



# Управление перегрузкой: ТСР Tahoe

Введение в компьютерные сети

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



# Три основных вопроса

1. *Когда следует посылать новые данные?*
2. *Когда следует посылать данные повторно?*
3. *Когда надо отправлять подтверждения?*

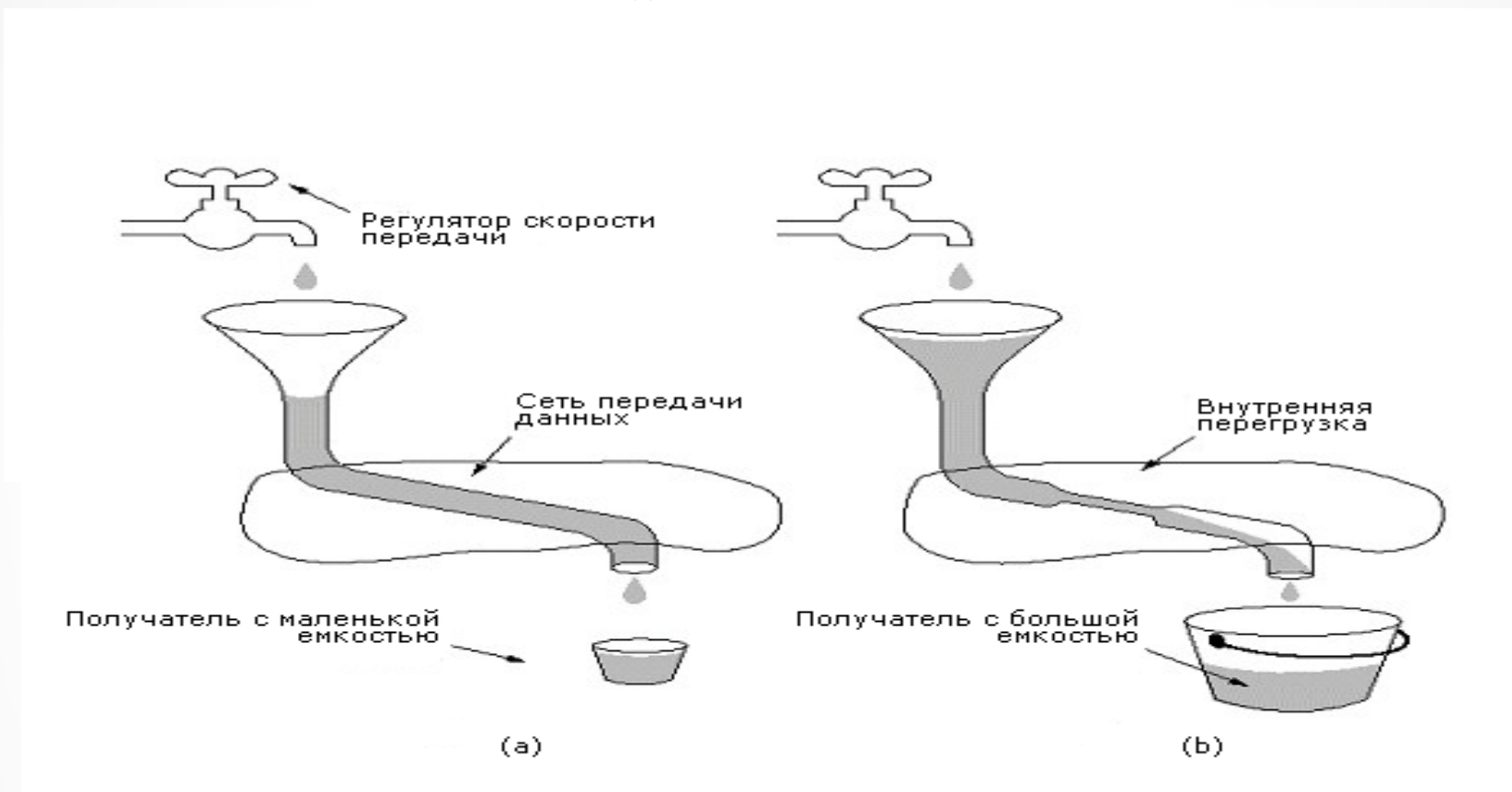
# ТСР история

- 1974 - 3-х кратное рукопожатие
- 1978 - ТСР разделяют на ТСР и IP
- 1986 - Интернет страдает от перегрузок
- 1987 - Ван Якобсон предлагает ТСР Tahoe
- 1990 - Добавляются режимы быстрого восстановления и быстрой повторной передачи (Reno)

