

# МОНИТОРИНГ СЕТЕВОГО ТРАФИКА в магистральных сетях для обеспечения работы сетей TSN

М.Сторожук, аспирант СПбГУТ  
им. проф. М.А.Бонч-Бруевича / maxstor@bk.ru

УДК 004.7, DOI: 10.22184/2070-8963.2022.103.3.30.33

Рассматривается возможность построения анализатора трафика реального времени на основе программируемой логической интегральной схемы для контроллера программно конфигурируемой сети (SDN), который должен обеспечить эффективную работу протокола синхронизации TSN.

В настоящее время в транспортных сетях для передачи цифровой информации используются технологии передачи с коммутацией каналов и коммутацией пакетов. У обеих технологий есть свои достоинства и недостатки. Рассмотрим их подробнее.

Из технологий с коммутацией каналов сегодня чаще всего используется SDH (синхронная цифровая иерархия), которая имеет пять скоростей передачи данных – от 155,52 до 39813,12 Мбит/с – и использует метод временного мультиплексирования. Важной особенностью сетей SDH является необходимость синхронизации всего сетевого оборудования по частоте. К преимуществам рассматриваемой технологии относят гибкость мультиплексирования, прозрачность сети для любых видов трафика, топологию, позволяющую резервировать потоки. Главным же достоинством по сравнению с пакетной коммутацией являются наличие прямого канала от отправителя к получателю в течение всего сеанса связи и гарантированное время доставки информации.

Среди основных недостатков можно назвать неэффективное использование пропускной

способности каналов связи, обязательную задержку при установлении соединения, невозможность динамического распределения ресурсов канала.

Наиболее распространенная сегодня технология пакетной передачи данных – Ethernet – достигает в настоящее время скоростей до 100 Гбит/с. В 2017 году были утверждены стандарты на 200 и 400 Гбит/с. В плане дальнейшего развития предполагается увеличение максимальных скоростей до 800 Гбит/с и 1,6 Тбит/с. Оборудование Ethernet легко подключить к любому устройству, технология также обладает отличной пропускной способностью. Ресурсы сети можно динамически распределять в зависимости от нагрузки и требований к качеству передачи трафика в конкретный промежуток времени. И главное преимущество заключается том, что передача одного бита информации обходится дешевле.

Может создаться иллюзия, что технология Ethernet идеальна и совершенно лишена недостатков, но это не так: классический стандарт Ethernet не дает гарантий своевременной

доставки пакетов, особенно во временные интервалы пиковых нагрузок работы сети. Объясняется это факторами буферизации принятых пакетов на коммутаторах до определения следующего адреса и не всегда оптимальными путями прохождения пакета от отправителя к получателю.

Приложения, чувствительные к задержкам, в том числе системы промышленного Интернета вещей, требуют своевременной доставки сообщений и наличия свободных каналов связи в момент обмена информацией. Классическая технология Ethernet этого не обеспечивает – могут возникнуть очереди на маршрутизаторах, переполнение их внутренних буферов, отбрасывание пакетов, передача длинных пакетов, в то время когда пользователю необходимо безотлагательно произвести обмен критически важной информацией.

Развитие промышленных технологий ведет к новым требованиям к параметрам сетей связи, так как уровень нагрузок постоянно увеличивается. Телемедицина, беспилотный транспорт и другие приложения критической инфраструктуры не могут функционировать без гарантирования ультрамалых задержек передачи данных, не говоря уже о перебоях и разрывах соединений. Хотя конкретные требования к этим приложениям различаются, они объединяют в себе общую потребность в управлении параметрами каналов передачи данных в режиме реального времени.

Представим дороги общего пользования, по которым пожарной машине надо проехать из пункта А в пункт Б, естественно, самым быстрым и коротким маршрутом. Что ей для этого требуется? Знать информацию об имеющихся дорогах и их загруженности, пробках, железнодорожных переездах, светофорах и пешеходах. И если в реальном времени провести анализ городского трафика, предоставить его в центр управления движением, который управляет регулировщиками и светофорами, то пожарная машина сможет достичь пункта назначения быстро и без единой остановки.

А что делать, если на пути встретится переезд, и через него едет длинный товарный поезд? Было бы хорошо расцепить вагоны, дать проехать пожарной машине, а потом сцепить их и продолжить движение поезда после ее проезда. Пожарная машина – это пакет с критически важной информацией, которую нужно доставить адресату не позднее определенного времени. Дороги и перекрестки – каналы связи, регулировщики и светофоры – коммутаторы,

товарный поезд на переезде – длинный пакет на выходе коммутатора.

