

УДК 004.716

Гамидов Г.И.

Институт Информационных Технологий НАНА, Баку, Азербайджан
galib.hamidov@bes.az

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕСУРСОВ КАНАЛЬНЫХ И КОММУТАЦИОННЫХ СРЕДСТВ КОРПОРАТИВНЫХ МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЕЙ

Рассматриваются вопросы оценки ресурсов пропускной способности канальных и коммутационных средств корпоративных мультисервисных сетей с использованием их информационных характеристик. На основе исследования эффективности функционирования системы передачи неоднородного трафика предложен энтропийный подход и получены аналитические выражения, позволяющие оценить потери пропускной способности корпоративных сетей.

Ключевые слова: корпоративная мультисервисная сеть, эффективность, неоднородный трафик, качество обслуживания, пропускная способность, канальные и коммутаторные средства.

1. Введение

Увеличение объема передаваемого трафика и развитие информационных систем на базе современных компьютерных технологий требуют создания эффективных корпоративных мультисервисных сетей с коммутацией пакетов, образованных канальными и коммутационными средствами (КиКС).

Проведенный анализ показывает, что во многих работах [1–3] рассматривается проблема повышения пропускной способности корпоративных мультисервисных сетей при передаче информационных потоков неоднородного трафика. Однако не рассматриваются вопросы, связанные с потенциальными возможностями передачи трафика по каналам связи и оценки ресурсов пропускной способности корпоративных сетей в случае совместного обслуживания потоков неоднородного трафика (речь, данные, факсы, видео). Необходимость оценки пропускной способности корпоративных сетей обусловлена тем, что бурное развитие канальных и коммутационных средств многофункционального и интеллектуального типов с внедрением новейших технологий DSP (Digital Signal Processing), IP-телефонии (Internet Protocol), ATM (Asynchronous Transfer Mode), ISDN (Integrated Services Digital Network), NGN (Next Generation Network) требует дальнейшего их исследования [3–5].

В связи с этим в данной работе рассматривается следующая задача: исследование и оценка ресурсов пропускной способности корпоративных мультисервисных сетей, образованных КиКС.

2. Общая постановка задачи

Исследование и оценка ресурсов пропускной способности звена корпоративных сетей связи требуют проведения детального анализа структуры системы, характера передаваемого трафика, выбора модели СМО (система массового обслуживания) и состава канального и коммутационного оборудования.

Для создания модели расчета пропускной способности канального оборудования корпоративных сетей связи необходимо представить схему функционирования модели звена, учитывающей телекоммуникационные процессы управления передачей потока пакетов, протекающих в рассматриваемой мультисервисной сети при оказании качественных услуг неоднородного трафика [5]. Причем каждый обслуживаемый трафик (аудио, передача данных, видео и др.) предъявляет определенные требования к

показателям системы телекоммуникации по скорости $V_k = (2,4\text{Кбайт/с} \div 155\text{Мбайт/с})$ и полосам спектра сигналов $\Delta F = (4 \div 2048)$ кГц.

Эти широкополосные услуги реализуются на основе концепции широкополосной цифровой сети с интеграцией служб – Ш-ЦСИС (В-ISDN), представляющей собой сеть пакетной коммутации по виртуальным каналам, использующим технологии АТМ и IP-телефонии.

Для оценки характеристик пропускной способности корпоративных мультисервисных сетей при обслуживании неоднородного трафика введем следующие обозначения:

- η_i – величина эффективного использования ресурсов корпоративных мультисервисных систем с использованием КиКС при обслуживании i -го потока пакетов;
- $T_{i,cp.z}$ – среднее время задержки при передаче i -го потока пакетов;
- $\eta_{i,ocn}$ – отношение сигнал-помеха (ОСП) при передаче i -го потока пакетов;
- C_a – стоимость аппаратных и программных средств канального оборудования корпоративных мультисервисных сетей;
- $D_{i,kn}$ – коэффициент потерь пропускной способности трактов систем передачи корпоративных мультисервисных сетей;
- $p_{i,c.oui}$ – средняя вероятность ошибок приема пакетов;
- ρ_i – коэффициент загрузки корпоративных мультисервисных сетей на базе пакетных терминалов при передаче i -го потока пакетов;
- $C_{i,max}$ – максимальное значение пропускной способности КиКС корпоративных мультисервисных сетей при передаче i -го потока пакетов, определяемое следующими показателями:

$$C_{i,max} = F [C_{i,d.nc}, \rho_i, C_{i,n.nc}], \quad i = \overline{1, n},$$

где $C_{i,d.nc}$ – максимальное значение потенциально достижимой пропускной способности КиКС сети при передаче i -го потока пакетов; $C_{i,n.nc}$ – неиспользованная пропускная способность КиКС корпоративных мультисервисных сетей при передаче i -го потока пакетов, т.е. ресурсы пропускной способности терминальных средств звена сети.

