

本校における NTP サーバの運用と利用法

河口 尚宏* 大畑 正樹* 井上 忠照**

The Operation and Utilization Method of the NTP Server in Kagawa National College of Technology

Naohiro KAWAGUCHI, Msaki OHATA, Tadaaki INOUE

Abstract

In Kagawa National College of Technology, the NTP server with a GPS (Global Positioning System) receiver had been out of order for about three years. We replaced it with a new server in December 2011 and added an antenna in September 2012. We tested its actual operation for six months, and as the result, we confirmed that this new server worked well and synchronized with UTC (Coordinated Universal Time) correctly.

Keywords: NTP Server, GPS, Global Positioning System

1. はじめに

本校詫間キャンパスでは、GPS 受信機（古野電気製：TS-820）を用いて、NTP サーバを独自に構築、運用している。

NTP (Network Time Protocol) とは、ネットワークに接続される機器において、機器が持つ時計を正しい時刻へ同期するための通信プロトコルであり、NTP サーバは、このプロトコルを用いて、正しい時刻へ同期させるサービスを行うものである。

これまでの経過を概説すると、1990 年代末の情報通信工学科の井上研究室での卒業研究で NTP サーバの構築とその評価が行われた。その後その運用を情報処理センター（現情報基盤センター：以下センターと略す）に委託されたのがその端緒となる。この NTP サーバはセンター内のサーバ計算機で参照され一定の役割を果たしてきた。

しかし 3 年ほど前にこのサーバのハードウェア障害によってサーバが停止していた。

そこで、一昨年 12 月にサーバの交換、さらに昨年の 9 月に GPS アンテナの設置場所移動を行い、約 6 カ月実働テストを行ってきた。その結果、キャンパス内で広く供用できるものと判断している。本稿では、新サーバのシステム構成と評価データおよび利用法についてまとめたので報告する。

2. ネットワークに於ける時刻同期の重要性

1990 年以降、世界では急速にコンピュータネットワークが普及した。コンピュータネットワーク（以下ネットワークと呼ぶ）とは、複数のコンピュータを通信回線により接続する技術である。

コンピュータの分野では、何らかのサービスを要求するコンピュータをクライアント、そしてその要求されたサービスを提供するコンピュータをサーバと呼ぶ。

例えば、クライアントが通信販売のホームページを見たいという要求を送り、そしてサーバがその要求に応じてその通信販売のページの情報をクライアント側に送るといった具合である。

ネットワークにより、上記に示したような情報の通信を複数のコンピュータが行うのだが、このネットワーク上の複数のコンピュータは、時間的に同期がとれている必要がある。その例をいくつか挙げてみる。¹⁾

* 香川高等専門学校 技術支援センター
詫間キャンパス 技術教育支援室

** 香川高等専門学校
詫間キャンパス 通信ネットワーク工学科

2.1 ログファイルの正確さ、検査、監視

アプリケーションの多くは、測定データや生成データに対して、非常に大きな意味を付与する要素としてタイムスタンプというものを使用する。タイムスタンプとは、現実社会では、郵便物に押される印のことであるが、情報関係では、ファイルなどの電子データにおいて、その作成や更新などが行われた日時を示す情報とされるものである。

ログファイルとは、アプリケーション、OS、サービスが処理内容、警告などの履歴を逐一記録し、障害発生時や開発時などに参照できるようにするために作成するファイルのことである。

サーバのログファイルとそのレポートデータを使用して、組織内の活動状況を評価することができる。これには、帯域幅の使用率、管理、認証、課金などの各機能の情報が含まれる。つまりこのファイルは様々なサーバからの情報を編集したものなので、タイムスタンプが正しいことが必要不可欠である。それぞれのサーバの時刻が正しくない場合、サーバが行ったサービスイベントを発生順に整列させるという基本的なことからできない。ネットワーク障害が生じたとき、当然、原因の切り分けもできず、その問題を解決することが困難になる。