В целях решения подобных задач и повышения производительности сети Ethernet целевой группой Time-Sensitive Networking task group, созданной рабочей группой по стандартизации IEEE 802.1, был разработан стандарт TSN (Time-Sensitive Networking, синхронизируемые по времени сети). Эта технология является одной из самых многообещающих, созданной специально для сетей пятого поколения.

При разработке основной упор был сделан на три составляющие:

- точную частотную и временную синхронизацию;
- детерминированную задержку;
- контролируемую и масштабируемую пропускную способность.

Синхронизация сетевого оборудования по частоте и времени является одновременно фундаментальной целью и ключевым фактором в выполнении других функций TSN. Например, стандарт IEEE 802.1Qbv гарантирует качество обслуживания за счет учета времени при планировании маршрутов прохождения трафика. Это важно, потому что ошибки синхронизации будут проявляться в сбоях других функций TSN. Технология TSN также обладает преимуществом масштабирования по скорости передачи данных от 10 Мбит/с до 10 Гбит/с. Для этого, разумеется, требуется более сложная сетевая конфигурация.

Кадр TSN представляет собой Ethernet-фрейм с добавленными специализированными идентификационными полями (рис.1).

TSN является расширением канального уровня в модели OSI и включает в себя ряд механизмов:

- опцию обеспечения точной временной синхронизации;
- опцию формирования данных с учетом жесткого планирования трафика;
- приоритетное прерывание кадра;
- копирование и удаление кадров для обеспечения надежности;
- использование сетей SDN для более рациональной маршрутизации кадров.

В группу стандартов TSN входят:

- IEEE 802.1AS-Rev/D2.0: Timing and synchronization for time sensitive applications (протокол синхронизации точного времени);
- IEEE 802.1CB: Frame Replication and Elimination for Reliability (резервирование потоков путем репликации кадров и удаление их дубликатов);

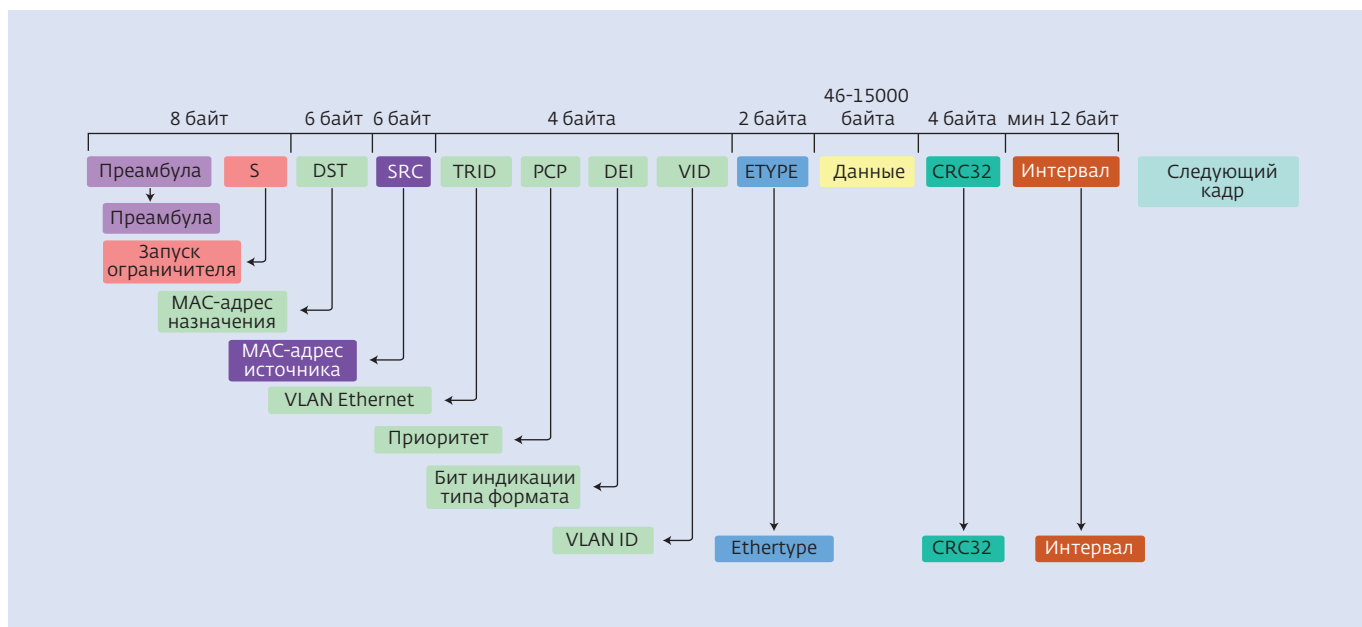


Рис.1. Структура кадра Ethernet с полями протокола TSN

- IEEE 802.1Qbv: Enhancement for scheduled traffic (планирование расписания доставки пакетов);
- IEEE 802.1Qci: Per-Stream Filtering and Policing (правила обработки и фильтрации потоков данных);
- IEEE 802.1Qcc: Stream Reservation Protocol (SRP) Enhancements and Performance Improvements (резервирование потоков данных);
- IEEE 802.1Qbu: Frame preemption (прерывание передачи кадров) [1].