Последнее выражение определяет показатели предлагаемого эффективного алгоритма расчета пропускной способности КиКС корпоративных мультисервисных сетей и сущность рассматриваемого подхода, позволяющего получать аналитические выражения для оценки качества обслуживания неоднородного трафика.

Для этого необходимо рассмотреть одну из важных задач – эффективное использование потенциальной возможности передачи трафика и оценку потерь пропускной способности КиКС корпоративной мультисервисной сети на основе энтропийного подхода.

Данный подход базируется на модели цифровой системы связи [1, 4] и учитывает информационные характеристики КиКС корпоративной мультисервисной сети, такие как максимум количества информации $I(S_i, S_j)$, энтропия источника трафика (среднее количество информации) $H(S)$, коэффициент избыточности.

На основе базовой модели цифровой системы связи и постановки задачи необходимо создать математическую модель звена корпоративных сетей, которая наиболее точно будет отражать потенциальные возможности КиКС корпоративной мультисервисной сети при выполнении определенных телекоммуникационных процессов, протекающих в исследуемой системе с использованием технологии АТМ и IP-телефонии.

3. Схема функционирования модели корпоративных мультисервисных сетей

Для решения поставленной задачи предлагается схема функционирования исследуемой модели звена корпоративной мультисервисной сети, состоящей из КиКС, которая показана на рис.1. Данная схема определяет структуру звена сетей связи [4], которая позволяет более точно учитывать телекоммуникационные процессы f_{ij} , $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$, протекающие в исследуемой корпоративной мультисервисной сети на базе технологий NGN, АТМ и IP-телефонии.

Из схемы видно, что представленная структура трактов систем передачи мультисервисных сетей, в частном случае для реализации алгоритма «От источника до получателя», содержит следующие функциональные блочно-модульные системы, предусматривающие передачу и прием информационных потоков пакетов КиКС: буферный накопитель (БН) КиКС, система абонентского доступа (САД), граничные коммутаторы АТМ/IP-телефонии, виртуальные маршрутизаторы и др.

Предполагается, что в модуль буферного накопителя входного порта поступают пуассоновские потоки пакетов с параметрами λ_i , $i = \overline{1, n}$, создаваемые различными типами источников (речь, факсы, данные и видео) нагрузки [2, 4].

Допустим, что на корпоративную мультисервисную сеть связи, имеющую $N_{i,m}$ КиКС, характеризующуюся ограниченным доступом d , поступает стационарный поток пакетов с параметрами λ_i , $i = \overline{1, n}$, а затем с вероятностью P_i , пакет передается граничному маршрутизатору и коммутатору с использованием протоколов MPLS (Multiprotocol Label Switching), обеспечивающих гарантированное обслуживание i -го трафика.

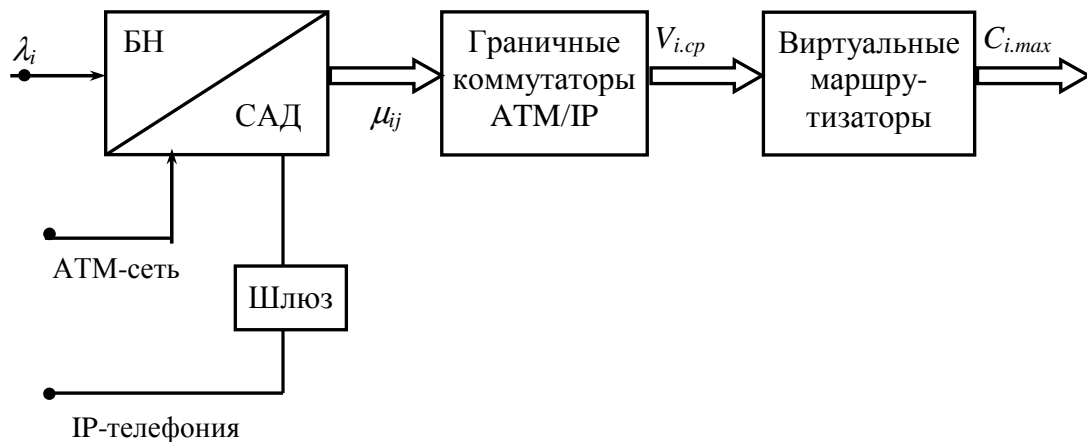


Рис.1. Структурная схема звена корпоративной мультисервисной сети, состоящей из канальных и коммутационных средств