# TCP Pre-Tahoe

- *Получатель устанавливает размер окна управления потоком (размер скользящего окна)*
- *Отправитель шлет пакеты, число которых полностью соответствует размеру скользящего окна*
- *На каждый пакет устанавливается таймер*
- *Проблема: что будет если размер окна превышает пропускную способность сети?*

# Проблема



# ТСР образца 1986

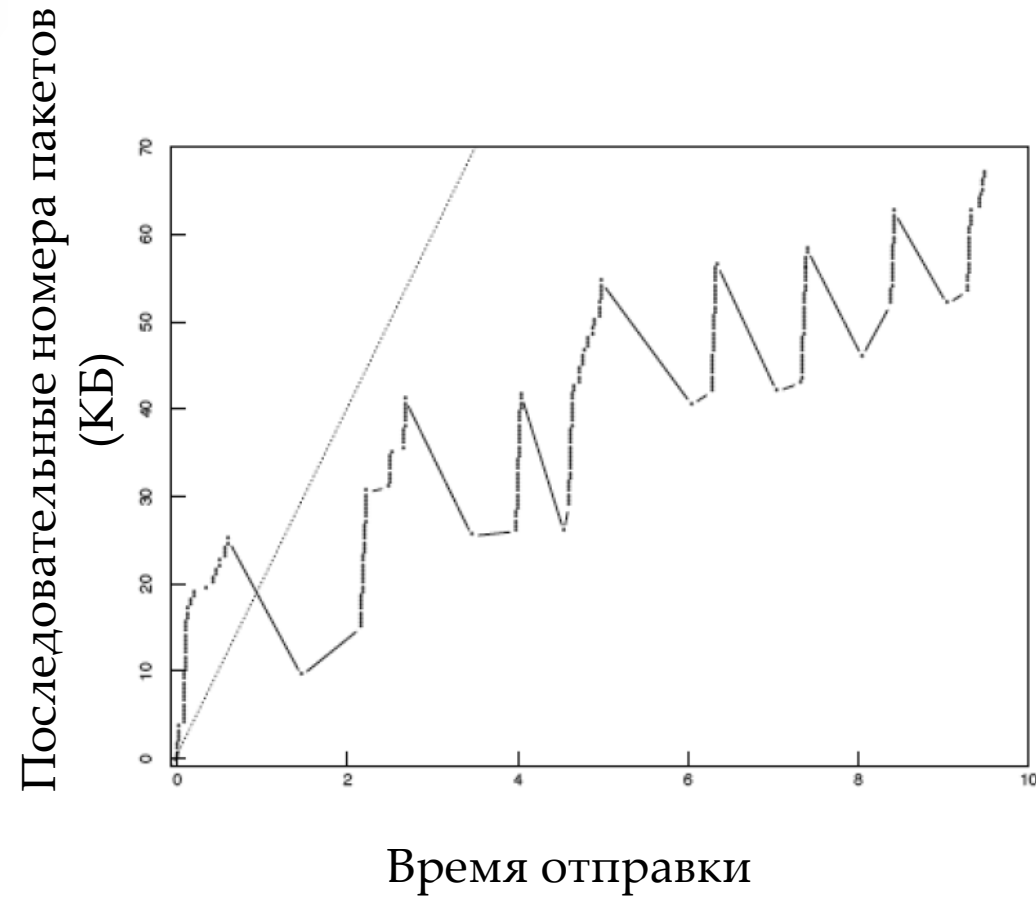


Рисунок из статьи ван Якобсона и Карела

# Три усовершенствования ТСР

- *Окно перегрузки (CWND)*
- *Оценка Time\_out*
- *Автосинхронизация (Self-clocking)*

