

УДК 004.942
DOI: 10.12737/23241

В.В.Чечик, К.А. Батенков

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАФИКА HTTP И FTP С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОЙ СРЕДЫ RIVERBED

Проведен анализ результатов имитационного моделирования трафика приложений HTTP и FTP (с гарантией качества обслуживания) с помощью программного продукта Riverbed. Получены статистические зависимости времени, необходимого для извлечения всей страницы, и вероятности ее потери

от среднего времени между запросами, средней длины объекта (страницы), средней доли вероятности потери пакетов и средней задержки пакетов.

Ключевые слова: имитационное моделирование, программный продукт Riverbed, приложения, характеристики качества обслуживания.

V.V. Chechik, K.A.Batenkov

SIMULATION OF HTTP AND FTP TRAFFIC USING RIVERBED SOFTWARE ENVIRONMENT

The purpose of the investigation presented in the paper is the obtaining and analysis of statistic dependences of service quality characteristics for the traffic of HTTP and FTP applications. By means of Riverbed software product there is created a simulation model with the aid of which the essential characteristics (time necessary for the extraction of the whole of a page and probability of packages loss) are obtained. On the basis of the dependences presented as diagrams

there is carried out the analysis of data obtained as a result of which the following conclusion is drawn: on the whole the dependencies of service quality characteristics for traffics of HTTP and FTP applications do not differ considerably and have the same trends owing to the application of an identical report of a transport level.

Key words: simulation, Riverbed software product, applications, service quality characteristics.

Введение

В настоящее время наблюдается активное развитие как сетей связи, так и услуг, предоставляемых этими сетями. Этот процесс требует не только разработки нового технологического оборудования, программных продуктов и стандартов, но и подготовки квалифицированных специалистов. Компьютерное моделирование, как показала практика, играет существенную роль при решении как тех, так и других задач. Апробация тех или иных решений на модели несравнимо дешевле, чем на реальной системе, и позволяет исключить возможные ошибки. В учебном процессе моделирование позволяет наглядно проиллюстрировать основные принципы и дать обучаемым навыки работы с такими системами, которые физически им недоступны [1].

Существует два основных метода моделирования: аналитическое и имитационное. В аналитических моделях поведение сложной системы описывается в виде

некоторых функциональных соотношений и логических условий. Наиболее полное исследование удастся провести, когда получены явные зависимости, связывающие искомые величины с параметрами сложной системы и начальными условиями её изучения, но это выполнимо только для сравнительно простых систем, для сложных приходится идти на упрощение реальных явлений. Когда явления в системе настолько сложны и многообразны, что аналитическая модель становится слишком грубым приближением к действительности, используют имитационное моделирование. Здесь поведение системы описывается набором алгоритмов, которые затем реализуют ситуации, возникающие в реальной системе.

Имитационные модели имеют преимущества, так как они могут быть построены в самых общих предположениях о функционировании системы, а следовательно, могут быть более адекватны.

В настоящее время существует несколько коммерческих программных продуктов, предназначенных для имитационного моделирования сетей связи. Наиболее подходящей для имитационного моделирования трафика приложений, требующих гарантий доставки, является система Modeler от компании OPNET (Riverbed).

В целях исследований была построена с помощью программного продукта Riverbed имитационная модель, изображенная на рис. 1.

С помощью данной имитационной модели исследованы статистические зависимости времени, необходимого для извлечения всей страницы (T , с), и вероятности потери пакетов ($P_{\text{пот.}}$) от времени меж-

ду запросами страниц (Δt , с), размера одного запрашиваемого объекта (L , байт), средней задержки пакетов (τ , с) и средней доли вероятности потери пакетов (P , %).