Максимальное значение потенциально достижимой пропускной способности $C_{i,d.nc}$ ($\rho_{ex.don}$) звена сети при сильной загруженности системы определяется следующим выражением:

$$C_{i,max} = C_{i,d.nc}(\rho_{ex.don}) - C_{i,n.nc}(\rho_{ex}), \quad i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где $C_{i,d.nc}(\rho_{ex.don})$ – максимальное значение потенциально достижимой пропускной способности КиКС сети, зависящее от коэффициента допустимой загруженности $\rho_{ex.don}$ системы; $C_{i,n.nc}(\rho_{ex}) - \rho_i$ – коэффициент загрузки КиКС корпоративной сети связи при передаче i -го потока пакетов.

Из (1) следует, что для оценки потенциально достижимой пропускной способности КиКС сети необходимо учесть загрузки входного потока пакетов, т.е. коэффициент загрузки КиКС корпоративных сетей связи ρ_{ex} , которые определяются параметрами потоков пакетов следующим образом:

$$\rho_i = \sum_{j=1}^m \frac{\lambda_i}{\mu_{ij}} < \rho_{ex.don} \leq 1, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, m}, \quad (2)$$

где λ_i – средняя скорость поступления i -го потока пакета; μ_{ij} – средняя скорость обслуживания i -го потока пакета при использовании j -го КиКС звена сети.

На основе (1) и системно-технического анализа схемы функционирования модели корпоративных мультисервисных сетей связи создан эффективный алгоритм расчета, учитывающий объединение процессов разного обслуживания и мультиплексирования потоков пакетов неоднородного трафика, который позволяет оценить характеристики трактов систем передачи.

4. Оценка ресурсов пропускной способности канальных и коммутационных средств корпоративных мультисервисных сетей

Одним из важных показателей эффективности функционирования корпоративных сетей при передаче потоков разнотипных пакетов является максимальное значение действительной пропускной способности, характеризующее максимальное число пакетов, передаваемых в единицу времени звеном сети с помощью КиКС.

Максимальное значение действительной пропускной способности при передаче i -го потока пакетов при допустимом значении ОСП $\eta_{i.ocn.don}$ в звеньях сетей связи определяется следующим компонентом:

$$C_{i.max} = F[R_{i.k}, \eta_{i.ocn}, K_{i.cж}, V_{i.cp}, N_{i.m}], \quad i = \overline{1, n}, \quad (3)$$

где $R_{i.k}$ – скорость кодирования; $N_{i.m}$ – число КиКС в системе передачи мультисервисной сети, начиная от всех источников i -й области до получателей j -й области; $K_{i.cж}$ – коэффициент сжатия трафика i -го потока пакетов на основе дифференциальных алгоритмов данных и алгоритмов интерполяции речевых и видеосигналов; $V_{i.cp}$ – средняя скорость при передаче i -го потока пакета, зависящая от количества $N_{i.m}$ блочно-модульных систем абонентских и сетевых терминалов, которые приводят к возрастанию среднего времени задержки передачи $T_{i.cp.з}$.

Из выражения (3) следует, что пропускная способность является предельной характеристикой КиКС и определяется следующим образом:

$$C_{max} = \lim_{T \rightarrow \infty} \max_{p(x)} \frac{1}{T} H(S) = H_{max}(S), \quad (4)$$

где $H(S)$ – энтропия передаваемого трафика, определяющая количество переданной информации на один пакет длительностью T .

В корпоративных мультисервисных сетях связи на базе АТМ /IP-телефонии скорость передачи пакетов является переменным, представляющим собой случайный процесс $V(t)$, и всегда существует ограничение максимально допустимой скорости передачи:

$$V_{i.max.n} = \max_i [V_i(t)], \quad i = \overline{1, n}.$$

В мультисервисных сетях связи на базе КиКС при использовании технологии АТМ и IP-телефонии пакетная скорость передачи информации является важнейшей характеристикой передаваемых четырех классов неоднородного трафика (классы А, В, С и D), которая оказывает существенное влияние на пропускную способность звена сети телекоммуникации. Пакетная скорость передачи КиКС корпоративных мультисервисных

сетей связи при передаче i -го трафика в момент времени t определяется следующим образом [3]:

$$V_{i,max,n}(t) = V_{i,max}^{(n)}(t) / [L_{u.ч} + L_{c.ч}], \quad i = \overline{1, n},$$

где n – количество источников сообщения; $L_{u.ч}$, $L_{c.ч}$ – длины информационной и служебной частей передаваемого пакета соответственно. Для сетевой технологии АТМ длина пакетов равна: $L_{u.ч} = 438$ байт, $L_{c.ч} = 40$ байт.

