

Average TimeSync

a consensus-based protocol for time synchronization in wireless sensor networks

Студент группы 202 СПбАУ
Горохов Никита

1

СИНХРОНИЗАЦІЯ ВРЕМЕНИ

Постановка задачі



СИНХРОНИЗАЦИЯ ВРЕМЕНИ

- Децентрализованная беспроводная сенсорная сеть
- Необходимо синхронизировать время на всех устройствах
- Не важно, что это за время, главное, чтобы оно было общим для всех
- Базовая задача распределённых систем



ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Время – линейная функция

Помимо того, что значения любых двух часов в сети могут отличаться на константу (offset), они также могут идти и с разной скоростью (skew)

Распределённость

Далеко не все устройства в сети могут общаться друг с другом напрямую

Задержки

На пути от одной вершины до другой возникают непредсказуемые задержки при передаче информации

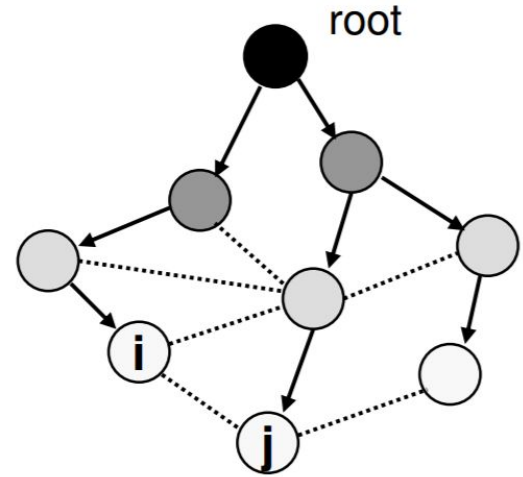
2

ИЗВЕСТНЫЕ РЕШЕНИЯ

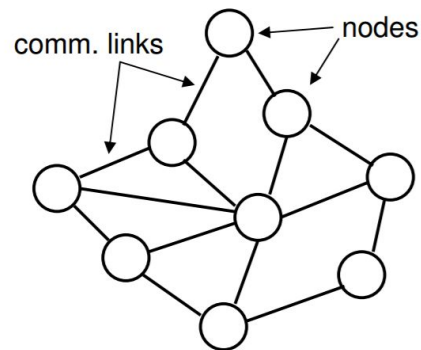
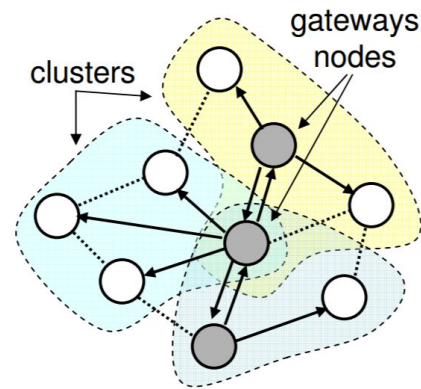
Плюсы и минусы

СЕТЕВАЯ ТОПОЛОГИЯ

- Корневое дерево (TPSN, FTSP)
 - Корень задаёт время
 - Время в любой вершине – время в корне + сумма разностей времён на пути от корня
- Минусы
 - Смерть корня – перестройка
 - Вершины, близкие физически, могут быть далеко в рамках дерева



- Разбиение на кластеры (RBS)
 - ▷ В каждом кластере своя главная вершина
 - ▷ По сути те же проблемы
- Полностью распределённая система (RFA, DTSC)
 - ▷ Все вершины равноправны
 - ▷ Устойчивость к “смерти” и появлению новых вершин



БОРЬБА С ЗАДЕРЖКАМИ

- Односторонняя передача
- Двусторонняя передача
- Broadcasting (специальные, синхронизирующие вершины, вершины)
- MAC-layer time-stamping

