

# АЛГОРИТМЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРИОРИТЕТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ПОВЫШЕНИЕ УТИЛИЗАЦИИ ПОЛОСЫ ПРОПУСКАНИЯ ПРИ ПРЕДОСТАВЛЕНИИ УСЛУГИ IPTV В СЕТЯХ ETHERNET.

Демидов А.С.

Донецкий национальный технический университет

Кафедра телекоммуникаций и автоматики

E-mail: anton89d@gmail.com

Количество пользователей глобальной сети Internet увеличивается экспоненциально. Провайдеры телекоммуникационных услуг вынуждены вводить в свои сети новые услуги как для привлечения новых абонентов, так и для сохранения старых. Тем не менее на сегодняшний день Internet может обеспечить всего лишь негарантированную доставку данных (best effort service). Негарантированная доставка данных не предполагает предоставление каких-либо гарантий, касающихся времени и самого факта прибытия пакета в пункт назначения. Одной из наиболее приоритетных услуг есть IPTV – следующий шаг цифрового телевидения, позволяющей существующим операторам фиксированных сетей интернет-доступа обеспечить доставку высококачественного цифрового видеоматериала по IP-сетям без необходимости дорогостоящих дополнительных инвестиций в построение кабельной или широкополосной инфраструктуры и прокладки новых коммуникаций.

Данная услуга нуждается в гарантированной доставке контента, т.е. обеспечении необходимого джиттера между пакетами.

Разработкой требований к качеству занимается международная комиссия ITU-T [1]. Задачи управления очередями в существующих телекоммуникационных технологиях транспортных мультисервисных сетей – например IP (Internet Protocol) являются ключевыми при обеспечении необходимого уровня качества обслуживания (Quality of Service, QoS) запросов пользователей.

Количество приоритетов (классов) обслуживаемых трафиков определяется особенностью поддерживаемого на приграничных узлах метода маркировки: IP DSCP, IEEE 802.1Q/p user-priority bits и др. Наибольшее распространение получила группа протоколов 802.1Q/p.

Задачей исследования есть выявление проблем влияния способов доставки видео контента конечному пользователю, исследование пропускной способности при разных способах доставки и исследования алгоритма маркирования трафика и построения очередей.

Целью работы есть доказательство эффективности использования multicast вещания по отношению к unicast вещанию цифрового контента.

Общая структура ядра IPTV станции представлена на рисунке. В нее входят:

- Принимающие закодированный DVB-S сигнал Стримера – полученный с антенн сигнал подается на стримеры, с помощью которых полученные потоки мультиплексируются и передаются в IP сеть.

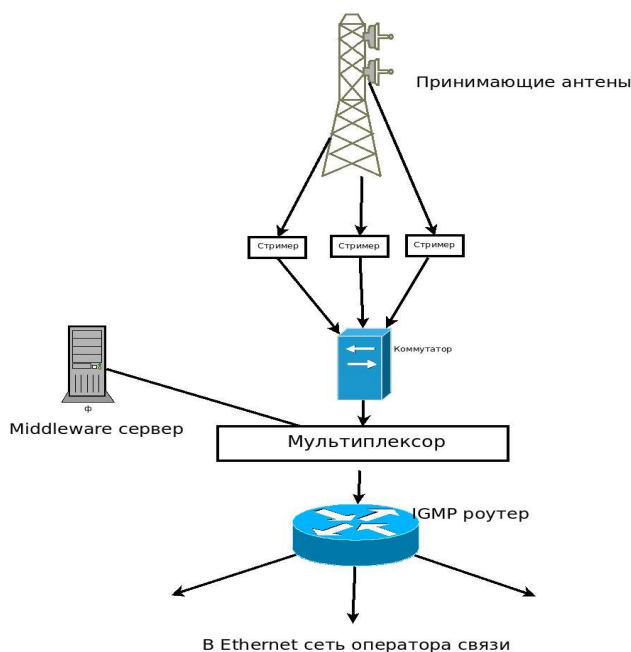


Рис.1 Структура сети IPTV

- Коммутатор принимает данных со стримеров и коммутирует трафик, передавая дальше на мультиплексор. Также связан с сервером, на котором установлено программное обеспечение для IPTV - Middleware.

