

*Все идеи и алгоритмы, описываемые в данной статье, являются результатом моей независимой и полностью самостоятельной интеллектуальной деятельности. Как автор, разрешаю свободно использовать, изменять, дополнять все идеи и алгоритмы любому человеку или организации в любых типах проектов при обязательном указании моего авторства.*

© Балыбердин Андрей Леонидович 2019 Rutel@Mail.ru

## **Синхронная Символьная Иерархия Ethernet поверх синхронной сети**

Автор : Балыбердин А.Л.

Новосибирск, 2022 г.

Предположим, что ССИ превосходит все существующие на данный момент сети передачи данных.

### **Как внедрять новую сеть?**

Если попытаться «силовым» методом внедрять новую сеть на практике, то ничего не выйдет. Пользователи и производители скажут: *«Да, новая сеть хороша, но и уже существующие худо-бедно выполняют свои функции и менять ничего не будем»*. Прецеденты такого поведения есть даже при внедрении минимальных изменений. Сеть IP V6 очень похожа на IP V4, но за 26 лет от момента своего создания доля ее трафика только превысила 30% (в среднем по миру согласно исследованиям компании GOOGLE).

Средний пользователь меняет оборудование только после выхода его из строя. Многим компаниям приходится использовать мошеннические приемы намеренного устаревания для того, чтобы обеспечить приемлемый период смены поколений. Такой подход требует очень много финансовых ресурсов и вызывает обоснованное недовольство пользователей.

### **Что делать?**

Считаю, что необходимо внедрять новые технологии посредством метода «Троянского коня». Новое устройство проектировать так, чтобы в окружении «старого» оборудования оно полностью соответствовало старым протоколам. В случае если два и более новых устройства напрямую соединены кабелем, они превращаются в часть сети ССИ. При этом соединения со старыми протоколами остаются неизменными.

**В чем плюсы такого подхода для пользователя:** нет необходимости сразу заменять работающее оборудование на новое и при этом постепенно растет качество предоставляемых услуг (скорость, вероятность потери данных, задержки передачи и т.д.). Конечный пользователь не почувствует никаких отрицательных последствий перехода с одной технологии связи на другую, просто однажды «проснется» и обнаружит что старой сети нет.

### **В чем плюсы такого подхода для производителя оборудования:**

- Нет необходимости в резком переходе на новые сети передачи данных.
- Нет необходимости одновременно поддерживать старую и новую линейку оборудования, замена модельного ряда происходит постепенно.
- Нет риска потерять покупателя из-за ошибок в проектировании нового устройства (всегда есть возможность продать старое устройство).
- Поскольку старые протоколы реализуются посредством виртуализации (эмуляции средствами ССИ и DataFlow), то это не вызывает значимого удорожания проектируемого устройства.
- За счет большей эффективности сети ССИ возможно произойдет существенное удешевление ЭКБ, используемой при проектировании, это «почистит» рынок от излишне «тяжелых» решений и ускорит переход на новую технологию связи.

- Самое главное у производителей, которые ранее не могли создавать свои микроэлектронные решения (отставание в технологиях, патентные препоны и т.д.) появится возможность догнать лидеров рынка.
- С большой вероятностью ССИ станет основой нового интерфейса процессоров, уйдет разнородный медный и заменится на оптический сетевой. В настоящее время многие вопросы будущего интерфейса уже освещены (описано в статье: ССИ\_Дезагрегация оперативной памяти (6)).

### **Примерная реализации такого оборудования.**

#### *Преобразование асинхронного трафика в синхронный.*

Ethernet является асинхронной пакетной сетью и для того что бы совместить ее с синхронными виртуальными каналами ССИ необходимо решить в какой момент (в каком месте) убирать асинхронность трафика. Наиболее оптимальным место является именно момент входа трафика в синхронную сеть, в этом месте можно посредством различных механизмов ограничения скорости потока (обратное давление для полудуплекса и т.д.) и относительно небольшого буфера регулировать скорость потока. На выходе в асинхронную сеть преобразование из синхронного потока в асинхронные особые проблемы с переполнением физического потока не предвидится (если следующее устройство принимает весь трафик), скорости суммируемых потоков регулируются на входе в ССИ. На входе в сеть ССИ буферизации подвергается относительно небольшой объем трафика. В таком случае размер буфера будет относительно небольшим и распределенным по всей сети, что позволит разместить его непосредственно на кристалле устройства. В настоящее время каждый коммутатор вынужден выравнивать скорости потоков, должен иметь достаточно большую по размеру буферную память, которая может вносить большую случайную задержку передачи.