На основе модели звена сети и системно-технического анализа схемы функционирования мультисервисной сети связи на базе КиКС выявлено, что в трактах систем передачи потоков пакетов происходит потеря пропускной способности. Это случается именно в звене сети при реализации алгоритма «End to end», из-за внештатных ситуаций (из-за влияния различных помех, из-за ошибок в канале связи) трактов систем передачи. Под потерей пропускной способности в звене мультисервисной сети подразумевается степень нереализованности потенциально достижимой пропускной способности трактов системы передачи потоков пакетов КиКС, которые являются неиспользованными пропускными способностями корпоративных мультисервисных сетей – потенциальных ресурсов терминальных средств корпоративных мультисервисных сетей.

На основе теории передачи дискретных сигналов в [3, 4] установлено, что повышение пропускной способности с использованием КиКС зависит как от статистических свойств флуктуаций модемных сигналов в трактах систем передачи, так и используемых методов модуляции и помехоустойчивого кодирования передаваемых информационных потоков неоднородного трафика.

С учетом информационных характеристик канальных средств корпоративных мультисервисных сетей коэффициент избыточности источника неоднородного трафика трактов систем передачи определяется следующим образом [2, 4]:

$$D(S) = \frac{H_{\max}(S) - H(S)}{H_{\max}(S)} \leq 1. \quad (5)$$

В общем случае средняя скорость передачи пакета КиКС звена сети из n -го источника сообщения в отрезок времени T определяется следующим образом [1, 4]:

$$V_{cp} = V_{cp}^{(n)} = M[V(t)] = \frac{1}{T} \int_0^T V(t) dt. \quad (6)$$

Зная среднюю скорость передачи пакета КиКС корпоративной сети в момент времени t , коэффициент пачечности при передаче i -го потока пакета определяется следующим образом [3]:

$$K_{i,p}^{(n)} = [C_{i,max}^{(n)}(t) / V_{i,cp}^{(n)}] \geq 1, \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad (7)$$

Из результатов исследований следует, что оценка скоростных характеристик трактов системы передачи позволяет оценить коэффициенты потерь пропускной способности корпоративных мультисервисных сетей на базе КиКС, т.е. показатели потенциально достижимой пропускной способности КиКС корпоративных сетей.

На основе (6) и (7), а также параметров передаваемого пакета выражение (5) примет следующий вид:

$$D(S) = 1 - \frac{V_{cp}(S)}{L_n \cdot \log m_k} \leq 1,$$

где L_n – средняя длина передаваемого пакета; m_k – основание используемого кода; $V_{cp}(S)$ – средняя скорость передачи информации, зависящая от передаваемого трафика S .

В динамическом режиме ресурсы канальных средств корпоративных мультисервисных сетей целесообразно оценить при помощи коэффициента потерь

пропускной способности звена сети. Последнее, являющееся коэффициентом потерь пропускной способности корпоративных мультисервисных сетей, состоящих из КиКС, будем оценивать с помощью максимальной пакетной скорости на звене сети $V_{i,max,n}$ при условии выполнения заданных требований к средней вероятности ошибки приема пакетов: $P_{i,c.ou.} \leq P_{i,c.ou.don.}, i = 1, 2, \dots, n$.

Установлено [2, 5], что при нормальном функционировании звеньев сетей связи, когда отсутствует неограниченное возрастание очереди, коэффициенты потерь пропускной способности КиКС корпоративных мультисервисных сетей определяются следующим выражением:

$$D_{i,kl}(P_{i,c.ou.} \leq P_{i,c.ou.don.}) = [C_{i,max}^{(n)}(S) - V_{i,max,n}(S)] \cdot [K_{i,p}^{(n)} \cdot V_{i,max,n}(S)]^{-1}, i = \overline{1, n}, \quad (8)$$

где $K_{i,p}^{(n)}$ – коэффициент пачечности при передаче i -го потока пакета; $i = \overline{1, n}$, который является показателем ресурса пропускной способности КиКС корпоративных мультисервисных сетей и характеризует эффективность использования скоростных характеристик звена сети.

На основе проведенного анализа установлено [2, 4, 5], что для оценки показателя потенциально достижимой пропускной способности КиКС корпоративных мультисервисных сетей на базе современных информационных и сетевых технологий необходимо учитывать затраты на современные телекоммуникационные средства.

