

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПЕРЕДАЧИ МУЛЬТИМЕДИЙНОГО ТРАФИКА

Национального авиационного университета

На этапах разработки и проектирования мультисервисной сети, в условиях реального функционирования и развития, в соответствии с требованиями обеспечения качества обслуживания, надежности и информационной безопасности, возникает задача оценивания широкого класса вероятностно-временных характеристик. Это вызывает необходимость разработки соответствующего моделирующего аппарата для анализа таких сложных систем и управления сетью в реальном масштабе времени.

Введение

Современные архитектуры интернета не обеспечивают полной гарантии качества. Существует множество адаптивных методов, которые позволяют сделать приложения реального времени более толерантными к вариациям задержек и потерь пакетов. Несмотря на это, проблема качественной передачи мультимедийного трафика в сетях *TCP/IP* остается решенной не до конца [1].

В значительной степени внимание уделяется использованию беспроводной модели сети, на основе стандарта IEEE 802.16. Далее рассматриваются некоторые ключевые параметры, от которых зависит эффективное использование сети *WiMAX*. Сеть *WiMAX* предоставляет наивысшую пропускную способность на сектор с повторным использованием частоты.

В основу технологии *WiMAX* положена сотовая топология передачи информации, где каждая базовая станция (БС) соты должна обеспечивать в рамках соты передачу мультимедийного трафика (ММТ) с заданным качеством обслуживания *QoS*.

Одной из главных особенностей в процессе функционирования сети является управление во время возникновения различных конфликтных ситуаций. К конфликтным ситуациям можно отнести наиболее распространённые: перегрузка сети в целом, что зачастую характерно для передачи мультимедийного трафика в

реальном времени, перегрузка ее отдельных компонентов или сегментов, выход из строя отдельных компонентов сети, нарушение нормального процесса функционирования сети. Последствия таких ситуаций заключаются в полном или частичном отказе функционирования компонент сети, снижении ее производительности в целом и отдельных компонент, нарушении связности сети, в ухудшении качества обслуживания некоторой части абонентов и в искажении или уничтожении информации, предоставляемой им. Поскольку все перечисленные ситуаций приводят к ненадежному функционированию как различных компонент в отдельности, так и всех информационных сетей в целом, необходим их всесторонний, тщательный математический анализ и моделирование на этапах проектирования, разработки, эксплуатации и модернизации.

Основными задачами системы управления сетью являются следующие:

1. Обнаружение нештатных ситуаций определенного типа в течение заданного интервала времени с заданной вероятностью до их фактического появления.

2. При возникновении нештатной ситуации – определение компонентов сети, в которых эта ситуация развилась.

3. Прогнозирование и предотвращение нештатных ситуаций, при их возникновении определение и реализация мер, осуществляющих нейтрализацию

обнаруженной и локализованной нештатной ситуации.

Выработка требуемых управленческих решений должна производиться на основе статистического анализа и прогноза трафика пользовательской загрузки коммуникационного оборудования сети. Реализация функций управления трафиком требует создания обучающейся и адаптирующейся системы с развитым интерфейсом, основанной на системе математического расчёта мультисервис-ных сетей, что обеспечивало бы нахождение в реальном масштабе времени наиболее оптимальных решений [1].

Математическая модель сети

Задачи анализа и проектирования сетей требуют разработки специализированных программных средств и использования специальных технологий их моделирования. Технология использования инструментальных средств математического моделирования включает в себя следующие этапы [2]:

- анализ исследуемой системы и формулирование задач расчёта повышения производительности сети;
- построение концептуальной модели (КМ), описывающей необходимый набор параметров исследуемой системы;
- основываясь на имеющемся наборе параметров, расчёт данных для повышения производительности сети;

В системе математического моделирования сети, математическая модель описывается в рамках некоторой выбранной концептуальной модели. Концептуальная модель – математический объект, описывающий множество входящих параметров моделируемой системы, ее алгоритмы функционирования, а также цели моделирования – множество исследуемых параметров моделируемой системы, одними из важнейших являются: скорость передачи мультимедийного трафика, время задержек, надёжность передачи. Концептуальной модели ставится в

соответствие программная модель (некоторая структура объектов используемого языка моделирования, которая реализует концептуальную модель в виде программы).

