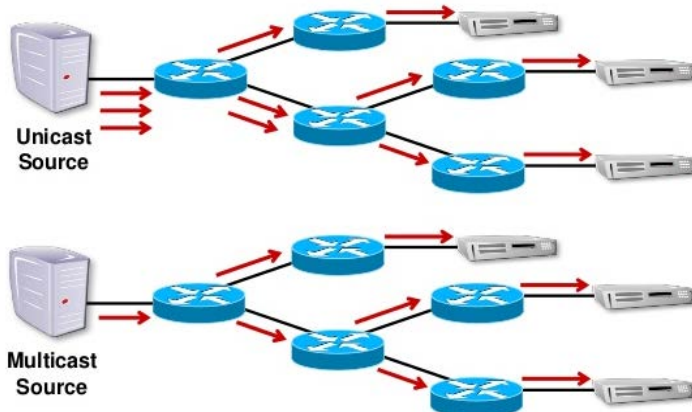


## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ IPTV ТРАФИКА В СЕТЯХ ПРОВАЙДЕРОВ УСЛУГ ИНТЕРНЕТ И ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

**Михеев Е.В., магистрант; Червинский В.В., доц., к.т.н., доц.**

*(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)*

В настоящий момент многие провайдеры Интернет дополнительно предлагают своим клиентам услугу цифрового телевидения IPTV. Для трансляции ТВ каналов через IP-сеть существуют два основных метода передачи IPTV трафика: Unicast и Multicast. Каждый из этих методов использует различные типы назначения IP-адресов и, соответственно, имеется большая разница в степени их влияния на объем потребляемого трафика. Unicast трафик используется для передачи каждому пользователю персонального потока в соответствии с выбранным им для просмотра ТВ каналом. Unicast трафик направляется из головной станции к одному IP-адресу назначения, как показано на рис. 1. Этот адрес принадлежит в сети только одному компьютеру или абонентскому STB. Если два или более пользователя одновременно просматривают один и тот же канал, потоки в сети будут дублироваться, что увеличивает требуемую пропускную способность сети пропорционально количеству пользователей услуги IPTV. Поэтому количество Unicast пользователей ограничено пропускной способностью сети.



*Рисунок 1 – Передача видеопотоков при просмотре одно ТВ канала несколькими пользователями в режимах Unicast и Multicast*

Multicast трафик используется для передачи потокового видео, когда одну и ту же программу смотрят большое число абонентов. В этом случае, в любом месте сети определенный ТВ канал транслируется только одним потоком, который будет разветвляться в узлах, при этом видео-контент доставляется неограниченному числу абонентов, не перегружая сеть.

Multicast адреса не могут быть назначены индивидуально компьютерам (или STB). При посылке данных по одному из multicast IP-адресов, пользователь может принимать их или не принимать. Таким образом, головное оборудование IPTV оператора при трансляции одного ТВ канала передает один единственный поток данных по многим адресам назначения.

Таким образом, Multicast режим имеет явные преимущества по объему передаваемого IPTV трафика, однако, у этого режима есть свои недостатки: необходимы маршрутизаторы, поддерживающие multicast. Маршрутизаторы используют протокол IGMP для отслеживания текущего состояния групп рассылки, требуют тщательной настройки, что часто затрудняет задачу быстрой и качественной перестройки всей сети. Они стоят дороже обычных коммутаторов, и не всегда хорошо работают с разнотипным пользовательским оборудованием.

Поэтому выбор Unicast или Multicast режима провайдером для всех или определенных групп пользователей – задача непростая, для решения которой желательно иметь возможность предварительной оценки требуемой пропускной способности для передачи через сеть IPTV-трафика.

В статье предложена усовершенствованная методика оценки требуемой пропускной способности для Unicast и Multicast режимом на основе анализа активности пользователей, типов видеоформатов, кодеков и количества транслируемых ТВ каналов.

Математическая модель активности пользователей IPTV.