3

Average TimeSync protocol

Описание

МОДЕЛЬ

- Время – линейная функция

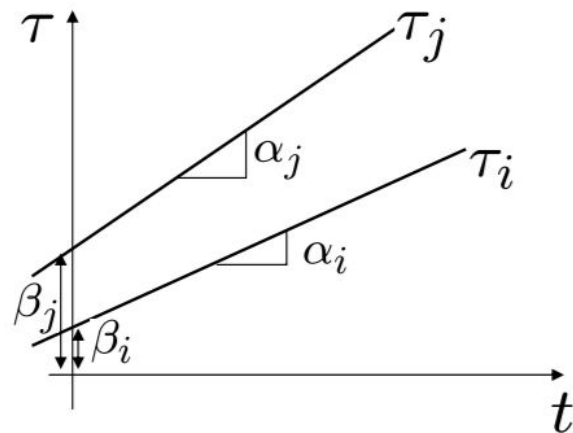
$$\tau_i(t) = \alpha_i t + \beta_i$$

- Эталонное время

$$\tau_v(t) = \alpha_v t + \beta_v$$

- Каждые часы хранят приближение

$$\hat{\tau}_i = \hat{\alpha}_i \tau_i + \hat{\theta}_i$$



- Relative skew

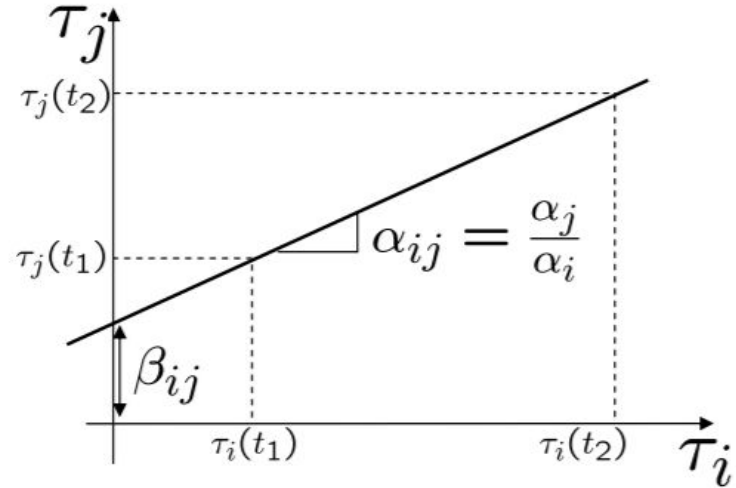
$$\begin{aligned}\tau_j &= \frac{\alpha_j}{\alpha_i} \tau_i + \left(\beta_j - \frac{\alpha_j}{\alpha_i} \beta_i \right) \\ &= \alpha_{ij} \tau_i + \beta_{ij}\end{aligned}$$

- Что ищем

$$\hat{\tau}_i(t) = \hat{\alpha}_i \alpha_i t + \hat{\alpha}_i \beta_i + \hat{o}_i$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \hat{\alpha}_i(t) = \frac{\alpha_v}{\alpha_i},$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \hat{o}_i(t) = \beta_v - \hat{\alpha}_i(t) \beta_i = \beta_v - \frac{\alpha_v}{\alpha_i} \beta_i$$



ПРИБЛИЖЕНИЕ

- Relative skew estimation

$$\eta_{ij}^+ = \rho_\eta \eta_{ij} + (1 - \rho_\eta) \frac{\tau_j(t_2) - \tau_j(t_1)}{\tau_i(t_2) - \tau_i(t_1)}$$

$$\eta_{ij}(t_k) = \rho_\eta^k \eta(0) + \sum_{l=1}^{k-1} (1 - \rho_\eta)^l \alpha_{ij} = \rho_\eta^k \eta(0) + \alpha_{ij} (1 - \rho_\eta^k)$$

- Skew compensation

$$\hat{\alpha}_i^+ = \rho_v \hat{\alpha}_i + (1 - \rho_v) \eta_{ij} \hat{\alpha}_j$$

- А сходится ли?

$$x_i = \hat{\alpha}_i \alpha_i, \quad x_i^+ = \rho_v x_i + (1 - \rho_v) x_j$$

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_N)^T \quad \mathbf{x}^+ = A\mathbf{x}$$

$$A_T = A_{t_n} \cdots A_{t_2} A_{t_1} \quad \prod_{n=1}^{\infty} A_{t_n} = A_{\infty}$$

- Offset compensation

$$\hat{\tau}_i(t) = \alpha_v t + \frac{\alpha_v}{\alpha_i} \beta_i + \hat{o}_i$$

$$\begin{aligned}\hat{o}_i^+ &= \hat{o}_i + (1 - \rho_o)(\hat{\tau}_j - \hat{\tau}_i) \\ &= \hat{o}_i + (1 - \rho_o)(\hat{\alpha}_j \tau_j + \hat{o}_j - \hat{\alpha}_i \tau_i - \hat{o}_i)\end{aligned}$$

4

Реализация

На Java

Реализация

- Язык Java
- Сервер для “знакомства” вершин и сбора информации о приближениях
- Вершина: ip-адрес + порт
- Вершины общаются по UDP

5

Результаты

Тесты

Результаты

- Тесты с двумя ноутбуками
 - ▷ 25 вершин
 - ▷ У каждой вершины 2-4 соседа
 - ▷ Период синхронизации 100 миллисекунд
 - ▷ Погрешность ~4 миллисекунды
- Больше соседей, больше период синхронизации
 - ▷ Погрешность ~1 миллисекунда

Демонстрация

Прямо сейчас скачивайте и запускайте приложение, вводите IP-адрес сервера, указанный на доске. Чем больше людей, тем интереснее!

Ссылки

- Основная статья:
http://paduaresearch.cab.unipd.it/101/1/CDC07_timeSynch_v1.pdf
- Та же статья, но переизданная:
http://ac.els-cdn.com/S1474667015361310/1-s2.0-S1474667015361310-main.pdf?_tid=cc3ef38a-57cc-11e7-85b9-00000aab0f6c&acdnat=1498192457_9fff3e219fb35ec5231c31dd620be9eb
- Репозиторий:
<https://github.com/wackloner/DistributedClockSynchronization>



Q & A