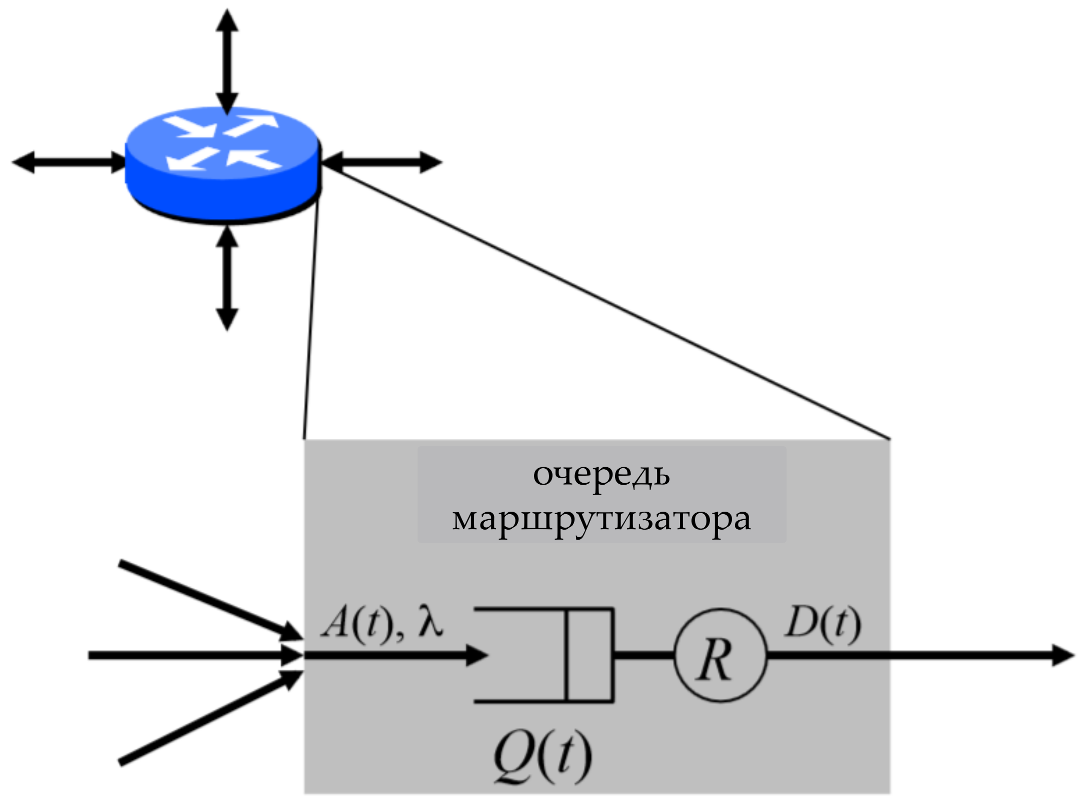
Коммутация пакетов: очереди и их свойства

Введение в компьютерные сети

проф. Смелянский Р.Л.
Лаборатория Вычислительных комплексов
ф-т ВМК МГУ

Простая модель очереди маршрутизатора

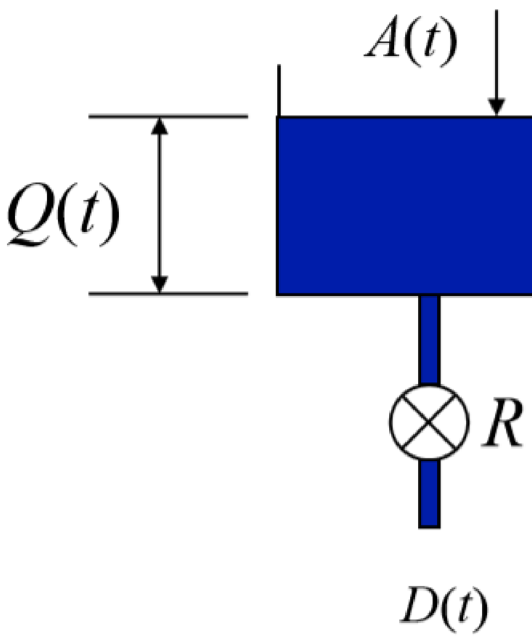


Свойства $A(t), D(t)$:

