

B_014

Sntp と PC クロックを用いた パケット到着時刻取得の精度向上に関する一考察

A Study of Improvement Accuracy of Calculating Timestamp from Sntp and CPU Clock

橋本圭輔 牛木一成 伊藤智子 中村誠 渡邊岳彦 小河原成哲
Keisuke Hashimoto Kazunari Ushiki Tomoko Ito Makoto Nakamura Takehiko Watanabe Masanori Ogawara

エヌ・ティ・ティ・コムウェア株式会社 研究開発部
NTT COMWARE CORPORATION. Research and Development Department.

1. はじめに

近年、IP マルチキャストを用いた IP 放送が実験段階にありネットワーク品質についての評価段階にある。

このネットワークの品質測定では、数時間にわたってネットワーク中の RTP パケットのジッタや遅延を測定する。ジッタや遅延の測定の精度はパケット時刻取得の精度に依存する。この測定は 100 μ 秒オーダの精度が求められる。

我々は、特に価格や応用の観点から NTP サーバ[1]と PC を利用したネットワーク品質測定の検討を行っている。

本稿ではパケット到着時刻の取得のために、Sntp 問合せを基準時刻として、CPU クロック値から少ない誤差で時刻を得る手法について述べる。

2. CPU クロック値からの時間取得と問題点

PC の内部では常に加算を続けている CPU クロック値がある。この値の差分を、CPU 基準周波数で除算すると経過時間を取得できる (図 1)。現在、PC は高性能な CPU を備えており、パケット到着時のクロック値の計算で、100 μ 秒オーダでパケット到着時刻を求められる。

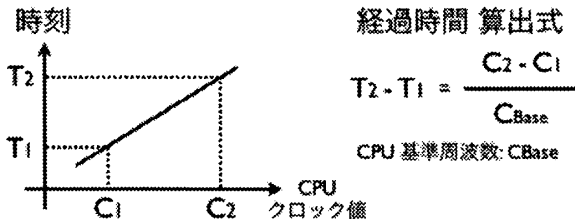


図 1. CPU クロック値を用いた時間取得の模式図

CPU クロックは短期的な時刻精度では十分な性能があるが[2]、CPU クロック値の利用には以下の問題がある。

- (1) CPU クロックに存在する基準周波数のずれ
- (2) 長期的に存在する周波数の揺らぎ

(1)は定常的に観察される。PC に搭載される CPU により異なるが、概ね 1 秒につき数十 μ 秒程度のずれが観察される。(2)は長時間で観察され、傾向をもって滑らかに揺らぐ。数 m 秒の範囲で CPU クロック値の誤差として現れる (図 2)。

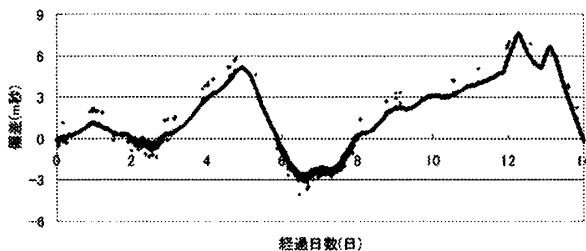


図 2. CPU クロックの誤差に現れる周波数の揺らぎ

3. 従来法による問題解決

CPU クロック値からの時刻取得には前述の問題がある。2 節(1)の定常的なずれはオフセットをとることで補正が可能だが、2 節(2)の長期的な周波数の揺らぎを見積ることは難しい。従来手法では、CPU クロック値と Sntp[3]により、以下の方法で時刻補正を行い、パケット到着時刻を得る。

- ①. NTP サーバへの Sntp 結果を基準時刻とする
 - ②. ①で決定した基準時刻とパケット到着時に記録された CPU クロック値の差分から時刻を取得する
 - ③. 一定間隔毎に ①の基準時刻を更新する
- 定期的に更新される NTP サーバからの時刻を基準時刻とし、差分を取ることで、長期的なクロックの揺らぎの影響が少ない時刻を取得することができる (図 3)。