Исходные данные, используемые в исследовании, являются статистическими данными крупного российского поставщика услуг IPTV, транслирующим более 240 различных телеканалов, с количеством абонентов около 32000, расположенных на территории Ростова-на-Дону. В соответствии с требованиями законодательства данные журналов STB, сообщения диспетчерской плоскости, данные конфигурации сети и списки каналов ТВ от этого поставщика услуг конфиденциальны.

В течение суток происходят сильные колебания количества онлайн STB, с дневным пиком около 8-9 вечера, а затем быстрым уменьшением числа онлайн STB, достигающим минимума около 4 утра, а затем неуклонно нарастающим в течение дня.

Нас будут интересовать пиковые значения числа онлайн STB, статистика по которому собрана для зимнего периода, когда количество активных пользователей значительно больше по сравнению с летними месяцами. Диапазон изменения пикового значения составляет [17530 .. 23190] онлайн STB на 31970 пользователей IPTV.

Проведенные исследования показали, что, плотность распределения пиковых значений числа онлайн STB в течение суток соответствует нормальному закону:

$$f(x, a, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}. \quad (1)$$

С учетом центральной предельной теоремой Линдберга, зависимости для определения математического ожидания и дисперсии пиковых значений числа онлайн STB для произвольного числа пользователей услуги IPTV:

$$M(N_{ON.STB}) = 0,639N_{аб.IPTV}; \quad (2)$$

$$D(N_{ON.STB}) = 38,65N_{аб.IPTV}, \quad (3)$$

где  $N_{ON.STB}$  - число онлайн STB в пиковые моменты;

$N_{аб.IPTV}$  - число пользователей услуги IPTV.

Математическая модель одновременной трансляции ТВ каналов для группы онлайн STB согласно исследованиям, подчиняется бета-распределению.

Плотность распределения вероятностей бета-распределения задаётся функцией:

$$f(x, \alpha, \beta) = \frac{(\alpha + \beta + 1)!}{\alpha! \beta!} x^\alpha (1-x)^\beta, 0 < x < 1, \quad (4)$$

где  $\alpha, \beta$  - параметры бета-распределения.

Выборка количества одновременно транслируемых ТВ каналов для группы STB, находящихся в режиме онлайн в пиковые часы просмотров  $N_{Ch.ON}$  обладает конечными границами диапазона изменений наблюдаемых значений случайной величины  $[N_{Ch.ON}^{\vee}, N_{Ch.ON}^{\wedge}]$ ,  $N_{Ch.ON}^{\vee} = 0$ . Введем нормированную случайную величину  $X$ , реализации которой получаются на основе значений  $x_i$  путем следующего преобразования:

$$x_i = \frac{N_{Ch.ONi} - N_{Ch.ON}^{\vee}}{N_{Ch.ON}^{\wedge} - N_{Ch.ON}^{\vee}}, \quad (5)$$

где  $N_{Ch.ONi}$  - значение количества одновременно транслируемых ТВ каналов в  $i$ -ом эксперименте,  $i = \overline{1, n}$ . Очевидно, что  $x_i \in [0, 1]$ .

Графики бета-распределения количества транслируемых ТВ каналов для групп онлайн STB с количеством  $N_{ON.STB} = 50, 100, 150, 200, 250, 500, 750, 1000, 1500, 2000$ , приведены на рис. 2.