Для оценки вероятностно-временных характеристик передачи видеотрафика предлагается аналитическая модель. Модель цифрового вещания разработана в классе неоднородных замкнутых сетей обслуживания. Такая сеть обслуживания состоит из L узлов (систем массового обслуживания), по которым циркулирует некоторое количество K классов разнотипных заявок. Модель содержит $L = 8 + 4N_A$ систем обслуживания, $K = 15 N_A$ классов заявок. Направления потоков заявок, соответствующих классов известны, а величина N_A определяет число абонентов, осуществляющих одновременный прием видеопрограмм. Разработанная модель учитывает перечисленные выше технические, программные и информационные параметры моделируемой системы [3].

Модель позволяет оценить широкий набор вероятностно-временных характеристик процесса цифрового вещания видеопрограмм, а именно:

$$1. \bar{n}_{sv} = \sum_{i=1}^{N_A} \sum_{\omega \in \Omega} \sum_{c \in C} \bar{n}_{q^{sv}, c} - \text{среднее число}$$

ω -кадров, ожидающих передачу в сервере, где $i = \overline{1, L}$ – матрица интенсивностей обслуживания требований в сети, q^{sv} – задержка, которая происходит с кадрами при их передаче от сервера к соответствующей рабочей станции, ω – множество всех типов кадров в видеопотоке, $c = 3 \cdot 10^5$ км/ч – скорость распространения сигнала в линии [1].

$$2. \bar{n}_x = \sum_{i=1}^{N_A} \sum_{\omega \in \Omega} \sum_{c \in C} \bar{n}_{q^{st}, c} - \text{среднее число}$$

пакетов, ожидающих передачу в интерфейсе, \bar{n}_x , где q^{st} – задержка, которая происходит с кадрами при их

передачи по гигабитному каналу Ethernet [1].

$$3. \bar{n}_{Sw} = \sum_{i=1}^{N_A} \sum_{\omega \in \Omega} \sum_{c \in C} \bar{n}_{q^{Sw}, c} - \text{среднее число}$$

пакетов, ожидающих передачу в коммутаторе \bar{n}_{Sw} , где q^{Sw} - задержка, которая происходит с IP-пакетами в коммутаторе во время их передачи от сервера к соответствующей рабочей станции и назад [1].

$$4. \bar{n}_M = \bar{n}_{Sw} + \bar{n}_x + \sum_{i=1}^{N_A} \bar{n}_{T_i} \quad \text{общее}$$

число пакетов, находящихся в совместно используемой памяти коммутатора \bar{n}_M .

Сеть определяется следующим набором параметров S [1]:

$$S = \langle L, K, \bar{N}, \Theta, \bar{D}, \mu \rangle,$$

в котором: L - число систем массового обслуживания в сети S ; K -число классов требований в сети S ; \bar{N} - начальный вектор числа требований, $\bar{N} = (\bar{N}_k)$, $k = \overline{1, K}$, $\Theta = (\theta_{i,k,j,l})$, $i, j = \overline{1, L}$, $k, l = \overline{1, K}$ - маршрутная матрица, в которой элемент $\theta_{i,k,j,l}$ определяет вероятность того, что требования k -класса переходят из i -системы в j -систему и l -класс; \bar{D} - вектор дисциплин обслуживания требований в i -системе обслуживания в сети S ; $\mu = (\mu_{i,k})$, $i = \overline{1, L}$, $k = \overline{1, K}$ - матрица интенсивностей обслуживания требований в сети S , в которой элемент $\mu_{i,k}$ определяет интенсивность обслуживания требований k -класса в i -системе. Значения параметров сети S - число систем массового обслуживания, число классов заявок, дисциплины обслуживания, интенсивности обслуживания, и не нулевые элементы маршрутной матрицы приводятся ниже. Используются следующие обозначения: S_i^ω , $i = \overline{1, N_A}$, $\omega \in \{l, P, B\}$ - средний размер MAC-пакета, который содержит ω -кадры (бит), $S_i^\omega = 8(S_i^{\omega} + S^{TCP} + S^{IP} + S^{MAC})$.

Задачей является получение оценки ряда вероятностно-временных характеристик процесса передачи видеотрафика сети, ниже приведены некоторые из них:

$$t_i = \tau_{q^{Sw}, c_i^\omega, q^{Sw}, c_i^\omega} \quad \text{среднее время}$$

нахождения ω -кадров в сети, t_i

$$\tau_i^\omega = \tau_{q^{Sw}, c_i^\omega, q_i^{TP}, c_i^\omega} \quad \text{среднее время}$$

доставки ω -кадров из сервера в i -рабочую станцию, $i = \overline{1, N_A}$, $\omega \in \Omega$

$$q_i^{TP} - \text{задержка, которая происходит}$$

с сигналом при его передаче по каналу Fast Ethernet от коммутатора до соответствующей базовой станции и назад.