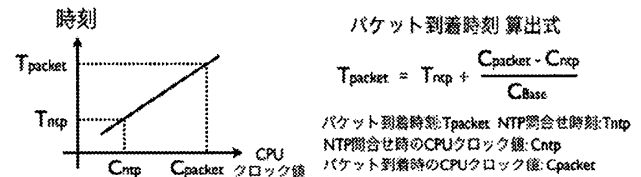


図 3. Sntp と CPU クロック値による時刻取得

4. 従来法の課題

従来法では、Sntp 結果に含まれる偶然誤差の問題がある。図 4 は NTP サーバに対し 1 秒毎に Sntp 問合せを行った際の、NTP 時刻と CPU クロック値から得た時刻の誤差である。Sntp 結果に数百 μ 秒程度の誤差が含まれる場合があり、この誤差について考慮する必要がある。

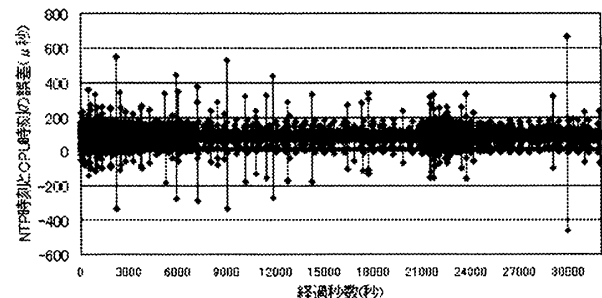


図 4. Sntp 時刻と CPU クロックからの時刻の誤差

従来法によるパケット到着時刻の取得では 1 点の基準時刻から到着時刻を求めていた。そのため Sntp 問合せ結果を含む偶然誤差により、パケット到着時刻に数百 μ 秒の誤差を含む場合がある。また各点毎の基準時刻取得の誤差が、各パケット到着時刻の誤差となるため、基準時刻の更新前後の到着時刻において誤差が大きくなることもある。

5. 改善手法

誤差の低減に着眼し、以下の改善手法を提案する。

- (1) 複数の基準点からの統計処理に基づいて、はずれ値の除去を行う
 - (2) はずれ値除去後の基準時刻から回帰直線を求める
また SNTP 結果からの時刻取得の精度向上について、提案されている高精度な時刻取得手法を用いる[4].
- (1), (2)により, CPU クロック値から時刻を得る直線を得る.

(1) 統計処理に基づくはずれ値の除去

各 SNTP 問い合わせ点において, SNTP 結果から得られる時刻と CPU クロック値による時刻との誤差の分布は, 2 節 (1) で述べた基準周波数のずれを平均値とする正規分布に従うと考えられる. ゆえに, 標準偏差を求めることで誤差の範囲について存在確率を見積もることができる.

図4のデータについて平均値, 標準偏差を求めると平均値 $m=84.072$, 標準偏差 $\delta=22.072$, となった. そのため各問い合わせ点での誤差は 99%の確率で $m \pm 2.576 \delta$ の範囲に存在すると考えられる. この範囲に存在しないデータについて, はずれ値とみなし除去する. はずれ値の除去を行った結果のグラフを図5に示す.

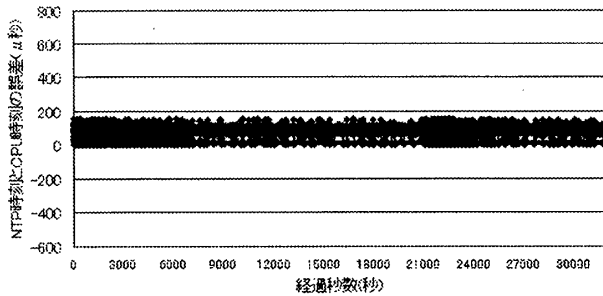


図5. 図4の誤差からはずれ値を除去した結果

(2) 回帰直線の算出

はずれ値を除去したデータで, 最小二乗法による回帰直線を求める. 回帰直線の決定により, 時刻を CPU クロックカウンタ値の関数として求めることができる.

回帰直線算出の課題に, 2 節(2)で述べた長期的な周波数の揺らぎがある. 回帰直線を求める場合, サンプル数は多い方がよい. しかし, 測定時間が長いと, この揺らぎの影響を受ける. また, SNTP 回数を頻繁にするとオーバーヘッドによる誤差が増える. 今回は1秒毎に SNTP 問合せを行い, NTP 時刻とデータ区間 8000 秒の回帰直線との偏差(図6), 32000 秒の回帰直線との偏差(図7)を示す. また, 区間 250 ~ 32000 秒の回帰直線と NTP 時刻の標準偏差を示す(図8).