На основе полученных аналитических выражений произведены численные расчеты с помощью системы MATLAB 6.5 и ее пакетов Signal Processing Communications [8] и получены следующие результаты: $N_{i,t} = 16$ терм., QPSK, $K_{i,cж} \geq 4$, $V_{i,t} = 64$ Кбайт/с, $R = 3/4$, $P_{i,c.ou.} \leq 10^{-3}$, $V_{i,max,n} = 3,48$ Мбайт/с и $D_{i,kl} = 0,1753$.

Полученные числовые результаты на основе рассмотренного подхода показывают, что звенья мультисервисных сетей связи, образованные МА и СТ, не используют приблизительно 17,53% своих потенциально достижимых пропускных способностей. Из проведенного численного расчета также следует, что предельные возможности пропускной способности корпоративных мультисервисных сетей никогда не используются полностью. Степень их загрузки характеризуется коэффициентом использования КиКС:

$$\eta_k = P_k(S) / C_{max}.$$

Для реализации алгоритма «End to end» стоимость аппаратных и программных средств канального и коммутационного оборудования мультисервисных сетей с учетом загруженности звена сети при выполнении заданных телекоммуникационных процессов f_{ij} , $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$ определяется следующим образом:

$$C_{a,i} = \sum_{j=1}^m C_{a,ij} \cdot (1 - \rho_{ij}) \cdot T_{ij}, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m, \quad (9)$$

где T_{ij} – время выполнения телекоммуникационных процессов f_{ij} , $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$ при прохождении i -го потока пакетов от источника до получателя в j -м КиКС корпоративных мультисервисных сетей.

Таким образом, в мультисервисных сетях связи, в случае совместного обслуживания потоков неоднородного трафика (голос, данные, видео), предварительный учет оптимального выбора информационных характеристик пакетов позволяет повысить пропускную способность канала.

5. Заключение

Предлагаемый энтропийный подход для исследования эффективности функционирования системы передачи неоднородного трафика открывает новые возможности источников ресурсов пропускной способности КиКС корпоративных мультисервисных сетей за счет применения, эффективных методов кодирования, модуляции и технологии АТМ/IP-телефонии.

Литература

1. Прокис Дж. Цифровая связь //Перевод с англ. под редак. Д.Д.Кловского. М., Радио и связь, 2000. – 800 с.
2. Лагутин В.С., Степанов С.Н. Телетрафик мультисервисных сетей связи. М.: Радио и связь, 2000. – 320 с.
3. Иванова Т.И. Корпоративные сети связи. Москва: Эко-Трендз. 2001. – 284 с.
4. Кловский Д.Д. и др. Теория электрической связи. Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 1998. – 432 с.
5. Вишневецкий В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. Москва: Техносфера, 2003. – 512 с.
6. Назаров А.Н. Модели и методы расчета структурно-сетевых параметров АТМ-сетей. М.: Горячая линия – Телеком. 2002. – 232 с.
7. Addie R., Zukerman M., Neame T. Broadband traffic modeling; simple solution to hard problems // IEEE Communication magazine. 1998. №8, P.88-95.

UOT 004.716

Нəmidov Qalib İ.

AMEA İnformasiya Texnologiyaları İnstitutu, Bakı, Azərbaycan

galib.hamidov@bes.az

Korporativ çoxxidmətli şəbəkələrin kanal və kommutasiya vasitələrinin resurslarının tədqiqi

Korporativ çoxxidmətli şəbəkələrin informasiya xarakteristikalarından istifadə etməklə onların kanal və kommutasiya vasitələrinin buraxma qabiliyyətinin resurslarının qiymətləndirilməsi məsələlərinə baxılır. Qeyri-bircins trafiklərin verilişi sistemlərinin effektiv işləməsinin tədqiqinə əsasən entropiya yanaşması təklif olunmuş və korporativ şəbəkələrin buraxma qabiliyyətini qiymətləndirməyə imkan verən analitik ifadələr alınmışdır.

Açar sözləri: korporativ çoxxidmətli şəbəkələr, effektivlik, qeyri-bircins trafiklər, xidmət keyfiyyəti, buraxma qabiliyyəti, kanal və kommutasiya vasitələri.

Hamidov Galib I.

Institute of Information Technology of ANAS, Baku, Azerbaijan

galib.hamidov@bes.az

Research of corporative multi-service network resources of channels and commutation means

The estimation problems of throughput resources of channel and commutation means of corporative multiservice networks are investigated using their informational characteristics. On the basis of investigations on the functioning efficiency of non-uniform traffic transfer system the entropic approach is offered and analytical expressions permitting the estimation of throughput loss of corporate networks are received.

Key words: corporate multiservice network, efficiency, non-uniform traffic, quality of service, throughput, channel and commutation means.