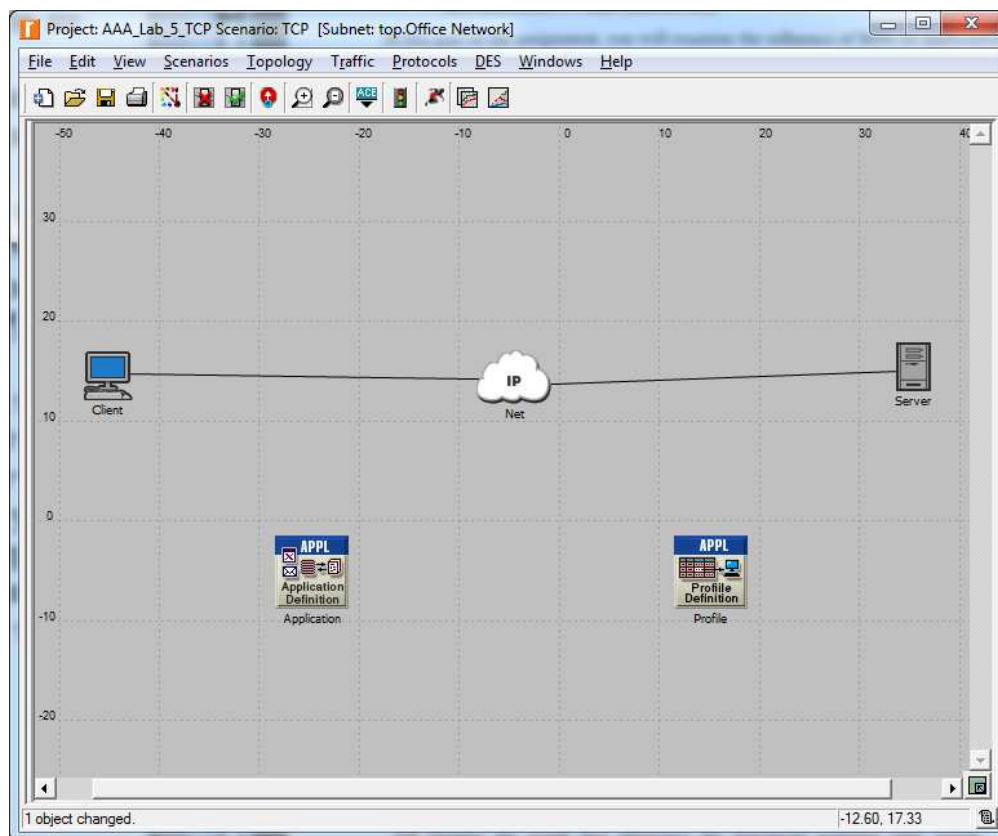


Рис. 1. Топология сети

Время между запросами страниц и размер одного запрашиваемого объекта устанавливаются непосредственно в приложении на компьютере пользователя. Средняя задержка пакетов, а также средняя доля вероятности потери пакетов устанавливаются в IP-облаке. Время, необходимое для извлечения всей страницы, вычисляется с помощью графика, который

строится при каждом запуске модели, и зависит от длительности проведения моделирования. В данном исследовании для получения наиболее достоверных данных выбрано время моделирования ($t_{\text{мод.}}$), равное 12 ч, но в некоторых случаях время моделирования сокращено, что связано с ограничением количества полученных результатов (не более 50 млн) с помощью

программного продукта Riverbed. Вероятность потери пакетов вычисляется с помощью формулы

$$P_{\text{пот.}} = 1 - \frac{G}{N},$$

где G - общее число реально загруженных страниц; N - общее число запросов страниц при определенном значении Δt .

В свою очередь, N вычисляется с помощью формулы

$$N = \frac{3600}{\Delta t} \cdot t_{\text{мод.}}$$

Общее число реально загруженных страниц определяется с помощью графика, который строится при каждом запуске модели, и зависит от длительности проведения моделирования.

Скорость в линии связи «Client - Net» равна 1,5 Мбит/с, а в направлении «Net - Server» составляет 3 Мбит/с.

Исследование статистических зависимостей графика приложения НТТР

С помощью построенной модели (рис. 1) проведен анализ влияния времени между запросами страниц (Δt) на время, необходимое для извлечения всей страницы (T), и на вероятность потери пакетов

($P_{\text{пот.}}$). При этом размер одного запрашиваемого объекта (L) остается постоянным и равным 2250 кбайт. Результаты измерений представлены на рис. 2.

