



# **ИТММ · 2009**

**«ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И  
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ»**

**ЧАСТЬ 1**

Томский государственный университет  
Кемеровский государственный университет  
Кемеровский научный центр СО РАН  
Институт вычислительных технологий СО РАН  
Филиал Кемеровского государственного университета  
в г. Анжеро-Судженске

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ  
МОДЕЛИРОВАНИЕ  
(ИТММ-2009)**

**Материалы VIII Всероссийской  
научно-практической конференции  
с международным участием  
12–13 ноября 2009 г.  
Часть 1**

Издательство Томского университета  
2009

УДК 519

ББК 22.17

И74

Редколлегия:

*А. Ф. Тертугов*, д-р физ.-мат. наук, профессор;

*Р. Т. Якупов*, д-р физ.-мат. наук, профессор;

*И. Р. Гарайшина*, канд. физ.-мат. наук, доцент;

*А. С. Шкуркин*, канд. техн. наук, доцент

**Информационные технологии и математическое моделирование**  
И74 (ИТММ-2009): Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (13–14 ноября 2009 г.). – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2009. – Ч. 1. – 332 с.

ISBN 978-5-7511-1929-4

В часть 1 вошли материалы секций «Вероятностные методы и модели», «Информационные технологии» и «Экономико-математические модели».

Для специалистов в области информационных технологий и математического моделирования.

**УДК 519**

**ББК 22.17**

*Конференция проводится при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 09-07-06061-г)*

ISBN 978-5-7511-1929-4 © Томский государственный университет, 2009  
© Кемеровский государственный университет, 2009  
© Кемеровский научный центр СО РАН, 2009  
© Институт вычислительных технологий СО РАН, 2009  
© Филiaal Кемеровского государственного университета в г. Анжеро-Судженске, 2009

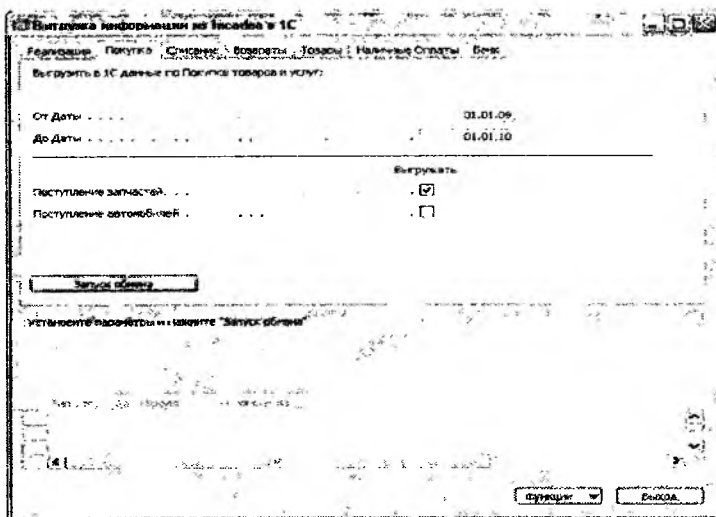


Рис. 4

#### Литература

1. Техническая библиотека CITForum.ru [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М.: Центр информационных технологий ("ЦИТ"), 2005. – URL: <http://citforum.ru>, свободный.
2. Интернет-сайт корпорации Microsoft [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – корпорация Microsoft 2005. – URL: <http://www.microsoft.com/Rus/Dynamics>, свободный.
3. Интернет-сайт компании «Практика Бизнеса» [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М.: Практика Бизнеса, 2005. – URL: <http://www.pbiz.ru>, свободный.
4. Информационно-технологическое сопровождение "1С:Предприятие" [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М.: ЗАО «1С», 2007. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

