

PRESENTACIÓN MURAL

Controlador para un Reloj GPS de Referencia en el Protocolo NTP

Fernando P. Hauscarriaga¹, Federico A. Bareilles^{1,2}

(1) Instituto Argentino de Radioastronomía (IAR)

(2) Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas - UNLP

Abstract. The synchronization between computers in a local network plays a very important role on environments similar to IAR. Calculations for exact time are needed before, during and after an observation. For this purpose the IAR's GNU/Linux Software Development Team implemented a driver inside NTP protocol (an internet standard for time synchronization of computers) for a GPS receiver acquired a few years ago by the IAR, which did not have support in such protocol. Today our Institute has a stable and reliable time base synchronized to atomic clocks on board GPS Satellites according to computers' synchronization standard; offering precise time services to all scientific community and in particular to the University of La Plata.

Resumen. La sincronización de las computadoras de una red como la que posee el IAR juega un papel importante, ya que muchos de los cálculos efectuados antes, durante y después de las observaciones implican factores de tiempo precisos. Para esto, el grupo de desarrollo de Software en GNU/Linux del IAR implementó un driver dentro del protocolo NTP (el estándar en sincronización de computadoras) para un modelo de GPS adquirido hace unos años por el Instituto, el cual no tenía soporte en dicho protocolo. Hoy en día el IAR cuenta con una base de tiempo estable y confiable sincronizada con relojes atómicos a bordo de los satélites GPS y que además cumple con los estándares de sincronización de computadoras; pudiendo brindar servicios de tiempo preciso a la comunidad científica, y en particular, a la UNLP.

1. Network Time Protocol (NTP)

Network Time Protocol (NTP), ahora establecido como un protocolo *standard* de *internet* (RFC 1305)¹, se usa para organizar y mantener un conjunto de clientes, servidores de tiempo y caminos de transmisión como una red de sincronización. *NTP* está construido sobre las bases del protocolo de *internet* (IP) y el protocolo UDP (*User Datagram Protocol*), los cuales proveen un mecanismo de transporte libre de conexiones; sin embargo, es también adaptable a otros protocolos. *NTP* está específicamente diseñado para mantener la confiabilidad y estabilidad en rutas de *internet* típicos que involucran varios *gateways* (o puertas de enlace) y redes poco confiables.

NTP fue diseñado y escrito por David L. Mills de la Universidad de *Delaware* en Estados Unidos. Este *software* tiene licencia GPL

2. El Controlador

Nuestra fuente de referencia externa de tiempo es un GPS modelo *Thunderbolt Disciplined Clock* marca Trimble. Este receptor cuenta con un oscilador local que por medio de un circuito lógico es capaz de sincronizar y alinear su señal con respecto a aquellas de los relojes atómicos a bordo de los Satélites GPS con muy alta precisión, entregando al usuario pulsaciones cada 1 segundo con un error aproximadamente de ± 100 ns.

Ya existía en el *software* un controlador para un modelo similar (*Palisade* de Trimble), el cual usa la misma estructura de paquetes para la comunicación con la computadora que el GPS del Instituto, por lo tanto la decodificación de los paquetes estaba resuelta. El trabajo se redujo entonces a implementar sobre el controlador existente, el soporte para el GPS del IAR.

El controlador fue escrito sobre la versión 4.2 de NTP (la última estable hasta ese momento), hoy en día el controlador está corriendo sobre 4.2.2.

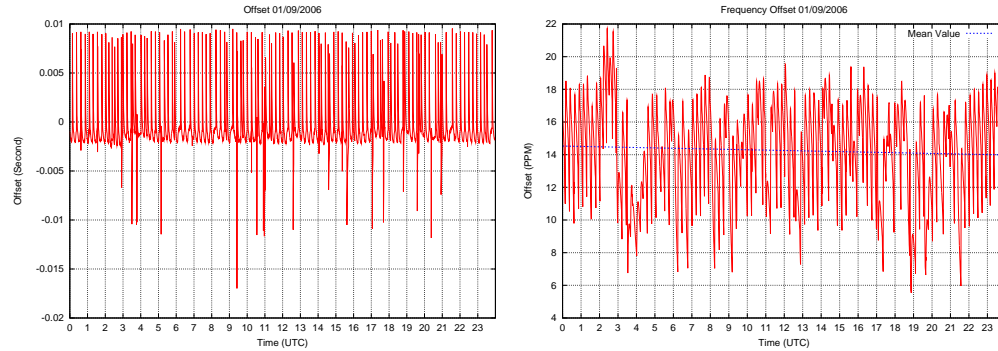
Para empezar a trabajar sobre el código del controlador existente, en primer lugar se individualizaron los paquetes necesarios por NTP para realizar la sincronización con el GPS del IAR. Los paquetes de interés para NTP son obviamente aquellos que contengan cualquier información sobre el tiempo y su calidad: los *timestamps*, *leap seconds*, status del *tracking* de los satélites GPS.