- $A(t), D(t)$ ***неубывающие***
- $A(t) >= D(t)$

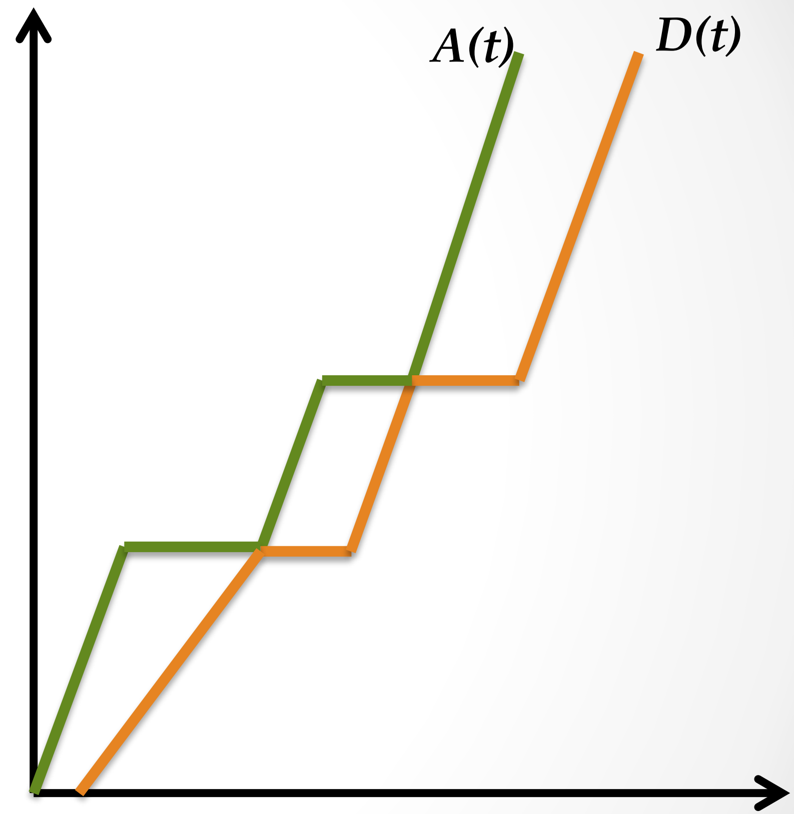
Простая модель очереди

Суммарное число байт поступивших к моменту времени t



Пропускная способность канала (Link rate)

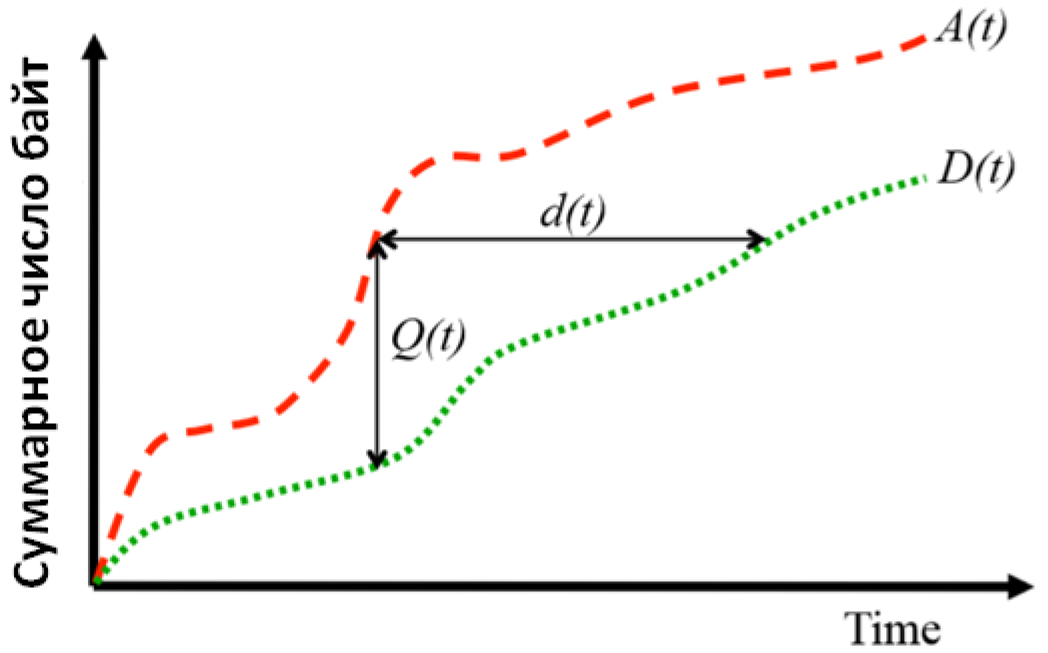
Суммарное число байт отправленных к моменту времени t



Свойства $A(t)$, $D(t)$:

- $A(t)$, $D(t)$ неубывающие
- $A(t) >= D(t)$

Простая модель очереди

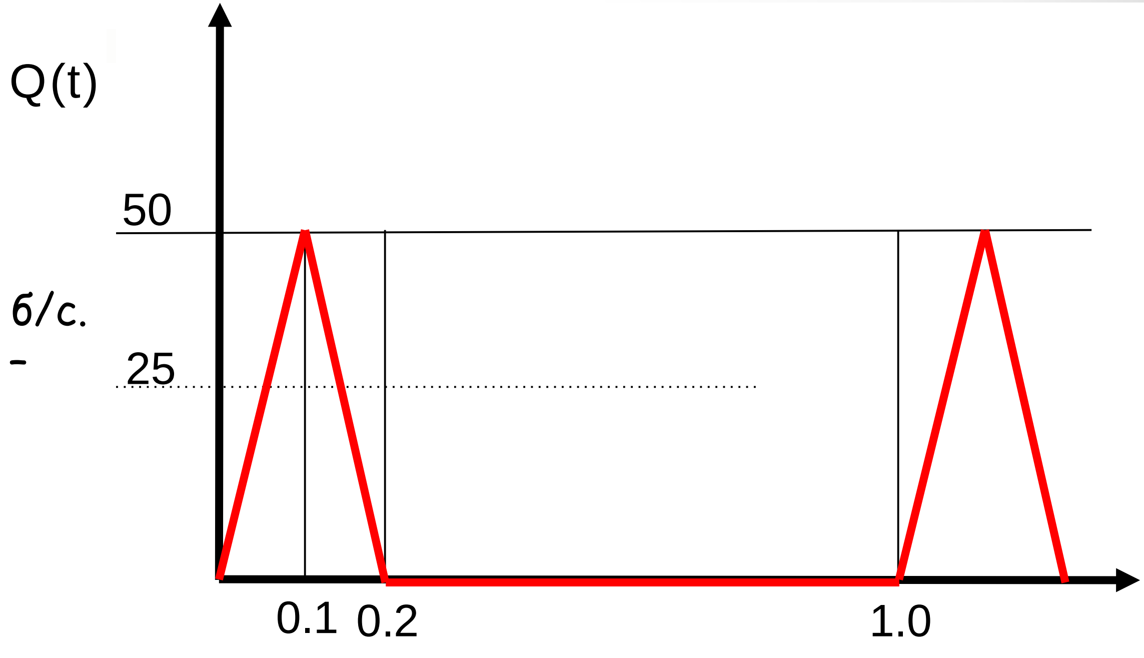


Длина очереди: $Q(t) = A(t) - D(t).$

Задержка в очереди *d(t)* – время, которое байт, поступивший в момент *t*, пробыл в очереди, при условии что дисциплина очереди FIFO.

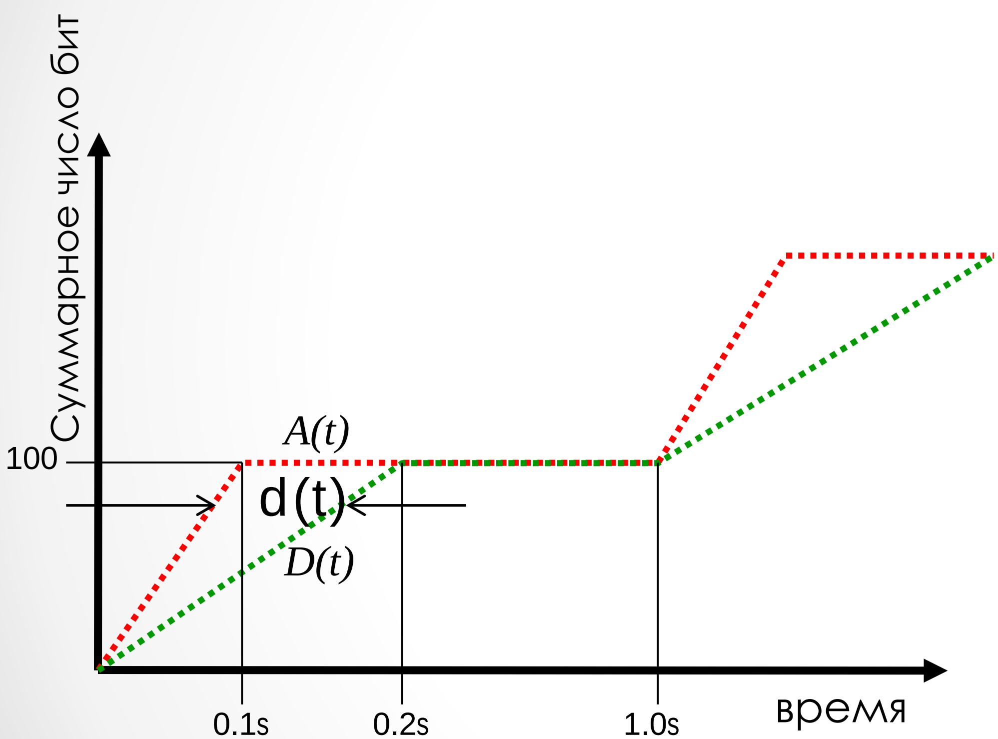
Простая модель очереди: пример (а)

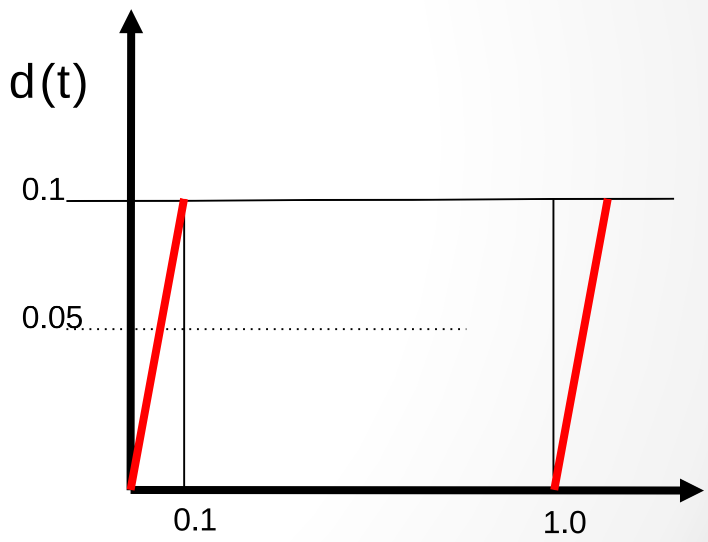
(а)Каждую секунду в очередь поступает
пакет в 100 бит на скорости 1 000 б/с.
Максимальная скорость отправки – 500 б/с.
Какова средняя длина очереди?



Решение: *на каждой секунде очередь заполняется со скоростью 100 б за 0.1 с.*
За следующие 0.1 с очередь освобождается со скоростью 500 б/с.
За первые 0.1 с поступит 100 б и уйдет 50 б, останется 50 б.
на второй 0.1 с поступит 0 б, уйдет 50 б, останется 0 б.
за последующие 0.8 с ничего не поступит и ничего не уйдет
следовательно среднее: (50+0)/2 + 0.8x0= 25 б

- (b) Какое время в среднем бит находится в очереди?