## АНАЛИЗ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ МУЛЬТИПЛЕКСИРУЮЩЕГО МАГИСТРАЛЬНОГО КАНАЛА МАРШРУТИЗАТОРА

*П. А. Михеев, С. П. Сущенко*

*Томский государственный университет*

**Введение.** В задачах анализа и синтеза структуры сетей передачи данных важнейшим объектом исследования является звездообразный сетевой фрагмент, выполняющий функции мультиплексирования местных абонентских потоков данных локальных сетей подразделений организации в магистральный канал глобальной сети. Всесторонний анализ звездообразной топологической структуры необходим не только для решения задач выбора пусковых способностей, распределения потоков и синтеза управляющих параметров при демультиплексировании магистральных потоков [1], но и при реализации алгоритмов маршрутизации, разработке ме-

тодов управления информационными потоками и ресурсами буферной памяти транзитных узлов передачи данных, агрегирующих отдельные потоки в единый интегральный поток. Математические модели такого сетевого образования, агрегирующего клиентские потоки в глобальную сеть, позволяют изучать влияние параметров входящих потоков на пропускную способность исходящих каналов связи маршрутизатора с ограниченной памятью, проводить расчет емкости буферного накопителя.

**Модель фрагмента сети с агрегированием трафика.** Рассмотрим звездообразный фрагмент сети, включающий  $M+1$  звено передачи данных, в котором в центральный транзитный узел по  $M$  входящим последовательным каналам связи поступают информационные потоки и мультиплексируются в один исходящий канал связи. Пусть обмен в каждом звене выполняется полными кадрами и организован в соответствии со стартопным протоколом, согласно которому кадр считается принятым узлом-приемником, если в нем не обнаружены ошибки. При искажении информационного кадра или квантации, подтверждающей правильность приема кадра получателем, происходит повторная передача. Полагаем, что все входящие каналы связи имеют одинаковое быстродействие, а физическая скорость исходящего канала в  $S \geq 1$  раз выше. Считаем, что узлы-отправители и узлы-получатели имеют одинаковое время обработки кадров при приеме и отправке. Тогда за время полного цикла передачи кадра  $t$  по входящим звеньям рассматриваемого фрагмента в исходящий канал может быть отправлено  $S$  кадров. Будем считать, кроме того, что кадр, поступивший в транзитный узел в текущем цикле  $t$ , начнет передаваться по выходному каналу только в следующем цикле. Полагаем также, что безошибочная передача кадра данных во входящих каналах определяется вероятностями  $F_m, m = \overline{1, M}$ , а в исходящем канале – вероятностью  $F$ . Нетрудно видеть, что время безошибочной передачи кадра по каждому межузловому соединению является случайной величиной, кратной  $t$ . Если условия первой и повторных передач одинаковы, то данная величина имеет геометрический закон распределения с параметром  $F_m$  во входящих каналах и  $F$  – в исходящем канале связи. Будем считать также, что для хранения пакетов в выходной очереди в транзитном узле выделен пул совместно используемой буферной памяти объема  $K \geq M$ . Тогда поведение рассматриваемого сетевого фрагмента представимо в виде марковской системы массового обслуживания (СМО) с дискретным временем, конечным накопителем, групповым входящим потоком и одним прибором с групповым характером обслуживания. Групповой входящий поток СМО определяется качеством входящих каналов  $F_m$ , а время и число обслуженных заявок – качеством исходящего канала  $F$  и его быстродействием  $S$ . Динамика очереди к выходному каналу связи данной СМО описывается цепью Маркова. Множество возможных состояний цепи Маркова определяется размерами буферной памяти.

Важнейшей характеристикой СМО ограниченной емкости является пропускная способность. В рассматриваемом случае данная операционная характеристика интерпретируется как интегральная пропускная способность входящих звеньев, нормированное значение которой определяется величиной пропущенного (обслуженного) потока:

$$Z(K, F, F_1, \dots, F_M) = F \left\{ \sum_{k=1}^S k P_k + S \sum_{k=S+1}^K P_k \right\}, \quad (1)$$

где  $P_k$  – вероятности состояний цепи Маркова.