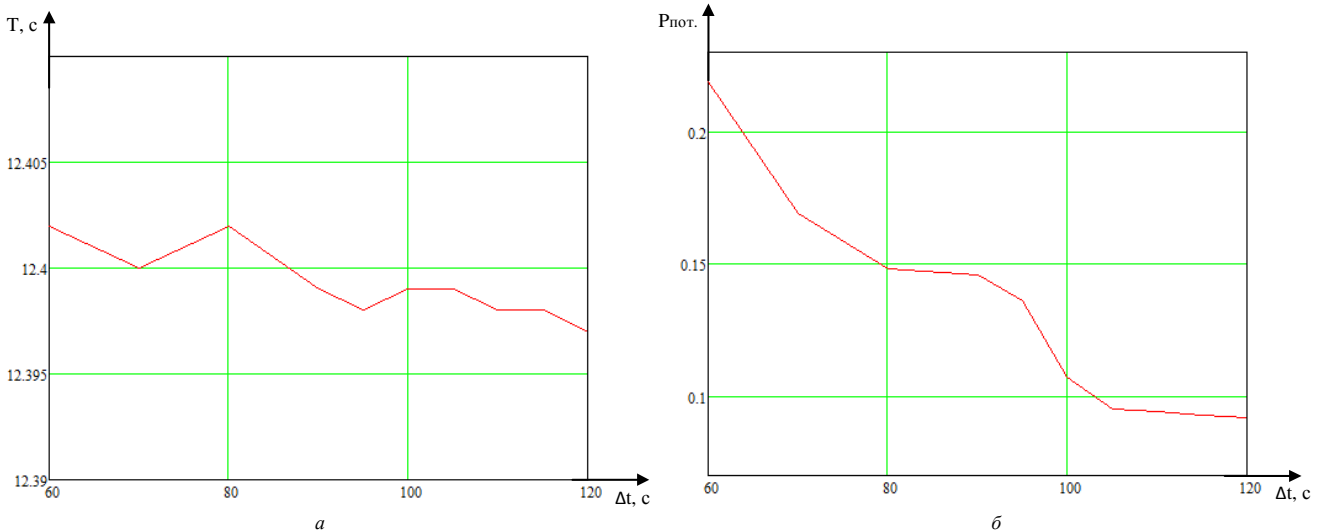


Рис. 2. Зависимость времени, необходимого для извлечения всей страницы, T (а) и вероятности потери пакетов $P_{\text{пот.}}$ (б) от времени между запросами страниц Δt

Из полученных результатов видно, что при увеличении значения Δt время, необходимое для извлечения всей страницы, существенно не изменяется (рис. 2 а). Это связано с тем, что при снижении времени между запросами страниц повышается нагрузка на линии связи, а следовательно, растут задержки на передачу пакетов вследствие увеличения длины очереди. Это приводит к росту потерь передаваемых пакетов (рис. 2 б). В результате потерянные страницы просто не учитываются при оценке времени, необходимого для извлечения всей страницы.

Вероятность потери пакетов при увеличении Δt уменьшается (рис. 2 б). Причиной этого является применение протокола

ТСР, так как данный протокол требует гарантий доставки: чем чаще происходит запрос страниц, т.е. чем меньше Δt , тем больше нагрузка в линии связи.

Также в данном исследовании с помощью построенной имитационной модели проведен анализ влияния размера одного запрашиваемого объекта (L) на время, необходимое для извлечения всей страницы (T), и на вероятность потери пакетов ($P_{\text{пот.}}$). При этом Δt остается неизменным и равным 60 с. Результаты измерений представлены на рис. 3.

Из полученных результатов видно, что при увеличении размера одного запрашиваемого объекта время, необходимое для извлечения всей страницы, и вероятность

потери пакетов также увеличиваются. Причиной этому служит то, что возрастает нагрузка на линии связи, что приводит к

росту как длин очередей, так и времени передачи самой страницы по линиям связи.

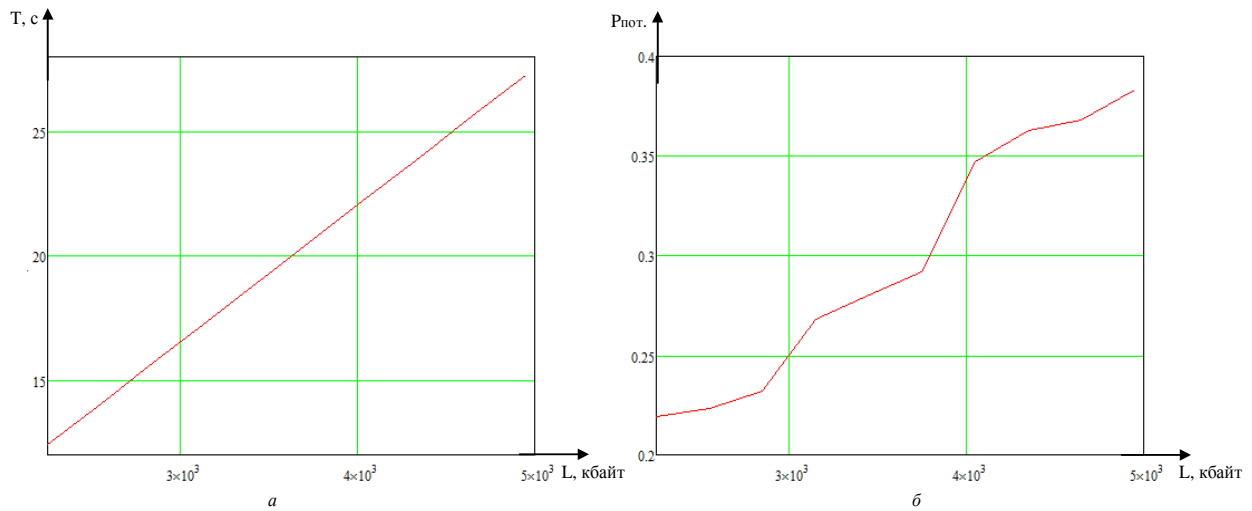


Рис. 3. Зависимость времени, необходимого для извлечения всей страницы, T (а) и вероятности потери пакетов $P_{\text{пот.}}$ (б) от размера одного запрашиваемого объекта L

Посредством данной имитационной модели проведен анализ влияния средней доли вероятности потери пакетов (P) на время, необходимое для извлечения всей страницы (T), и на вероятность потери пакетов ($P_{\text{пот.}}$). При этом Δt и L остаются неизменными и равными соответственно 60 с и 2250 кбайт. Результаты измерений представлены на рис. 4.

