

# ГИБРИДНАЯ МОДЕЛЬ МАРШРУТИЗАЦИИ ПОТОКОВОГО ВЕЩАНИЯ

Афанасьев А.В., Аверьянихин А.Е.

Научный руководитель: Гриднев В.Н.

Московский Государственный Технический Университет им. Н. Э. Баумана,  
105005, Россия, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д. 5

E-mail: [cawka1@gmail.com](mailto:cawka1@gmail.com)

## Аннотация

Популяризация потокового вещания требует пересмотра подхода к маршрутизации потоков данных. На смену классической клиент-серверной архитектуре должно прийти гибридная модель работы представляющая собой одноранговую сеть со специальными свойствами с единым центром координации. В работе определен критерий эффективности сетей и процедуры по созданию и поддержанию работы сети.

## Abstract

Realtime broadcasting popularisation tends to reform data routing principles. Classic client-server architecture has to be replaced with hybrid approach, including peer-to-peer network with special properties and one coordination center. Work presents effectiveness criteria and network creation and maintain procedures.

## Введение

Одним из новых Интернет-сервисов особой популярностью пользуется потоковая передача мультимедийной информации, что является весьма требовательным к ресурсам вычислительных сетей и может привести к существенному дисбалансу использования пропускной способности каналов в различных частях сети. Все это обуславливает необходимость создания новых способов передачи информации, равномерно перераспределяющих нагрузки на сеть при увеличении числа абонентов и вещаемых потоков.

В настоящее время широко применяется две устоявшихся технологии распространения потоковой информации в сети: однонаправленное (unicast) и групповое (multicast) вещание [1]. Каждая из них обладает своими особенностями, преимуществами и недостатками. Так, в первом случае, позволяя реализовать вещательные сети глобального масштаба, создается избыточность потоков в базовом сегменте вещания, а вторая технология, решая проблему избыточности, вносит требование поддержки данной технологии всем каналобразующим оборудованием, что, в конечном итоге, ограничивает масштаб вещания.

Предлагаемая гибридная модель, используя однонаправленную передачу данных от сервера к клиенту, путем формирования одноранговой сети с единым центром координации избавляет от недостатков предыдущих двух технологий, а так же наделяет модель рядом преимуществ. В частности, модель позволяет создавать территориально распределенные сети вещания, избегая перегруженности каналов вещательного провайдера.

Потоковое вещание как информационная услуга

Стандартная схема предоставления информационных представляет собой клиент серверную архитектуру с одним сервером и множеством клиентов, где каждый запрос клиента сервер обрабатывается индивидуально. Обычно это не приводит

к существенной перегрузке сети сервис-провайдера, так как запросы разделены во времени, часто могут быть поставлены в очередь и используют малую часть полосы пропускания. Таким образом, реализация таких сервисов, как WWW, новостные ленты, электронная почта и других в больших масштабах (например, сети Интернет или корпоративной сети крупной международной компании) не требует применения специальных технологий.

Потоковая передача видео является особым видом услуги, когда большое число пользователей осуществляет получение единого потока данных, а сам поток видеоданных стандартного телевизионного качества в самом компактном виде составляет не менее 2Мбит/с, а видео высокой четкости в несколько раз больше [2]. Легко заметить, что перенос стандартной схемы информационных сервисов приведет к быстрой перегрузке сети провайдера.

Гибридная модель маршрутизации потокового вещания позволяет создать вещательную сеть глобального масштаба путем вовлечения самих абонентов в передачу потока данных, т.е. путем создания одноранговой сети. Сравнение эффективности работы однонаправленных, групповых и одноранговых вещательных сетей можно провести по критерию эффективности:

$$\max(bw(channel) : \forall channel \subset P2PNetwork) \leq K \quad (1)$$

channel – физический канал передачи данных,

P2PNetwork – одноранговая сеть,

bw(channel) – утилизируемая пропускная способность канала в прямом и обратном направлении,

K – эффективность сети.

Легко заметить, что в однонаправленной вещательной сети K представляет собой функцию от числа узлов сети (как минимум канал вещательного сервера будет использовать n потоков данных), в групповой K равен единице по определению, в одноранговой сети (рисунок 1) K равен четырем, что в свою очередь свидетельствует о росте информационной максимальной загруженности каналов от числа абонентов n: O(n), O(1) и O(1) соответственно.

