

# Распределенные системы и технологии. Синхронизация времени

Дмитрий Юрьевич Чалый  
декан факультета ИВТ,  
зав. кафедрой информационных и сетевых технологий



22 мая 2016 г.

- Распределенные системы состоят из узлов;
- каждый узел имеет свои часы, которые независимы от других;
- часы могут убежать или отставать;
- поэтому их надо координировать.



# Примеры и последствия

- Распределенные базы данных (например, по продаже билетов);
- установка тайм-аутов в сетях передачи данных;
- распределенные аукционы;

Последствия:

- неэффективность;
- некорректность.



- Состоит из процессов;
- каждый процесс находится в одном из своего множества состояний;
- изменение состояния процесса может происходить путем выполнения инструкции, передачи или получения данных;
- каждый процесс имеет свои локальные часы, которые линейно упорядочивают события в рамках процесса;
- в распределенной системе необходимо уметь упорядочивать события в контексте всей системы (это позволяет увидеть причинно-следственную связь).



- clock skew — относительная разница между значениями часов двух процессов;
- clock drift — разница между скоростью изменения времени двух часов;



# Виды синхронизации

Внешняя синхронизация:

- есть внешний эталонный источник времени  $S$ ;
- часы  $c_i$  каждого процесса отличаются не более чем на  $D$  единиц от эталона:

$$\forall i: |c_i - S| \leq D.$$

Внутренняя синхронизация:

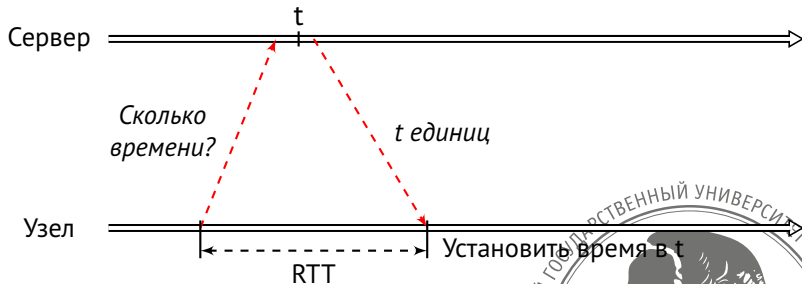
- Часы любой пары процессов  $c_i$  и  $c_j$  отличаются не более чем на  $D$  единиц:

$$\forall i, j: |c_i - c_j| \leq D.$$

Внешняя синхронизация с погрешностью  $D \Rightarrow$  внутренняя синхронизация с погрешностью  $2D$ .



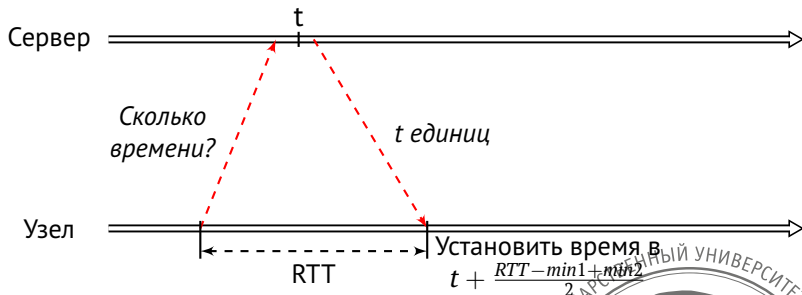
# Наивная синхронизация



- Задержки в системе не ограничены;
- точность установки часов ничем не ограничена.



# Алгоритм Кристиана



- $\min1, \min2$  – минимальные задержки от узла к серверу и обратно;
- в момент установки настоящее время будет в промежутке

$$[t + \min2, t + RTT - \min1];$$

- точность установки ограничена  $\frac{RTT - \min2 - \min1}{2}$



# Алгоритм Кристиана: свойства

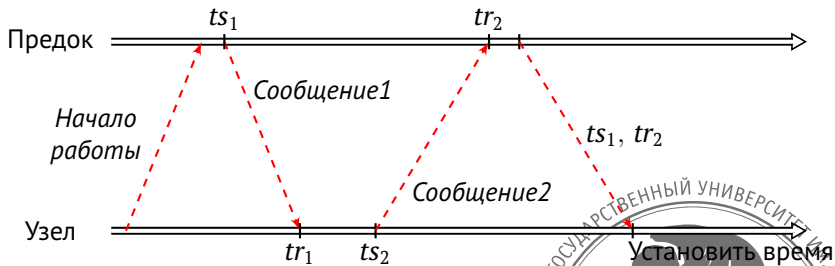
- необходимо только увеличивать время;
- если ошибка велика, делать несколько измерений;
- можно ускорять или замедлять время.



- Создан в 1985 г., версия 4: 2010 г.;
- система серверов организована в виде дерева;
- каждый узел синхронизируется с предком.



# Протокол NTP: обмен сообщениями



- Узел рассчитывает *смещение между часами*:

$$o = \frac{tr_1 - tr_2 + ts_2 - ts_1}{2}$$



# Протокол NTP: расчет смещения

- Обозначим реальное смещение через  $o_{real}$ : узел впереди предка на  $o_{real}$  единиц времени;
- пусть *Сообщение1* и *Сообщение2* передаются за соответственно  $l_1$  и  $l_2$  единиц времени;
- тогда

$$tr_1 = ts_1 + l_1 + o_{real} \text{ и } tr_2 = ts_2 + l_2 - o_{real}$$

- откуда

$$o_{real} = \frac{tr_1 - tr_2 + ts_2 - ts_1}{2} + \frac{l_2 - l_1}{2};$$

- следовательно

$$|o_{real} - o| < \left| \frac{l_2 - l_1}{2} \right| < \left| \frac{l_2 + l_1}{2} \right| < RTT.$$