Из полученных результатов видно, что при увеличении средней доли вероятности потери пакетов время, необходимое для извлечения всей страницы, а также ве-

роятность потери пакетов увеличиваются. Это связано с тем, что протокол TCP в случае неполучения подтверждения о доставке пакетов делает повторные попытки передачи сообщений, что происходит значительно чаще при высокой вероятности потери пакетов. В результате возрастает количество повторных передач как самой полезной информации, так и квитанций об успешном ее получении, что приводит к росту времени, необходимого для извлечения всей страницы.

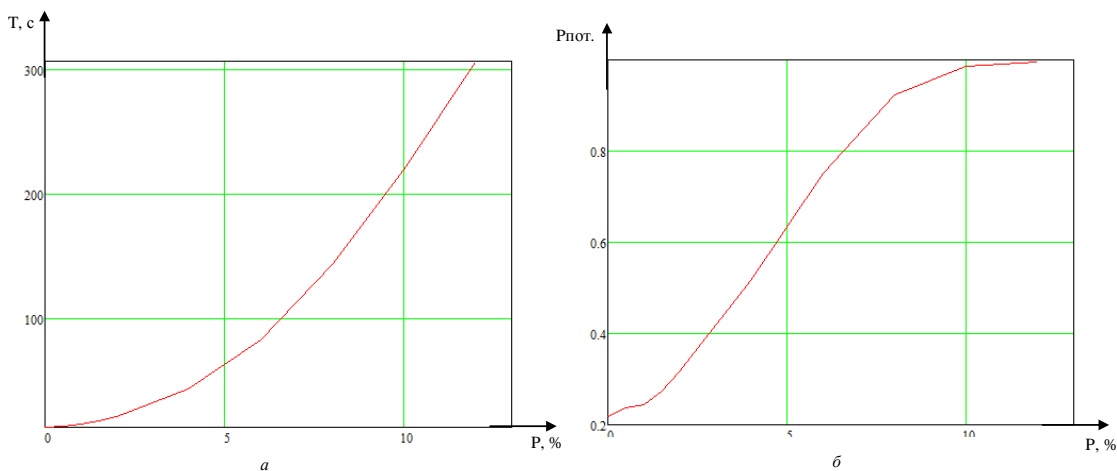


Рис. 4. Зависимость времени, необходимого для извлечения всей страницы, T (а) и вероятности потери пакетов $P_{\text{пот.}}$ (б) от средней доли вероятности потери пакетов P

Также в данном исследовании с помощью построенной имитационной модели проведен анализ влияния средней задержки пакетов (τ) на время, необходимое для извлечения всей страницы (T), и на ве-

роятность потери пакетов ($P_{\text{пот.}}$). При этом Δt и L остаются неизменными и равными соответственно 60 с и 2250 кбайт. Результаты измерений представлены на рис. 5.

