

РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ МАГИСТРАЛЕЙ МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЕЙ ПОСТРОЕННЫХ НА БАЗЕ СИСТЕМ СПЕКТРАЛЬНОГО УПЛОТНЕНИЯ

С.Л. Гавлиевский

Самарский государственный технический университет

Рассмотрено описание транспортной магистрали мультисервисной сети в виде сети массового обслуживания. Приведены результаты моделирования при использовании нескольких классов обслуживания.

Введение

Бурный рост потребностей в передаче трафика привел к нехватке пропускных способностей на отдельных участках сети. Особенно остро эта нехватка ощущается на магистральном сегменте сети. Именно поэтому при строительстве и модернизации сетей обычно в первую очередь усилия направляются на увеличение пропускной способности магистралей путем использования систем спектрального уплотнения. Однако возможности по повышению пропускной способности каналов не безграничны. Поэтому практически все современные телекоммуникационные устройства используют механизм очередей для более рационального использования ресурсов сетей при передаче различных типов трафика.

Формирование потоков в мультисервисных сетях

В [1-7] приведена архитектура мультисервисной сети и рассмотрены схемы предоставления услуг. На рис. 1 проиллюстрирован принцип формирования потоков в мультисервисной сети. Конечные пользователи подключаются к услугам сети через узлы доступа (УД). В качестве УД могут использоваться DSLAM, MSAN, OLT, Ethernet коммутаторы и другое оборудование. К одному УД может быть подключено до нескольких десятков конечных пользователей. Это означает, что через порт, соединяющий УД и узлы агрегации (УА), направляется суммарный восходящий поток от нескольких десятков до сотен терминалов. Несколько УД подключены к УА, которые, в свою очередь, соединены с магистральными узлами (МУ), образующими транспортную сеть. Если на УД объединяются потоки от нескольких десятков до нескольких сотен источников, на УА - от сотен до тысяч, то на МУ поступают потоки от сотен тысяч источников.

Понятно, что свойства потока на участке Т-УД могут существенно отличаться от свойств потока на участках УД-УА, МУ-МУ, МУ-BRAS (сервисный маршрутизатор). В ряде публикаций утверждается, что трафик на портах серверов обладает свойством самоподобия, которое обязательно необходимо учитывать.

Используя принцип декомпозиции, можно рассчитать отдельно характеристики для участков сети, охватывающих УД, УА, МУ, BRAS, на которых потоки близки к пуассоновскому и отдельно рассчитать характеристики на участках Т – УД, на которых свойства потока могут отличаться от пуассоновского, например, обладать свойством самоподобия. После чего, можно определить задержки и потери между рассматриваемой парой узлов.

Использование систем спектрального уплотнения для увеличения пропускной способности магистрали

Как видно из рис. 1, на каждом уровне происходит суммирование потоков. Причем, при построении транспортных сетей широко используется технология спектрального уплотнения xWDM, которая многократно повышает пропускную способность магистрали транспортной сети. Пример построения транспортной сети с использованием системы спектрального уплотнения приведен на рис. 1. Она содержит центральный узел (ЦУ) и

несколько магистральных узлов (МУ). Физически узлы соединены между собой по кольцевой топологии, что позволяет при обрыве кольца не терять связность сети. Логическая топология является звездообразной. Она обеспечивает подключение непосредственно каждого МУ к ЦМУ без использования транзитных МУ. Передача между каждым МУ и ЦМУ осуществляется на своей длине волны.