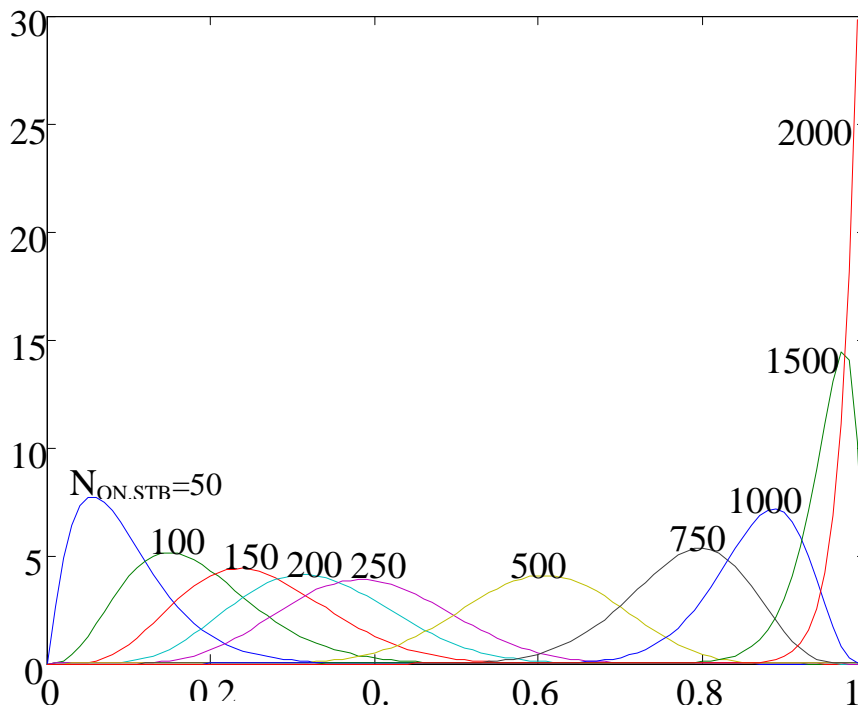


Рисунок 2 – Бета-распределение количества транслируемых ТВ каналов для разных групп онлайн STB

Для определения параметров  $\alpha$  и  $\beta$ : получены эмпирические выражения:

$$\alpha(N_{ON.STB}) = 22,1e^{-N_{ON.STB}/620}; \quad (6)$$

$$\beta(N_{ON.STB}) = 73 \cdot (1 - e^{-N_{ON.STB}/2021}). \quad (7)$$

Методика определения количества Unicast каналов IPTV в пиковые часы в зависимости от количества пользователей услуги IPTV основывается на вероятности попадания значения случайной величины в заданный интервал (a, b) для нормального распределения пиковых значений числа онлайн STB согласно закону:

$$P(a < \bar{x} < b) = \int_a^b f(x) dx = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_a^b e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} dx. \quad (8)$$

Например, для количества пользователей услуги IPTV  $N_{аб.IPTV} = 5000$  согласно формуле (3.4) и заданной вероятности 0,95 предполагаемое число Unicast каналов в пиковые моменты составляет  $V_{uc} = 4020$ ; и, согласно правилу трех сигм,  $V_{uc} = 4510$ .

Методика определения количества одновременно транслируемых Multicast каналов IPTV для группы онлайн STB основывается на вероятности попадания значения случайной величины в заданный интервал (a, b) для бета-распределения количества транслируемых ТВ каналов для разных групп онлайн STB:

$$F(a < x < b) = \frac{(\alpha + \beta + 1)!}{\alpha! \beta!} \int_a^b x^\alpha (1-x)^\beta dx. \quad (9)$$

При определении количества одновременно транслируемых Multicast каналов IPTV  $V_{mc}$  для группы онлайн STB с количеством  $N_{ON.STB}$  задается количество находящихся онлайн STB, максимальное количество ТВ каналов  $N_{Ch.ON}^{\wedge}$ , по формулам (6, 7) определяются параметры  $\alpha$  и  $\beta$  для бета-распределения. Задавшись необходимым значением вероятности попадания случайной величины в промежуток, определяют верхнюю границу этого промежутка из диапазона  $[0, 1]$ . Применяя линейные преобразования, бета-величина умножается на максимальное количество ТВ каналов  $N_{Ch.ON}^{\wedge}$ , что и дает искомое количество одновременно транслируемых Multicast каналов IPTV  $V_{mc}$  для группы онлайн STB  $N_{ON.STB}$ .

Методика оценки трафика и необходимой пропускной способности каналов IPTV.