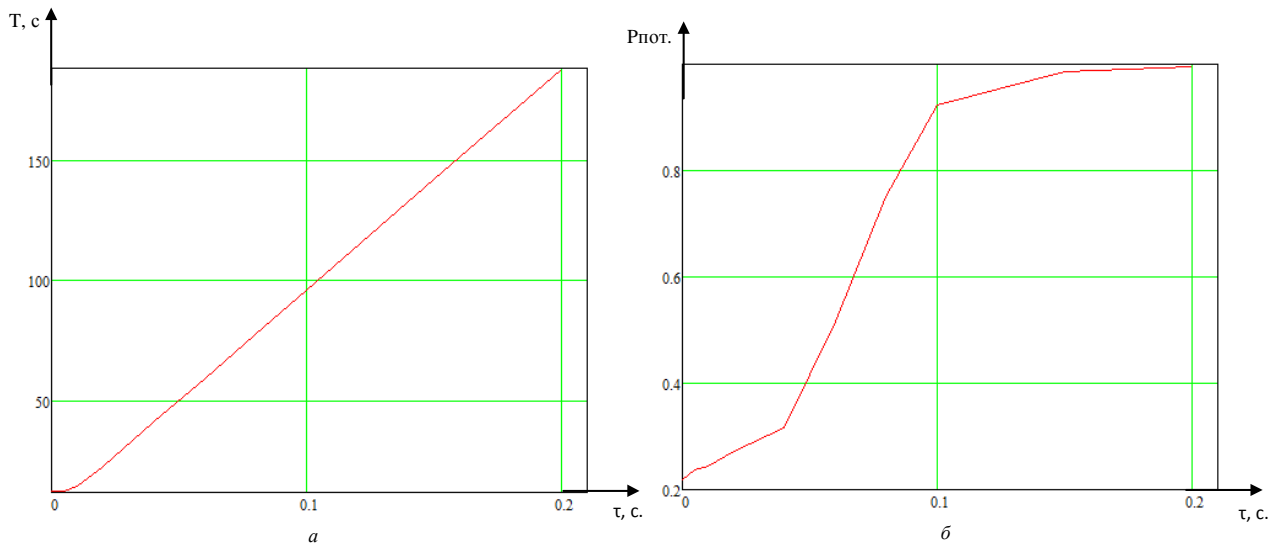


Рис. 5. Зависимость времени, необходимого для извлечения всей страницы, T (а) и вероятности потери пакетов $P_{\text{пот.}}$ (б) от средней задержки пакетов τ

Из полученных результатов видно, что при увеличении средней задержки пакетов время, необходимое для извлечения всей страницы, и вероятность потери пакетов также увеличиваются. Причиной этому служит то, что протокол ТСР в случае ис-

течения срока таймера ожидания подтверждения о доставке пакетов отправляет пакеты еще раз. Следовательно, пакеты начинают дублироваться, увеличивая тем самым нагрузку в сети, образуются очереди, и пакеты начинают отбрасываться.

Исследование статистических зависимостей трафика приложения FTP

С помощью построенной модели (рис. 1) проведен анализ влияния времени между запросами страниц (Δt) на время, необходимое для извлечения всей страницы (T), и на вероятность потери пакетов ($P_{\text{пот.}}$). При этом размер одного запрашиваемого объекта (L) остается постоянным и равным 3 Мбайт. Результаты измерений представлены на рис. 6.

Из графиков видно, что при уменьшении времени между запросами страниц время, необходимое для извлечения всей страницы, и вероятность потери пакетов увеличиваются. При малых значениях

времени между запросами страниц ($\Delta t = 5-15$ с) нагрузка на линии связи резко увеличивается, что приводит к росту длин очередей. Растут задержки на передачу пакетов, что и является причиной резкого увеличения $P_{\text{пот.}}$ и Δt . При достижении времени между запросами страниц 40 с время, необходимое для извлечения всей страницы, а также вероятность потери пакетов принимают минимальные значения. Это связано с тем, что нагрузка на линии связи уменьшилась, следовательно, длина очереди сократилась, задержка на передачу пакетов уменьшилась.

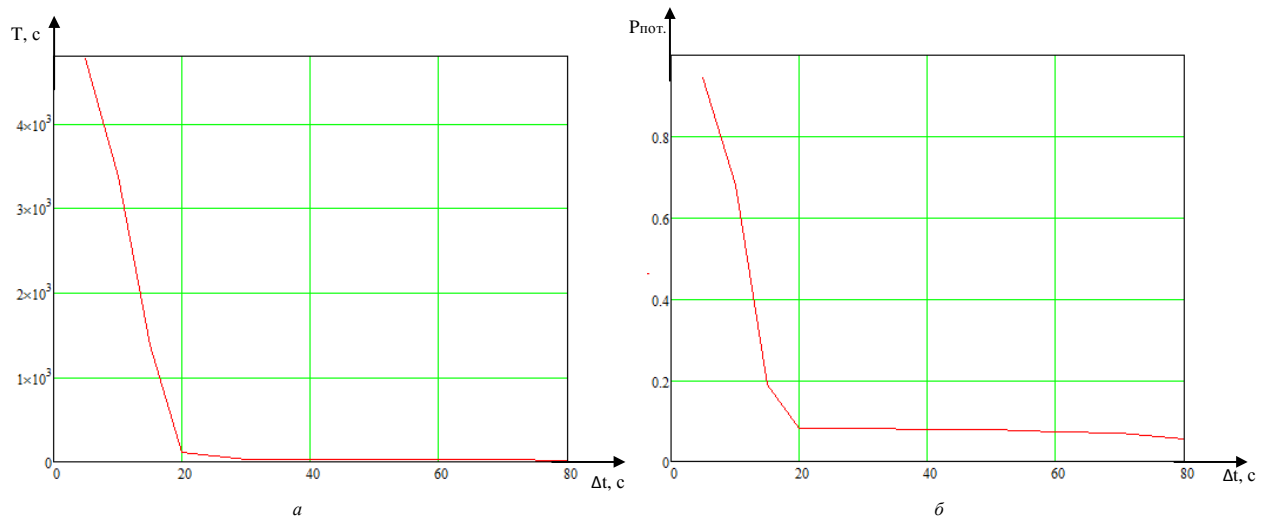


Рис. 6. Зависимость времени, необходимого для извлечения всей страницы, T (а) и вероятности потери пакетов $P_{\text{пот.}}$ (б) от времени между запросами страниц Δt

Также в данном исследовании с помощью построенной имитационной модели проведен анализ влияния размера одного запрашиваемого объекта (L) на время, необходимое для извлечения всей страни-

цы (T), и на вероятность потери пакетов ($P_{\text{пот.}}$). При этом Δt остается неизменным и равным 70 с. Результаты измерений представлены на рис. 7.