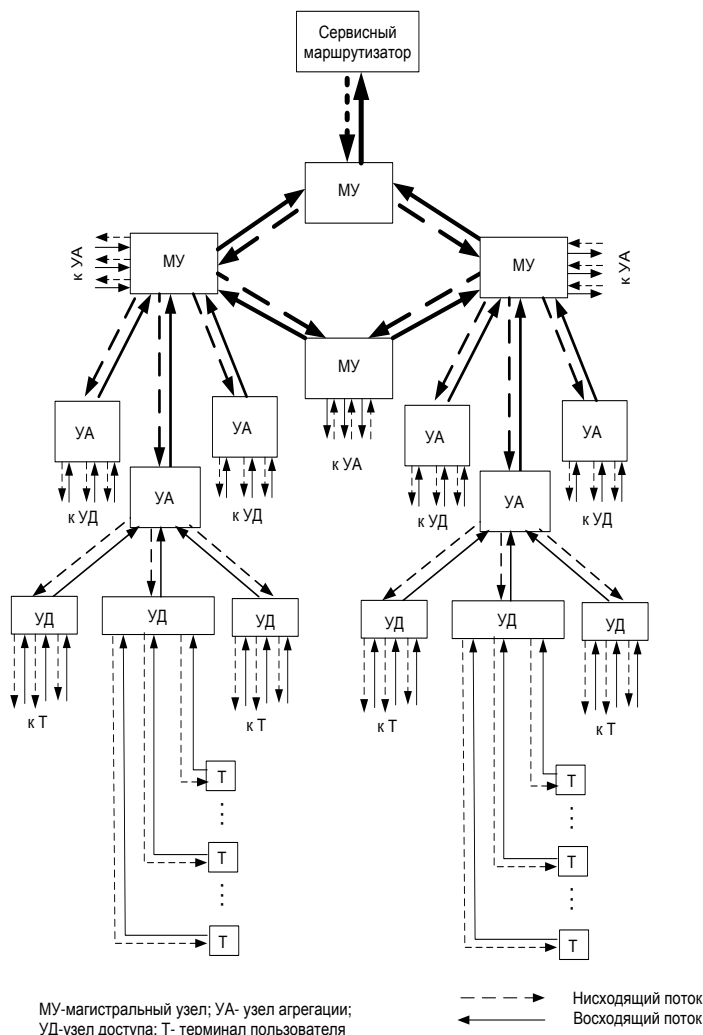


Рисунок 1- Принцип формирования потоков в мультисервисной сети

Представление магистрали в виде сети массового обслуживания

На рис. 2а приведен фрагмент магистрали мультисервисной сети с несколькими классами обслуживания, образованный маршрутизаторами и системой спектрального уплотнения. Первым шагом к построению такой модели является замена реально физически существующей системы спектрального уплотнения эквивалентными прозрачными каналами (рис. 2б). Заметим, что в результате такого преобразования изменилась топология сети – кольцевая трансформировалась в звездообразную. Такая трансформация не приводит к снижению надежности, поскольку сети спектрального уплотнения проектируются таким образом, что при обрыве кольца в одном месте происходит переключение нарушенных связей на резервный маршрут. Используя модель узла, приведенную в [1] при использовании нескольких классов обслуживания пакетов переходим от схемы, приведенной на рис. 2б, к модели сети в виде СеМО, изображенной на рис. 3 [1].

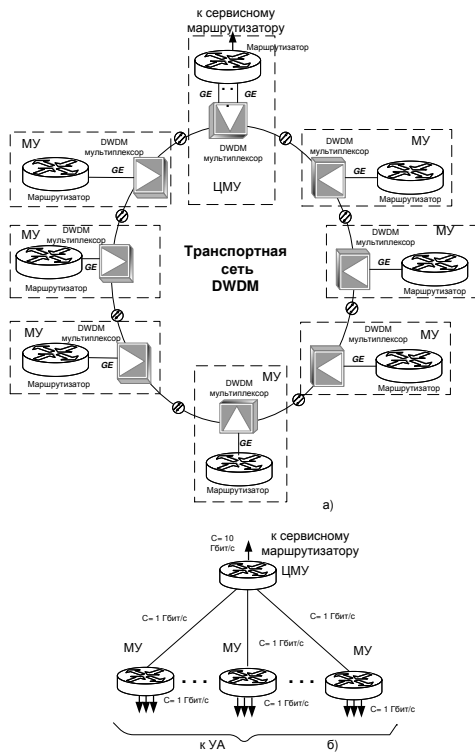


Рисунок 2 - Фрагмент магистрали мультисервисной сети, образованный маршрутизаторами и системой спектрального уплотнения:
 а) исходный фрагмент сети;
 б) система DWDM заменена эквивалентными прозрачными каналами

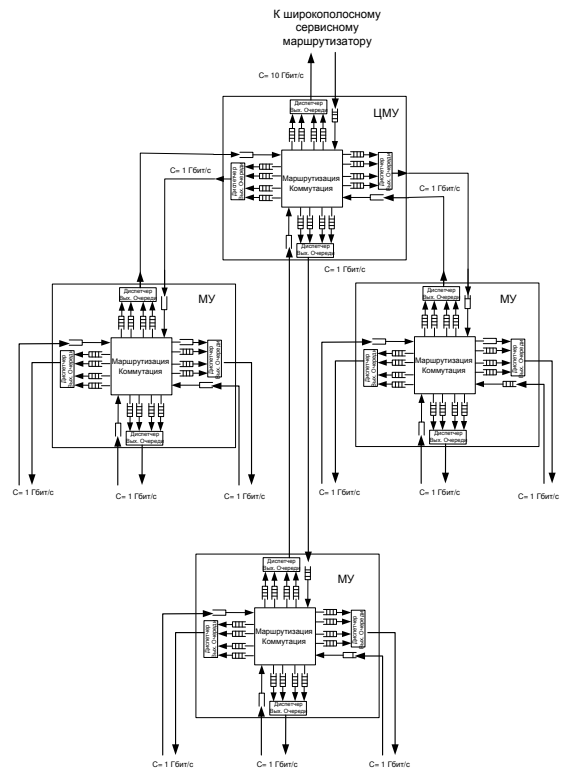


Рисунок 3- Представление в виде СеМО с несколькими классами обслуживания магистрали транспортной сети, построенной на маршрутизаторах, соединенных между собой при помощи мультиплексоров xWDM

