

Г. В. Нестеренко, Д. А. Шелковенков, Е. А. Иванова, Е. Ю. Бондарь

Харьковский национальный университет радиозлектроники

61166, Харьков, пр. Ленина, 14, кафедра ОПТ; тел.+38 (057) 700-22-84

E-mail: secort@kture.kharkov.ua

О возможности обеспечения автономной высокоточной синхронизации шкал времен (частоты) разнесенных хранителей по сигналам внешних источников

Представлено 25.06.07

При реализации процедуры обеспечения работы телекоммуникационных сетей необходима высокоточная синхронизация хранителей [3]. Задачи синхронизации шкал частоты и шкал времени различаются между собой и по сложности, и по методам, причем синхронизация (сличение) шкал времени, как правило, сложнее в реализации, чем синхронизация шкал частоты. Зачастую для ряда технических приложений решение задачи синхронизации шкал частоты оказывается достаточным.

Современный парк технических средств хранения и сличения/синхронизации весьма обширен. Используются различные хранители, каналы, сигналы, аппаратура, принципы, методы [1]. Запросы и требования потребителей также разнообразны, и иногда — весьма специфичны. Например, существует постановка задачи: создание сети синхронизированных хранителей в условиях полной автономности, т. е. независимости от использования в «своих» каналах «чужих» технических средств, способных проявить сбой или выключения (в особенности — преднамеренные). Известны случаи смещения навигационного поля и спутниковых шкал времени в критических ситуациях. Автономизация не всегда обеспечивается по совокупному критерию реализуемости и применимости метода. Из числа каналов и средств высокоточного сличения автономными являются радиометеорный канал (РМК) и комплекс перевозимых квантовых часов (ПКЧ). Недостаток РМК — необходимость излучения в эфир. Недостаток ПКЧ — высокая стоимость и очень низкая оперативность. Использование сигнала космических источников (пульсаров) требует использования дорогостоящей аппаратуры и длительных интервалов измерения.

Рассмотрим вариант построения автономной системы синхронизации шкал частоты, использующей сигналы вещания со спутников, расположенных на

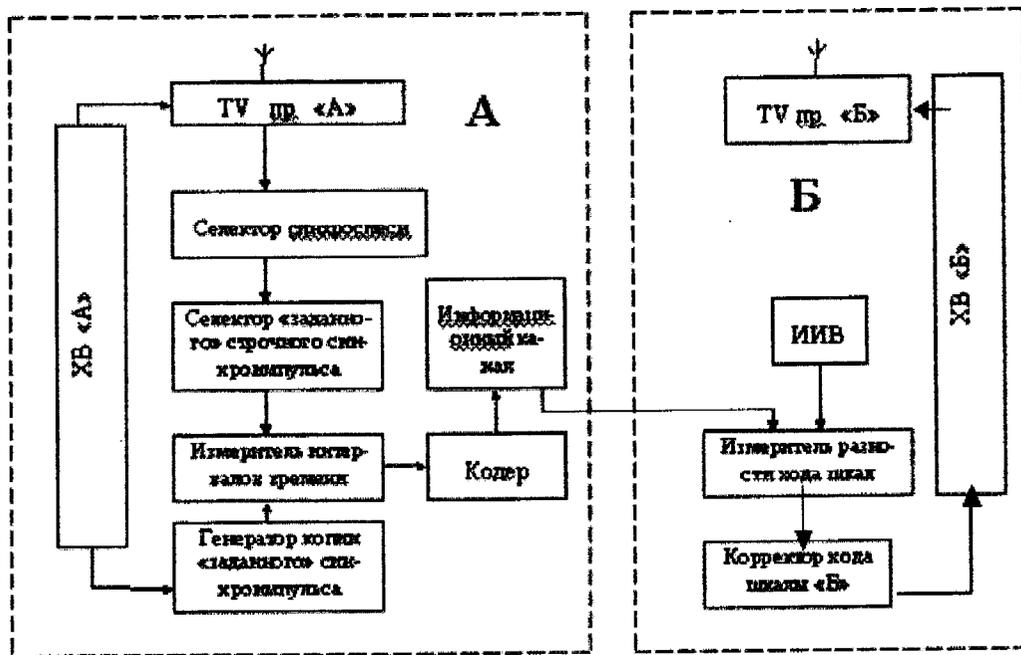
геостационарных орбитах.