2.2 アクセスセキュリティと認証

Kerberos 認証という暗号による認証方式を例に挙げる。この認証は、「チケット」という複数の情報が含まれるファイルのやりとりによって行われる。この Kerberos 認証に対する攻撃方法としてこのチケットと呼ばれる認証用データを盗聴して、そのまま使う「リプレイ攻撃」というやり方がある。この攻撃に対する防御方法として、チケットのタイムスタンプとサーバの時間が 5 分以上ずれている場合、チケットを拒否するという方法をとるのだが、これは、それぞれの時間が正確に同期をとれていることを前提にしたシステムである。

2.3 ソフトウェア開発

プログラミング言語を用いて作成したソフトウェアの設計図(ソースコード)を、コンピュータ上で実行可能な形式(オブジェクトコード)に変換することをコンパイルと呼ぶ。

大規模なソフトウェア開発は、プログラマチームが異なるサーバ(地理的に異なる場所に配置される場合もある)に保存されているコードで開発を行うために、広範囲に渡って分散されたタスクになる可能性がある。

最終的に、このコードは 1 つのプログラムにコンパイルされる。このように分散されたサーバからソフトウェアのコンパイルを管理するには、複数のソースコードを決められた順序でコンパイルする「makefile」機能や、編集されるファイルの変更履歴を管理する「バージョン管理システム」が使用される。ファイルのタイムスタンプは、ベースとなるソースファイルが変更された場合にリビルドが必要なファイルの判別で使用される。ディレクトリの一部がファイル共有システムにマウントされ、サーバやクライアントが異なる現在時刻を使用している場合、「make」関数 (makefile 機能で使用される関数) は一部の導出オブジェクトのリビルドに失敗し、作成された実行ファイルが最新のソースに基づいたものではなくなる可能性がある。

2.4 電子メール

電子メールメッセージは、発信元のタイムスタンプが付けられた状態でネットワークを通過する。このタイムスタンプが明らかに間違っている場合、受信側の一部で混乱を招く可能性がある。発信元の組織の信頼性が疑われるのは言うまでもない。

2.5 その他の不具合

近年では、機密上安全な通信を保証するため通信データの暗号化、サーバ・クライアント計算機の正当性を保証する各種の電子証明書がしばしば使われる。これらの仕組みの正常な動作は、計算機 (PC) の正しい時刻を保持していることが前提で、時刻が狂っていると誤動作をもたらす。

また OS の不具合を修正する更新操作も時刻情報をもとに行われるため時刻が狂っていると正常な更新ができない等の不具合を生ずることになる。

3. NTP サーバについて

3.1 NTP サーバの原理

以上のような事例から、ネットワークに於いて時刻同期をとることは極めて重要であることが分かる。しかしコンピュータの内蔵時計は、通常、安価な製品が使用されており、長期間ではかなりの誤差が発生する。この問題を解決するために、NTP サーバが導入された。

NTP は stratum と呼ばれる階層構造を持ち、最上位のサーバ(stratum1)が正確な時計(stratum0)から標準時を取得し、下位のサーバ(stratum 2 以降)はそれを参照する事で時刻を合わせる。

