

## Универсальный метод выбора наилучшей сети доступа для запрашиваемой услуги определенного класса

### Universal method of selecting the best access network for requested service with defined class

**Ключевые слова:** сети доступа – access networks; ресурс сети доступа – access network resource; класс услуги – service class; метод – method.

В статье представлен разработанный универсальный метод выбора наилучшей сети доступа для запрашиваемой услуги определенного класса на основе идеи минимизации потерь общего ресурса сетей доступа. Универсальный механизм оценки эффективности распределения ресурса сети доступа учитывает наличие взаимозависимостей между услугами определенных классов. За счет этого метод является универсальным, поскольку позволяет решить задачу по эффективному распределению общего ресурса сетей доступа, базируясь на различных критериях.

The paper presents the universal method of selecting the best access network for requested service with defined class based on idea of common access network resource losses minimization. Universal mechanism for evaluating of access network resource allocation effectiveness considers existence of interdependencies between services of different classes. Due to this this method is universal because it allows to solve a problem of efficient shared network resource allocation based on different criteries.

Рассмотрим модель, когда пользовательский терминал имеет возможность подключаться сразу к нескольким сетям доступа, находясь в зоне их перекрытия. Это иллюстрирует рис. 1 на примере пользовательского терминала (ПТ2), который имеет возможность подключиться и к сети доступа 1, и к сети доступа 2. Модель соответствует принципу независимости постоянного наилучшего соединения (Always Best Connected – ABC), т.е.

**САДОВНИКОВ / SADOVNIKOV V.**

**Владимир Юрьевич**

(sadko\_sobaka@rambler.ru)

аспирант кафедры систем коммутации и распределения информации Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. профессора М.А. Бонч-Бруевича, Санкт-Петербург

прозрачному выбору сети доступа. Постоянное наилучшее соединение, согласно [1, 2], подразумевает автоматический выбор пользовательскими устройствами сети доступа в соответствии с заданными критериями и требованиями, которые предъявляются к среде передачи для реализации конкретной конвергентной услуги. Управляющему устройству пользовательского терминала следует только выбрать, через какую из сетей доступа необходимо получить услугу. Для этого можно опираться на разные критерии – стоимость трафика, требуемую пропускную способность сети, загруженность сети и т.д.

Рассмотрим модель выбора сети доступа согласно идее *минимизации потерь общего ресурса сетей доступа относительно классов услуг*. В общем случае оценку качества обслуживания (Quality of Service – QoS) можно свести к единому нормированному параметру, который вычисляется согласно сложной функции  $Q(q_1, q_2, \dots, q_v)$ , индивидуально задаваемой для каждого вида услуги и учитывающей все требования, предъявляемые к трафику.

При этом:

– функция имеет минимальное значение  $Q_{min}$ , при котором качество предоставления услуги остается в пределах нормы;

– значения параметров трафика, при которых  $Q(q_1, q_2, \dots, q_v) < Q_{min}$  считаются недопустимыми, а предоставление услуги – невозможным.

Воспользуемся некоторыми математическими выкладками, описанными в [3]. В общем случае задачу можно свести к  $M$  сетям, которые должны обеспечивать  $N$  услуг, при этом каждая из услуг

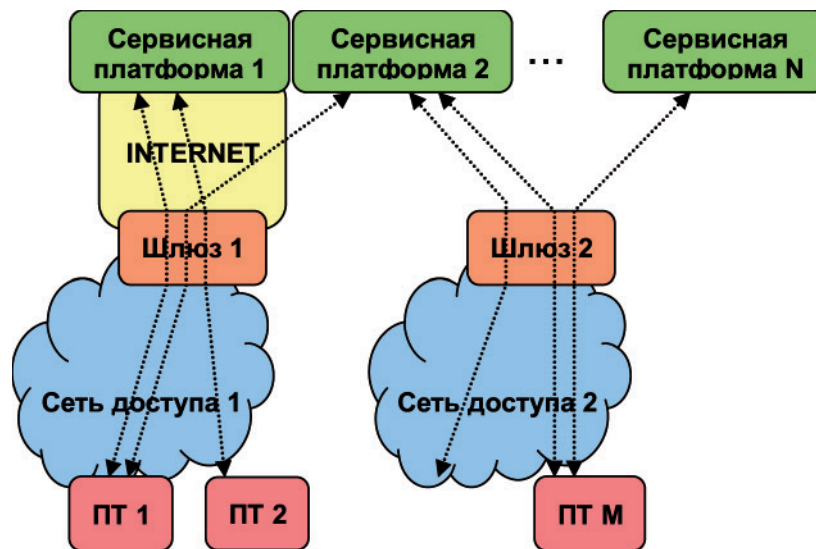


Рис. 1. Модель доступа к услугам через несколько сетей доступа

предъявляет свои заведомо известные требования к трафику  $\vec{Q}_{min} = (Q_{1,min}, Q_{2,min}, \dots, Q_{n,min})$ . Далее примем за:

- $n = 1 \dots N$  идентификатор класса услуги,
- $m = 1 \dots M$  номер сети доступа.

