

6E-6 NTP サーバーによる時刻同期実験*

6E-6

福島登志夫、松田 浩、久保浩一(国立天文台位置天文・天体力学研究室)、[†]
大野浩之(東京工業大学理学部)、[‡]鈴木茂哉((株)フォアチューン)[§]

1. はじめに

計算機ネットワーク上の時刻同期システムを設計・実装・運用するには、計算機間の時計比較の限界精度を知る必要がある。このために、NTP (Network Time Protocol) による時刻同期 Server として開発中 [1,2] のセシウム原子時計に基づく高精度時刻信号を参照できるパソコン(以下 PC と呼ぶ)を2台用意し、PC間及びPCとシステム時計のみを参照する普通のワークステーション(以下 WS と呼ぶ)との間でイーサネットを介した TCP/IP ベースの往復通信による時計比較実験を行った。本稿ではその概要を報告する。

2. 実験方法

Client を PC、Server を PC もしくは WS とし、個々の時刻系で測った時刻を往復通信することにより、回線の遅れを差し引いた時計差を計測した。実験に使用した計算機などの諸元は以下の通り; PC(ハード: NEC PC9801DA もしくは PC9801RA, OS: MS-DOS 3.3C, C コンパイラ: MS-C Ver.6), WS(ハード: SONY-NWS821, OS: NEWS-OS 3.3C) 実験は、かなり込んでいるネットワーク下で行った。

時計比較に使ったプログラムの概要は以下の通りである(図1参照)。まず Client では、(C-1) 計測開始の合図をうけると (t_0)、(C-2) Client の内部時計を読み (t_1)、(C-3) Server に向けて送信する (t_1')。Server では、(S-1) Client の通信を受信すると (T_1)、(S-2) Server の内部時計を読み (T_2)、(S-3) Client に向けて返信する (T_3)。Client では、(C-4) Server からの返信を受信すると (t_3')、(C-5) 再び Client の内部時計を読む (t_3)。

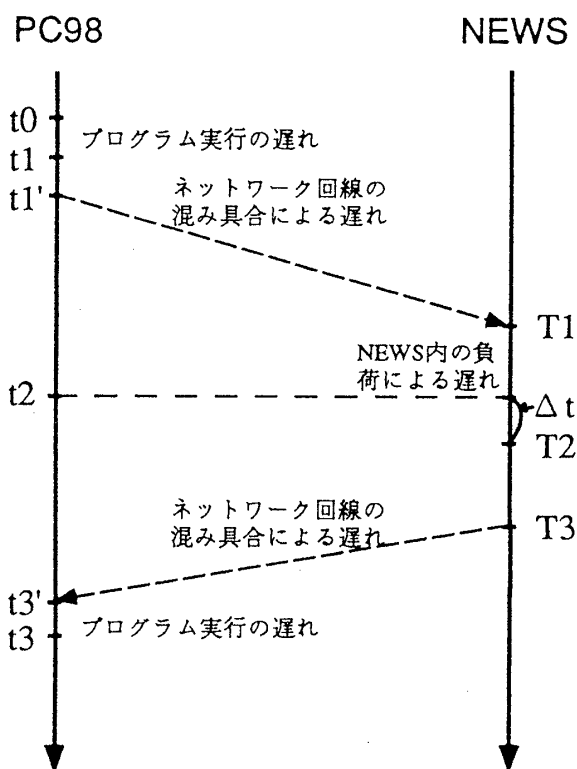


図1: 時計比較プログラムの動作

T_2 に対応する Client 側の時刻を t_2 とする。回線の遅れが行きと帰りで一定であり、計算機内部の時間遅れを無視できると仮定すると $t_2 = (t_1 + t_3)/2$ となる。Server の時刻 T_2 との時刻差 Δt を $\Delta t = T_2 - t_2$ と定義し、これを連続して多数回(例えば100回)測定する。現実には、さまざまな要因により上の仮定は正しくないが以下にみるように適当な統計処理により高確度(数 μs)の時計差が得られることがわかった。

3. 実験結果

まず一回の測定に要する時間は、回線の混み具合にもよるが約2msであった。この結果は Server が PC であるか WS であるかによらなかった。

*Clock Synchronization Experiment by NTP Server

[†]Toshio Fukushima, Koh Matsuda, Koh-Ichi Kubo, National Astronomical Observatory, 2-21-1, Ohsawa, Mitaka, Tokyo 181, Japan

[‡]Hiroyuki Ohno, Tokyo Institute of Technology, 2-12-1, Ohokayama, Meguro-ku, Tokyo 152, Japan

[§]Shigeya Suzuki, Fortune Co., Ltd., 4-4, Ko-Amicho, Nihonbashi, Chuo-ku, Tokyo 103, Japan