正確な時計は、原子時計や GPS(Global Positioning System, 全地球測位システム)が使われる。NTP サーバ

の概念図を図1、コンピュータの時刻を同期させる原理を図2²⁾、本校でのNTP 階層構成を図3に示す。

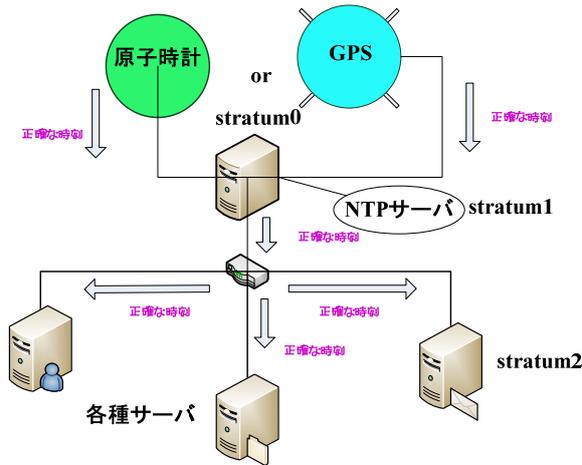


図1 NTPサーバの概念図

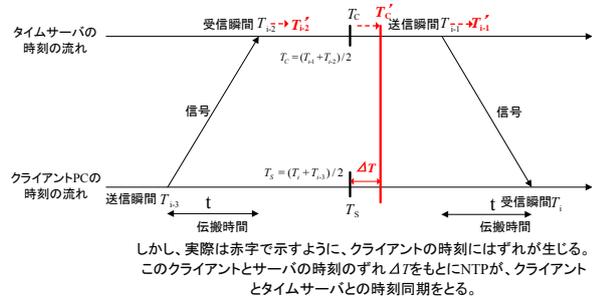
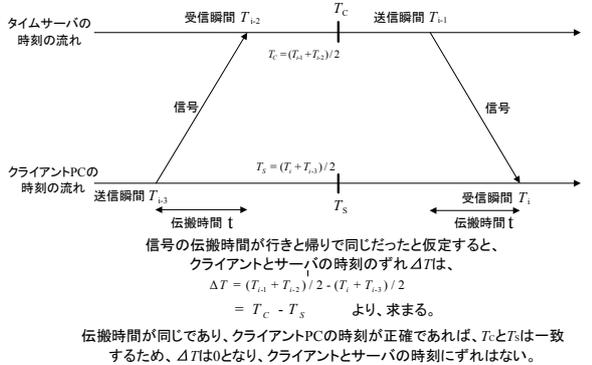


図2 NTPサーバの時刻同期の原理図

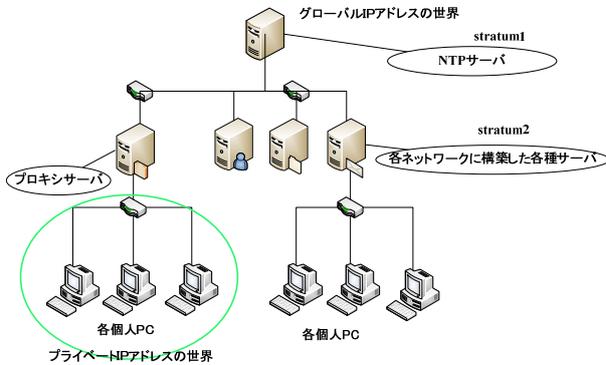


図3 本校でのNTP 階層構成

3.2 原子時計の原理

原子や分子には、それぞれに決まっている周波数の

電磁波を吸収あるいは放射する性質がある。その、吸収ないし放射された電磁波のエネルギーから、その電磁波の周波数を求めることができる。周波数は時間(周期)の逆数であるので、これにより、正確な時間を求めることができる。UTC(Coordinated Universal Time: 協定世界時)と呼ばれる公式な時刻は、SI単位系の1秒をこの原子時計により定義している。NTPはこのUTCを利用して時刻を送受信している。

3.3GPS (Global Positioning System, 全地球測位システム) 衛星による正確な時刻情報取得の原理³⁾

GPSは、人工衛星のネットワークを使った全世界的測位システムで、位置、時間、速度を手軽かつ正確に計測できる。元来はアメリカ国防省が軍事用に開発したものであるが、一部は民間用に公開され、航空、船舶の航法用のみならず、カー・ナビゲーションシステム、携帯電話等で広く使用されている。

GPSによる測位の基本は、時刻による距離測定である。まず、GPS衛星とユーザ受信機ともに正確な時計を共有している場合を考える。この時、あるGPS衛星から電波を送信した時刻 t_t [sec]と、ユーザ受信機で受信した時刻 t_r [sec]を測定すれば、その間の距離 r [m]は光速 c [m/sec]を使って

$$r = c(t_r - t_t)$$

により求めることができる。

次に複数のGPS衛星(N個)を考え、i番目のGPS衛星とユーザ受信機との測定距離を r_i [m]とする。GPS衛星の位置はわかっているものとしてユーザ受信機の位置を求めることを考える。ユーザ受信機位置を (x, y, z) 、i番目のGPS衛星の位置を (x_i, y_i, z_i) とすると、

