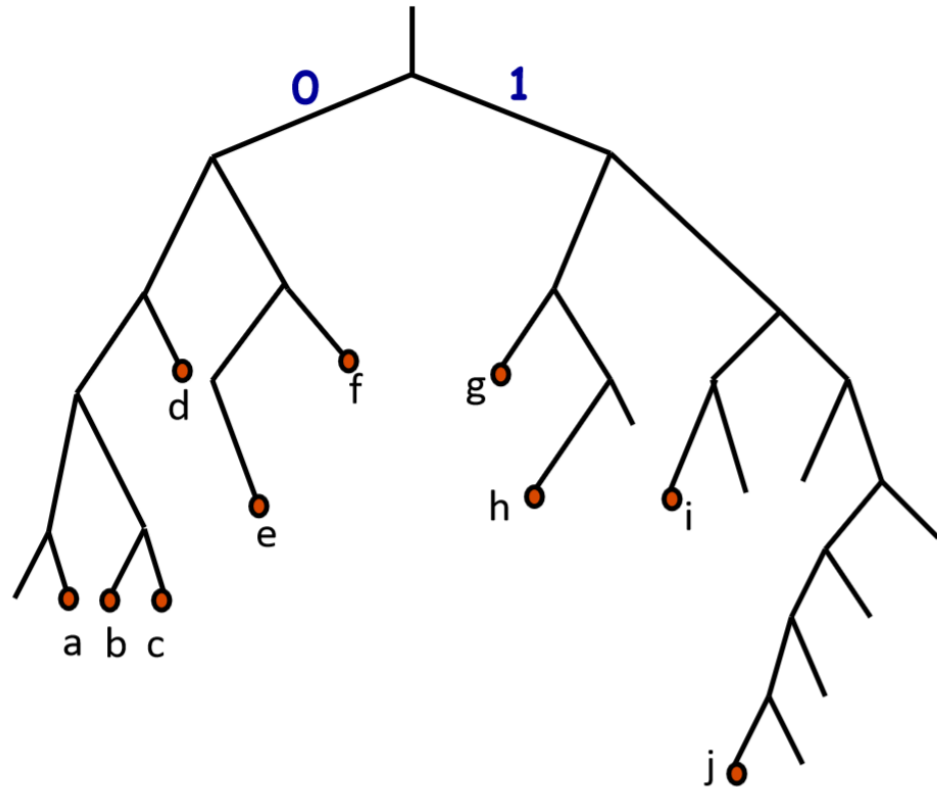
- Дана таблица маршрутизации:
 - 1) 192.168.0.0/30 → 1
 - 2) 192.168.1.0/24 → 2
 - 3) 192.168.1.0/26 → 3
 - 4) 192.168.1.64/26 → 4
 - 5) default gateway -> 5

Куда будет отправлен пакет с dst:

- 192.168.0.5
- 192.168.1.33
- 192.168.1.1
- 192.168.1.131
- 192.168.1.97
- ?

TCAM #1

Entry	Prefix
a	00001
b	00010
c	00011
d	001
e	0101
f	011
g	100
h	1010
i	1100
j	11110000



ТСАМ #2

- Дана таблица маршрутизации:
 - 1) 192.168.1.0/30 → 1
 - 2) 192.168.1.96/28 → 2
 - 3) 192.168.1.0/26 → 3
 - 4) 192.168.1.64/26 → 4
 - 5) default gateway -> 5

Нарисовать бинарное дерево для последних октетов адресов из таблицы