Cabe señalar que no hay ningún paquete que provea el *status* del *tracking*, con lo cual hubo que implementar un pequeño algoritmo que chequee si la cantidad de satélites *trackeados* es mayor o igual a 4, lo que indica las condiciones necesarias para un correcto funcionamiento del receptor GPS y por lo tanto buena calidad en el tiempo entregado por éste.

3. Precisión alcanzada

Para que NTP alcance la precisión esperada ($10\mu\text{s}$) en un escenario similar al nuestro (GPS-Computadora), se necesitan 4 *timestamps*, el primero que indica el momento en que se pide información de tiempo al GPS, el segundo, cuando esa petición llega al GPS, el tercero cuando el GPS responde y finalmente el cuarto, cuando llega el mensaje a la computadora. Con estos cuatro *timestamps* NTP puede calcular en forma muy precisa el *offset* entre el reloj del GPS y el propio del sistema, pudiendo así aplicar las correcciones correspondientes a este último. Por limitaciones del *firmware* de nuestro GPS, no es posible hacer peticiones de paquetes de tiempo, sino que éste los envía en forma automática cada 1 segundo, por lo tanto, resulta imposible para NTP generar los dos primeros *timestamps*. Esto provocó degradaciones importantes en la calidad del tiempo entregado por el servidor NTP. Afortunadamente estas degradaciones pudieron mitigarse utilizando un método de sincronización que en NTP se conoce como *event-polling* en el cual básicamente NTP espera los paquetes de tiempo provenientes del GPS y realiza los ajustes necesarios al reloj del servidor de acuerdo a esos datos.

3.1. Gráficos de *Offset* en tiempo y frecuencia del reloj del servidor



(a) Offset del reloj interno del servidor respecto del reloj GPS. (b) Desviación del oscilador del reloj interno del servidor NTP.

Figura 1.

3.2. Sobre la desviación en frecuencia del reloj del servidor

Los relojes internos de las computadoras están fabricados con cristales de cuarzo que oscilan a una frecuencia fundamental (32.768 KHz en nuestro caso) y de la cual se obtienen los pulsos necesarios para mantener el sincronismo de las operaciones que realiza una computadora. Estos cristales pueden tener desviaciones (hacia arriba o hacia abajo) de su frecuencia fundamental causadas mayormente por la “edad” del cristal y los cambios de temperatura del ambiente en el que se encuentra. Para hacer más fácil la comparación del comportamiento de diferentes osciladores corriendo a diferentes frecuencias fundamentales, lo que se hace es desligar la frecuencia fundamental a la que funciona el oscilador. Dividiendo la frecuencia de offset (frec. medida - frec. fundamental) por la frecuencia fundamental obtenemos la frecuencia relativa que es una cantidad dependiente del tiempo y sin dimensión. Cuando se trabaja con osciladores de cuarzo esta cantidad se expresa multiplicada por un millón y se le agrega al valor la leyenda “ppm”.

4. Conclusiones

- Como se puede ver en la Figura 1(a), el *offset* llega a valores máximos de 10ms, este valor puede reducirse utilizando un GPS que permita entregar el tiempo por pedido, para que así NTP pueda obtener los 2 primeros *timestamps* faltantes. Existe una actualización para el *firmware* con la cual el GPS del IAR sería capaz de entregar tiempo por pedido. Nos hemos puesto en contacto en reiteradas ocasiones con la compañía Trimble para que nos faciliten esta actualización pero lamentablemente hasta hoy no hemos recibido ninguna respuesta satisfactoria.
- Si bien el valor de *offset* no es el esperado para un escenario de este tipo, hay que tener en cuenta que si miramos la figura 1(b) la desviación del reloj

del servidor de tiempo está en un valor medio de 14 ppm, esto corresponde a un error aproximadamente de +1.21 seg/día. NTP provee un mecanismo para contrarrestar este efecto, midiendo continuamente (durante cortos períodos al principio) el offset del oscilador para luego ir compensando estas medidas aplicando las correcciones necesarias.

- Se armó el servidor de tiempo dentro de un gabinete muy bien refrigerado y se colocó dentro de la sala de control del Radiotelescopio. Este ambiente se encuentra a una temperatura controlada, contribuyendo a que el oscilador no sufra cambios bruscos de temperatura.

5. Impacto

Durante el período de trabajo en el cotrolador, el grupe de desarrollo de Software Libre del IAR estuvo en contacto permanente con los desarrolladores oficiales del proyecto NTP. Cuando el controlador finalmente fue publicado (https://ntp.isc.org/bugs/show_bug?id=592) nuestro grupo fue aceptado como desarrollador oficial en el proyecto NTP, abriendo grandes posibilidades de intercambio de conocimiento y tecnología entre el IAR y la comunidad NTP con sede en la Universidad de Delaware.

Referencias

Referencias

<http://rfc.net/rfc1305.html> <http://gnu.org/licenses/gpl.html>
<http://www.ntp.org/ntpfaq/NTP-s-sw-clocks-quality.htm>
<http://www.eecis.udel.edu/~mills/ntp/html/debug.html>