Автономность такой системы, несмотря на кажущуюся зависимость от параметров состояния используемых спутниковых ретрансляторов, состоит в том, что эти спутники не являются стратегическими объектами; их количество — велико; большая часть вещательных каналов открыты для всеобщего пользования. Поэтому живучесть и надежность такой автономной системы синхронизации, использующей их сигналы, высоки. В ней используется метод «одного общего внешнего события». Потенциальная погрешность этого метода определяется разностью хода сличаемых хранителей частоты/времени на интервале разности задержек распространения между пунктами А, Б независимо от значения относительной нестабильности хранителей на борту спутника.

Предположим, что в некоторый момент времени на спутнике происходит событие $\delta(t_0)$ — излучается локализованный на известном интервале времени фрагмент сигнала (например, синхросмесь кадра). Этот сигнал формируется на борту спутника и его характеристики стабильности определяются стабильностью бортового хранителя. Обычно для ТВ вещания она имеет порядок 10^{-6} . Время распространения сигнала от спутника в пункты А, Б неизвестно. Расстояние между пунктами хранения шкал А, Б — также неизвестно.

Задача: используя только сигналы спутникового телевидения, произвести синхронизацию шкал частоты хранителей в пунктах.

Событие $\delta(t_0)$ воспринимается в пункте А с задержкой $T_A = D_A/c$, где D_A — наклонная дальность до спутника в пункте А, c — скорость света. Событие $\delta(t_0)$ в пункте Б будет зафиксировано на $\Delta = (D_B - D_A)/c$ позже. Разность задержек моментов фиксации события в пунктах максимальна для



Вариант системы синхронизации шкал частоты

случая, когда пункт А «видит» спутник в зените, а пункт Б — на горизонте. Для геостационарного спутника (ГСС) она не превосходит величины R_3/c , где R_3 — радиус Земли, т. е. $20 \cdot 10^{-3}$ с. Если считать, что часы в пунктах имеют порядок нестабильности 10^{-9} , а их взаимный ход — максимален, то при корректном измерении параметра задержки события $\delta(t_0)$ в пунктах при высоких соотношениях «сигнал/шум» оценка сверху погрешности такого метода имеет порядок 10^{-12} .

Предлагается такой вариант системы синхронизации шкал частоты по предлагаемому методу (рисунок). В пунктах синхронизации устанавливается аппаратура для приема телевизионных сигналов одной и той же программы одного и того же спутника, выделяется заранее оговоренное событие и измеряется интервал времени между ним и собственной шкалой времени. Измеренное значение периодически передается из ведущего (пункт А) в ведомые пункты по какому-либо информационному каналу. В них проводятся измерения задержек между моментами приема оговоренных событий и характерными точками собственных шкал времени. Располагая информацией о значении этой задержки в ведущем пункте, легко произвести коррекцию хода собственной шкалы по критерию минимума разности хода ведомой и ведущей шкал.

При наличии в спектре телевизионных сигналов остатка несущей возможна реализация предложен-

ного метода путем компарирования частот принятого со спутника и сформированного из собственной шкалы сигналов с последующей передачей информации о разности их значений в ведомые пункты для последующей коррекции хода их шкал.

Односторонняя трансляция измерительной информации из ведущего в ведомые пункты обеспечивает возможность синхронизации по частоте, а взаимный обмен информацией о моментах фиксации событий в пунктах позволяет производить произвольное сличения шкал времени.

1. Дистанционные методы и средства исследования процессов в атмосфере Земли / Под ред. Б. Л. Кашеева, М. Ф. Лагутина, Е. Г. Прошкина. — Харьков: Бизнес информ, 2002.—С. 219—305.
2. Коваль Ю. А., Антипов И. Е., Бавыкина В. В. и др. Прием телевизионных сигналов времени и частоты по метеорному радиоканалу // Радиотехника.—2001.—Вып. 117.—С. 42—45.
3. Коваль Ю. А., Антипов И. Е., Крючкова Л. П. и др. Радиометеорный метод синхронизации в сетях электросвязи // Сб. науч. тр. НГА Украины.—2001.—2, № 11.—С. 53—57.

ON THE POSSIBILITY OF PROVISION OF AUTONOMOUS HIGH-ACCURACY SYNCHRONIZATION OF TIME SCALES (FREQUENCY) OF SPACE-APART KEEPERS ON THE BASIS OF EXTERNAL SOURCE SIGNALS

G. V. Nesterenko, D. A. Shelkovenkov, E. A. Ivanova, E. Yu. Bondar