## Реализация модели

Для реализации идеальной модели одноранговой сети, приведенной на рисунке 1 необходимо обладать знанием структуры сети для формирования правильной структуры распределения потоков, что

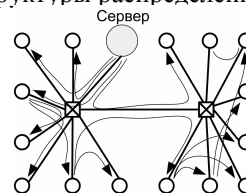


Рисунок 2 - Распределение потоков данных в идеальной одноранговой вещательной сети

невозможно в рамках глобальной сети. Как известно, глобальная сеть представляет собой безмасштабную сеть (scale-free) [scalefree], а создаваемая одноранговая сеть по определенному критерию эффективности как раз противоречит основному принципу безмасштабной сети. Таким образом необходимы новые механизмы формирования формирования и поддержания необходимой структуры сети.

Во-первых, в формируемой сети должен присутствовать базовый координационный центр, накапливающий информацию о каждом подключенном к сети узлу. Накопительный характер координационного центра необходим для формирования предпочтений выбора источников для вновь подключаемых или переподключаемых узлов сети.

Распределение потоков в глобальной сети можно проиллюстрировать рисунком 2. В начальный момент времени в сети присутствует только источник потока данных (Сервер) и координационный центр (КЦ). Создание и поддержание сети можно формализовать методом индукции – подключение узла к сети и поддержки работы сети.

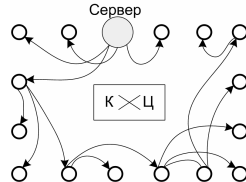


Рисунок 3 - Распределение потоков данных в глобальной сети

#### Подключения узла к сети

1. Подключение к координационному серверу, запрос и получение списка возможных источников для запрашиваемого потока данных.

2. Получение качественных характеристик источников (время ответа, количество промежуточных узлов) и выбор основного и резервного источника.

3. Подключение и поддержка соединения с основным и резервным источником.

4. Запрос и получение данных от основного источника.

#### Поддержание работы сети

1. Зависимые узлы в случае разрыва соединения задействуют резервный канал и иницируют процедуру переподключения.

2. Накопление каждым узлом скоростных статистик канала связи с основным источником и периодическая отправка координационному центру о статусе работы узла.

3. Координационный центр осуществляет мониторинг каждого соединения и обладая накопленной информацией о структуре сети и качественных характеристиках подключенных узлов, может дать команду на переподключение узлов.

В основе координационного центра лежит формирование графа сети с накоплением характеристик каждого узла и грани графа. К характеристикам узла можно отнести степень узла (количество источников и зависимых узлов) и допустимые максимальные скоростные характеристики, грани – число промежуточных узлов сети передачи дан-

ных (hops), мгновенная и средняя скорость передачи данных по каналу.

Для удовлетворения критерия эффективности в выбор кандидатов в источники в рамках координационного центра должен быть осуществлен по вероятностному закону, направленному на равномерное использование всех узлов системы, т.е. способствовать вовлечение во вторичную передачу узлов системы, еще не вовлеченных в нее и недопущению подключения узлов с максимальным допустимым количеством подключением, то ограничивать коэффициент  $K$  из (1). Таким условиям очень хорошо удовлетворяет экспоненциальное распределение, которое можно реализовать с помощью обычного генератора равномерно распределенных псевдослучайных чисел используя известное соотношение [4]. Таким образом номер узла кандидата в отсортированном по числу подключенных узлов списке определится выражением:

$$N_{\text{exp}} = \frac{1}{\lambda \cdot \ln(n_{\text{uniform}})} \cdot N \quad (2)$$

где  $\lambda$  – коэффициент экспоненциального распределения;

$n_{\text{uniform}}$  – случайное значение в диапазоне [0..1] по равномерному закону распределения;

$N$  – число элементов узлов в списке;

$N_{\text{exp}}$  – номер узла-кандидата в списке.

#### Заключение

Разработанная модель создает гибкую, легко масштабируемую платформу для мультимедиа вещания в сети. Элементы децентрализации помогают делегировать полномочия в маршрутизации трафика абонентским терминалам, а существующая экспертная система оценки качества постоянно следит за состоянием каналов передачи данных, и, в случае необходимости динамически изменяет сетевые маршруты.

#### Литература

1. Семенов Ю.А. *Telecommunication technologies - телекоммуникационные технологии*. // <http://book.itep.ru>
2. Iain E.G. Richardson, *H.264 and MPEG-4 Video Compression. Video Coding for Next-generation Multimedia*. Wiley, 2003
3. Barabási, Albert-László, *Scale-Free Networks*. Scientific American, 288:60-69, May 2003
4. Дональд Кнут Искусство программирования, том 2. Получисленные методы. — 3-е изд. — М.: «Вильямс», 2007. — С. 832.