- Мультиплексор - под мультиплексированием в этом контексте понимается объединение однопрограммных потоков MPEG-2 или MPEG-4 в многопрограммный транспортный поток MPEG-2/4 TS. Мультиплексор работает как система буферов, в которые заносятся объединяемые программы, а затем считываются оттуда с увеличенной в соответствующее количество раз тактовой частотой, формируя последовательный многопрограммный поток.

5. IGMP – роутер, который выполняет подключения абонента к той или иной VLAN группе(цифровому каналу).

Контент IPTV распространяется с помощью многоадресной рассылки multicast, а также с помощью одноадресной(unicast) передачи данных.

При unicast передаче данных для каждого клиента сервер должен формировать отдельный поток данных. Из этого следует что для этого необходимо значительная мощность сервера и при большом количестве клиентов огромная пропускная способность, которая, к тому же, используется расточительно.

При multicast мультиплексор формирует один поток данных к которому могут подключаться разные группы клиентов. Данный метод предназначен для доставки данных группе абонентов и применяется при организации телетрансляций и других услуг массового пользования. Для идентификации групп каналов используется специально зарезервированный для этих целей при разработке протокола IP диапазон адресов – от 224.0.0.0 до 239.255.255.255 (класс D). Multicast предусматривает передачу информации от источника к абонентским мультиплексорам или коммутаторам одним потоком, транслируя далее ее только на те порты, которые эту информацию заказывали. Multicast позволяет существенно сэкономить полосу пропускания в транспортной сети, не требуя отдельного потока для каждого канала к каждому зрителю. Все участвующие в описанном процессе устройства должны поддерживать работу в режиме multicast.

В данном случае мощность оборудования и полоса пропускания не зависит от количества получателей информации. Ее можно выразить следующей формулой [2],[5]:

$$C = \begin{cases} \sum_{i=2}^k C_i + P_k * C_k, & \text{если } K > 1 \\ C_k & \text{или } K = 1 \end{cases}$$

Где  $P_k$  - вероятность того, что K-й пользователь будет использовать видеопоток, который раньше не получал ни один пользователь.

$$P_k = \frac{N - N_i}{N}$$

Где N – количество видео поток в сети

$N_i$  – количество уже используемых видео потоков.

$C_k$ - пропускная способность, которая необходима одному видеопотока.

$C_i$  – пропускная способность, которая используется в данный момент, зависит от количества видео потоков, транслируемых в данный момент.

Проведем эксперимент и сравним пропускную способность, необходимую для unicast и multicast способов вещания.

1. Unicast способ вещания. При данном способе пропускная способность прямо пропорциональна количеству пользователей. Т.е. если 10 абонентов одновременно смотрят 10 видеопотоков, кодированных MPEG2, для каждого потока необходима

пропускная способность равная 4 Mbit/s, то пропускная способность равно  $10 \cdot 2 = 20$  Mbit/s.

2. При multicast вещании пропускная способность не зависит от количества пользователей, а только от количества видеопотоков, которые запрашиваются в данный момент. На рисунке мы наглядно видим, что при любом количестве пользователей, смотрящих один канал – пропускная способность остается равной пропускной способности, необходимой для вещания одного канала.
3. На рисунке (multicast10) мы видим пропускную способность, необходимую для одновременного вещания 10 каналов IPTV, при условии, что каждый новый пользователь до десятого будет подключаться к новому каналу и одиннадцатый абонент подключится к любому из 10 возможных каналов.