Каждая сеть доступа  $m$ , являясь ограниченным ресурсом, одновременно может предоставить услугу класса  $n$  целому конечному числу пользователей, которое обозначим как  $U_n^m$ .

В общем виде всех пользователей услуг всех сетей можно свести в матрицу  $U$  из  $M$  строк и  $N$  столбцов:

$$U = \begin{pmatrix} U_1^1 & U_2^1 & \dots & U_n^1 \\ U_1^2 & U_2^2 & \dots & U_n^2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ U_1^m & U_2^m & \dots & U_n^m \end{pmatrix},$$

Общее число пользователей всех услуг в сети доступа  $m$  можно представить в виде вектора  $\vec{U}^m = (U_1^m, U_2^m, \dots, U_n^m)$ , где каждый элемент вектора является суммой всех элементов соответствующей строки матрицы:  $U^m = \sum_n U_n^m$ .

Общее число пользователей услуги класса  $n$  во всех сетях доступа также представляется в виде вектора

$$\vec{U}_n = (U_{1,n}, U_{2,n}, \dots, U_{m,n}),$$

в котором отдельный элемент рассчитывается как сумма всех элементов соответствующего столбца матрицы:  $U_n = \sum_m U_n^m$ .

Общее число пользователей всех классов услуг во всех сетях доступа  $\vec{U}$  рассчитывается как сумма всех элементов матрицы  $U$  либо векторов  $\vec{U}_n$  или  $\vec{U}^m$ :

$$\vec{U} = \sum_n \sum_m U_n^m = \sum_n U_n = \sum_m U^m.$$

Обозначим:

-  $\vec{u}^m = (U_1^m, U_2^m, \dots, U_n^m)$  – вектор пользователей услуг в сети  $m$ ;

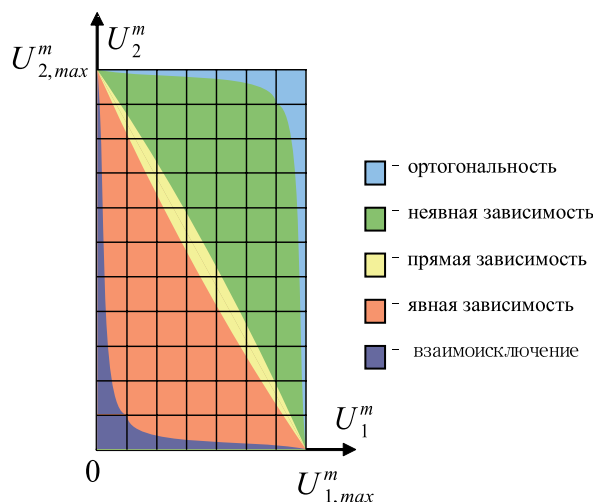
-  $\vec{u}_{n+1}^m$  – новый вектор пользователей услуг (когда запрашивается еще одна услуга).

Тогда минимальную оценку качества предоставления услуги в любой сети будем считать постоянной величиной  $Q_{n,min}$ . Исходя из этого, оценка  $QoS$  для каждой услуги в пределах одной сети доступа будет являться функцией, зависящей от  $\vec{u}^m : Q_n(\vec{u}^m)$ .

Все допустимые комбинации вектора  $\vec{u}^m$ , при которых сеть  $m$  соблюдается  $QoS$ , можно выделить в отдельное множество  $K^m$  – область гарантии  $QoS$ :

$$K^m = \{ \vec{u}^m : Q_n(\vec{u}^m) \geq Q_{n,min}, \forall n \},$$

при этом имеет место взаимная зависимость между составляющими вектора  $\vec{u}^m$ , а форма области  $K^m$  зависит от правил предоставления  $QoS$  в сети доступа.



**Рис. 2.** Формы области для примера с двумя услугами

Имеем задачу: **определить, какую сеть доступа  $m$  должно выбрать пользовательское устройство, запрашивая услугу класса  $n$ , чтобы новый вектор пользователей услуг в этой сети  $\vec{u}_{+1}^m$  привел к минимальному уменьшению общего количества пользователей, которое может обслужить сеть Always Best Connected вообще, представляющую совокупность разнородных сетей доступа.**

Форма области  $K^m$  представляет собой обобщенную оценку распределения общего сетевого ресурса по классам услуг. Рассмотрим механизм оценки эффективности распределения ресурса сети доступа, учитывающий взаимозависимости между услугами определенных классов.

