

МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ И РАСЧЕТОВ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА IP-ТЕХНОЛОГИЙ

Постановка задачи

Разработка методики моделирования и расчетов оценки качества параметров IP-технологий для сетей новых поколений

Введение

Как показывают исследования, телекоммуникационный сектор состоит из вторичных сетей электросвязи, использующих сетевые технологии: высокоскоростной коммутации (asynchronous transfer mode, ATM) и IP-телефонии, комплекса услуг на базе сетей новых поколений (Next-Generation Network, NGN) (рис. 1) и терминального оборудования на базе DSP-технологии (Digital Signal Processing), определяющего возможность интеграции мультисервисных систем связи. Эти три базовые составляющие отражают эволюцию телекоммуникационного сектора на базе интеграции современных телекоммуникационных технологий, позволяющих поддерживать характеристики вторичных сетей электросвязи и значения показателей (Quality of Service, QoS). Это и необходимо учитывать при создании методов решения задачи повышения и анализе алгоритмов качества работы IP-сетей [1].

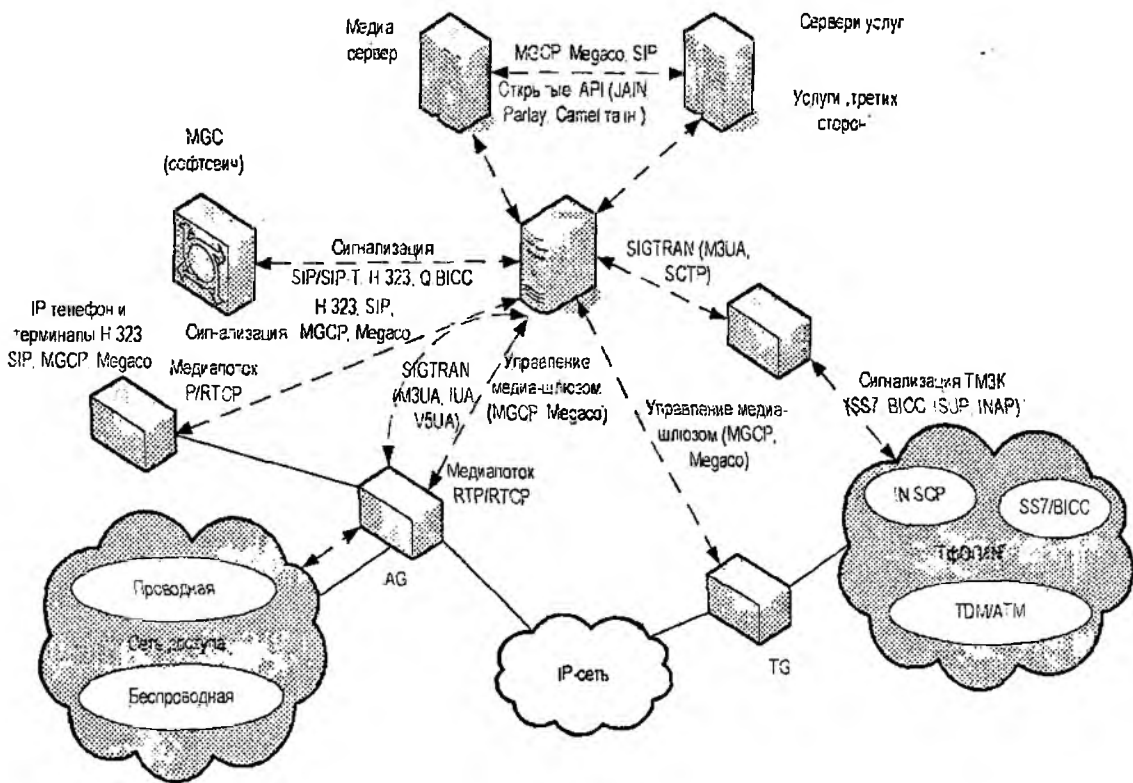


Рис. 1

Объектом исследования при разработке методики является терминальное оборудование мультисервисных сетей связи, на котором реализуются пакетные технологии передачи неоднородного трафика на примере IP-технологий

Математическое описание методов оценки параметров качества функционирования IP-технологий в сетях новых поколений

В целях создания методов оценки параметров качества функционирования IP-сетей в сетях новых поколений исследованы их комплексные характеристики с заданными параметрами системы качества обслуживания QoS.