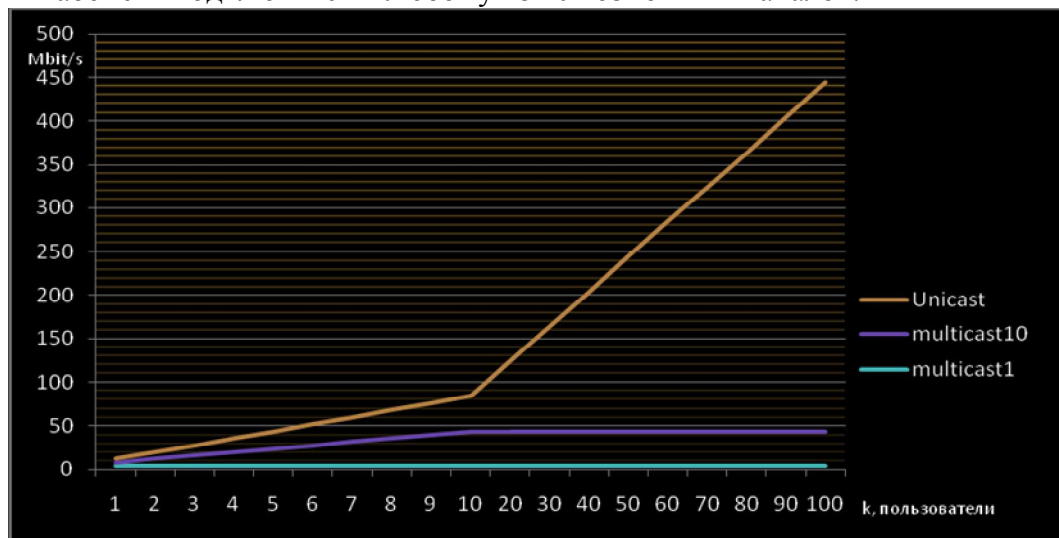


Рис.2 Пропускная способность при различных способах вещания.

Исходя из практики, вероятность того, что k-й абонент подключится к каналу, к которому до него никто не подключался равняется 2-5 процентам. Это зависит как от «качества» канала, так и от запросов пользователей. При количестве каналов, равному 190 и около 20 000 абонентов, количество каналов, которые никто не смотрит колеблется в зависимости от суток в пределах 25-40 каналов.

Исходя из этих данных можно сделать вывод. Многоадресная передача используется для IP телевидения (IPTV) и видеоконференций. Использование multicast способа передачи для таких сервисов позволяет увеличить продуктивность работы сети и сэкономить ресурсы полосы пропускания. В общем, при увеличении количества абонентов, которые получают видеопотоки в сети, целесообразность использования технологии многоадресной передачи резко увеличиваются.

Рассмотрим принципы построения сетей, предназначенных для передачи IPTV трафика. Сегодня принцип заключается в следующем: коммутаторы - по возможности, маршрутизаторы - по необходимости[4]. При этом на коммутаторы возлагаются задачи не только уменьшения размеров доменов коллизий (сегментация), но и локализации широковещательного и группового трафика, а также ограничения распространения кадров с неизвестными адресами назначения. Интеллектуальные коммутаторы служат средством построения виртуальных локальных сетей (ВЛС). Виртуальная локальная сеть (VLAN - Virtual LAN) - это, по сути, домен широковещательных кадров. Основные цели введения виртуальных сетей в коммутируемую среду - повышение полезной пропускной способности за счет локализации широковещательного трафика, формирование виртуальных рабочих групп из некомпактно (в плане подключения) расположенных узлов, обеспечение

безопасности, улучшение соотношения цены/производительности по сравнению с применением маршрутизаторов.