Вектор пользователей услуг в сети доступа  $m$   $\vec{u}^m = (U_1^m, U_2^m, \dots, U_n^m)$  не может пересечь границу области  $K^m$ , за пределами которой  $QoS$  не обеспечивается. Следовательно, новый вектор  $\vec{u}_{+1}^m$  тоже не может выходить за пределы области  $K^m$ . Ввиду того, что векторы  $\vec{u}_{+1}^m$  и  $\vec{u}^m$  имеют дискретные составляющие, введем понятие дельта-вектора как разности  $\Delta u^m = \vec{u}_{+1}^m - \vec{u}^m$ ,

$$\text{где: } \Delta u_i^m = \begin{cases} 0, & i \neq n, \forall i = 1 \dots N. \\ 1, & i = n \end{cases}$$

Считаем, что задача нахождения области  $K^m$  для всех возможных  $\vec{u}^m$  решена, так как это отдельная большая задача, затрагивающая политики  $QoS$ . Поэтому границу области  $K^m$  можно представить в виде уравнения  $K^m(c^m, \vec{u}^m) = 0$ , в котором  $c^m$  — доля тех пользователей, которых дополнительно может обслужить сеть доступа, занятая

$c^m$  — пользователями по отношению к максимально возможному количеству пользователей в этой сети

$$C_{max}^m : c^m = \frac{C_{max}^m - C^m}{C_{max}^m}.$$

Нетрудно заметить, что:

- при  $c^m = 0$  сеть не предоставляет никаких услуг (полностью свободна),
- при  $c^m \geq 1$  сеть неспособна при предоставлении услуг обеспечить  $QoS$ .

По форме области  $K^m$  можно определить характеры зависимостей между компонентами вектора  $\vec{u}^m$  с целью определения максимального числа пользователей всех услуг в сети доступа.

Формы области  $K^m$  изобразим на примере двух услуг (рис. 2):

- *ортогональность* — изменение одной составляющей вектора не накладывает ограничений на изменение других составляющих, максимальное число пользователей услуг равно

$$C_{max, ортог.}^m = \sum_n U_{n, max}^m;$$

- *неявная зависимость* — изменение одной составляющей вектора незначительно ограничивает изменение других составляющих, максимальное число пользователей услуг в отдельной сети может варьироваться:

$$C_{max, ортог.}^m > C_{max, неявн.}^m > C_{max, прям.}^m;$$

- *прямая зависимость* — изменение одной составляющей вектора пропорционально ограничивает изменение других составляющих, при этом максимальное число пользователей услуг можно примерно рассчитать как

$$C_{\max, \text{прям.}}^m \left[ \sum_n \frac{U_{n, \max}^m}{2} \right];$$

– явная зависимость – изменение одной составляющей вектора значительно ограничивает изменение других, максимальное число пользователей определяется неравенством

$$C_{\max, \text{прям.}}^m > C_{\max, \text{явн.}}^m > C_{\max, \text{искл.}}^m;$$

– взаимоисключение – если хотя бы одна составляющая вектора отлична от нуля, все остальные компоненты должны оставаться нулевыми. Максимальное число пользователей, которое может быть обслужено сетью доступа, вычисляется как

$$C_{\max, \text{искл.}}^m = \max\{\bar{u}^m\}.$$

Задача абонентского терминала, выбирающего сеть доступа  $m$ , сводится к минимизации разности между количеством пользователей, которых может обслужить сеть до и после запроса услуги:

$$\Delta C^m = C^m(\bar{u}_m) - C^m(\bar{u}^m + \Delta \bar{u}^m) = C_{\max}^m \times (c_{+1}^m - c^m).$$

Иначе говоря, находится сеть, для которой уменьшение пропускной способности будет минимальным:  $m_{\text{opt}} : \Delta C^{m_{\text{opt}}} < \Delta C^m, \forall m \neq m_{\text{opt}}$ .

Это легко рассчитывается, если сеть доступа  $m$  передаст устройству:

- вектор  $\%ou^m$ ;
- максимально допустимое число обслуживаемых абонентов  $C_{\max}^m$ ;
- уравнение границы для области  $K^m$ .

За счет этого механизма метод является универсальным, поскольку позволяет решать задачи по эффективному распределению общего ресурса сетей доступа, базируясь на различных критериях. Определив функцию оценки взаимозависимостей между классами услуг и разнородными сетями доступа, можно вводить различные политики управления ресурсами сетей доступа.

### Литература

1. Рудометов Е., Рудометов В. Мобильный мир в будущем. – www.fcenter.ru.
2. Rajesh M. Always best connected architecture and design. – Ericsson Berkley Wireless Center. – August 2002.
3. Fodor G., Furuskär A., Lundsjo J. On access selection techniques in always best connected networks // ITC Specialist Seminar on Performance Evaluation of Wireless and Mobile Systems. – August 2004.

Готовитесь к защите?  
Наш журнал приглашает авторов,  
соискателей научных степеней  
опубликовать статьи.

## ИНФОРМАЦИЯ и КОСМОС



Дополнительная информация:  
Тел. +7 (812) 740-77-07  
отдел маркетинга