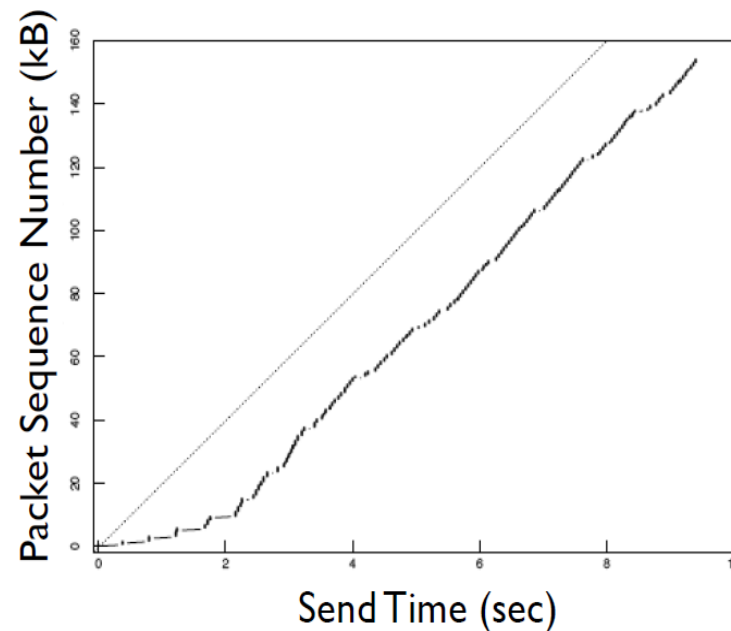
# Окно перегрузки (TCP Tahoe)

- **Отправитель**
  - узнает от получателя *FCWND (Flow Control WND)*
  - оценивает размер *CWND*
- **Окно отправителя =  $\min(FCWND, CWND)$**
- **Разделение фазы управления перегрузкой на две**
  - Медленный старт
  - Предотвращение перегрузки - стабилизация



# Медленный старт

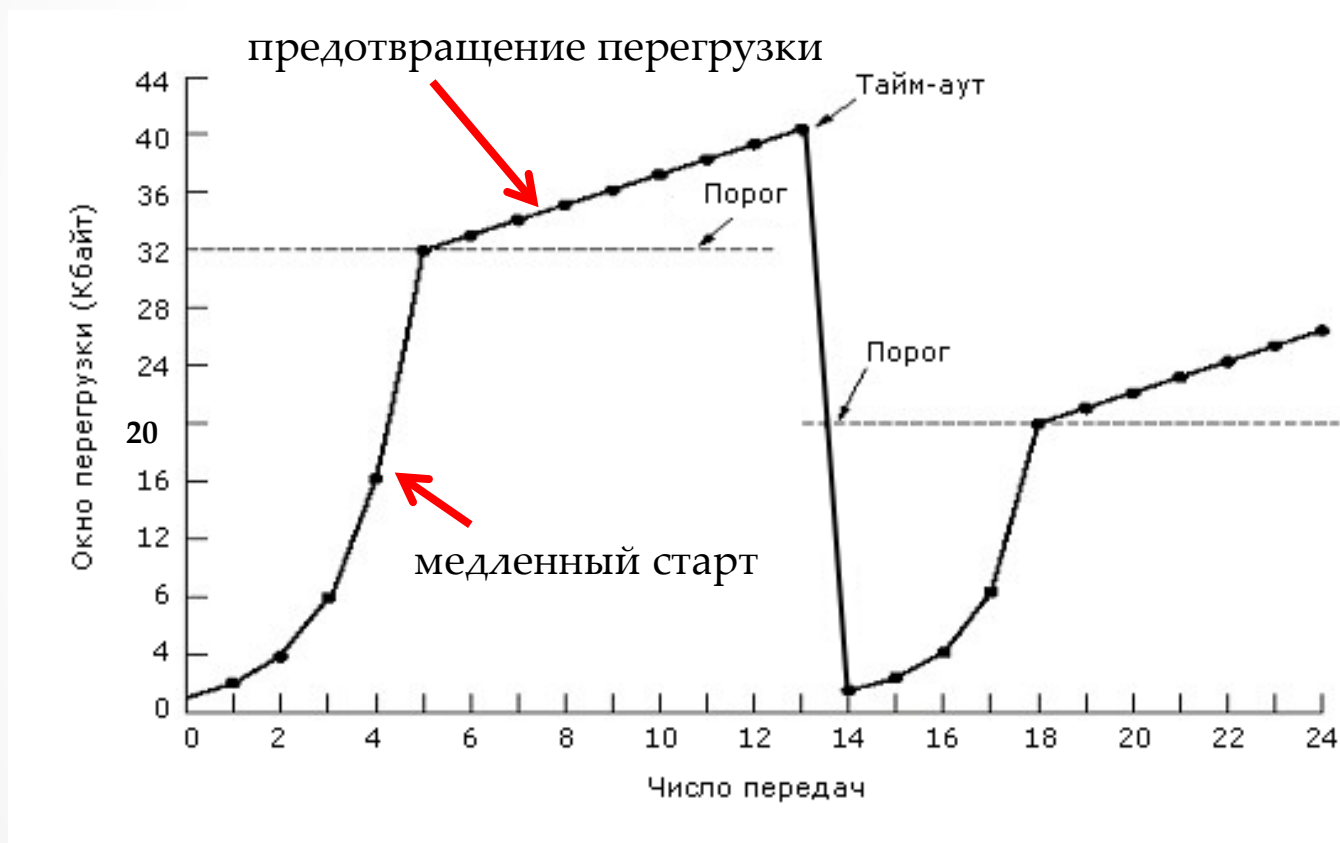
- Медленный старт
  - $CWND = MSS$
  - На каждый ACK увеличиваем окно на MSS
- Экспоненциально увеличиваем (удваиваем) размер окна перегрузки, прощупывая возможность сети
- «медленный» по сравнению с изначальным алгоритмом