Стандарт TSN можно эффективно использовать в сетях SDN, где уже присутствуют средства контроля сетевой инфраструктуры.

SDN предполагает логически централизованное управление сетью за счет программирования. Программируемые сети дают возможность гибко распределять и обрабатывать большие потоки трафика, устранять узкие места и резервировать ресурсы сети, предотвращая перегрузку. Централизованный метод управления позволяет производить контроль и настройку большого количества устройств гораздо проще [2].

Концепция SDN предполагает:

- разделение процессов передачи данных и управления данными;
- логически централизованный уровень управления данными;
- виртуализацию физических ресурсов сети;
- единый и унифицированный интерфейс между плоскостью управления и плоскостью передачи данных [2].

Для динамической конфигурации сети SDN контроллеру необходимо иметь данные о качественных параметрах каналов, типе трафика, проходящего по сети, знать статистику и постоянно получать актуальную информацию о состоянии сетевых элементов в реальном времени.

В то время, когда основой телекоммуникационной структуры нашей страны являлись цифровые сети с коммутацией каналов, была работающая система контроля их качества, основанная на регулярном проведении эксплуатационных измерений. При переходе к сетям с коммутацией пакетов наиболее эффективно показала себя система контроля качества, основанная на постоянном мониторинге параметров каналов сети [3]. Задачей мониторинга является анализ большого количества данных, мигрирующих по сети на больших скоростях, при этом не вносящий дополнительной задержки в начальный трафик. Программная реализация такой системы анализа не подойдет для мониторинга большого объема сетевого трафика, поскольку она не может производить обработку с высокой нагрузкой, такую как анализ инкапсулированных пакетов и классификацию трафика с использованием большого количества полей заголовка на высокой скорости, а использование для ее реализации имеющихся сетевых серверов или устройств существенно снизит производительность сети, что скажется на качестве предоставляемых услуг.

В силу вышеизложенных причин для осуществления данной функции наилучшим образом подойдет использование системы мониторинга, включающей анализаторы трафика, установленные на различных участках сети, так называемые зонды, выполненные с применением ПЛИС на основе технологии программируемой логической матрицы (ПЛМ). Зонды должны производить круглосуточный мониторинг трафика с последующей передачей данных на контроллер.

Высокоскоростная обработка пакетов может быть обеспечена с помощью ПЛИС. ПЛМ может менять свою конфигурацию при изменении сетевой ситуации. Поэтому система мониторинга сетевого трафика на основе ПЛИС подходит для мониторинга виртуальной сети, которая продолжает быстро развиваться [4]. Именно на ПЛИС возможно распараллеливание потоков данных и обработка больших объемов информации в режиме реального времени.

Предполагается, что зонды на основе ПЛИС будут подключены к коммутаторам сети SDN. Трафик должен дублироваться на зонды или пропускаться через них, но во втором случае появляются дополнительные точки отказа, что снижает надежность.

Зонды будут производить анализ параметров трафика, классифицировать его и передавать информацию контроллеру сети SDN в реальном времени. На основе полученных данных контроллер сможет конфигурировать сеть для эффективной работы протокола TSN.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. TSN [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/TSN> (дата обращения: 17.03.2022).
2. Владыко А.Г., Матвиенко Н.А., Новиков М.И., Киричек Р.В. Тестирование контроллеров программно-конфигурируемой сети на базе модельной сети // Информационные технологии и телекоммуникации. 2016. Т. 4. № 1. С. 17–28.
3. Сторожук Н.Л. Некоторые аспекты обеспечения качественных параметров каналов связи // ИНФОРМАЦИЯ и КОСМОС. 2018. № 1. С. 33–36.
4. Yuta Ukon, Shuhei Yoshida, Shoko Ohteru and Namiko Ikeda. Real-time Virtual Network Traffic Monitoring System with FPGA Accelerator // NTT Technical Review. 2021. Vol. 19. No. 10. PP. 51–60.



Федеральный форум

## «Цифровой суверенитет. Новые возможности для ТЭК в ИТ и цифровых технологиях»

09.06.2022

павильон «Умный город» (строение 461),  
Москва, ВДНХ, проспект Мира, 119

Организатор:



Партнеры:



Серебряный спонсор:



[www.comnews-conferences.ru/smartelectro2022](http://www.comnews-conferences.ru/smartelectro2022)