

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ПИРИНГОВОЙ СЕТИ

Москалец Н.В., Поповская Е.О.

Харьковский Национальный Университет Радиоэлектроники, Украина

E-mail: Katerina77Popovskaya@ukr.net

THE ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF PEER-TO-PEER NETWORK

The relationship of P2P network broadcasting live streaming video quality from components of the network are presented.

Пиринговые сети (Peer-to-Peer) P2P становятся все более популярными среди пользователей Интернет. Эти сети обладают явными преимуществами по сравнению с сетями доставки контента и сетями распределения контента CDN. Пиринговые сети улучшают масштабируемость, требуют минимум затрат на организацию. В отличие от традиционных клиент-серверных архитектур P2P сети выступают как в качестве клиента (лич – скачивающего), так и сервера (сид – раздающего). Примером успешных коммерческих проектов стали системы CoolStreaming, PPLive, PPStream, Gridmedia и др. Особую популярность пиринговые сети обрели при представлении услуги видео по запросу и живого потокового видео. Преимуществом видео по запросу является более высокое качество воспроизведения, которое можно смотреть в любом месте в любое время. Недостаток – необходимость наличия буфера большого размера для хранения всего файла. Живое потоковое видео – это видео реального времени, что во многих случаях является критично важным. Рассмотрим влияние различных факторов, влияющих на динамику воспроизведения P2P-TV.

Динамические характеристики пиринговой сети определяются скоростью скачивания контента V_d (download) и скоростью его загрузки V_u (upload). Для конкретного пира P_i эти характеристики определяются

$$\begin{aligned} V_d &= d\lambda_d(t)/dt, \\ V_u &= d\lambda_u(t)/dt, \end{aligned} \quad (1)$$

где λ_d , λ_u - соответственно интенсивности потоков скачивания и загрузки.

В соотношениях баланса между скоростями загрузки и скачивания равенство определяет скорость загрузки видеосервера

$$\int_0^{N(t)} V_u(t, v) dv + U = \int_0^{N(t)} V_d(t, v) dv \quad (2)$$

где U - скорость загрузки видео-сервера.

Каждый из i -пиров имеет свою стратегию поведения. В частности возможна полностью эгоистическая стратегия, при которой пир только скачивает информацию со скоростью V_{ui} , по другим – не загружает $V_{ui} = 0$.

Степень эгоизма пира определяется отношением скоростей:

$$S(t) = V_u(t)/V_d(t).$$

Показатель $S(t)$ может изменяться в пределах от $S_i = 0$ до достаточно

больших чисел. При $S_i \geq 1$ соответствующий пир демонстрирует щедрую альтруистическую стратегию. Очевидно, качество работы пиринговой сети в целом определяется значениями данного показателя, приведенного к текущему числу активных пиров:

$$Q(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_i(t) \quad (3)$$

где N - число активных пиров, переменная величина, от которой зависит качество $Q(t)$. При достаточно большом числе пиров можно заменить сумму на интеграл, а N на $N(t)$. В этом случае (3) представляется в виде

$$Q(t) = \frac{1}{N(t)} \int_0^{N(t)} S_i(t) t_1 v dv. \quad (4)$$

Получим явную зависимость изменения качества $Q(t)$ от параметров. Для этого найдем производную функции $Q(t)$. Дифференцирование сложной функции нескольких переменных под знаком интеграла представляет собой сложную задачу, особенно для случая когда пределы интегрирования зависят от параметров. При нахождении производной предположим, что функция $N(t)$ - непрерывна на интервале интегрирования и имеет непрерывные производные. С учетом этого общее выражение дифференциала имеет вид [Бронштейн И.И., Семендяев К.Л., 1965 стр.405]:

$$\frac{d}{dy} \int_{\alpha(y)}^{\beta(y)} f(x, y) dx = \int_{\alpha(y)}^{\beta(y)} \frac{\partial f(x, y)}{\partial y} dx + \beta'(y) f(\beta(y), y) - \alpha'(y) f(\alpha(y), y). \quad (5)$$

В результате дифференцирования (3) получаем:

$$\frac{dQ(t)}{dt} = -\frac{N'(t)}{N(t)} Q(t) + \frac{1}{N(t)} \int_0^{N(t)} \frac{\partial S(t, v)}{\partial t} dv + \frac{N'(t)}{N(t)} S(t, N(t)). \quad (6)$$

Уравнение (6) может быть упрощено с учетом особенностей пиринговой сети. Примем во внимание тот факт, что вновь включающийся в сеть пир еще не имеет ресурса для скачивания, то есть $S(t, v) = S(t, N(t)) = 0$ при $N(t) = 0$.

