

РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ПЕРЕХОДЕ К ТЕХНОЛОГИИ ПАКЕТНЫХ СЕТЕЙ НА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

А. Н. БЕЛЬСКИЙ

Белорусская железная дорога, г. Минск

В. Г. ШЕВЧУК, С. В. КИСЕЛЕВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Частотно-временное обеспечение (ЧВО) телекоммуникационных сетей состоит из двух компонентов: тактовой сетевой синхронизации (ТСС) и синхронизации по времени (единое точное время – ЕТВ). Тактовая сетевая синхронизация является только частотным обеспечением и потому может быть не привязана к меткам времени. Временное обеспечение тесно связано с частотным и предполагает наличие обоих компонентов, в рамках телекоммуникационной сети используются следующие протоколы:

- NTP – протокол сетевого времени (Network Time Protocol);
- RTP – протокол точного времени (Precision Time Protocol).

Зачем все это нужно. Сеть и система ТСС на Белорусской железной дороге создавалась одновременно с цифровизацией технологической сети железнодорожной электросвязи начиная с 2004 г. Существующие системы ТСС охватывают сети ОТС (оперативно-технологической связи) и ОБТС (общетехнологической связи), построенные на технологии TDM (мультиплексирование с разделением по времени). Строительство мультисервисной пакетной сети, внедрение пакетных технологий на вторичных сетях должно сопровождаться развитием и модернизацией частотно-временного обеспечения (ЧВО).

Потребители классифицируются по четырём классам в зависимости от требований к точности ЕТВ:

Четвертый класс, точность 10 до 100 мс. Это системы электронного документооборота, информационной безопасности, управление пассажирскими перевозками, синхронизации времени персональных компьютеров.

Третий класс, точность от 1 до 10 мс. Это процесс отправки и получения электронных документов (в части электронной подписи), работа аппаратуры биллинговых систем коммерческих организаций, банковских систем денежных переводов, а также нужд систем информационной безопасности и т.д.

Второй класс, точность от 50 до 100 мкс. Ко второму классу относятся системы безопасности движения железнодорожного транспорта и другие аналогичные системы.

Первый класс требует точность от 100 до 299 нс. Это перспективные виды мобильной связи.

Нулевой класс требует предельные точности порядка 10 нс. Такие точности требуются в метрологических и астрономических расчётах, а также в военной технике.

Тотальная "пакетизация" телекоммуникационных сетей в настоящее время является одной из главных мировых тенденций развития связи. Пакетные технологии в большинстве национальных сетей вытесняют каналные технологии (технологии TDM). В этой связи проблема синхронизации в пакетных сетях приобретает особую важность. Пакетные сети по своей природе буферизованы и для их собственной работы не требуется осуществлять точное хронирование. Относительно конвергентных сетей, где используются и каналные, и пакетные технологии, существует мнение, что проблема синхронизации для них не актуальна. Но транспортные механизмы предъявляют относительно строгие требования к хронированию. Например, для поддержки служб эмуляции каналов поверх пакетной инфраструктуры требуется наличие стабильного частотного эталона. Кроме того, при использовании технологий беспроводного доступа (GSM, LTE, CDMA и т. д.) требования радиоинтерфейсов включают в себя жёсткие требования синхронизации.

Синхронный Ethernet (SyncE) представляет собой технологию, с помощью которой осуществляется трансляция сигналов синхронизации через физический слой сети Ethernet. Сети SyncE, в части тактовой синхронизации, могут взаимодействовать с сетями TDM на основе SDH. В сетях SDH сообщение о статусе синхронизации (Synchronization Status Message – SSM) обеспечивает так называ-

емую «прослеживаемость» сигналов синхронизации, распространяемых по сети. В этой связи требуется обеспечение передачи SSM и для сетей синхронного Ethernet. Данное требование реализуется расширением функциональности SSM применительно к SyncE, что обеспечивает полную совместимость с сетями SDH. В сетях SDH трансляция сообщения SSM осуществляется в фиксированном местоположении в кадре сигнала SDH. Однако в Ethernet нет соответствующего эквивалента фиксированного кадра. Технология синхронного Ethernet унаследовала основные принципы сетевой синхронизации, успешно зарекомендовавшие себя в сетях SDH:

- наличие в оборудовании SyncE входов и выходов внешней синхронизации, что дает возможность взаимодействия с существующими сетями синхронизации через стандартные интерфейсы синхронизации 2 Мбит/с или 2 МГц;

- встроенное генераторное оборудование (ЕЕС) с параметрами точности и стабильности, соответствующими показателям генераторного оборудования SDH;

- отслеживание стабильного синхросигнала по цепочке сетевых элементов (коммутаторов или маршрутизаторов Ethernet);

- обмен стандартными сообщениями о статусе синхронизации (SSM).

На текущий момент в ГО «Белорусская железная дорога» функционирует система единого времени в соответствии со схемой передачи сигналов системы единого времени, структура систем ТСС в этих сетях единообразна. Сигналы точного времени синхронизированы с государственным эталонным временем и передаются по синхронным сетям до серверов точного времени, а далее к потребителям по сетям.

Простое объединение систем ТСС и ЕТВ сталкивается с определёнными трудностями. В системе ТСС имеются следующие особенности, которые не пригодны для системы ЕТВ. Так, система ТСС допускает значительные изменения задержки используемых сигналов, что для системы ЕТВ недопустимо. По этой причине нельзя использовать псевдосинхронный режим работы, а также применять оборудование преобразования синхросигналов (ПСС, или ретаймер), задержка сигналов в котором никак не контролируется. Кроме того, в системе ЕТВ нельзя использовать цифровые коммутационные станции в цепях формирования и распределения синхросигналов. В системе ЕТВ, в свою очередь, имеются особенности, которые не пригодны для системы ТСС. Самая существенная из этих особенностей заключается в том, что сигналы, используемые в системе ЕТВ, не рассчитаны на обеспечение основных норм системы ТСС в части допустимых значений МОВИ (максимальная ошибка временного интервала) и ДВИ (девиация временного интервала) на различных интервалах наблюдения. Перечисленные трудности необходимо учитывать и использовать специальные решения для их преодоления, объединённая система ТСС/ЕТВ имеет ряд серьёзных преимуществ, которые в большинстве случаев перевешивают указанные недостатки.

Наличие в объединённой системе данных ЕТВ даёт возможность обеспечить на всей сети синхронный режим работы, при котором не могут возникнуть проскальзывания из-за отличия частоты синхросигналов от номинального значения, т. к. на всей сети синхросигналы будут иметь одну и ту же тактовую частоту. Критерием полного объединения (слияния) систем ТСС и ЕТВ в сети с частотно-временной синхронизацией можно считать наличие в любом телекоммуникационном сигнале информации о тактовой частоте и едином точном времени.

Многообразие систем передачи сигналов ЕТВ существенно влияют на целесообразность и принцип построения объединённой системы. Это в ещё большей степени относится к пакетным сетям, где имеет место многообразие не только применительно к системам ЕТВ, но и к реализации ТСС.

В связи с вышеизложенным, при переходе к новым технологиям построения сетей передачи данных (включая транспортную сеть) ГО «Белорусская железная дорога», осуществляя переход от технологии TDM на основе SDH, к пакетным технологиям, основанным на принципах многопротокольной коммутации по меткам (MPLS TP, MPLS IP), должен быть предусмотрен переход к объединённой системе ТСС и ЕТВ.

Список литературы

1 **Коновалов, Г. В.** Частотно-временное обеспечение сетей электросвязи в аспекте синхронизации по времени / Г. В. Коновалов, А. М. Мексель // Электросвязь. – 2011. – № 11. – С. 41–44.