#### *Алгоритм обработки (преобразования) заголовков пакетов.*

В отличии от синхронного канала, привязанного к конкретным приемнику и передатчику, асинхронный пакетный канал нуждается в маршрутизации каждого пакета индивидуально. Другими словами, необходимо анализировать заголовок каждого канала и направлять его в «свой» виртуальный канал. Физический уровень канала является общим (одинаковым) для старой и новой сети, до момента интерфейса потока символов. Новая аппаратура должна реализовывать, в дополнение к стандартной для ССИ обработке потока, протокол обслуживания старой сети с интерфейсом к коммутатору ССИ. В момент выделения (приема) заголовка, необходимо активизировать механизм его обработки. Для простоты будем предполагать, что он реализован в виде логической схемы. Базовый для ССИ алгоритм очень простой и практически не увеличивает стоимость микросхемы при работе только в старой сети. Поскольку заголовок пакета принимается относительно редко и при условии быстрой обработки (за один такт или конвейер), такое устройство может быть в единственном экземпляре для всех каналов IP V4. Результатом обработки будут

изменения в заголовке пакета (если необходимо) и перенаправление его в нужный виртуальный канал, связывающий данный порт с адресатом.

### *Эффект от применения сети ССИ.*

Пока сеть ССИ не вышла за пределы кристалла особого внешнего эффекта нет и ее можно рассматривать как некоторую внутреннюю структуру или набор правил проектирования. Если появилось два или более устройств напрямую связанных между собой физическим каналом, то начинают появляться плюсы использования новой сети. В сети ССИ нет прямого взаимного влияния пользовательских потоков друг на друга, нельзя резким возрастанием скорости одного «задавить» трафик другого пользователя (переполнить буфера коммутатора). Время доставки и скорость становятся стабильными, а значит такие приложения как голосовое общение, видео будут работать стабильнее. По мере нарастания процента нового оборудования, эти эффекты будут проявлять во все большей степени, причем наибольшее влияние будет оказывать именно операторская его часть.

### *Регулирование пропускной способности всей совокупности виртуальных каналов*

В больших сетях время сбора данных о загрузке отдельных физических линий, выработки решений и рассылки команд сильно отстает от развития текущей ситуации. К моменту реакции на перегрузку, она может закончиться по причине исчерпания быстрого и краткосрочного трафика. Перераспределение пропускной способности в большой сети происходит с неизбежной задержкой, обусловленной временем передачи информации по физическим линиям связи. В обычных асинхронных (Ethernet) коммутаторах пульсации трафика могут привести к переполнению буферов, потерям пакетов и существенному увеличению времени передачи пакетов. Для высоких скоростей изменения ситуации делать какой-то выделенный контроллер (дирижёр) смысла нет — пока он примет решение все уже успеет поменяться.

Сеть ССИ гарантирует, что созданный виртуальный канал будет работать вне зависимости от загрузки линии связи. Правда при этом не гарантирует, что можно создать новый канал (по причине отсутствия пропускной способности). Асинхронность перенесена с каждого акта передачи (для пакетных сетей) на акт создания виртуального канала (сеть ССИ).

Если рассматривать пакетную коммутацию, то для каждого пакета есть вероятность потери, пакет (требование его передачи) асинхронен и в целом не предсказуем. Для управления такой системой в пределе требуется контроллер, который присоединен ко всем устройствам сети и мгновенно пересчитывает ее функционирование, а это невозможно (скорость света и т.д.). Поэтому идея программно-определяемых сетей (SDN), мертворожденная.