Для решения данной задачи исследуемые характеристики параметров качества функционирования IP-сетей в сетях новых поколений делятся условно на следующие большие группы показателей системы передачи неоднородного трафика [2]:

Характеристики сети E_n и терминального оборудования E_k , т.е. эффективность функционирования терминального оборудования IP-сетей при передаче i -го потока пакетов неоднородного трафика:

$$E_{nk} = \max [E_n, E_k]; \quad (1)$$

$$E_n = [N_m, \eta, V_m]; E_k = [P_{Nm}, \eta, C_{max}]; i = \overline{1, n}, \quad (2)$$

здесь C_{max} – максимальное значение суммарной пропускной способности при передаче i -го потока пакетов; V_m – скорость работы абонентских и сетевых терминалов при передаче i -го потока пакетов; η – коэффициент эффективного использования интегрального мультиплексора и маршрутизатора при передаче i -го потока пакетов; P_{Nm} – вероятностный параметр сетей связи, учитывающий качество функционирования системы, который позволяет оценить вероятность отказа в немедленном обслуживании потоков пакетов [4], с учетом количества терминального оборудования N_m в звеньях IP-сети:

$$P_{Nm} = P_0(a_{ni}, N_m) a_{ni} [(N_m - a) \cdot (N_m - 1)!]^{-1}, N_m > a_{ni}, \quad (3)$$

где $P_0(a_{ni}, N_m)$ – вероятность того, что вначале, при поступлении потоков пакетов в звенья, все терминальное оборудование свободно; a_{ni} – обобщенный параметр потоков пакетов неоднородного трафика.

$$a_{ni} = N_m t_{cp} \sum_{i=1}^n \lambda_i < 1, i = \overline{1, n}, \quad (4)$$

где t_{cp} – среднее время, затрачиваемое на передачу одного пакета в IP-сетях; λ_i – суммарная скорость поступления i -го потока пакетов;

Показатели качества предоставляемых услуг E_{QoS} , т.е. качество обслуживания i -го потока пакетов неоднородного трафика, которые определены по рекомендациям ITU-T G.106 и ориентированы на пользователя:

$$E_{QoS} = \min [T_{cpz}, U_k \cdot P_{cn}], i = \overline{1, n}, k = 1, \dots, N, \quad (5)$$

где T_{cpz} – среднее время задержки при передаче i -го потока пакетов; P_{cn} – суммарная вероятность потерь при передаче i -го потока пакетов; U_k – усредненная взвешенная степень утилизации абонентских и сетевых терминалов (входного порта, интегрального мультиплексора, граничного коммутатора, виртуального маршрутизатора и др.)

Таким образом, показателями QoS являются комплексные характеристики IP-сетей [3], определяющие такие категории, как соглашение об уровне обслуживания (Service Level Agreement, SLA) и класс обслуживания (Class of Service, CoS) для предоставления услуг пользователю на базе современных технологий ATM и IP-телефонии по рекомендации ITU-T E.800 и E.860.

Методы создания сегментов IP-сетей, образованных абонентскими и сетевыми терминалами

В целях повышения качества функционирования сегментов IP-сетей для передачи разнотипных пакетов необходимо создать эффективную структуру звена IP-сети. Для решения данной задачи предлагается простейшая схема IP-сетей (рис. 2), состоящая из следующих сегментов: буферного накопителя (БН) абонентского терминала, сети абонентского доступа (САД), сетевых узлов доступа, интегральных мультиплексоров и виртуальных маршрутизаторов ATM и IP-телефонии, работающих с протоколом многопротокольной коммутации

меток (Multi protocol Label Switching, MPLS) и многопротокольная коммутация меток поверх ATM (Multi protocol over ATM, МРОА)



Рис 2

Рассмотрим алгоритм работы на примере отдельного сегмента IP-сети абонентского терминала. Пусть в модуль БН абонентского терминала поступают пуассоновские входящие потоки пакетов [3] с параметрами $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$, образуемые в результате суперпозиции $n(1-n)$ неоднородных информационных потоков пакетов с интенсивностью $\lambda_i, i = \overline{1, n}$, создаваемые различными типами источников нагрузки (речь, данные, факс, Internet, видео). Далее через САД и сетевые узлы доступа, разнотипные пакеты поступают к интегральному мультиплексору. При этом скорость поступления потоков пакетов в звено сети абонентского доступа зависит от текущего состояния системы [2]

$$\lambda_i = \lambda(n-1), \text{ если } i = \overline{1, n}, \lambda_i = 0, \text{ если } i > 1. \quad (6)$$

В сегментах маршрутизации управление трафиком начинается с абонентского терминала в сети и заканчивается виртуальным маршрутизатором на выходе из сети связи со скоростями передачи основного цифрового канала (ОЦК), 64 кбит/с, первичного цифрового потока (Е1), 2 Мбит/с и четверичного цифрового потока (Е4), 155 Мбит/с [4], работающих в режиме установленного соединения. Виртуальные маршрутизаторы в линейных цифровых трактах систем передачи могут выделять и обрабатывать в первую очередь чувствительные к задержкам пакеты речи и видео с использованием протоколов МРОА. Применение механизма МРОА [3] позволяет объединить локальные и корпоративные сети IP с магистралями АТМ, обеспечивая разнообразие интерфейсов и увеличение скорости передачи от 64 кбит/с до 2,5 Гбит/с.