2 **Бирюков, Н. Л.** Задачи совершенствования частотно-временного обеспечения сетей электросвязи стран СНГ и их отражение в нормативных и рекомендательных документах / Н. Л. Бирюков, Г. В. Коновалов, Н. Р. Триска // Электросвязь. – 2010. – № 12. – С. 47–49.

3 Коновалов, Г. В. Моделирование способов передачи сигналов времени при частотно-временном обеспечении телекоммуникаций / Г. В. Коновалов, Е. О. Новожилов // Молодые ученые – 2008 : материалы V Междунар. науч.-техн. школы-конф. Ч. 4. – М. : Энергоатомиздат, 2008. – С. 205–208.

4 Васильев, Д. Н. Опыт построения системы точного времени на сети оператора электросвязи / Д. Н. Васильев // Со-временные проблемы частотно-временного обеспечения сетей электросвязи : сб. тр. междунар. науч.-техн. конф. – М. : ФГУП ЦНИИС, 2010. – С. 206–219.

5 Передача времени по сети связи общего пользования / А. В. Рыжков [и др.] // Электросвязь. – 2010. – № 12. – С. 42–47.

6 Рыжков, А. В. Частота и время в телекоммуникациях XXI века / А. В. Рыжков. – М. : МАС, 2006.

УДК 656.25

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СЖАТ

К. А. БОЧКОВ, С. Н. ХАРЛАП

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящее время наблюдается активное использование информационных технологий в автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУ ТП). При этом возникла проблема взаимного влияния функциональной и информационной составляющих на безопасность таких систем, что отражено, в частности, в ГОСТ Р 59505-2021 / ИЕС TR 63069:2019 «Измерение, управление и автоматизация промышленного процесса. Основные принципы обеспечения функциональной безопасности и защиты информации». Особенно ярко эта проблема проявляется в автоматизированных системах управления ответственными технологическими процессами (АСУ ОПТ), типовым представителем которых являются микроэлектронные системы железнодорожной автоматики и телемеханики (ЖАТ), которые должны соответствовать самому высокому уровню полноты безопасности УПБ4 по ГОСТ Р МЭК 61508. Особенностью систем ЖАТ является то, что в первую очередь данные системы должны выполнять требования функциональной безопасности и только во вторую очередь все остальные требования, включая требования информационной безопасности. При этом методы и средства построения безопасных микроэлектронных систем ЖАТ могут успешно применяться и для решения новых задач, связанных с нарушением информационной безопасности.

Для того, чтобы оценить возможность применения методов функциональной безопасности для решения задач информационной безопасности необходимо рассмотреть следующие элементы: поставленные цели, последствия (величина ущерба), объект защиты, угрозы безопасности.

В соответствии с Приказом № 31 ФСТЭК России от 14.03.2014 целью мер по обеспечению информационной безопасности в первую очередь является обеспечение доступности и целостности обрабатываемой в АСУ ТП информации. Таким образом, основной упор делается на защиту информации с целью недопущения ее искажения, т. е. объектом защиты является сама информация. Цели функциональной безопасности заключаются в отсутствии неприемлемого риска здоровью людей, их собственности или окружающей среде со стороны АСУ ТП при нарушении ее правильного функционирования, т. е. объектом защиты являются функции безопасности, а именно возможность их выполнения в любой момент времени. При этом для таких систем вводятся понятия опасного и защитного состояний, а для опасных отказов формулируются критерии опасного отказа со статистическими показателями. Очевидно, что цели функциональной безопасности шире, так как в качестве причин нарушения функционирования АСУ ТП учитываются не только возможные искажения информации, но и отказы аппаратных средств, ошибки в программном обеспечении и др.

Сравнение критериев значимости объектов в нормативных документах по информационной и функциональной безопасности позволяет сделать вывод, что требования функциональной безопасности гораздо жёстче, чем требования информационной безопасности. Так, например, ГОСТ 33433-2015 «Безопасность функциональная. Управление рисками на железнодорожном транспорте», относит к наивысшему, катастрофическому уровню последствий, аварийную ситу-