Для ССИ асинхронным событием является только запрос на создание виртуального канала. Передача данных (синхронная составляющая) для уже созданного

канала гарантирована и не зависит от степени загруженности физического канала. Далее все просто — запрос на создание канала может быть отклонен по причине отсутствующей пропускной способности в одном из промежуточных узлов. Сам запрос отбрасывается, но статистика запросов накапливается и передается соседним узлам и учитывается в более высокоуровневом сервисе, формирующем маршруты каналов («карте» сети). Происходит достаточно быстрое (пусть и не мгновенное) перестроение карты и маршрутов, построенных с ее учетом. Получаем постоянно изменяющуюся распределенную систему управления сетью, каждое устройство управляет собой, но при этом через «карту» учитывает состояние соседей. На такой «карте» кроме физического соединения указывается еще и загруженность линий связи. Более высокоуровневые системы анализа сети могут вмешиваться в подконтрольные им области и редактировать данные карты и правила доступа и т.д.

Локальная перегрузка сети приведет к небольшому (пропорционально времени перестроения карты сети) увеличению времени удачного создания виртуального канала, но никак не повлияет на работу уже установленных (если хозяин оборудования своим решением не разорвет соединение, но это осознанное решение). Через небольшое время создаваемые каналы начнут обходить «проблемное место». Скорее всего проблема и не возникнет, еще задолго до полного исчерпания пропускной способности данный механизм ее увидит и парирует.

#### *Примерный алгоритм регулирования скорости конкретного канала.*

В каждый канал ССИ (помимо полезной информации) можно добавлять служебные символы, в теле которых кодировать «пожелания» приемника и передатчика о параметрах и типе данного конкретного виртуального канала (Пример: хочу больше скорости, хочу: Постоянную скорость на длительный срок и т.д.). Каждый промежуточный коммутатор самостоятельно воспринимает поток таких символов и вносит предварительные изменения, резервирует на некоторое время ресурс. При этом совсем не обязательно именно столько сколько запросили (возможно даже уменьшит). Далее ожидает от источника трафика сигнала на фиксацию изменений, если такого сигнала не поступило резерв снимается.

#### *Пример:*

Пробежали такие символы от источника к приемнику и обратно. Источник увидел, что промежуточные коммутаторы готовы изменить параметры виртуального канала. Источник помещает в передаваемые данные сигнал фиксации изменений и начинает передавать данные уже в соответствии с новыми параметрами виртуального канала. Данный запрос может быть исполнен поскольку уже предварительно согласованы со всеми промежуточными коммутаторами. Инициатором запроса на изменение параметров виртуального канала не обязательно должен быть именно источник данных, им может быть и промежуточный коммутатор испытывающий потребность в выделении дополнительной пропускной способности более приоритетному виртуальному каналу или приемник данных испытывающий трудности с

обработкой потока принимаемых данных. Он добавляет или корректирует существующие запросы, требуя от уже существующих виртуальных каналов «отдать» часть ресурса согласно механизму приоритетов.

В результате работы всех алгоритмов получаем постоянно действующий и достаточно быстрый механизм перераспределения пропускной способности сети в целом.

Верхний уровень занимается созданием новых, группированием в суммарные или удалением не используемых виртуальных каналов. Оставить эту задачу на нижнем уровне нельзя, поскольку для ее решения требуется знание топологии сети и многие другие «административные» полномочия.

### **Итог:**

Пока устройство работает в окружении сетей, использующих старые протоколы, оно ничем не отличается от своих «собратьев». Если появляется прямое соединение с устройством, поддерживающим сеть ССИ, происходит их объединение в кластер сети ССИ. По мере роста размера такого кластера (объединения в другие) происходит улучшение качества обслуживания и в момент появления прямого соединения через сеть ССИ пользователь получает весь объем сервиса новой сети. Для аппаратуры это приводит к отключению модулей, поддерживающих старые протоколы (до полного отключения питания). Если реализация старых протоколов производилась программным способом, то высвобождается еще и ресурс вычислителя.