

А. В. Б о р о д и н (Йошкар-Ола, ОСБ РФ Марий Эл). **О задаче синхронизации времени на основе GPS-приемников коммерческой точности с использованием протокола NMEA.**

Важность наличия эталона времени в современных сетях передачи данных (СПД) трудно переоценить. Наличие единой службы времени, в первую очередь, обеспечивает объективный анализ причинности в любом экономическом феномене, частью которого является СПД. Для специалистов по техническому обслуживанию — это анализ и прогноз характеристик качества предоставления услуг в СПД, поиск неисправностей на основе анализа протоколов событий, формирование экономически обоснованных графиков технического обслуживания и модернизации элементов СПД. Для специалистов службы информационной безопасности — это возможность обнаружения атак на основе анализа аномалий в поведении СПД, а также база для получения других достоверных выводов на основе анализа событий, имеющих метки времени и происходящих в рамках развития феномена. Для прикладных специалистов — это максимально точная во времени привязка их бизнес-моделей к мировому экономическому процессу. С другой стороны, многие корпоративные СПД из соображений безопасности не имеют точек взаимодействия с сетью Internet и не могут в связи с этим воспользоваться услугами эталонов времени, существующих в этой сети. В такой ситуации актуальной становится задача синхронизации времени с альтернативными источниками точного времени.

В последнее время приемники спутниковой навигационной системы GPS коммерческой (искусственно ограниченной) точности стали весьма доступны. Побочным эффектом относительно основной функции определения положения на местности в приемниках этой системы является получение точного времени. Однако использование стандартного для большинства этих приемников протокола NMEA позволяет получать метки времени лишь с точностью до одной секунды, чего явно недостаточно для современных сетевых эталонов времени. В работе, представленной данным сообщением, предлагается подход, позволяющий формировать высокоточный эталон времени на основе массовой обработки временных меток протокола NMEA, в том числе с возможностью использования нескольких GPS-приемников с целью повышения точности.

Пусть в моменты точного времени t_i от GPS-приемника поступают сообщения протокола NMEA с временными метками t_i^0 , при этом компьютер фиксирует их как пришедшие в моменты времени t_i^1 по часам компьютера, $i = 1, 2, \dots$. Данную модель удобно рассматривать как множество точек с координатами $x_i = t_i^1 - [t_i^1]$ и $y_i = t_i^1 - t_i^0$, $i = 1, 2, \dots$, где время измеряется в секундах, а $[t]$ означает целую часть числа t . Пусть, далее, определены такие функции $m: \mathbf{N} \rightarrow \mathbf{N}$ и $n: \mathbf{N} \rightarrow \mathbf{N}$, где $\mathbf{N}$ — множество натуральных чисел, что: $x_{m(1)} < x_{m(1)+1} < x_{m(1)+2} < \dots < x_{n(1)} > x_{m(2)} < x_{m(2)+1} < x_{m(2)+2} < \dots < x_{n(2)} > x_{m(3)} < x_{m(3)+1} < x_{m(3)+2} < \dots$ и $n(j) + 1 = m(j+1)$, $i = 1, 2, \dots$. Зафиксировав некоторую величину допустимого отклонения $\varepsilon > 0$, определим следующие параметрические множества серий временных меток:

$$L_1(j, y, \varepsilon) = \{(x_i, y_i): y_i = x_i + y + 1 + \delta_i, |\delta_i| < \varepsilon, m(j) \leq i \leq n(j)\},$$

$$R_1(j, y, \varepsilon) = \{(x_i, y_i): y_i = x_i + y + \delta_i, |\delta_i| < \varepsilon, m(j) \leq i \leq n(j)\},$$

$$K_1(j, y, \varepsilon) = L_1(j, y, \varepsilon) \cup R_1(j, y, \varepsilon) \Leftrightarrow R_1(j, y, \varepsilon) \neq \emptyset.$$

Далее, выбрав множество серий J , можно ввести понятие кластера локализации момента корректировки секунд $K(y, \varepsilon) = \cup_{j \in J} K_1(j, y, \varepsilon)$. Для определения поправки времени компьютера в единицах секунд в связи с особенностями «холодного» старта GPS-приемника в общем случае необходимо решить следующую задачу: $y^* = \arg \max_{y \in \mathbf{Z}} |K(y, \varepsilon)|$, где $\mathbf{Z}$ — множество целых чисел. Для уточнения этой поправки введем следующие два параметрических множества $L(y, \varepsilon) =$

$\cup_{j \in J, R_1(j, y) \neq \emptyset} L_1(j, y, \varepsilon)$, $R(y, \varepsilon) = \cup_{j \in J, R_1(j, y) \neq \emptyset} R_1(j, y, \varepsilon)$ и положим, что если $L(y, \varepsilon) \neq \emptyset$, то $x' = \max \Pr_x L(y^*, \varepsilon)$, $x'' = \min \Pr_x R(y^*, \varepsilon)$, а если $L(y, \varepsilon) = \emptyset$, то $x' = \max \Pr_x R(y, \varepsilon) - 1$, $x'' = \min \Pr_x R(y, \varepsilon)$. Здесь использовано следующее обозначение: $\Pr_x A = \{x: (x, y) \in A\}$. Предложенный метод позволяет определить поправку времени с точностью до ее принадлежности отрезку $[y^* + x', y^* + x'']$.

Для экспериментального исследования описанного метода был использован GPS-приемник GlobalSat BU-353. Для оценки точности метода использовался подход, основанный на сравнении центра отрезка локализации точного времени с NTP-эталоном ВНИИФТРИ в сети Internet (ntp1.imvp.ru, ntp2.imvp.ru). В итоге расхождение не превышало 65 мс. Использование двух GPS-приемников с вычислением области локализации точного времени как пересечения соответствующих отрезков позволило сократить предельное расхождение до 42 мс.