Пример расчета характеристик магистрали транспортной сети на базе системы спектрального уплотнения при использовании нескольких классов обслуживания

При расчете приняты следующие исходные данные:

- топология – логическая звезда на базе системы спектрального уплотнения;
- число узлов – 8;
- характер тяготения – централизованный;
- количество центров тяготения – 1, номер ЦМУ – 1;
- число классов обслуживания – 4;
- тип СМО, описывающей СБК – M/D/1/N;
- нагрузка на сеть – меняющаяся $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ - интенсивности поступления пакетов соответственно 1, 2, 3 и 4 классов примем равными λ , которая изменяется в диапазоне $\lambda = 0 - 2,5 \cdot 10^4$ [пак/с];
- размеры пакетов 1 - 4 классов
 $l_{pak1} = 500[\text{бит}], l_{pak2} = 1000[\text{бит}], l_{pak3} = 5000[\text{бит}],$
 $l_{pak4} = 15000[\text{бит}];$
- доля пропускной способности каналов сети, отводимая для передачи пакетов 1,2,3 и 4 классов: $C_1 = 0,1; C_2 = 0,1 \cdot C; C_3 = 0,3 \cdot C; C_4 = 0,5 \cdot C$;
- размер буферной памяти для каждого класса обслуживания:
 $\omega = 5$ или $10[\text{пак}].$
- варианты расчета – 3.

Вариант 1. Пропускная способность каналов на каждом участке $C=1$ Гбит/с, размер буферной памяти для каждого класса обслуживания – $\omega=10$ [пак];

Вариант 2. Пропускная способность каналов на каждом участке $C=1$ Гбит/с, размер буферной памяти для каждого класса обслуживания – $\omega=5$ [пак];

Вариант 3. Пропускная способность каналов на каждом участке $C=2$ Гбит/с, размер буферной памяти для каждого класса обслуживания – $\omega=10$ [пак].

Результаты расчета:

– $t_{sr_4}, t_{sr_3}, t_{sr_2}, t_{sr_1} = f(\lambda)$ - зависимости среднесетевых задержек от интенсивности поступления пакетов для каждого из 4 классов обслуживания для 3 вариантов (рис. 4);

– $\vartheta_{sr_4}, \vartheta_{sr_3}, \vartheta_{sr_2}, \vartheta_{sr_1} = f(\lambda)$ - зависимости среднесетевых потерь от интенсивности поступления пакетов для каждого из 4 классов обслуживания для 3 вариантов (рис. 5);

– $\rho_{sr_4}, \rho_{sr_3}, \rho_{sr_2}, \rho_{sr_1} = f(\lambda)$ - зависимости среднесетевых уровней загрузки каналов от интенсивности поступления пакетов для каждого из 4 классов обслуживания для 3 вариантов (рис. 6).

Изображенные на рис.4 - 6 графики помечены кружочками с цифрами, показывающими номер варианта, к которому относится тот или иной график. Некоторые графики помечены несколькими цифрами. Это говорит о том, что для различных вариантов и наборов исходных данных графики совпадают.

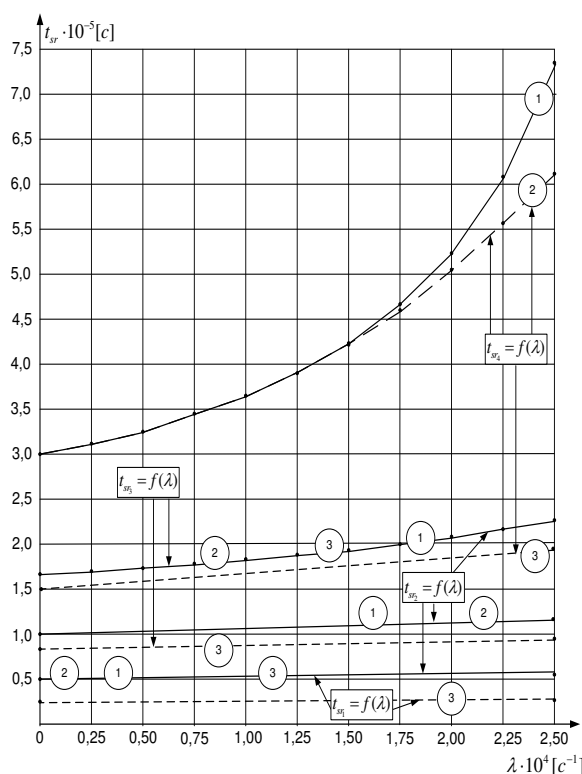


Рисунок 4 - Зависимости среднесетевых задержек от интенсивности поступления пакетов для каждого из 4 классов обслуживания для 3 вариантов