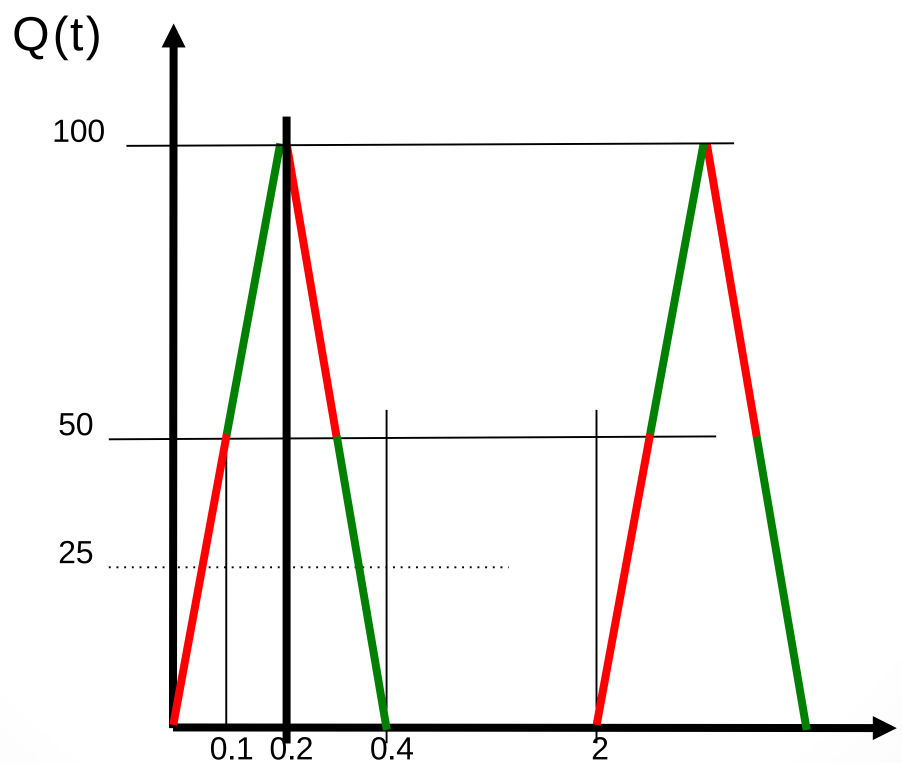
Задержка бита в среднем = 0.05с

(с) *Если пакеты в 100 бит будут поступать через случайные интервалы времени, то по сравнению со случаем равномерного поступления таких пакетов средняя длина очереди будет такой же, короче или длиннее?*

Длиннее.

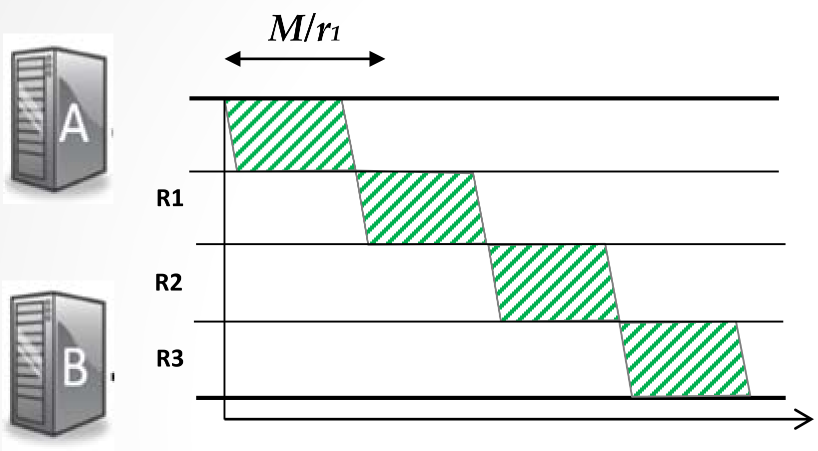
Когда пакеты поступают регулярно, как в случае (а), их биты никогда не находятся в очереди одновременно (не пересекаются). При случайном поступлении может оказаться так, что в очереди будут находится одновременно биты разных пакетов, увеличивая тем самым как время нахождения в очереди, так и длину самой очереди в среднем.

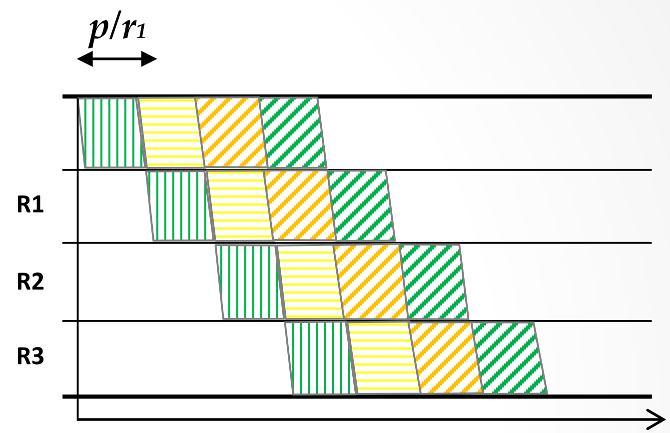
Случай с: Наложения пакетов увеличат среднюю длину очереди.