В результате производная (6) примет вид:

$$\frac{dQ(t)}{dt} = -\frac{N'(t)}{N(t)} Q(t) + \frac{1}{N(t)} \int_0^{N(t)} \frac{\partial S(t, v)}{\partial t} dv. \quad (7)$$

В стационарном состоянии пиринговой сети скорость потоковой передачи $V(t)$ постоянна. Очевидно это допущение с увеличением числа пиров становится все более справедливым за счет усреднения. Поэтому можно осуществить замену:

$$\frac{dQ(t)}{dt} \cong -\frac{N'(t)}{N(t)} Q(t) + \frac{1}{N(t)} \cdot \frac{1}{V_d} \int_0^{N(t)} \frac{\partial V_u(t, v)}{\partial t} dv. \quad (8)$$

где $V_d \cong V_d(t)$ - предположение о постоянстве скорости скачивания.

В условиях баланса выполняется равенство определяемое реакцию сети

$$\left(\int_0^{N(t)} \frac{\partial V_u(t, v)}{\partial t} dv \right) dt = -V_d N'(t) dt. \quad (9)$$

Отсюда

$$N'(t) = \frac{1}{V_d} \int_0^{N(t)} \frac{\partial V_u(t, v)}{\partial t} dv. \quad (11)$$

Заменяя $N'(t)$ из (7) получаем

$$\frac{dQ(t)}{dt} = -\frac{N'(t)}{N(t)} \cdot Q + \frac{N'(t)}{N(t)}. \quad (12)$$

Уравнение выполняется при любых t . Заменяя $Q(t)$ и $N(t)$ на $Q(t_0)$, $N(t_0)$ получаем

$$Q(t) = 1 - \frac{N(t_0)(1 - Q(t_0))}{N(t)} \quad (13)$$

Очевидно с увеличением $N(t)$ показатель качества $Q(t) \rightarrow 1$.

С учетом $V_d(t, v) = V_d$ можно упростить условие баланса (9):

$$\int_0^{N(t)} V_u(t, v) dv + U = N(t) \cdot V_d. \quad (14)$$

С учетом (4) получаем

$$Q(t) = 1 - \frac{U}{V_d \cdot N(t)}. \quad (15)$$

Причиной монотонного возрастания показателя $Q(t)$ является все возрастающее количество предложений на скачивание. Особенно важно это для вновь включающихся пиров у которых еще отсутствуют видеоматериалы, которыми он мог бы поделиться с другими.

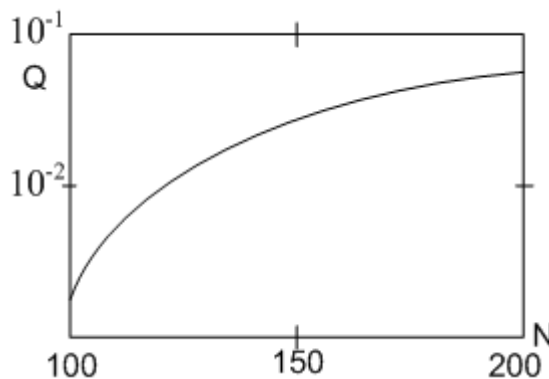


Рис. 1. Качественная характеристика роста скорости загрузки в пиринговой сети с увеличением числа активных пиров.

Вывод: 1. Получена аналитическая зависимость качества пиринговой P2P сети транслирующей живое потоковое видео от составляющих компонент данной сети; 2. Пиринговые P2P интернет сети предоставляют весьма популярную услугу по доставке TV-контента в реальном времени; 3. Пользователи P2P сети с целью повышения качества пользования не должны немедленно уходить из сети, что дает возможность другим пирам скачивать необходимые фрагменты.

Література

1. Popovskij V., Barkalov A., Titarenko L. Control and Adaptation in Tel-ecommunication Systems. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011.p. 173.
2. <http://www.internet2.edu/network/>.
3. <http://datatracker.ietf.org/wg/alto/charter/>.