

高精度な時刻同期のための遅延時間のフィルタ処理手法

木佐貫昭（富山県立大学）・太田聡（富山県立大学）

1. はじめに

通信ネットワークを通じた時刻同期には多くの応用があり、重要である。時刻同期では、ラウンドトリップ時間(RTT)の半分を片方向遅延とし、時刻源からの時刻情報と併せて正しい時刻を推定する。測定される RTT はパケットの待ち合わせ遅延を含み往復で非対称な値なので、待ち合わせ遅延を含まない RTT を求める必要があり、その目的で最小値フィルタが使われる。本稿は、最小値フィルタで用いるサンプル数と時刻同期精度の関係を明らかにするとともに、RTT 測定値のばらつきと同時にサンプルの新しさを考慮するフィルタ手法を提案、評価する。

2. 最小値フィルタ

最小値フィルタとは測定されたサンプル値から最小値を出力する処理である。十分な数のサンプルがあれば、待ち合わせ遅延を含まない RTT を出力する。フィルタの効果はサンプル数 n に依存し、条件によって望ましいサンプル数 n は変化する。待ち合わせ遅延が大きい場合、サンプル数は大きくすることが望ましい。しかし、サンプル数が大きすぎると、古い RTT データから時刻オフセットを見積もるので、現在のオフセットから大きくずれたオフセットによって時刻を修正することにより、時刻精度が劣化する。これらの理由から、条件によらずサンプル数を適切に定めるということは難しいという問題がある。

3. 提案方法

上の問題を解決するために、次のフィルタ手法を提案する。 n 個の RTT のサンプルを r_1, r_2, \dots, r_n 、最小値を $r_j (1 \leq j \leq n)$ とする。次の条件を満たす $r_k (j \leq k \leq n)$ で、最も新しい(k が大きい)サンプルを選び、その r_k から時刻オフセットを求める。

$$r_k \leq r_j + \frac{(k-n)\delta}{n} \quad (1)$$

ここで、 δ は NTP における周波数偏差の修正量を用いる。本手法では、RTT が最小値に近く、かつより新しいサンプルが選ばれるので、精度の良い時刻同期を実現する。

4. シミュレーション条件

最小値フィルタの特性を評価するため NS-2¹⁾を用いて計算機シミュレーションを行った。ネットワークは、図 1 に示す通りである。

時刻の調整手順は 2) を参考にした。

背景負荷は指数分布ジェネレータを用い、パラメタは Packet Size を 1000[byte], Rate を 2.0[Mbps], Burst Time を 0.1[sec], Idle Time を 0.4[sec] として設定し負荷を与えた。また、RTT の測定間隔は 60 秒毎とし、24 時間の動作を模擬した。時刻のモデルは、周波数偏差 α と、オフセットの初期値 β から、ある時刻 t でのクライアント

時刻 \hat{t} を次のように求める。

$$\hat{t} = (1 + \alpha)t + \beta \quad (2)$$

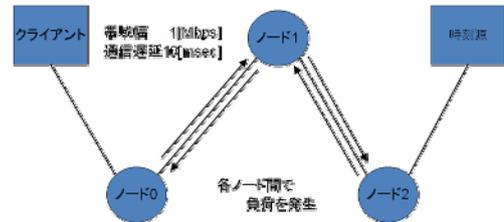


図 1: シミュレーションモデル

5. 結果・考察

図 2 に時計の周波数偏差 α ごとに、最小値フィルタのサンプル数 n を固定した場合と提案方法でのシミュレーション結果を示す。図 2 の縦軸は、18 から 24 時間での時刻のオフセット θ_i の 2 乗平均の平方根、

$$\sqrt{\frac{\sum_i \theta_i^2}{N}} \quad (3)$$

である。但し θ_i は(真の時刻 - クライアント時刻)である。

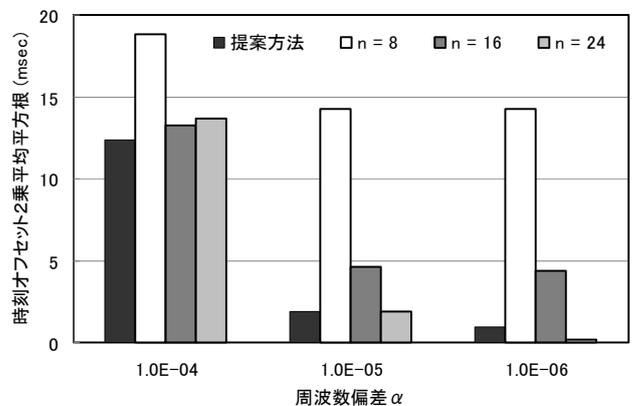


図 2: 時計の精度によるオフセットのふるまい

図 2 から、負荷状況が同じでも、時刻の周波数偏差によって最適なサンプル数が異なることがわかる。一方、提案方法は周波数偏差によらず高精度な同期を実現した。

6. おわりに

高精度な時刻同期のためのフィルタ処理手法を提案し、シミュレーション評価を行った。それにより、提案方法の有効性を確認した。

参考文献

- 1) The Network Simulator ns-2, <http://www.isi.edu/nsnam/>.
- 2) IETF RCF 1119.