**Анализ быстродействия однородного сетевого фрагмента.** Анализ показывает, что для узла с однородными по физическому быстродействию сетевыми интерфейсами ( $S=1$ ) пропускная способность фрагмента при наличии хотя бы одного абсолютно надежного входящего канала полностью определяется качеством исходящей линии связи  $F$ . В целом зависимость пропускной способности от достоверности передачи данных в выходном канале мажорируется кусочно-линейной функцией:

$$Z^*(F, F_1, \dots, F_M) = \begin{cases} F, & F \leq \sum_{m=1}^M F_m; \\ \sum_{m=1}^M F_m, & F > \sum_{m=1}^M F_m. \end{cases} \quad (2)$$

В наибольшей мере функция пропускной способности (1) отстоит от мажоранты (2) в точке  $F = \sum_{m=1}^M F_m \leq 1$ , а при  $\sum_{m=1}^M F_m \geq 1$  – в точке  $F=1$ . Однако с ростом емкости буферной памяти  $K$  транзитного узла, агрегирующего входящий трафик от  $M$  каналов связи, потенциальные значения функции пропускной способности асимптотически приближаются снизу к кусочно-линейной мажоранте (2). Этот факт хорошо согласуется с житейскими представлениями о том, что пропускная способность конвейера не превышает пропускной способности его самого «узкого участка». Отметим также, что минимум функции пропускной способности при прочих равных условиях достигается для однородных по качеству входящих каналов связи ( $F_m = F, > 0, m = \overline{1, M}$ ). С ростом же неоднородности качества различных входящих каналов при выполнении условия  $\sum_{m=1}^M F_m = const$  пропускная способность увеличивается и при достижении, по меньшей мере, одним из входящих каналов абсолютной надежности ( $F_m = 1$ ), пропускная способность сетевого фрагмента независимо от размера буфера и количества входящих потоков возрастает до потенциально возможного значения  $F$ .

**Анализ быстродействия неоднородного сетевого фрагмента.** Рассмотрим звездообразный сетевой фрагмент с двумя входящими каналами ( $M=2$ ) и скоростью исходящего канала, вдвое превышающей быстродействие входящих ( $S=2$ ). В рамках предложенной модели для пропускной

способности сетевого фрагмента при  $K=2$  получаем следующее соотношение:

$$Z(2, F, F_1, F_2) = \frac{F}{A} \left\{ F(2-F)(F_1 + F_2 - F_1 F_2) + F(4-3F)F_1 F_2 + 2(1-F)(1-2F) \times \right. \\ \left. \times (F_1 + F_2 - F_1 F_2)^2 \right\}.$$

Здесь

$$A = F^2(2-F)^2 + 2F(1-F)(1-3F+F^2)(F_1 + F_2 - F_1 F_2) + \\ + 2F(1-F)F_1 F_2 + (1-F)^4(F_1 + F_2 - F_1 F_2)^2.$$

Отсюда нетрудно видеть, что при  $F = F_1 = F_2 = 1$  пропущенный поток достигает максимального значения  $Z(2, 1, 1, 1) = 2$ . Для абсолютно надежного исходящего канала связи  $F = 1$  выражение для пропускной способности преобразуется к виду:  $Z(2, 1, F_1, F_2) = F_1 + F_2$ . При отсутствии потока в одном из входящих каналов ( $F_2 = 0$ ) величина пропущенного потока составит:

$$Z(2, F, F_1, 0) = FF_1 \frac{F(2-F) + 2F_1(1-F)(1-2F)}{F^2(2-F)^2 + 2FF_1(1-F)(1-3F+F^2) + F_1^2(1-F)^4}.$$

Для статистически однородного сетевого фрагмента ( $F = F_1 = F_2$ ) пропускная способность фрагмента упрощается до следующего вида:

$$Z(2, F, F, F) = 2F \frac{6 - 16F + 20F^2 - 11F^3 + 2F^4}{12 - 40F + 64F^2 - 56F^3 + 28F^4 - 8F^5 + F^6}.$$