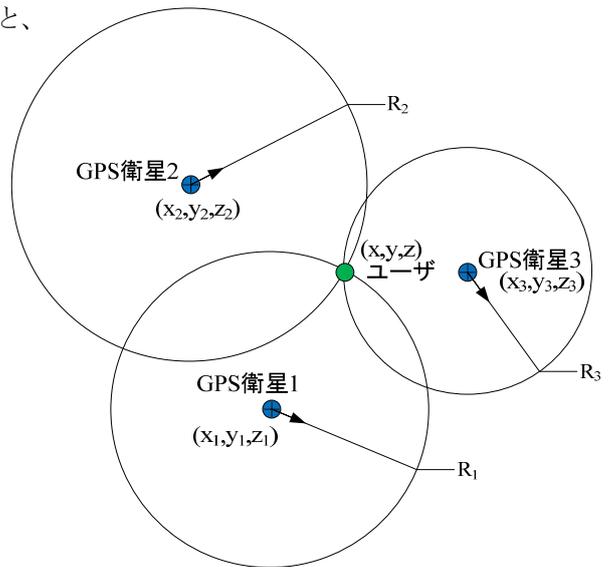


図4 GPSによる位置測定原理図

$$r_i = (x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2$$

となる。

したがって

$$r_1 = (x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2 + (z_1 - z)^2$$

$$r_2 = (x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2 + (z_2 - z)^2$$

$$r_3 = (x_3 - x)^2 + (y_3 - y)^2 + (z_3 - z)^2$$

.....

$$r_N = (x_N - x)^2 + (y_N - y)^2 + (z_N - z)^2$$

の連立方程式を (x, y, z) について解けばよい。

未知数は3つなので、式は3つ有ればよい。つまり最低でも衛星が3つ必要となる。これは、図4のように、ユーザ位置を、送信源からの距離が一定の球面の交点として求めることに照応する。

ただし先にも述べたとおり、上記説明は、受信側で衛星搭載の原子時計と同程度の正確な時計を持っていることを前提としている。実際には受信装置に内蔵された時計は低精度であり、衛星搭載の正確な時計との時刻差が存在するので、この時差を未知数として取り扱い式を立てる。i番目のGPS衛星とユーザ受信機の正確な距離を r_i [m]、受信機の時計の誤差を δ [sec]、受信機の時計誤差を含む測定時間差から求めた疑似距離を r'_i [m] とするとその間の関係は

$$r'_i = r_i + c\delta$$

となる。

したがって

$$(r'_1 - c\delta)^2 = (x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2 + (z_1 - z)^2$$

$$(r'_2 - c\delta)^2 = (x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2 + (z_2 - z)^2$$

$$(r'_3 - c\delta)^2 = (x_3 - x)^2 + (y_3 - y)^2 + (z_3 - z)^2$$

.....

$$(r'_N - c\delta)^2 = (x_N - x)^2 + (y_N - y)^2 + (z_N - z)^2$$

の連立方程式を (x, y, z, δ) について解けばよい。未知数が4つなので、式は最低4つ必要であり、したがって衛星は最低でも4個必要となる。

つまり、受信機の時計の誤差を δ [sec] を求める事が可能であり、これは言い換えると衛星が4個以上用意できれば、正確な時刻を求めることが可能であると言えることができる。

4. 本校におけるNTPサーバの概要

本校におけるNTPサーバの概要図を図5に示す。⁴⁾

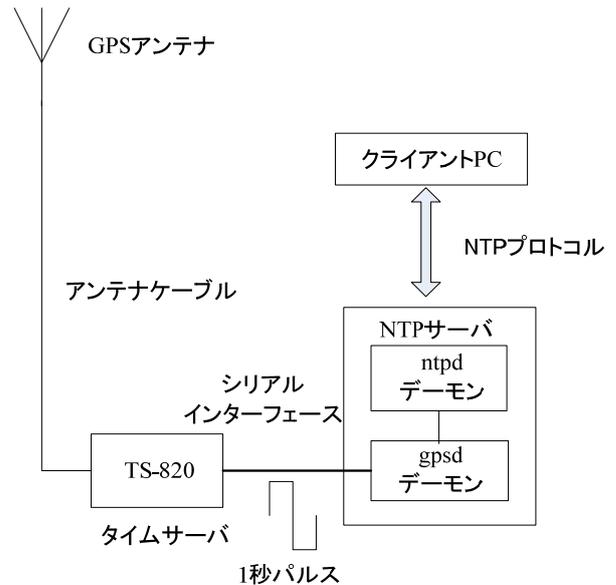


図5 本校におけるNTPサーバの概要図

このシステムで使用しているTS-820（古野電気製）というGPSタイムサーバは、GPSの測位演算プロセスで得られる±1μsecの精度でUTC時刻に同期している1秒パルスを用いたタイムサーバである。