# Предотвращение перегрузки

- **Медленный старт**
  - Увеличиваем  $CWND$  на  $MSS$  на каждое подтверждение
  - Экспоненциальный рост (за  $RTT$  удваиваем  $cwnd$ ) пока не достигнем порога ( $cwnd/2$  в предыдущей фазе предотвращения перегрузки)
  
- **Предотвращение перегрузки**
  - Увеличиваем окно перегрузки только на  $MSS^2 / CWND$  при каждом подтверждении
  - За каждый  $RTT$  ( $cwnd/MSS$ ) увеличиваем  $cwnd$  на  $MSS$
  - Линейный рост

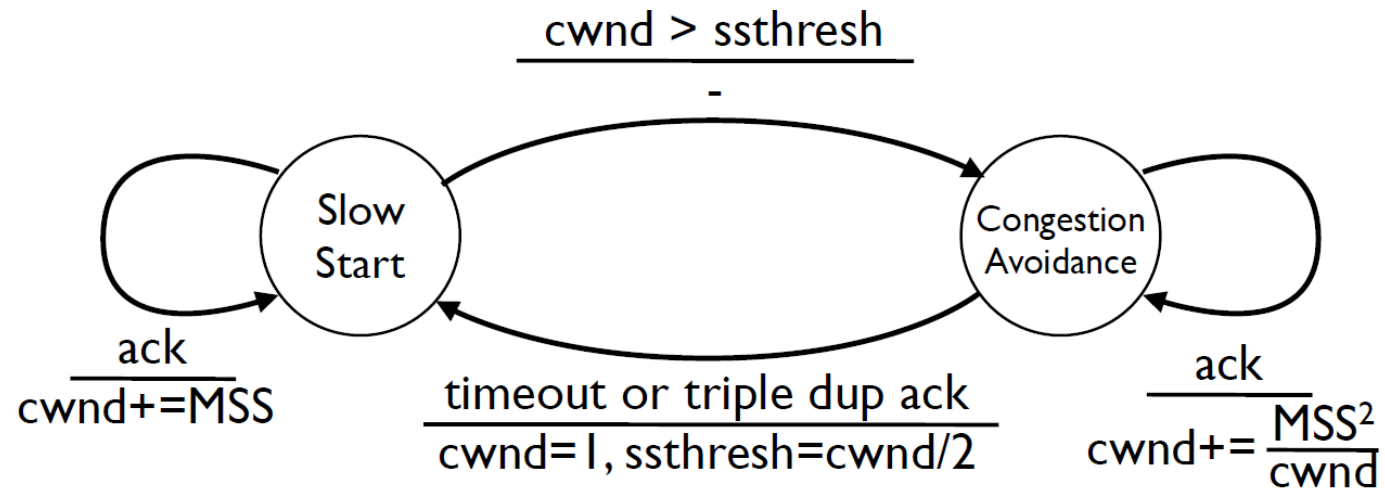
# Пример управление перегрузками



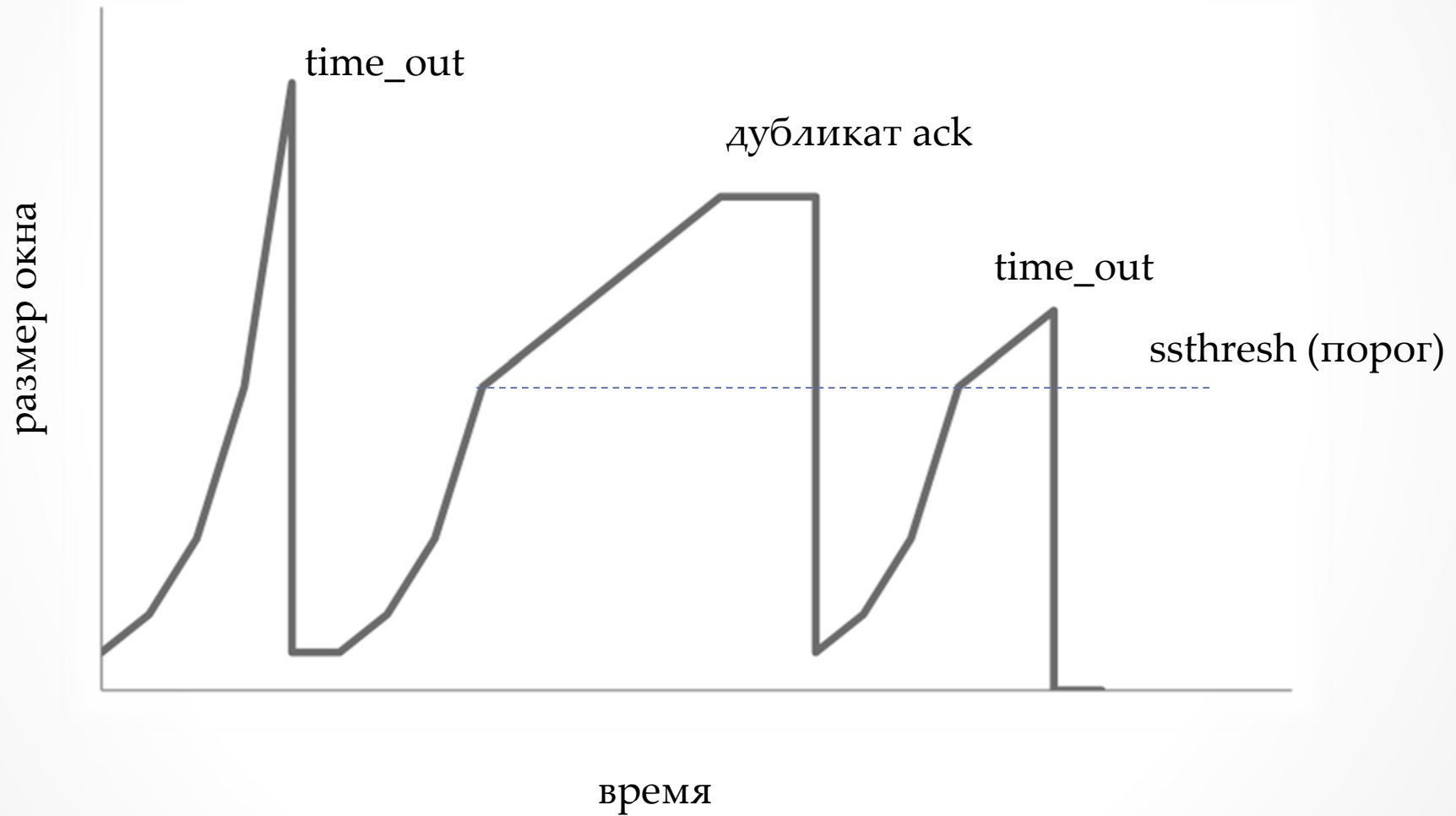