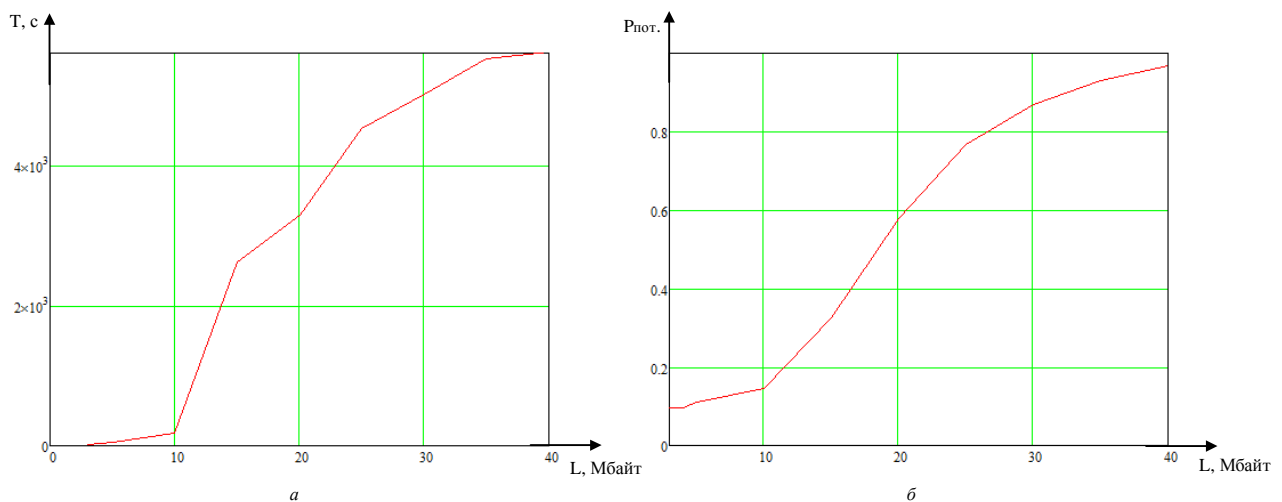


Рис. 7. Зависимость времени, необходимого для извлечения всей страницы, T (а) и вероятности потери пакетов $P_{\text{пот.}}$ (б) от размера одного запрашиваемого объекта L

Из графиков видно, что при увеличении размера одного запрашиваемого объекта время, необходимое для извлечения всей страницы, а также вероятность потери пакетов повышаются. При небольших значениях размера одного запрашиваемого объекта ($L = 3\text{--}10$ Мбайт) T и $P_{\text{пот.}}$ существенно не изменяются. Это связано с тем, что линии связи справляются с нагрузкой. По достижении $L > 10$ Мбайт время, необходимое для извлечения всей страницы, и вероятность потери пакетов начинают резко воз-

растать, что связано с увеличением нагрузки в линии связи, ростом длин очередей.

Посредством данной имитационной модели проведен анализ влияния средней доли вероятности потери пакетов (P) на время, необходимое для извлечения всей страницы (T), и на вероятность потери пакетов ($P_{\text{пот.}}$). При этом Δt и L остаются неизменными и равными соответственно 70 с и 3 Мбайт. Результаты измерений представлены на рис. 8.