図6 タイムサーバ TS-820（古野電気製）

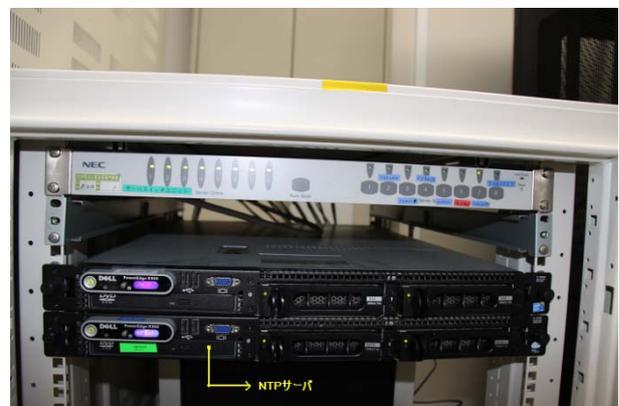


図7 NTPサーバ（デル製）

5. NTP サーバの運用、評価

2012年9月中旬、本校の屋上に、GPS アンテナの取り付け工事を行った。

これは以前取り付けしていた場所が、受信に不十分だったため、行った工事である。

十分に重量のあるコンクリートブロックに、図9の写真のように、穴を開けねじ止めをした。ブロックは2つ用意してそれらを針金で結ぶことにより、さらに十分な重量を得るように工夫をした。



図8 GPS アンテナ 全体図



図9 GPS アンテナ 取り付け部

表1に2012年10月以前の受信状況の一部、表2に2012年10月以降の受信状況の一部を示す。

| date-time | offset-time(ms) | offset-time-var | sync(OK) |
|---------------------|-----------------|-----------------|----------|
| 2011/12/13/21:07:01 | -1.507 | 1.747 | OK |
| 2011/12/13/21:12:01 | -0.385 | 0.046 | OK |
| 2011/12/13/21:17:01 | -0.532 | 0.05 | OK |
| 2011/12/13/21:20:01 | -0.541 | 0.012 | OK |
| 2011/12/13/21:25:01 | N/A | N/A | NG |
| 2011/12/13/21:30:01 | N/A | N/A | NG |
| 2011/12/13/21:35:01 | N/A | N/A | NG |
| 2011/12/13/21:40:01 | N/A | N/A | NG |
| 2011/12/13/21:45:01 | N/A | N/A | NG |
| 2011/12/13/21:50:01 | -0.326 | 0.005 | OK |
| 2011/12/13/21:55:01 | -0.378 | 0.046 | OK |
| 2011/12/13/22:00:01 | -0.051 | 0.016 | OK |
| 2011/12/13/22:05:01 | -0.052 | 0.005 | OK |
| 2011/12/13/22:10:01 | -0.022 | 0.004 | OK |
| 2011/12/13/22:15:01 | -0.017 | 0.001 | OK |

表1 2012年10月以前の受信状況の一部

| | | | |
|---------------------|--------|-------|----|
| 2012/10/14/11:55:01 | 0.001 | 0.002 | OK |
| 2012/10/14/12:00:01 | -0.001 | 0.001 | OK |
| 2012/10/14/12:05:01 | 0.001 | 0.001 | OK |
| 2012/10/14/12:10:01 | 0.002 | 0.001 | OK |
| 2012/10/14/12:15:01 | 0.004 | 0.001 | OK |
| 2012/10/14/12:20:01 | 0.007 | 0.002 | OK |
| 2012/10/14/12:25:01 | 0.002 | 0.001 | OK |
| 2012/10/14/12:30:01 | 0.005 | 0.001 | OK |
| 2012/10/14/12:35:01 | 0.008 | 0.001 | OK |
| 2012/10/14/12:40:01 | 0.003 | 0.001 | OK |
| 2012/10/14/12:45:01 | -0.001 | 0.002 | OK |
| 2012/10/14/12:50:01 | -0.003 | 0.001 | OK |
| 2012/10/14/12:55:01 | -0.005 | 0.002 | OK |
| 2012/10/14/13:00:01 | -0.005 | 0.001 | OK |
| 2012/10/14/13:05:01 | -0.006 | 0.001 | OK |