Средняя длина очереди = (1/2с) * ((0.4с * 50б) + (1.6с * 0б))
= 10 бит

Коммутация пакетов: почему много мелких пакетов лучше одного большого



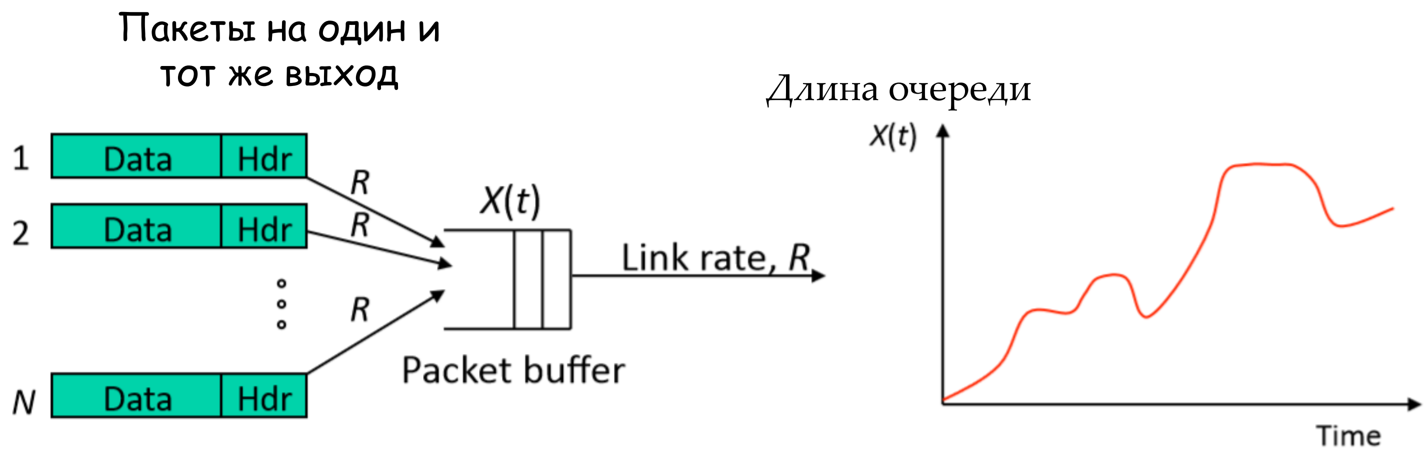


End-to-end delay, $t = \sum_i \left(\frac{M}{r_i} + \frac{l_i}{c} \right)$

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

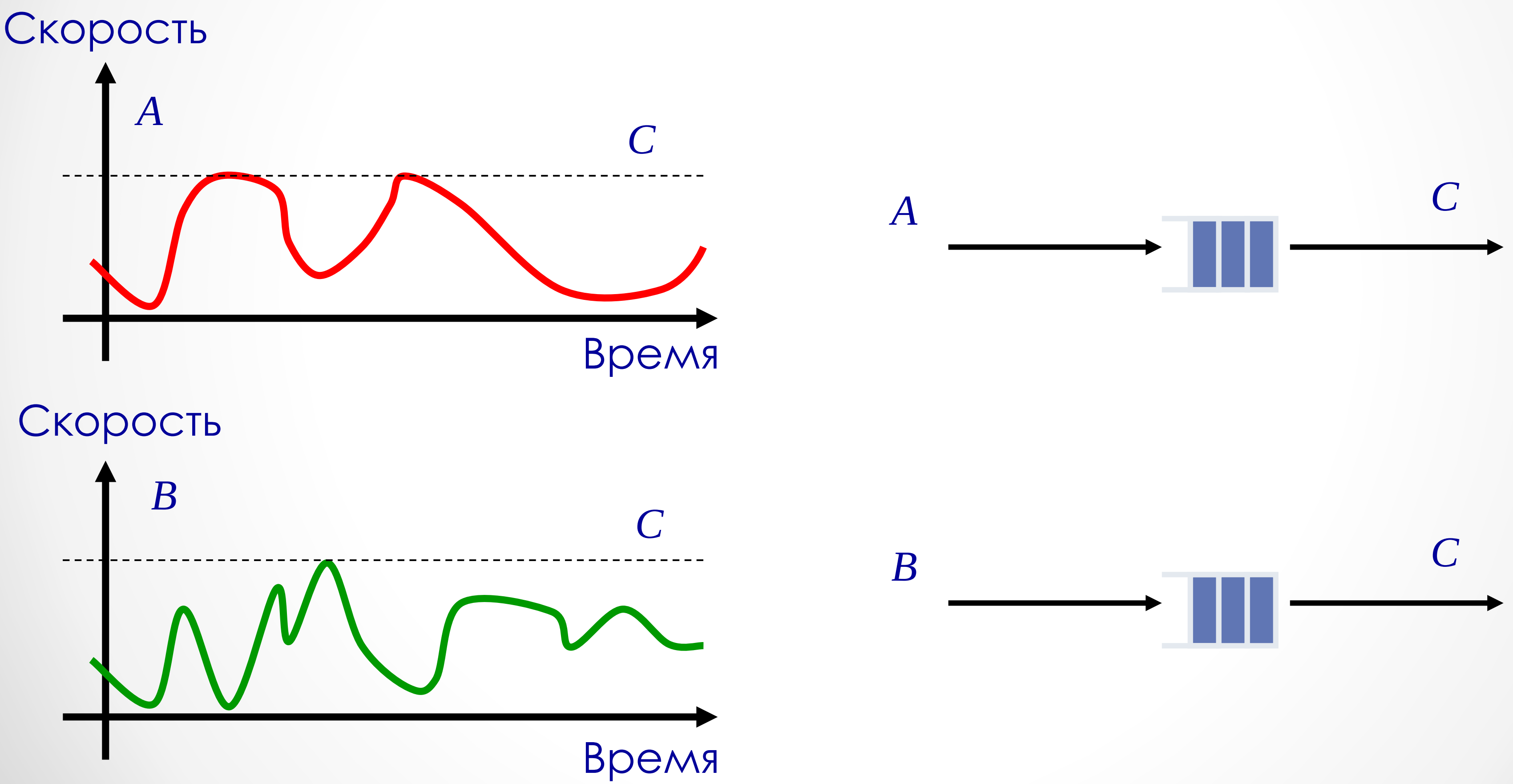
Разбиение сообщения на пакеты позволяет передавать их параллельно по всем линиям, сокращая e2e задержку.