При расчётах оптимальной передачи данных временные характеристики сигнала являются одними из важнейших составляющих. Мощность, полученная от передатчика на расстоянии d , будет непосредственно воздействовать на полученное отношение сигнала к шуму (SNR) [4]. Желаемый уровень сигнала представляется как принятая мощность Pr в милливаттах:

$$P_r [mW] = \frac{P_t G_t G_r}{PL(d) M}, \quad (1)$$

имеет смысл если $d \gg 2D^2 / \lambda$, где P_t - передаваемая мощность, G_t и G_r являются эффективными коэффициентами усиления антенны передатчика и приемника, величина $PL(d)$ является потерями в тракте передачи (PL) на расстоянии d , M является коэффициентом потерь системы, D - эффективный размер передающей антенны, а λ является соответствующей длиной волны распространяющегося сигнала (в условиях дальней зоны). Коэффициент усиления антенны равен $G = 4\pi A_e / \lambda^2$; величина A_e - эффективное раскрытие антенны. Длину λ в метрах можно найти с помощью выражения $c/f = 3.108/f$, где f - частота сигнала. Кроме того, Pr может быть представлен в dBm модулях как:

$$P_r[dBm] = 10 \log(P_r[mW]) \quad (2)$$

$$= P_t + G_t + G_r - PL(d) - M$$

В модели свободного прохождения сигнала, условием считается беспрепятственное распространение, также существует только один путь зоны прямой видимости (LOS) между передатчиком и приемником (T-R). На беспрепятственном LOS пути между T-R, величина $PL(d)$ может быть определена как $(4\pi)^2 d^2 / \lambda^2$, если мощность измеряется в dBm, то $PL(d)$ имеет следующий вид $92.4 + 20 \log(f) + 20 \log(d)$. Требуемое расстояние между T-R можно представить в виде:

$$d = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{PL(d)} \lim_{x \rightarrow \infty} = \frac{c}{4\pi f} \sqrt{PL(d)}. \quad (3)$$

Для обозначения в городской среде взаимоотношения между расстоянием и полученной мощностью, PL модель можно наглядно выразить с помощью измерений параметра σ :

$$PL(d) = PL(d_0) + 10\rho \log\left(\frac{d}{d_0}\right) + X_\sigma + C_f + C_H \quad (4)$$

Величина $PL(d_0) = 20 \log(4\pi d_0 / \lambda)$ предназначена для свободно-пространственной потери в тракте передачи, с известным расстоянием d_0 опорного сигнала. (обычно на большом расстоянии от передающей антенны – 1 км для больших городских мобильных систем, 100 м для систем микросоты и 1 м для внутренних систем). Элемент X_σ обозначает случайную нулевую средне-распределенную переменную Гаусса (измеряемую в dB), который отображает изменения в полученной средней мощности. ρ – является показателем потери в тракте передачи, где $\rho = 2$ для области свободного распространения и как правило для беспроводных каналов значение выше.

Может измеряться как $\rho = (a - bH_b + c/H_b)$, где a , b , и c – константы для каждой категории местности. H_b является высотой базовой станции и имеет значение $10 \leq H_b \leq 80$ м. Термин C_f , измеренный с помощью $C_f = 6 \log(f/1900)$, является основой для фактора частотной

коррекции, он учитывается при дифракционной потере для различных частот. Основываясь на дифракционной потере, C_f является простым фактором частотной зависимости. C_H – фактор корректировки высоты антенны приемника, а H высота антенны приемника. $C_H = -10.7 \log(H/2)$, при условии $2 \leq H \leq 8$ м.