Из алгоритма управления передачей разнотипных пакетов по заданным параметрам загрузки системы $\rho(\lambda_i) < 1$ и матрице маршрутов трафика вытекает, что исследуемое звено IP-сети должно состоять из $N_m (N_m > 1)$ абонентских и сетевых терминалов. При этом для каждого вновь поступающего потока пакетов потребуется N терминалов, $1 < N < N_m$, с вероятностью p_n , где $0 < p_i < 1, p_1 + p_2 + \dots + p_n = 1$, т.е. поток разнотипных пакетов трафика представляет собой суперпозицию $n(n-1)$ независимых пуассоновским потоком.

Таким образом, скорости потоков пакетов, проходящих через N сегментов в стационарном режиме, удовлетворяют следующей системе линейных уравнений [2]:

$$\lambda_j = \lambda_0 + \sum \lambda_i p_{ij}, j = \overline{1, N}. \quad (7)$$

Решение, которое в силу предположения о том, что стохастический элемент матрицы маршрутов является неразложимым, существует в единственном числе (здесь λ_0 – скорость поступления потоков пакетов извне в звено i , P_{ij} – вероятность маршрутизации).

Уравнение (7) называется уравнением потоков пакетов трафика, которые определяют условия локального баланса и вероятности перехода, задаваемые матрицей маршрутов [2]:

$$P = \|P_{ij}\|, \forall_i, \sum_{j=1}^N P_{ij} = 1, 0 \leq P_{ij} \leq 1, j = \overline{1, N}. \quad (8)$$

Представленный сегмент IP-сети для реализации алгоритма «от источника до получателя» обеспечивает эффективную передачу разнотипных пакетов благодаря выбору универсальной технологии АТМ и IP-телефонии на основе механизмов МРОА и MPLS.

Методика расчета параметров качества обслуживания потоков пакетов трафика

Одним из показателей гарантированного качества обслуживания речевого и видеотрафика является среднее время задержки передачи потоков пакетов, чувствительных к задержкам передаваемых трафиков

Как следует из рассмотренных алгоритмов работы IP-сетей, среднее время задержки при передаче потока пакетов включает следующие временные составляющие: среднее время задержки при передаче потоков пакетов по трактам системы передачи – $T_{icp, n}$; время ожидания очереди БН на передачу внутри звена – $T_{icp, бн}$; время обработки пакета терминальных устройством – $T_{icp, o}$. Суммарное значение среднего времени задержки передачи i -го потока пакетов в звеньях IP-сетей определяется следующим образом[1]:

$$T_{icp, i} = \text{Arg min} [T_{icp, n} + T_{icp, бн} + T_{icp, o}] \cdot K_{icp, i} \leq T_{icp, доп}, 1 \leq i \leq n, \quad (9)$$

где $K_{icp, i}$ – коэффициент сжатия трафика i -го потока пакетов на основе дифференциальных алгоритмов данных и алгоритмов интерполяции речевых и видеосигналов, $T_{icp, доп}$ – допустимое среднее время задержки i -го потока пакетов речевого трафика, по рекомендации ITU-T G.114 $T_{icp, доп} \leq (150 \dots 300) \text{ мс}$.

Пример 1. Проведем расчеты для трех классов обслуживания (Excellent, Fine, Good) по формулам (7) – (9), при исходных данных $T_{icp, n}$ в пределах от 0 до 400 мс, с шагом 50 мс. $K_{icp, i} = 1$, $T_{icp, бн}$ – время ожидания очереди БН на передачу внутри звена, в пределах от 1,5 до 30 мс, с шагом 10, $T_{icp, o}$ – время обработки пакета терминальных устройством от 4,5 до 30 мс (рис 3)

Построим графики зависимости трафика обработки потока пакетов для полученного выражения, где представлено изменение времени задержки пакетов по разным классам качества услуг IP-телефонии (Excellent, Fine, Good), используя ПО Matlab V 7.1.