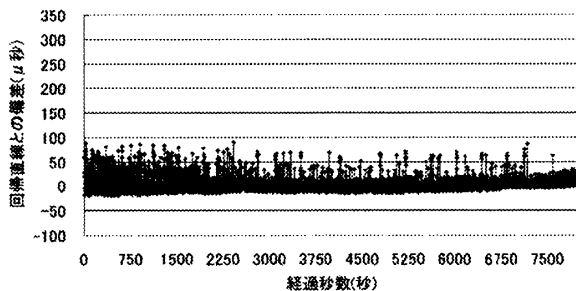


図6. データ区間 8000 秒の回帰直線との偏差

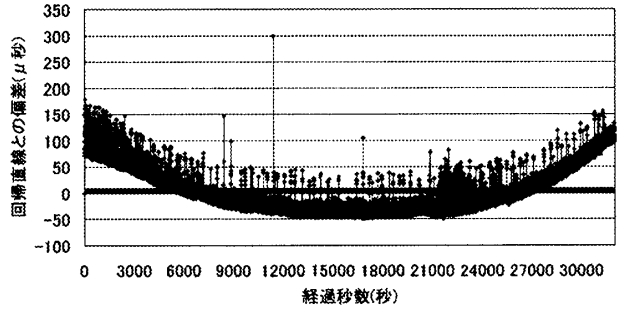


図7. データ区間 32000 秒の回帰直線との偏差

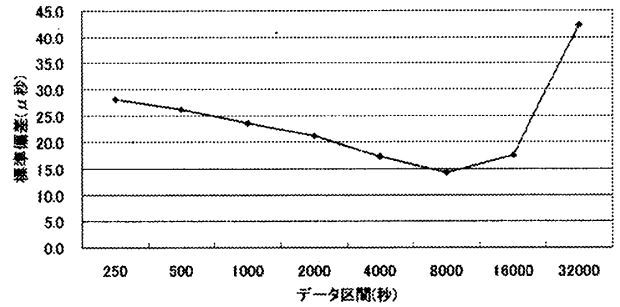


図8. データ区間と NTP 時刻と回帰直線の標準偏差

6. 考察

本手法によりパケット到着時刻の取得を行う場合, 機器等に由来する偶然誤差をはずれ値として除去することで, 回帰直線算出の精度を向上できる.

取り扱うデータ区間について, 図8より, 今回の結果では 8000 秒の際に最も近似精度が良くなった. 一般に, サンプル数が多ければ, 近似精度は良くなるが, 今回の結果では 16000 秒以上長く取ると回帰直線との偏差は増加した.

これは, 長時間に見られる周波数の揺らぎにより, 線形近似の精度が悪くなるためと考えられる. 今回用いた PC では, 目安として 8000 秒程度のデータで回帰直線を得ることで偏差の少ない直線が得られると考えられる.

また, この結果から周波数の揺らぎ方に着眼してデータ区間をとることで, より高精度の近似が可能になることも推測される.

7. まとめ・今後の課題

複数の SNTP 問合せ結果に基づいた統計処理で, CPU クロック値から誤差が少ない時刻取得を行う手法を示した.

今後は, 本方式を用いたパケット到着時刻取得についてさらに検証を重ねる. SNTP 問い合わせ間隔の変更や, 取り扱うデータ区間の変更について調査し, より信頼性の高い時刻取得や応用を検討する.

参考文献

- [1] EndRun Technologies 社 Tempus LX CDMA-J (<http://www.shoshin.co.jp/computer/endrun/cdma.html>)
- [2] 電子情報通信学会 NS 研究会 Vol.NS2003 No.160 pp.67-70 「PC における時刻精度の精密計測とその評価」北口ら
- [3] RFC-2030 (<http://rfc.net/rfc2030.html>)
- [4] 第5回情報科学技術フォーラム 牛木ら 「SNTP における取得時刻の精度向上に関する一考察」