表2 2012年10月以降の受信状況の一部

offset-time は、GPS 衛星が提供する正確なUTC とNTP サーバ(stratum1)の時刻差を示す。offset-time-var はoffset-time の変動の目安となる分散である。単位はミリ秒である。末尾の OK は衛星を4個以上補足し正確な時刻が得られた状態(同期)を示している。NG はこれに失敗したことを示している。

この工事を行った後の受信状況は改善された。現在までのところ、受信状況の欄でNGは出ていない。

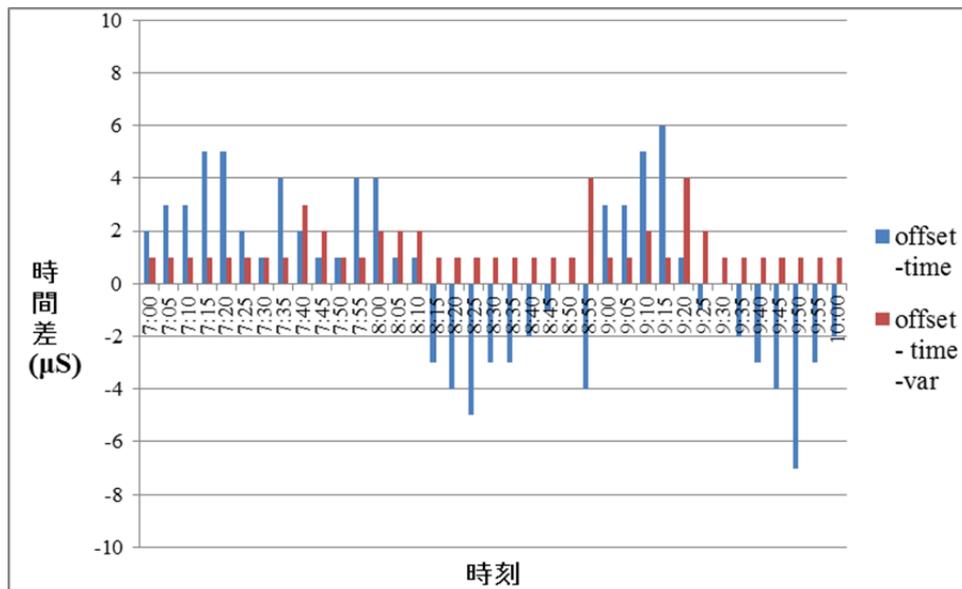


図10 2012年10月15日 時間差データ

図10に2012年10月15日の7時から10時まで5分毎に、時間差をとったデータをグラフ化したものを示す。また、図11には、offset-timeの絶対値の度数分布表を示す。図10及び図11における時間の単位はマイクロ秒に変換している。

図11からも分かるように、サンプル数37個のうち31個、つまり全体の84%が4μs以内で収まっている。またoffset-timeの絶対値の標準偏差も1.66であり、ばらつきも少ない。極めて精度が高いといえる。

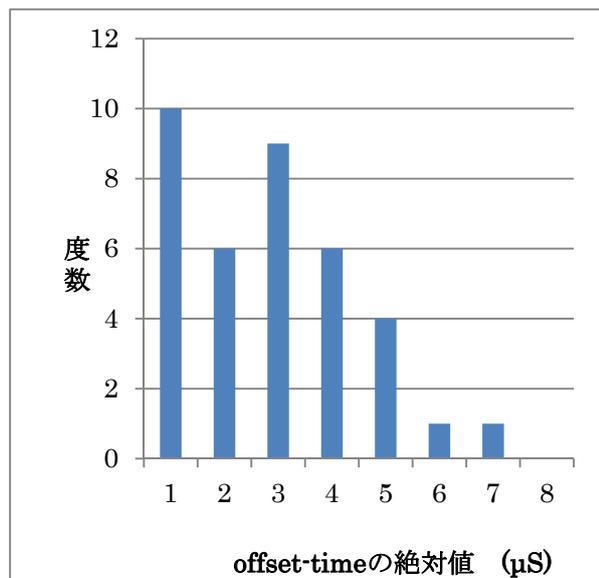


図11 offset-timeの絶対値の度数分布

次に、他の公開NTPサーバとの比較を行った。今回、比較対象としたのは、マイクロソフトとサイネットのNTPサーバである。サイネットとは、国立情報学研究所が、構築運用している情報通信ネットワークである。