Коммутация пакетов: статистическое мультиплексирование

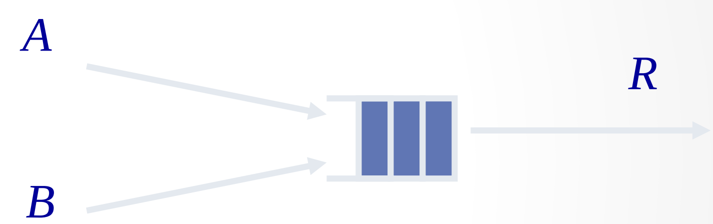


- Поскольку буфер сглаживает временные всплески (короткие периоды, когда скорость превышает *R*), то на выходе канал может работать с меньшей скоростью, чем *NxR*
- Поскольку размер буфера ограничен *B*, то возникнут потери.

Коммутация пакетов: статистическое мультиплексирование



Коммутация пакетов: статистическое мультиплексирование



Выигрыш от статистического мультиплексирования = $2C/R$

Свойства очередей

Введение в компьютерные сети

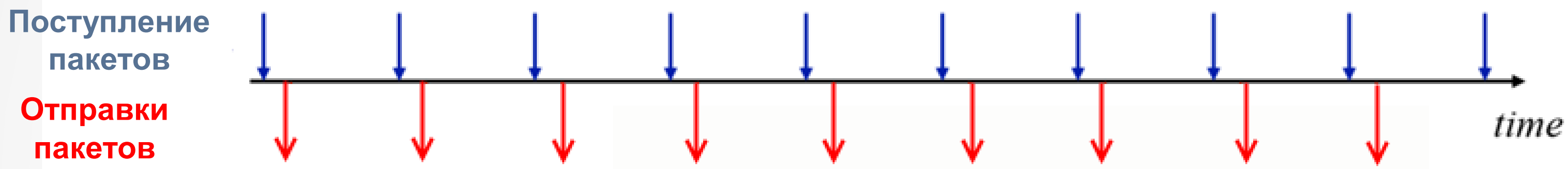
проф. Смелянский Р.Л.
Лаборатория Вычислительных комплексов
ф-т ВМК МГУ

Очереди со случайным процессом поступления

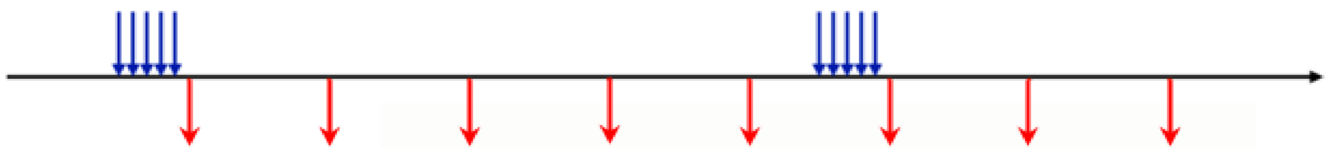
- *Обычно процесс поступления пакетов сложен и трудно предсказуем Поэтому его часто моделируют случайным процессом.*
- *Изучает очереди с такими процессами Теория Очередей (Queuing Theory – теория массового обслуживания).*
- *Здесь мы рассмотрим некоторые свойства таких очередей.*