Среднее значение и дисперсия битовой скорости передачи данных по  $k$ -ой услуге при образовании количества виртуальных каналов  $N_{вк}^{(k)}$  определяются по формулам:

$$B_{cp}^{(k)} = \frac{N_{вк}^{(k)} \cdot B_{макс}^{(k)}}{K_{нач}^{(k)}}, \quad D^{(k)} = \frac{N_{вк}^{(k)} \cdot (B_{макс}^{(k)})^2}{K_{нач}^{(k)}}. \quad (10)$$

Среднее значение и дисперсия случайной величины битовой скорости передачи данных в цифровом тракте или оптическом канале, которые генерируются всеми услугами, определяется по теореме сложения математических ожиданий и дисперсии по формулам:

$$B_{cp} = \sum_{k=1}^K B_{cp}^{(k)}; \quad D = \sum_{k=1}^K D^{(k)}. \quad (11)$$

Требуемую пропускную способность для IPTV  $B_{макс.тр}$  можно определить по формуле:

$$B_{макс.тр} = B_{cp} + U\sqrt{D}, \quad (12)$$

где  $U$  определяется по табличным данным для интегральной функции нормального закона распределения для нормы потерь  $10^{-6}$ .

Значения  $B_{макс}^{(k)}$  и  $K_{нач}^{(k)}$  определяются в зависимости от типа используемого кодека.

Поскольку для разных ТВ каналов могут использоваться различные типы кодеков и ТВ форматов с различной битовой скоростью, индексом  $k$  в формулах будем обозначать не тип услуги, а тип кодека и формата IPTV.

Количество виртуальных каналов  $N_{вк}^{(k)}$  услуги IPTV в случае расчета трафика при передаче данных в режиме Unicast будем считать как число транслируемых Unicast ТВ каналов в пиковые моменты  $V_{uc}$ , в случае расчета для режима Multicast -- как количество одновременно транслируемых Multicast каналов IPTV  $V_{mc}$  для группы онлайн STB  $N_{ON.STB}$ .

Исследование влияния параметров IPTV трафика на требуемую пропускную способность IP-сети провайдера проведено для различного количества транслируемых ТВ каналов, использующих различные видеоформаты и кодеки.

На рис. 3 представлены три зависимости пропускной способности IPTV режима Unicast для трех типовых видеоформата и кодека: SDTV 480i MPEG-4, HDTV a720p MPEG-4 и HDTV 1080i MPEG-4. Как видно из рисунка, требуемая пропускная способность имеет практически линейную зависимость от количества пользователей IPTV.

На рис. 4 представлены семейства зависимостей пропускной способности IPTV режима Multicast для трех типовых видеоформатов и кодеков SDTV 480i MPEG-4, HDTV 720p MPEG-4 и HDTV 1080i MPEG-4 и трех значений количества транслируемых ТВ каналов: 100, 150, 240. Как видно из рисунка, требуемая пропускная способность при увеличении количества абонентов IPTV резко нарастает, а затем постепенно переходит в зону насыщения, связанную с тем, что количество Multicast трансляций не может превышать максимальное количество ТВ каналов для любого числа пользователей IPTV.