При абсолютно надежных входящих каналах ( $F_1 = F_2 = 1$ ) объем пропущенного потока определяется только качеством ( $F$ ) и быстродействием ( $S=2$ ) выходящего звена передачи данных  $Z(2, F, 1, 1) = 2F$ . Для статистически однородных исходящих каналов связи  $F_1 = F_2 = F_*$  пропускная способность входящего звена передачи данных принимает вид:

$$Z(2, F, F_*, F_*) = FF_* \left[ F(2-F)(2-F_*) + FF_*(4-3F) + \right. \\ \left. + 2F_*(1-F)(1-2F)(2-F_*)^2 \right] / \left[ F^2(2-F)^2 + \right. \\ \left. + 2FF_*(1-F)(1-3F+F^2)(2-F_*) + 2FF_*^2(1-F) + F_*^2(1-F)^4(2-F_*)^2 \right].$$

Численные исследования функции пропускной способности сетевого фрагмента с тремя звеньями передачи данных при различных объемах буферного накопителя показывают, что пропущенный поток имеет вид кривых, представленных на рис. 1, для  $F_1 = 0.5; F_2 = 0.7$ .

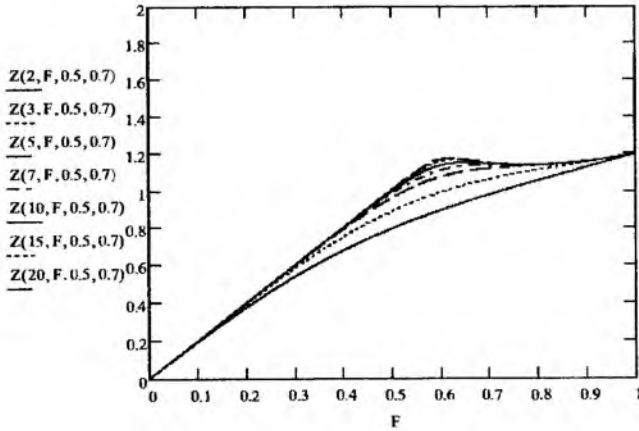


Рис. 1. Сравнительные кривые пропущенного потока от достоверности передачи данных в исходящем канале, при различных размерах буфера

Из данного рисунка нетрудно видеть, что пропускная способность в интервале  $F \in \left[0, \frac{F_1 + F_2}{2}\right)$  мажорируется прямой  $Z^*(F, F_1, F_2) = 2F$ , а в интервале  $F \in \left[\frac{F_1 + F_2}{2}, 1\right]$  не превышая значения  $Z^*(F, F_1, F_2) = F_1 + F_2$ , ограничивается кривой параболического вида с незначительным минимумом, расположенным примерно в середине отрезка. Численные исследования показывают, что чем статистически однороднее входящие каналы связи рассматриваемого фрагмента (чем ближе друг к другу значения  $F_1$  и  $F_2$ ), тем выше проходит мажорирующая кривая на отрезке  $F \in \left[\frac{F_1 + F_2}{2}, 1\right]$ . Наиболее глубокий минимум этой кривой наблюдается для статистически существенно неоднородных входящих каналов (например, при  $F_1 = 1, F_2 = 0$ ).



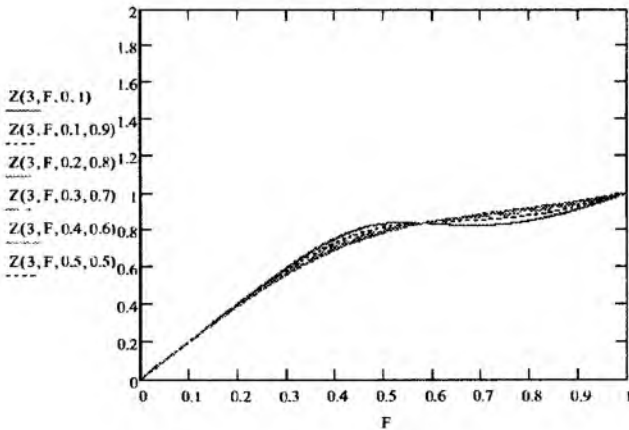


Рис. 2. Сравнительные кривые пропущенного потока от достоверности передачи данных в исходящем канале, при  $F_1 + F_2 = 1$  и  $K=3$