# Стратегия Tahoe

- **Стратегия:**
  - *Используя медленный старт, быстро нащупать доступную пропускную способность сети*
  - *Приблизившись к насыщению, перейти в режим предотвращения перегрузки, очень осторожно пробирая возможность роста*
- **Три сигнала:**
  - *Рост номеров уведомлений - передача данных идет хорошо*
  - *Повторные уведомления - где-то произошла задержка/потеря данных, прекратить увеличение окна перегрузки*
  - *Если наступил `Time_out` или три раза получили ACK с одним и тем же номером, то устанавливаем порог =  $cwnd/2$ ,  $cwnd = 1$  и переходим в фазу медленного старта*
  - *Если пришло ACK с нужным номером, то продолжаем в фазе предотвращения перегрузки*

# Диаграмма состояний ТСП Tahoe

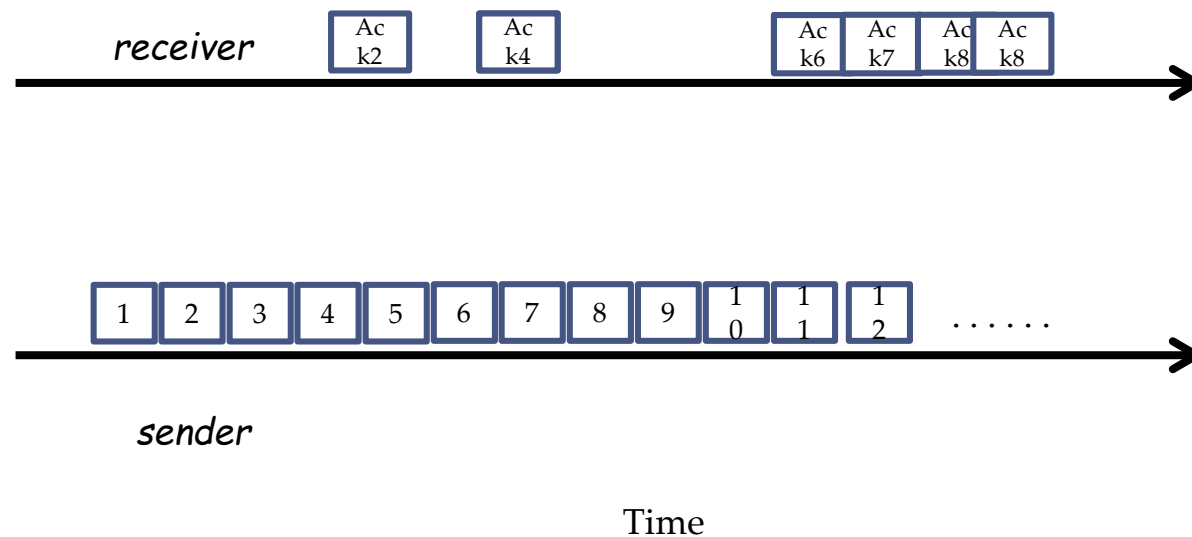


# Динамика ТСР Tahoe





# Пример работы TCP Tahoe



# Оценка time-out

- *RTT измерение критично для оценки time-out*
  - *Если слишком коротко - впустую тратим ресурсы сети на повторные передачи, «ломаем» медленный старт*
  - *Если слишком длинный - зря тратим ресурсы на ожидание*
- *Трудности -*
  - *RTT меняется очень динамично*
  - *RTT сильно зависит от загрузки (load) сети*