Свойство 1: нерегулярность увеличивает задержку

Периодические одиночные поступления

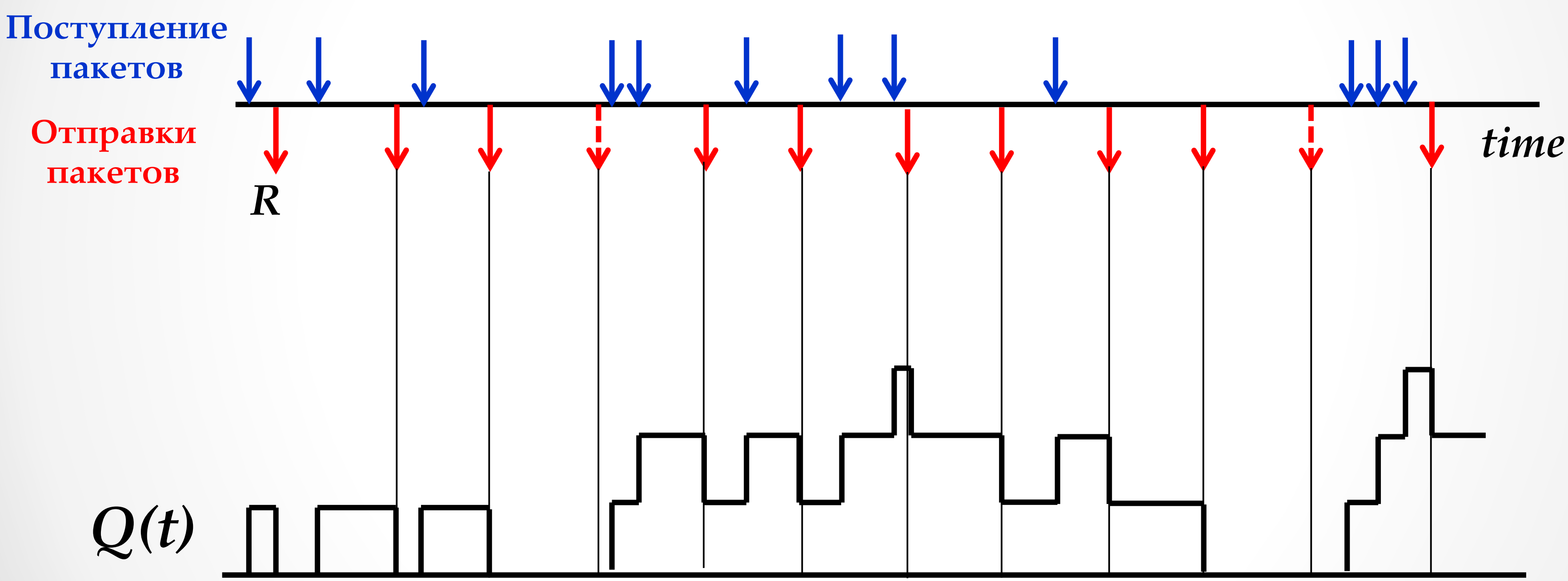


Периодические множественные поступления



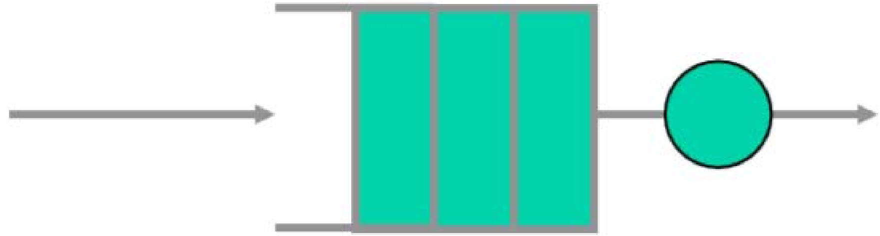
Свойств 2: случайность увеличивает задержку

Случайное поступления



При случайном поступлении пакетов в среднем в очереди приходиться ждать дольше, чем при регулярном

Свойство 3: средняя длина очереди
(Формула Литтла)



$$L = \lambda d$$

L - среднее число заявок в системе (в очереди + в обслуживании)
λ – средняя скорость поступления заявок в секунду
d – средне время пребывания заявки в системе (в очереди + в обслуживании, т.е. задержка)
Это свойство верно если ни одна заявка не теряется/сбрасывается

Пуассоновский процесс

- Процесс поступления является Пуассоновским если:
  - Вероятность поступления k заявок за t секунд

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t}$$

  - Интервалы между последовательными поступлениями независимы и случайны (нет регулярности)
- Тогда число заявок поступивших за время t **Свойство 4**