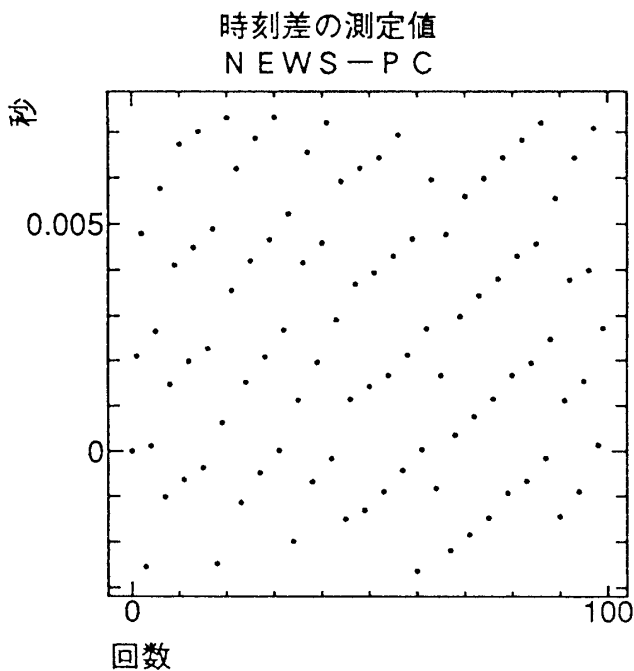


図 2: PC-WS 間の時刻差

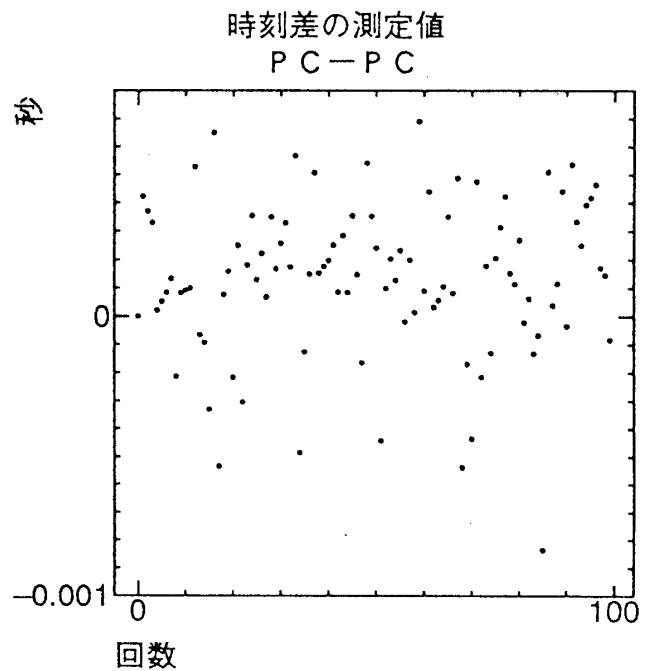


図 3: PC-PC 間の時刻差

Server を WS とした場合の測定結果の一例を、時間順にプロットしたものを図 2 に示す。横軸は測定した順番 (1 から 100 まで)、縦軸は測定値 Δt である。この場合、時計差の平均値は 1 回の 100 回連続測定で標準偏差 3ms 程度で決定できた。さらに多数回 (100 回程度) 繰り返すことによって時計差の平均値のばらつきは約 1ms の精度で決定できることがわかった。

しかしながら、これはこのシステムの限界ではない。もう一度図 2 を見てみよう。一見、測定値は十分バラついているように見えるが、注意深くみると測定値が鋸波状に増減を繰り返しているのがわかる。これは、サーバー (WS) の内部時計の分解能 (粒度) が 10ms しかないためにおきた現象だともわれる。実際、測定値の頻度分布は幅 10ms の一様分布に近い。測定値の標準偏差は約 3ms 程度となるが、これは正規化一様分布の分散が $1/12$ であることから導かれる理論値 $10/\sqrt{12} \approx 2.88\text{ms}$ とよく一致している。このことは、測定値のばらつきがサーバーの内部時計の粗さによるためであることを裏付ける有力な証拠である。

さらに比較のため、Server を PC に代えて同様の実験を行なった。どちらの PC も同一の時計信号に基づいている。Client 側の PC は上記と同じものを用い、Server

側の PC はハードウェアだけ PC9801RA に置き代えただけで後はまったく同じである。ネットワークなどの実験環境は同じにした。このときの測定結果の一例を時間順にプロットしたものを図 3 に示す。こんどは、Server も Client も μs の分解能を持っているため、測定値の分布はガウス分布でよく近似できる。この場合、時計差の平均値は 1 回の 100 回連続測定で標準偏差 $300\mu\text{s}$ 程度で決定でき、これをさらに多数回繰り返すことによって時計差の平均値のばらつきは約数十 μs の精度で決定できることがわかった。

4. 結論

この実験結果から同一構内のネットワークすなわち LAN ベースであればわれわれの方式により数十 μs の時刻同期が可能であると推測される。講演時には、内部時計の分解能が μs であるワークステーションを用いた実験結果なども併せて報告する。

参考文献

- [1] 大野、鈴木 (茂)、福島、小笠原、鈴木 (駿)、松田、久保: 1992, IP Meeting'92 集録, 49-52.
- [2] ntp-wg@wide: 1993, WIDE プロジェクト 1992 年度研究報告書, 第 5 章.