表3及び、表4に3月2日に行った他のNTPサーバとの比較データの一部を示す。時間の単位はミリ秒である。

| date | ms-delay | ms-offset | ms-jitter |
|---------------------|----------|-----------|-----------|
| 2013/03/02/00:00:01 | 163.595 | 22.251 | 4.801 |
| 2013/03/02/00:20:01 | 163.595 | 22.251 | 5.586 |
| 2013/03/02/00:40:01 | 163.834 | 16.665 | 5.524 |
| 2013/03/02/01:00:01 | 163.592 | 20.77 | 9.629 |
| 2013/03/02/01:20:01 | 163.957 | 17.575 | 7.322 |
| 2013/03/02/01:40:01 | 163.599 | 11.13 | 6.445 |
| 2013/03/02/02:00:01 | 163.09 | 16.539 | 4.391 |

表3 マイクロソフトのNTPサーバとの比較の一部

| date | sinet-delay | sinet-offset | sinet-jitter |
|---------------------|-------------|--------------|--------------|
| 2013/03/02/00:00:01 | 25.874 | 0.067 | 0.041 |
| 2013/03/02/00:20:01 | 25.871 | 0.076 | 0.009 |
| 2013/03/02/00:40:01 | 25.845 | 0.069 | 0.007 |
| 2013/03/02/01:00:01 | 25.845 | 0.069 | 0.087 |
| 2013/03/02/01:20:01 | 26.074 | 0.235 | 0.254 |
| 2013/03/02/01:40:01 | 26.074 | 0.235 | 3.744 |
| 2013/03/02/02:00:01 | 25.893 | 0.067 | 1.138 |

表4 サイネットのNTPサーバとの比較の一部

ms-delayとは、マイクロソフトのNTPサーバと、本校の入り口となるサーバとの往復時間となる。sinet-delayも同様に、サイネットのNTPサーバと本校との入り口となるサーバとの往復時間である。

ms-offsetは、本校NTPサーバとマイクロソフトのNTPサーバとの時間差、sinet-offsetは、サイネットのNTPサーバと、本校のNTPサーバとの時間差となる。

jitterとは、offsetの変動の目安となる分散を表している。

3月2日のms-offsetの絶対値の平均値は10.6[ms]、sinet-offsetの絶対値の平均値は130[μs]であり、本校とのNTPサーバとのずれは大きなものである。このことは、表3、及び表4の数値からも一目瞭然であろう。

ms-delayやsinet-delayとは、先ほど説明したように、本校のNTPサーバと相手側のNTPサーバとの通信時間である。マイクロソフトはアメリカにサーバがあるため、サイネットより時間がかかっている。これらのことから、通信に時間がかかれば、当然のことながら、時刻のずれが大きくなるという証左であり、自前のNTPサーバを構築する利点を証明することになる。

謝辞

本原稿を作成するにあたり、多くの人から多大なる支援を受けました。この場を借りて感謝の意を表したいと思います。

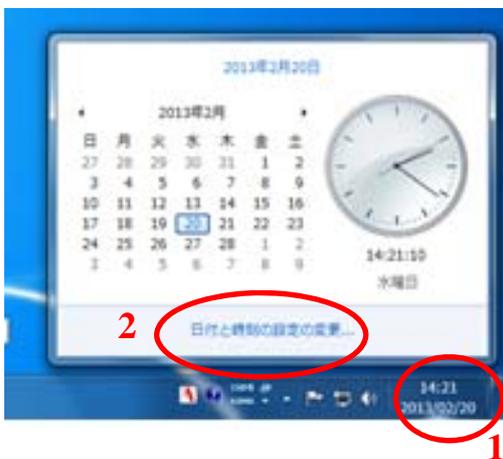
参考文献

- 1) “ネットワークにおける時刻同期の重要性”
http://www.marubun.co.jp/product/network/ntp/qgc18e00001010qg-att/symmetricom_wp_1.pdf
- 2) “NTP入門”
<http://www.nisoc.or.jp/~karl/nisoc/ntp.ppt>
- 3) 野村清英：“GPSと物理”
<http://maya.phys.kyushu-u.ac.jp/~knomura/museum/GPS/>
- 4) ファン ティ ホン ザン：“FreeBSDとxntpdを用いたGPSタイムサーバーの構築”
詫間電波工業高等専門学校 平成11年度情報通信工学科卒業研究論文(2000)