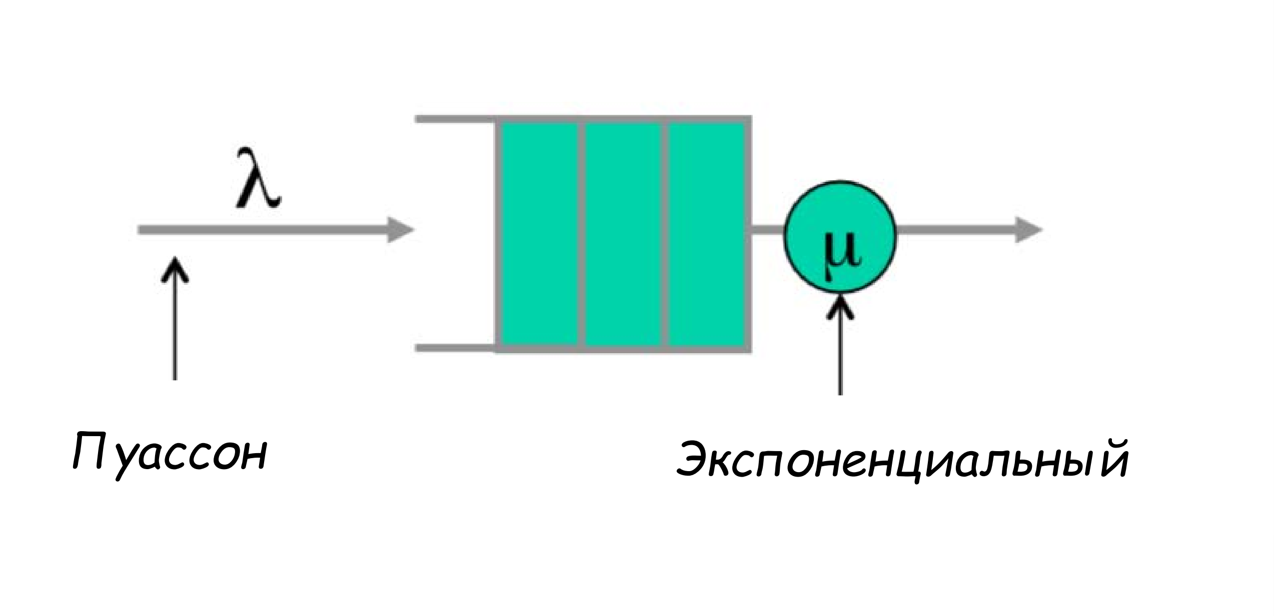
$$E = \lambda t$$

- Пуассоновские процессы хорошо моделируют многие случайные процессы (телефонные звонки, распад частиц, шумы в электрических цепях и т.д.)
- Удобный математический аппарат

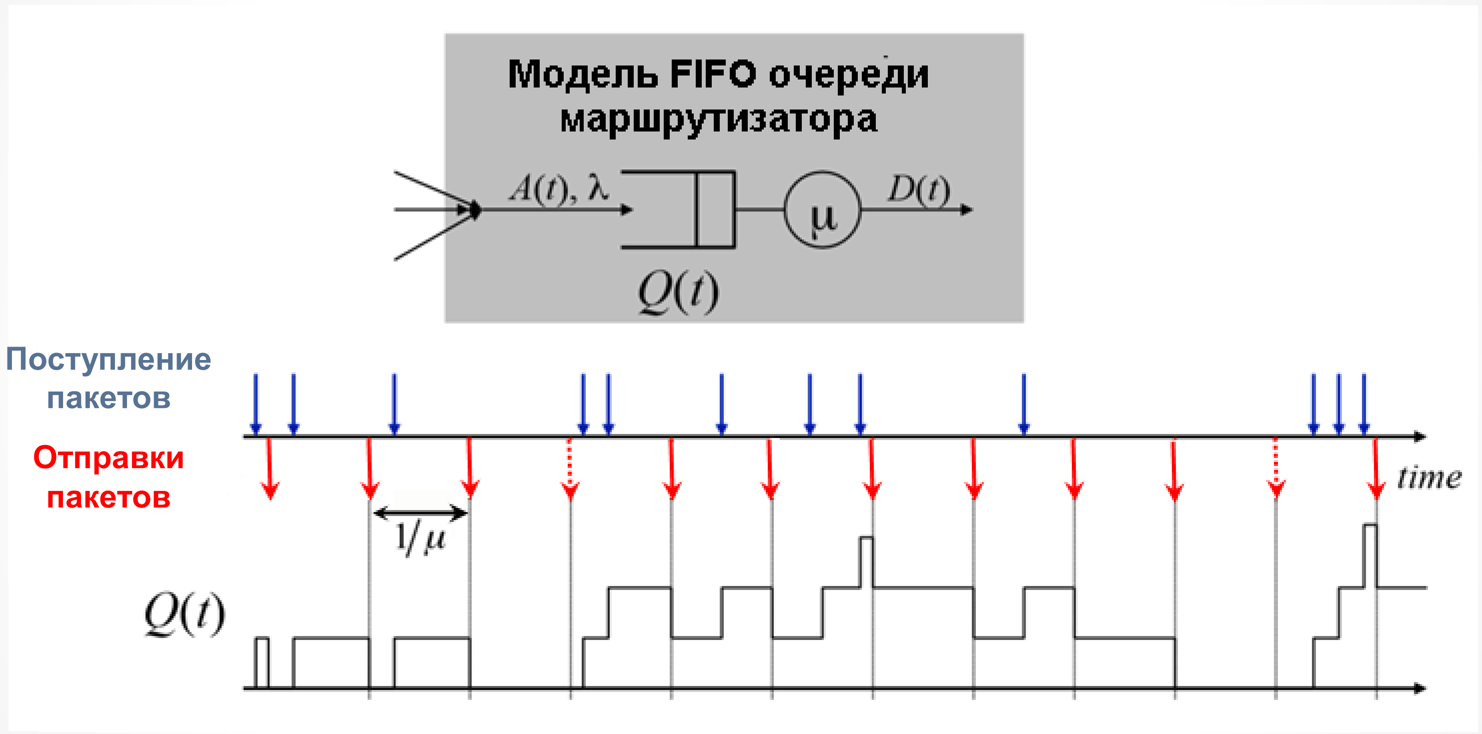
Пуассоновский процесс

- *Сетевой трафик очень не регулярный*
- *Поступление пакетов не является Пуассоновским процессом*
- *Вполне подходит для моделирования поступления новых потоков*

Простая модель очереди



Модель очереди в маршрутизаторе



Свойства очередей

- Свойства очередей:
  - Нерегулярность увеличивает задержку
  - Случайность увеличивает задержку
  - Средняя длина FIFO очереди безпотерь Формула Литтла: $L = \lambda d$

- *Поступление пакетов не Пуассоновский процесс, но такие процессы как поступление web запросов, новых потоков, могут быть описаны как Пуассоновские процессы*

- *M/M/1– простая модель очереди*