Когда виртуальные сети распространяются на несколько связанных между собой коммутаторов, возникает довольно сложная задача передачи информации о принадлежности передаваемых кадров к той или иной ВЛС. Задача идентификации принадлежности кадров Ethernet к конкретной виртуальной сети совместно с обеспечением приоритизации обслуживания кадров коммутаторами решается с помощью применения маркировки кадров. Для решения данной задачи была принята пара связанных стандартов IEEE 802.1Q и 802.1p. Стандарт IEEE 802.1Q определяет структуру заголовка для маркированных кадров (tagged frames) Ethernet. Тег вставляется в обычный кадр Ethernet после адреса источника (SA). В тег входит 3-битное поле приоритета кадра Prt, 12-битное поле идентификатора ВЛС VID (VLAN ID) и бит-индикатор канонического формата заголовка CFI (Canonical Format Identifier). Поле VID позволяет определить принадлежность кадра к конкретной ВЛС (до 4096 штук) в пределах коммутируемой сети, поддерживающей маркированные кадры. Поле приоритета кадра позволяет различать 8 уровней приоритета. Маркировку кадра выполняет либо сетевой адаптер конечного узла, "понимающий" ВЛС по 802.1Q, либо интеллектуальный коммутатор, который первым принимает данный кадр (он вставляет идентификатор и приоритет по заданным правилам, например, по номеру порта).

Когда маркированный кадр попадает на граничный коммутатор, маркировочное поле удаляется из кадра пограничным коммутатором (тем, к которому подключен традиционный узел назначения или его разделяемый сегмент), или же оно достигает сетевого адаптера узла назначения, поддерживающего маркированные кадры. Устройство, вставляющее тег в кадр или удаляющее тег, должно пересчитать контрольную последовательность кадра (поле FCS), по которой определяется его целостность. Поддержка маркированных кадров конечными узлами позволяет наиболее гибко формировать виртуальные сети (один узел может входить и в несколько виртуальных сетей) в коммутируемой среде.

Стандарт IEEE 802.1p определяет поведение коммутаторов при обработке маркированных кадров с использованием приоритизации. Коммутатор, поддерживающий приоритизацию, должен иметь для каждого порта несколько выходных очередей, в которые помещаются кадры в зависимости от их приоритета. Дисциплина обслуживания этих очередей определяется при конфигурировании коммутатора. Необходимость приоритизации трафика появляется с введением мультимедийных приложений, чувствительных к задержкам. Протокол IP позволяет управлять приоритетом обработки пакетов устройствами 3-го уровня (маршрутизаторами). Маркировка кадров распространяет управление приоритетом и на уровень коммутаторов технологии Ethernet, изначально не имевшей этих средств (в отличие от Token Ring и FDDI). Для того, чтобы обеспечивать гарантированное качество сервиса (регламентированную скорость и задержки), необходимо взаимодействие нескольких составляющих. Маркировка кадров обеспечивает систему сигнализации приоритета, 802.1p обеспечивает приоритизацию обработки. Необходимы еще средства распределения ресурсов сети, которые сообщают конечным узлам разрешенные параметры трафика. Кроме того, необходимы и "полицейские" средства, следящие за трафиком узлов и пресекающие попытки его генерации сверх согласованных лимитов.

Портам коммутаторов, поддерживающих 802.1Q, и участвующим в формировании ВЛС, назначаются специфические атрибуты. Каждому порту назначается PVID (Port VLAN Identifier) - идентификатор ВЛС для всех входящих на него немаркированных кадров, и приоритет порта (P\_Prt). Коммутатор маркирует каждый входящий к нему немаркированный кадр (вставляет номер VLAN и приоритет, пересчитывает FCS), а маркированные оставляет без изменений. В результате внутри коммутатора все кадры будут маркированными. Порты могут конфигурироваться как маркированные или немаркированные члены ВЛС. Немаркированный член ВЛС (untagged member) выходящие