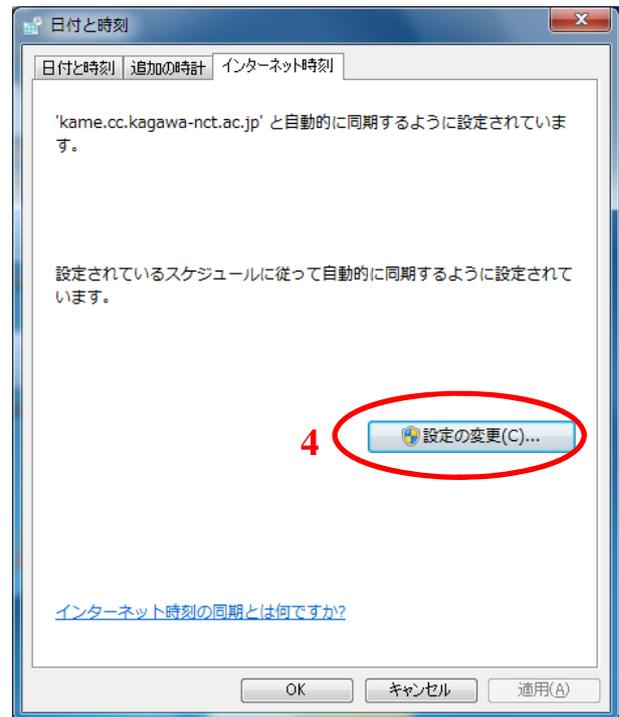
付録 本校のNTP サーバの利用方法

以下に本校のNTP サーバの利用方法について説明しておく。以下を参考にして、利用していただければ幸いである。OSはWindows Vista, Windows7であることを前提にしているので、他のOSについては読み替えていただきたい。

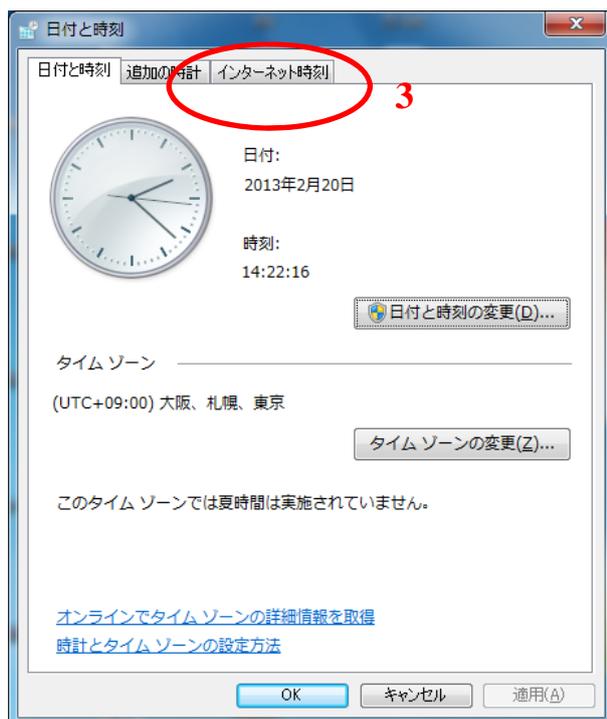
- 1.時計の部分をクリックする。
- 2.日付と時刻の設定の変更というところをクリックする。



- 4.設定の変更をクリックする。



- 3.インターネット時刻というタブをクリックする。



- 5.サーバーのところにNTPサーバのアドレスを入力して、今すぐ更新をクリックする。OK ボタンをクリックする。その後は、自動的に適切な時間間隔で更新される。NTP サーバのアドレスは、センターへ問い合わせてください。