На рис. 2 приведено семейство зависимостей пропускной способности от качества исходящего канала при заданном объеме буферного накопителя транзитного узла и различных значениях  $F_m$ ,  $m=1, 2$ , удовлетворяющих условию  $F_1 + F_2 = \text{const}$ . Отсюда нетрудно видеть, что для различных областей изменения достоверности передачи данных в мультиплексирующем канале наибольшие значения пропускной способности достигаются при существенно различных наборах  $F_1$  и  $F_2$  с постоянной суммой. В области  $F \in \left[0, \frac{F_1 + F_2}{2}\right]$  доминирует кривая, соответствующая полярным значениям  $F_m$ ,  $m=1, 2$ , а на основной части отрезка  $F \in \left(\frac{F_1 + F_2}{2}, 1\right]$  – однородным значениям:  $F_1 = F_2$ . С ростом числа входящих каналов связи имеют место сходные зависимости.

Исследование сетевого звездообразного фрагмента с произвольным быстродействием магистрального канала, числом входящих линий и объемом буферного накопителя узла в ряде частных случаев показывает, что при абсолютно надежных входящих каналах ( $F_m = 1$ ,  $m=1, M$ ) объем пропущенного потока инвариантен числу мультиплексируемых каналов, емкости буферного накопителя и определяется скоростью передачи и качеством выходящего звена переприема данных:  $Z(K, F, 1, \dots, 1) = SF$ . Очевидно, что при  $F=1$  пропускную способность будет определять только физическое быстродействие исходящего канала  $S$ . Для абсолютно надежного исходящего канала связи ( $F=1$ ) пропущенный поток, не превышая быстродейст-

вия агрегирующего направления, определяется качеством входящих линий и задается соотношением

$$Z(K, l, F_1, \dots, F_M) = \begin{cases} \sum_{m=1}^M F_m, \sum_{m=1}^M F_m \leq S; \\ S, \sum_{m=1}^M F_m > S. \end{cases}$$

Литература

1. Михеев П. А., Сушенко С. П. О влиянии расщепления сетевого трафика на пропускную способность межузловых соединений // Информационные технологии и математическое моделирование: Матер. VII Всерос. науч.-практ. конф. (14–15 ноября 2008 г.). – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2008. – Ч. 2. – С. 34–39.

## СУЩНОСТЬ И СОДЕРЖАНИЕ ФАЗЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МУЛЬТИМЕДИЙНОЙ СИСТЕМЫ

*Т. П. Мухина*

*Астраханский государственный технический университет*

Условием для получения требуемого качества и конкурентоспособного мультимедиапродукта (МП) является эффективность их проектирования.

По мере усложнения целей проектирования МП главенствующей задачей при создании сложных составных произведений являются поиск и разработка новых и эффективных принципов представления системы.

Исследованием проектирования мультимедийных систем занимались многие отечественные (О. В. Шлыкова, Н. В. Агеев, Б. М. Галлеев, А. И. Каптерев) и иностранные (В. Буш, Д. Энгельбарт, Т. Нельсон, Вернер Ингенблек) ученые.

Говоря об основных особенностях использования мультимедиа, исследователи сходятся в том, что оно вооружает людей новыми способами общения с миром. В чем преимущество мультимедиа, что оно не заменило устную культуру – общение «лицом к лицу», но образovalo синтез с ней. Новый синтез составляет: непосредственное общение, видео, фото, аудио, 3d моделинг, текст, компьютерные программы и сети. Интеграция средств мультимедиа создает проблему в определении, какая роль отводится каждому из средств создания мультимедийной системы.

Внедрение в практику мультимедиа технологий, основанных на новых принципах действия, требует от проектировщиков нового мышления, необходимости применять системный подход, так как мультимедийный проект – это, прежде всего, во-первых, управление процессом его развития, а не только управление контентом и командой разработчиков. Во-вторых, управление мультимедийными проектами в современных условиях должно быть ориентировано на конечный результат. А сегодня в условиях технологической революции, в условиях информационного общества