через него кадры выпускает без тега (удаляя его и снова пересчитывая FCS). Маркированный член ВЛС (tagged member) выпускает все кадры маркированными. Теги берутся либо исходные (когда в коммутатор кадр входил уже маркированным), либо устанавливаются в соответствии PVID и приоритетом порта, откуда этот кадр пришел в коммутатор. Для каждой ВЛС определяется список портов, являющихся ее членами. Порт может быть членом одной или более ВЛС. Маркированный кадр, пришедший на порт с "чужим" для него идентификатором ВЛС, называется незарегистрированным (unregistered) и коммутатором игнорируется. Работу коммутатора 802.1Q иллюстрирует рис. 3. При конфигурировании для каждой ВЛС каждый порт должен быть объявлен как немаркированный (U), маркированный (T) или не являющийся членом данной VLAN (-). Если используется запараллеливание портов (port trunking) или резервирование линий (LinkSafe), то с точки зрения ВЛС запараллеленные порты представляют единое целое.

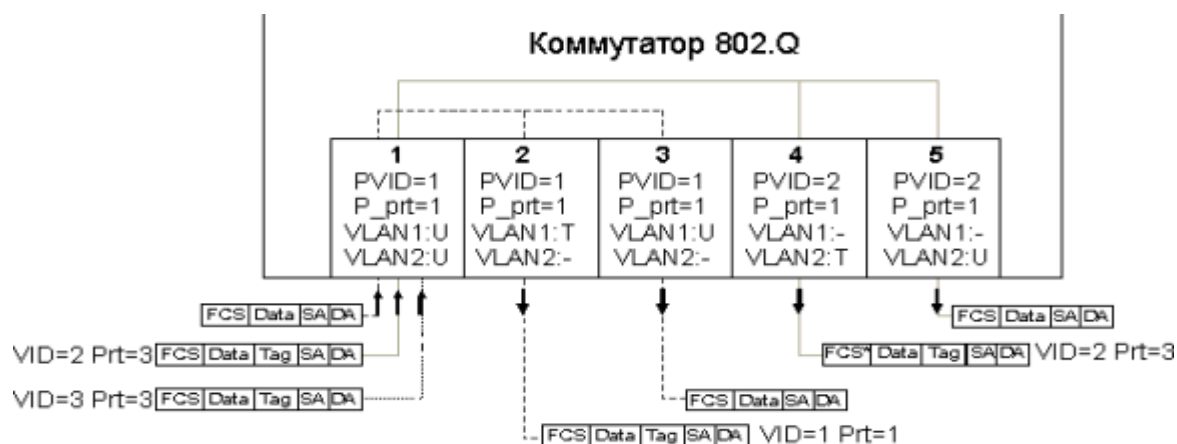


Рис. 3. Прохождение кадров через коммутатор 802.1Q

Таким образом, в данной работе был проведен анализ различных методов вещания трафика, который используется для работы IPTV. Экспериментально подтверждено, что наиболее приоритетным способом вещания является multicast вещание. Данный способ подразумевает, что абонент подключается к различным VLAN группам, через которые и вещаются видеопотоки.

Следовательно, главная цель работы выполнена. Вещание IPTV контента с помощью multicast является на данный момент наиболее эффективно как с точки зрения утилизации полосы пропускания, так и с технической стороны. Однако, коммутаторы, поддерживающие стандарты 802.1 q/p все еще являются достаточно дорогими.

## Литература

1. Справочник производительности и качества обслуживания: Рекомендация ITU-T P.10/G.100. – 2006.
2. Enhanced Service Differentiation for Layered Video Multicast in Differentiated Service Networks / [K. Nahm, J. Shin, J. Kim, C.-C. J. Kuo] // Proc. SPIE Visual Communications and Image Processing. – San Jose, CA. – January 2002.
3. Требования к качеству восприятия для IPTV : Рекомендация ITU-T G.1080. – 2008.
4. [Аппаратные средства локальных сетей. Энциклопедия](#). Гук М.Ю.
5. Аналіз методів забезпечення якості передачі мультимедійного трафіку. О.В. Тимченко, М.І.Кирик2), ст.викл., Б.М.Верхола , аспірант, Самі Аскар. Akademia Humanistyczno - Ekonomiczna, Zakład Metod Przetwarzania Informacji, Łódź, Poland