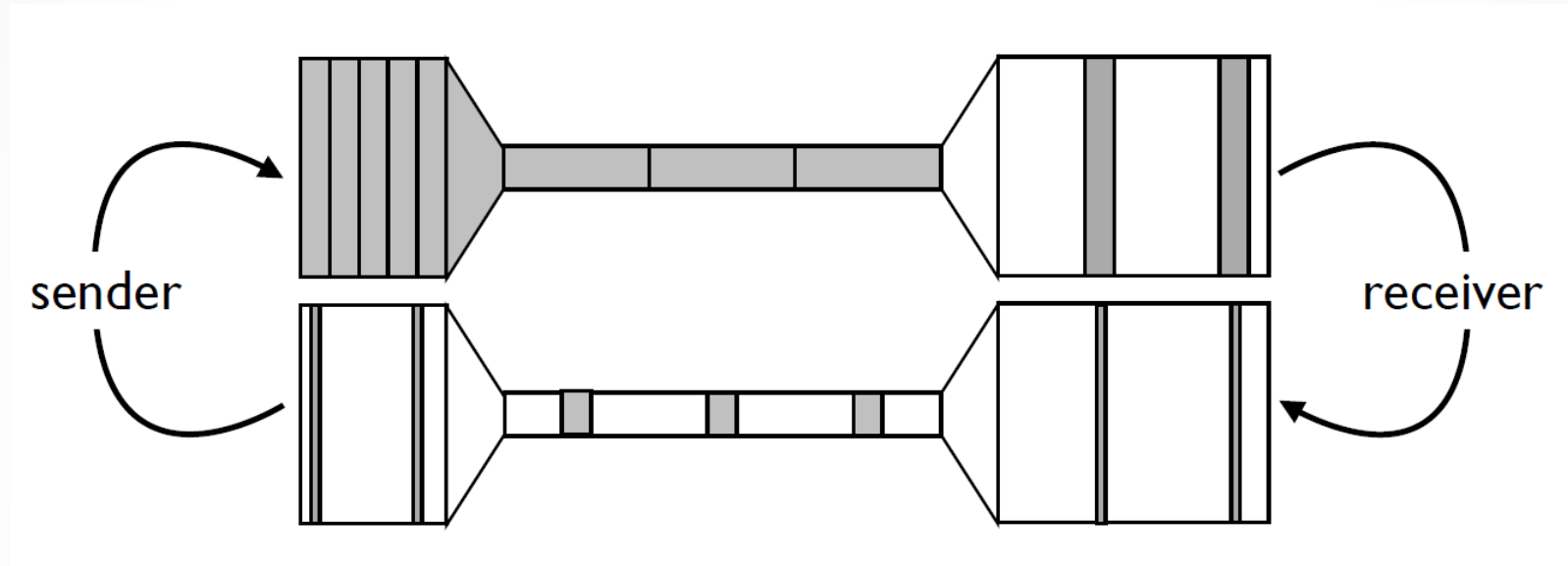
# Pre Tahoe time\_out

- $r$  - начальная оценка RTT из соображений здравого смысла
- $t$  - измерение RTT для последнего подтвержденного пакета
- Вычисляем взвешенное среднее -  $r = \alpha r + (1 - \alpha)t$ ,  
где  $0 < \alpha < 1$
- $Time\_out = \beta r$ , где  $\beta = 2$
- В чем проблема?

## TCP Tahoe time-out (т.2 стр.132-134)

- $r$  - начальная оценка RTT из соображений здравого смысла
- $t$  - измерение RTT для последнего подтвержденного пакета
- Ошибка -  $e = t - r$ , где  $t$  измерение для последнего аск.
- Вычисляем  $r = \alpha r + (1 - \alpha)t$ , где  $\alpha \sim 0.25$
- Измеряем вариацию -  $v = \alpha v + (1 - \alpha)|e|$
- $time-out = r + \beta \times v$ , где  $\beta = 4$ .
- В случае повторной передачи  $RTO = \beta * time-out$

# Самонастройка



# Принципы самонастройки

- *Отправлять данные только после того, как предыдущие покинули сеть*
- *Посылать данные только при получении уведомления*
- *Отправлять уведомления как можно быстрее - это важно!*

*Прочсть «Congestion Avoidance and Control» van Jacobson and Karels*