По результатам расчета на рис. 3, а представлен график распределения среднего времени задержки передачи потоков пакетов, чувствительных к задержкам передаваемых трафиков. Полученные 1, 2, 3 – кривые по разным классам качества услуг IP-телефонии с $K_{icp, i} = 1$;

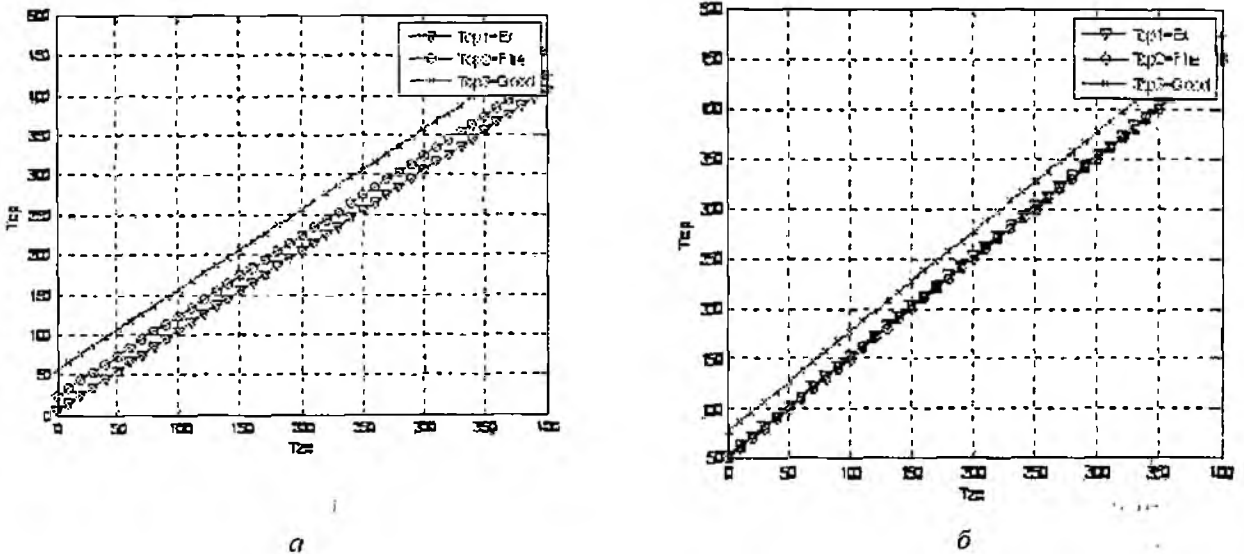


Рис 3

Пример 2. Проведем расчеты для трех классов обслуживания (Excellent, Fine, Good) по формулам (7) – (9) при исходных данных: $T_{icp, n}$ в пределах от 0 до 400 мс, с шагом 50 мс. $K_{icp, i} = 1$, $T_{icp, бн}$ – время ожидания очереди БН на передачу внутри звена в пределах от 1,5 до

30 мс. с шагом 10 мс. $T_{\text{исп}}$ – время обработки пакета терминальным устройством в пределах от 20 до 50 мс с шагом 10 мс.

По результатам расчета на рис. 3. б представлен график распределения среднего времени задержки передачи потоков пакетов, чувствительных к задержкам передаваемых трафиков. Полученные 1, 2, 3 – кривые по разным классам качества предоставляемых услуг IP-телефонии имеют эквивалентные параметры временных задержек передачи потоков пакетов.

Выводы

Предложена методика моделирования и расчетов оценки с анализом параметров качества обслуживания неоднородного трафика в IP-сетях.

Представлено математическое описание методов оценки качества функционирования IP-сетей, которое включает характеристики сети $E_{\text{тс}}$ и терминального оборудования $E_{\text{т}}$, а также показатели качества предоставляемых услуг $E_{\text{оис}}$.

Рассмотрен алгоритм работы отдельного сегмента IP-сети на примере абонентского терминального оборудования.

Предложена методика вычисления среднего времени задержки передаваемых потоков IP-пакетов в заданных пределах по всем классам обслуживания Good и Fine. Построены графики распределения среднего времени задержки передаваемых потоков пакетов с использованием ПО Matlab V 7.1. Анализ графиков показывает, что при значительных временных задержках значения параметров качества по классам обслуживания Good и Fine имеют минимальное отличие временных характеристик задержек.

Список литературы: 1. Зубарев Ю. Б., Комашинский В. И., Портнов В. В. Эффективность функционирования сетей подвижной радиосвязи с интеграцией служб // Радиотехника. 2002. №1. С. 3-8. 2. Ибрагимов Б. Г. Подход к улучшению качества функционирования оптических абонентских терминалов оптоэлектронного канала связи // Телекоммуникации. 2004. №4. С. 35–39. 3. Шпенс-Шпенне М. А. О соглашениях SLA в условиях NGN и услуг Triple Play // Электросвязь. 2006. №3. С. 19-21. 4. Гальдштейн Б. С., Пичук А. В., Суховицкий А. Л. IP-Телефония // М.: Радио и связь. 2001.

Харьковский национальный
университет радиозлектроники

Поступила в редколлегию 05.09.2008