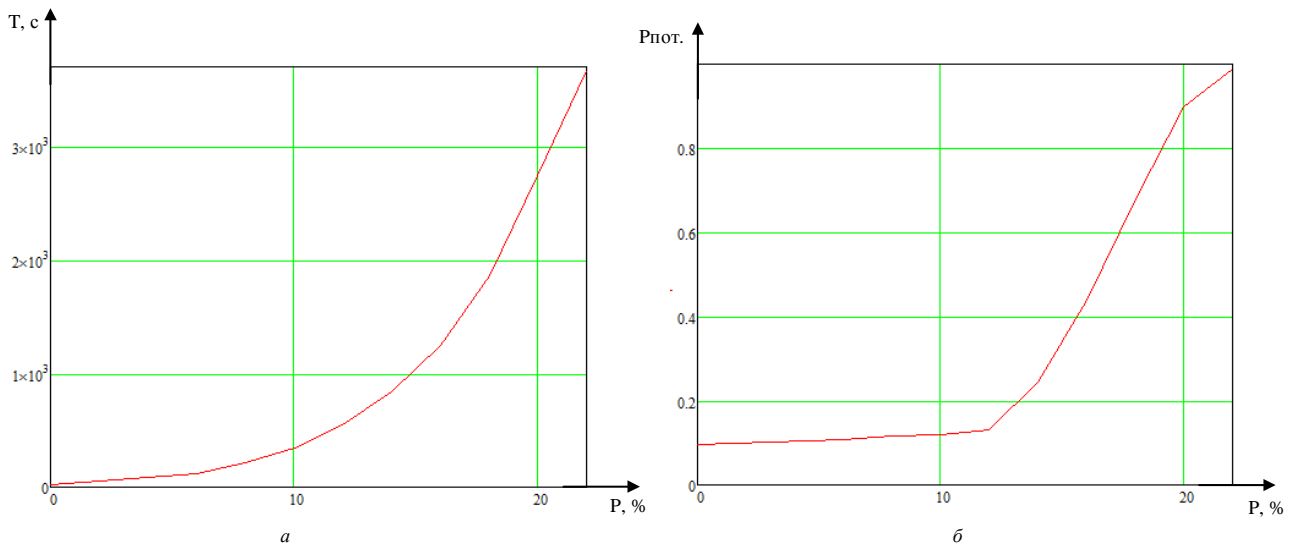


Рис. 8. Зависимость времени, необходимого для извлечения всей страницы, T (а) и вероятности потери пакетов $R_{\text{пот.}}$ (б) от средней доли вероятности потери пакетов P

Из графиков видно, что при увеличении средней доли вероятности потери пакетов время, необходимое для извлечения всей страницы, и вероятность потери пакетов увеличиваются. При начальных значениях $P = 0 - 8 \% R_{\text{пот.}}$ существенно не изменяется. Это связано с тем, что средняя доля вероятности потери пакетов принимает небольшое значение, а время между запросами страниц остается постоянным. При дальнейшем увеличении P $R_{\text{пот.}}$ и T продолжают увеличиваться. Это связано с применением протокола TCP, который предусматривает в случае неполучения подтверждения о доставке пакетов повторные попытки передачи сообщений, что происходит значительно чаще при высокой вероятности потери пакетов. В результате возрастает количество повторных передач как самой полезной информации, так и квитанций об успешном ее получении, что приводит к росту времени, необходимого для извлечения всей страницы.

Также в данном исследовании с помощью построенной имитационной модели проведен анализ влияния средней задержки пакетов (τ) на время, необходимое для извлечения всей страницы (T), и на вероятность потери пакетов ($R_{\text{пот.}}$). При этом Δt и L остаются неизменными и равными соответственно 70 с и 3 Мбайт. Результаты измерений представлены на рис. 9.

Из графиков видно, что при увеличении средней задержки пакетов время, необходимое для извлечения всей страницы, и вероятность потери пакетов также увеличиваются. Причиной этому служит то, что протокол TCP в случае истечения срока таймера ожидания подтверждения о доставке пакетов отправляет пакеты еще раз. Следовательно, пакеты начинают дублироваться, увеличивая тем самым нагрузку в сети, образуются очереди, и пакеты начинают отбрасываться.