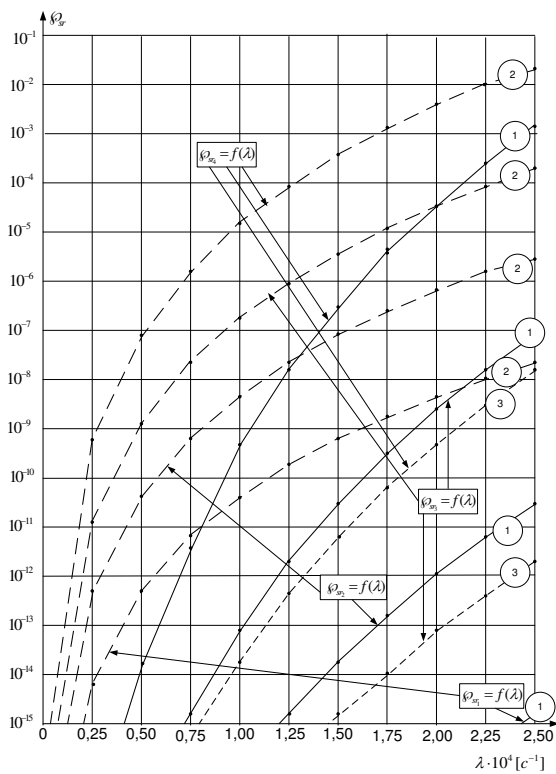


Рисунок 5 - Зависимости среднесетевых потерь от интенсивности поступления пакетов для каждого из 4 классов обслуживания для 3 вариантов

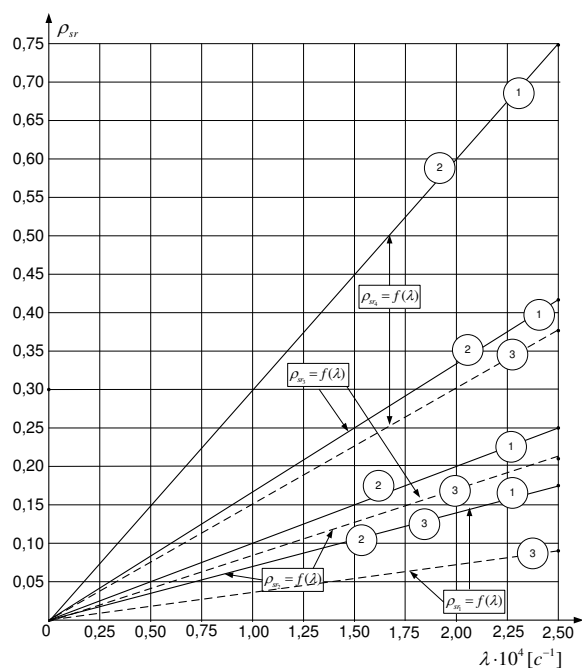


Рисунок 6 - Зависимости среднесетевых уровней загрузки каналов от интенсивности поступления пакетов для каждого из 4 классов обслуживания для 3 вариантов

Литература

1. Гавлиевский, С.Л. Методы анализа мультисервисных сетей связи с несколькими классами обслуживания / С.Л. Гавлиевский. – М.: ИРИАС, 2010. – 365с.
2. Гавлиевский, С.Л. Математическая модель для анализа сетей с пакетной коммутацией / С.Л. Гавлиевский // Вестник Самарского государственного технического ун-та. Серия «Технические науки». – 2000. – № 8. – С. 63–77.
3. Гавлиевский, С.Л. Соотношения для расчета элементов матриц переходных вероятностей при использовании стохастических маршрутных таблиц / С. Л. Гавлиевский // Инфокоммуникационные технологии. – 2006. – Т.4, № 4. – С. 7–10.
4. Гладкий, В.С. Численные методы анализа процессов маршрутизации на сетях с ЭВМ / В.С. Гладкий, С.Л. Гавлиевский // Программирование. – 1986. – № 3. – С. 78-87.
5. Гавлиевский, С.Л. Итерационный метод расчета характеристик магистралей транспортных сетей связи / С.Л. Гавлиевский // Вестник Самарского государственного технического ун-та. Серия «Технические науки». – Самара. – 2011. – № 3 (31). – С. 54-60.
6. Гавлиевский, С.Л. Математическая модель для исследования свойств магистралей транспортных сетей при использовании нескольких классов обслуживания / С.Л. Гавлиевский // Инфокоммуникационные технологии. – 2011. – Т. 9, №4. – С. 23–27.
7. Гавлиевский, С.Л. Исследование влияния места отказа канала на магистрали транспортной сети с кольцевой топологией при передаче асимметричного трафика / С.Л. Гавлиевский // Телекоммуникации. – 2012. – №3. – С.32-37.