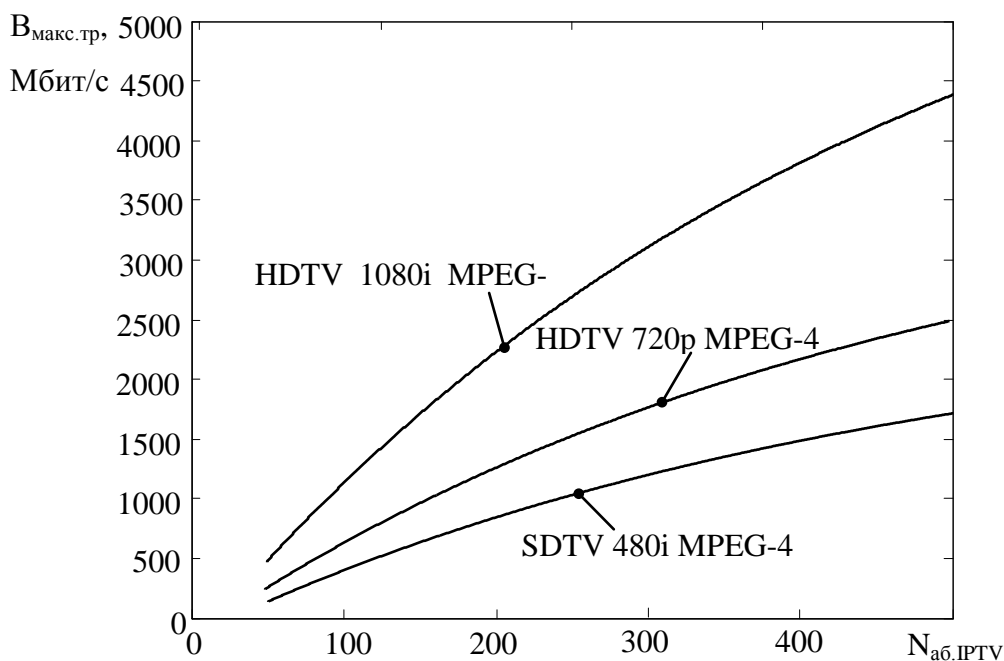


Рисунок 3 – Зависимости пропускной способности IPTV Unicast для различных видеоформатов и кодеков от количества пользователей IPTV

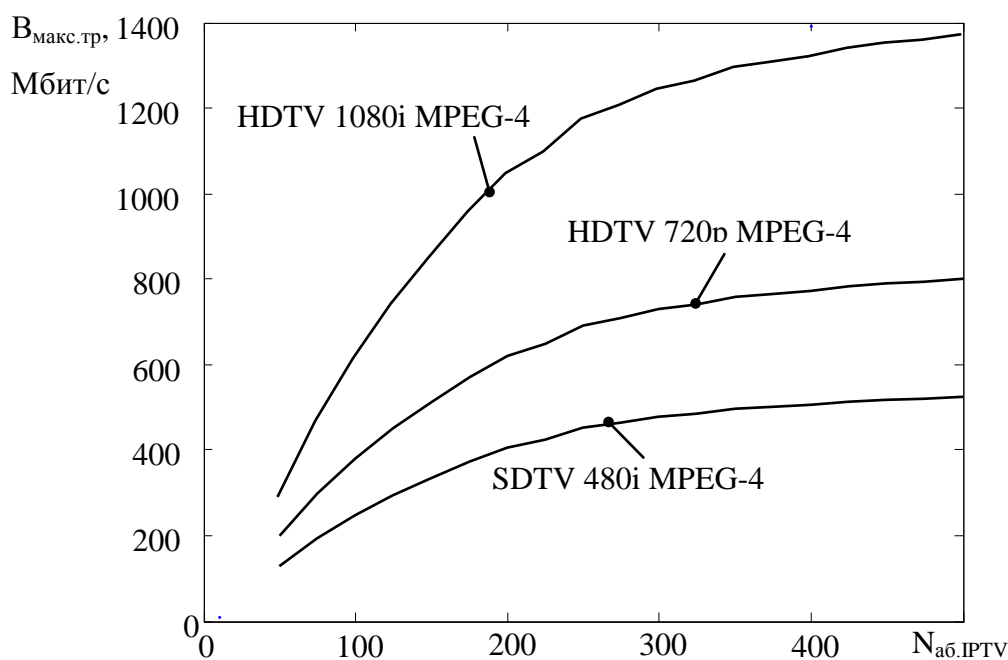


Рисунок 4 – Зависимости пропускной способности IPTV Multicast от количества пользователей IPTV для различного количества транслируемых ТВ каналов

#### Перечень ссылок

1. Пискунов, Н. С. Дифференциальное и интегральное исчисления для вузов, т. 2 : Учебное пособие для вузов / Н. С. Пискунов. - 13-е изд. – Москва : Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1985. — 560 с.
2. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : Учеб. пособие для вузов / В. Е. Гмурман. – 9-е изд., стер. – Москва : Высш. шк., 2003.— 479 с.
3. Ребро, И. В. Прикладная математическая статистика для технических специальностей : учеб. пособие / И. В. Ребро, В. А. Носенко, Н. Н. Короткова // ВПИ (филиал) ВолгГТУ. – Волгоград : ИУНЯ ВолгГТУ, 2011. – 149 с.
4. Ершов, В. А. Мультисервисные телекоммуникационные сети / В. А. Ершов, Н.А. Кузнецов. – Москва : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 432 с.