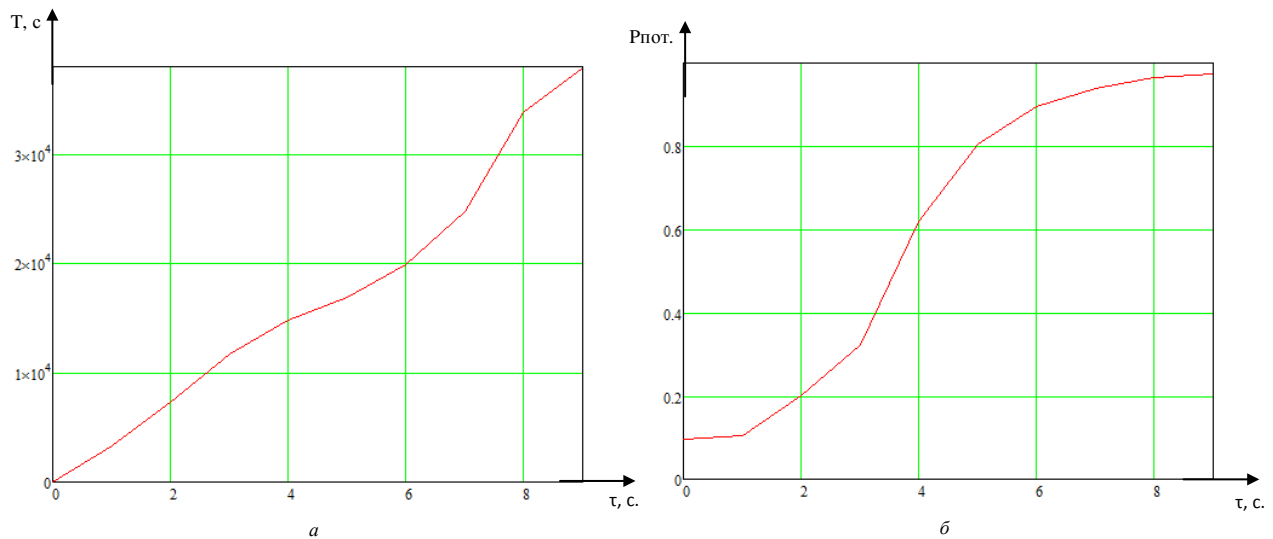


Рис. 9. Зависимость времени, необходимого для извлечения всей страницы, T (а) и вероятности потери пакетов $P_{\text{пот.}}$ (б) от средней задержки пакетов τ

Сравнительный анализ полученных результатов исследований трафика приложений НТТР и FTP

Сравнивая зависимости времени, необходимого для извлечения всей страницы (T), от времени между запросами страниц (Δt) трафика приложений НТТР и FTP, можно сделать вывод о том, что изменение Δt наиболее сильно влияет на T при использовании приложения FTP, так как данное приложение в основном предусмотрено для передачи больших двоичных файлов, а НТТР - для передачи небольших текстовых файлов. В результате приложение FTP обычно приводит к большим нагрузкам на линии связи, что и вызывает большие задержки по сравнению с НТТР.

Зависимости вероятности потери пакетов ($P_{\text{пот.}}$) от времени между запросами страниц (Δt) трафика приложений НТТР и FTP имеют одинаковый характер. Данное обстоятельство является следствием того, что оба типа приложений требуют гарантий доставки, обуславливающих применение одного и того же транспортного протокола TCP.

Из сравнения зависимостей вероятности потери пакетов ($P_{\text{пот.}}$) от средней доли вероятности потери пакетов (P) трафика приложений НТТР и FTP видно, что данные графики имеют примерно одинаковую тенденцию. Однако при малых значениях P у приложения FTP вероятность потери пакетов существенно не изменяется, в от-

личие от поведения вероятности у приложения НТТР, которая резко возрастает уже при малых значениях P . Это связано с существенным различием в объемах передаваемых сообщений. Поскольку приложение НТТР оперирует обычно с более мелкими порциями данных, то и само TCP-соединение более часто будет получать отказ в открытии как из-за потерь запросов на его установление, так и из-за потерь квитанций.

Зависимости времени, необходимого для извлечения всей страницы (T), от размера одного запрашиваемого объекта (L), вероятности потери пакетов ($P_{\text{пот.}}$) от размера одного запрашиваемого объекта (L), времени, необходимого для извлечения всей страницы (T), от средней доли вероятности потери пакетов (P), времени, необходимого для извлечения всей страницы (T), от средней задержки пакетов (τ), вероятности потери пакетов ($P_{\text{пот.}}$) от средней задержки пакетов (τ) трафика приложений НТТР и FTP имеют одинаковый характер. При этом непосредственно абсолютные значения времени, необходимого для извлечения всей страницы, оказываются существенно большими у приложения FTP, что связано в первую очередь со значительными объемами передаваемых сообщений. Поведение же графиков проявляет

идентичные свойства вследствие использования обоими типами приложений одного и того же транспортного протокола

Заключение

Таким образом, проведен анализ статистических зависимостей времени, необходимого для извлечения всей страницы, и вероятности ее потери от среднего времени между запросами, средней длины объ-

ТСП, обеспечивающего гарантии доставки сообщений.

екта (страницы), средней доли потерянных пакетов и средней задержки пакетов для двух приложений с гарантией качества обслуживания - HTTP и FTP.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Канаков, О. Система моделирования сетей связи NS2: метод. пособие / О.Канаков, П.Ковалев,
1. Kanakov, O. *Modeling System of NS2 Communication Networks*: textbook / O.Kanakov, P.Kovalyov,

В.Филимонов. – Н. Новгород: Нижегород. гос. ун-т им. Н.И.Лобачевского, 2003. – 19 с.

V.Filimonov. – Lobachevsky State University of N.Novgorod, 2003. – pp. 19.

Статья поступила в редколлегию 4.05.2016.

*Рецензент: д.т.н., доцент, сотрудник
Академии ФСО РФ
Лисичкин В.Г.*

Сведения об авторах:

Чечик Владимир Викторович, сотрудник Академии ФСО РФ, e-mail: volodyachechik@mail.ru.

Chechik Vladimir Victorovich, Colleague of the Academy of FGS of Russia, E-mail: volodyachechik@mail.ru.

Батенков Кирилл Александрович, к.т.н., сотрудник Академии ФСО РФ, e-mail: pustur@yandex.ru.

Batenkov Kirill Alexandrovich, Can.Eng., Colleague of the Academy of FGS of Russia, E-mail: pustur@yandex.ru.