Качество звука или видео на приемнике непосредственно связано с отношением сигнал/шум. Ограничивающим фактором в беспроводной связи является требование принимающей стороны к отношению сигнал/шум:

$$SNR[dB] = P_r[dBm] = N_0[dBm], \quad (5)$$

где N_0 – мощность шума в dBm. Предполагая, что пропускная способность несущей B , F – коэффициент шума приемника, r_b/B – спектральная эффективность, G_c – эффективность кодирования. SNR для кодовой модуляции со скоростью передачи данных r_b может иметь следующий вид [4]:

$$SNR[dB] = 10 \log\left(\frac{P_r r_b}{N_0 B}\right) - G_c, \quad (6)$$

где:

$$N_0[dBm] = -174[dBm] + 10 \log B + F[dB].$$

Для получения критерия измерений полученного SNR каждая абонентская станция (АС) использует самую низкую частоту с predetermined мощностью передачи. После получения сообщения от АС, БС вычисляет предполагаемое расстояние между БС и АС согласно полученному SNR . Предполагая, что для успешного приёма сигнала абонентской станции, БС использует минимальную мощность приёма, чувствительность $P_{r,min}$, что соответствует минимально необходимому отношению SNR , обозначается как SNR_{min} , каждой АС. Согласно уравнениям (2) и (6) следует выражение [4]:

$$SNR_{min} = P_{r,min} - N_0 \quad (7)$$

$$= P_t + G_t + G_r - PL(d) - M - N_0$$

Заменяя уравнением (4) в уравнение (7):

$$SNR_{min} = P_t + G_t + G_r - 20 \log \left(\frac{4\pi d_0 f}{c} \right) - 10p \log - X_\sigma - C_f - C_{II} - M - N_0 \quad (8)$$

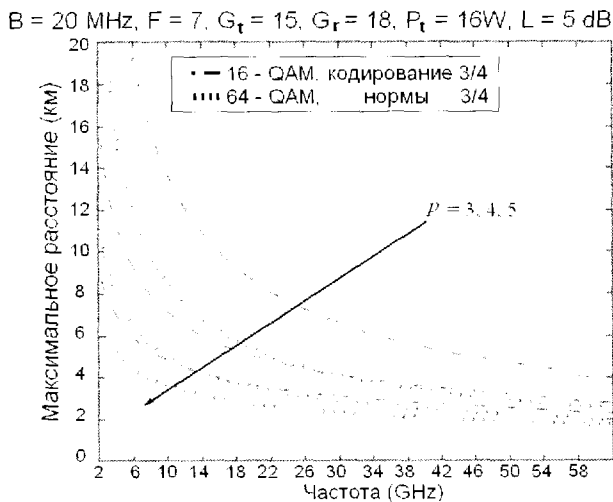


Рис. 1. Максимальное расстояние передачи в сравнении с доменами частоты от 2 до 66GHz с различными схемами модуляции.

Решая уравнения (8) для максимального расстояния передачи d (d_{max}):

$$d_{max} = d_0 \times 10 \exp \left\{ \left[P_t + G_t + G_r - 20 \log \left(\frac{4\pi d_0 f}{c} \right) - X_\sigma - C_f - C_{II} - M - SNR_{min} - N_0 \right] / 10p \right\} \quad (9)$$

Рис. 1, построенный на основе уравнения (9), отображает отношение частоты и расстояния между двумя антеннами с различными схемами модуляции, когда модуляция равна 16-QAM и 64-QAM и необходимое SNR_{min} составляет 18.2 децибелов и 22.4 децибела, соответственно.

При параллельном расчёте чувствительности сигнала, отношения сигнала к шуму, мощности передачи и вероятностно-временных характеристик процесса передачи видеотрафика возможно получение максимально

эффективной скорости передачи информации.

Выводы

В работе реализован расчёт некоторых вероятностно-временных характеристик, а также интенсивности различных кадров, которые входят в различное оборудование связи, задержки передачи различных видеок кадров, которые передаются каждому абоненту, частично определены временные характеристики доставки, определяющиеся как интервал между моментом начала формирования сервером IP-пакета, который содержит очередной посылаемый видеок кадр, и моментом приема этого пакета рабочей станцией.

При расчётах измерения сигнала получены результаты по желаемому уровню принимаемой мощности сигнала, оптимальное расстояние между передатчиком и приемником, а также минимально необходимое отношение SNR . Прослежено влияние мощности, полученной от передатчика на определенном расстоянии, на отношение сигнала к шуму.

Список литературы

1. Величко В.В., Субботин Е.А. Телекоммуникационные системы и сети, мультисервисные сети. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005.
2. Chang X. Network simulation with OPNET // Proc. 1999 Winter Simulation Conf. – P.7-13.
3. Zegura E.W., Calvert K.L. Bhattacharjee S. How to model an Internet work // Proc. Of the INFOVCOM'96 Conf., 1996. – P. 594-602.
4. C. Hoymann, Analysis and performance evaluation of the OFDM-based metropolitan area network IEEE 802.16 // Computer Networks, vol. 49, 2005. – P. 341-363.