

ВАСИФ Ш. ФЕЙЗИЕВ

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИОРИТЕТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В УЗЛАХ СЕТЕЙ КОММУТАЦИИ ПАКЕТОВ

*Институт кибернетики Национальной Академии Наук Азербайджана,  
ул. Ф.Агаева, 9, AZ1141, Баку, Азербайджан,  
тел.: (99412) 439-25-60, E-Mail: [fvasif@mail.az](mailto:fvasif@mail.az)*

**Аннотация.** В статье рассмотрены задачи оптимизации моделей обслуживания сетей с коммутацией пакетов. Предложенный подход является актуальным в схемах определения пространственных и временных приоритетов.

**Ключевые слова:** коммутация пакетов, временные приоритеты, модель обслуживания.

### ВВЕДЕНИЕ

Сети коммутации пакетов (СКП) без установления соединения широко используются для поддержки интегрального обслуживания в единой среде разнородных информации (данные, речи, видео и т.д.). В них пакеты разнородной информации разделены на два класса – важные и обычные [1]. Основными признаками для осуществления такой классификации являются требования на вероятности потери пакетов (*Cell Loss Probability – CLP*) и их задержки (*Cell Transfer Delay – CTD*). Исходя из этого, в качестве базовой модели СКП зачастую выбирается одноканальная двух потоковая система массового обслуживания (СМО) с конечным общим буфером для ожидания в очереди.

В исследуемых сетях используются приоритеты двух типов – пространственные (*Space Priorities – SP*) и временные приоритеты (*Time Priorities – TP*) [2]. Пространственные приоритеты определяют стратегию доступа разнотипных пакетов в общий буфер, а временные приоритеты задают правила выбора пакетов из очереди для передачи в сервер (канал). Таким образом, пространственные приоритеты, главным образом, влияют на уровень потери пакетов, в то время как задержки разнотипных пакетов в буфере существенным образом зависят от временных приоритетов.

Модели приоритетного обслуживания разнотипных пакетов в узлах СКП были исследованы в работах [3, 4]. При этом в работе [3] исследованы классические схемы приоритетного обслуживания, в то время как в работе [4] рассмотрены более сложные модели с множественными приоритетами. Под множественными приоритетами понимаются приоритеты, которые учитывают различные требования на указанные выше показатели качества обслуживания. В указанных работах разработаны эффективные алгоритмы расчета основных показателей *QoS* для пакетов каждого приоритета. В настоящей работе исследуются задачи оптимизации этих моделей с множественными приоритетами.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В рассматриваемой модели процесс поступления пакетов  $i$ -го типа, подчиняется закону Пуассона с параметром  $\lambda_i$ , а поскольку разнотипные пакеты имеют одинаковую длину, то время их обслуживания является постоянным и равно  $\mu^{-1}$ ,  $i=1, 2$ . Пакет любого типа освобождает свое место в буфере в момент выбора его для передачи, т.е. в период обслуживания в канале он не занимает место в буфере.

Временные приоритеты дают преимущество пакетам первого типа, т.е. в момент освобождения канала пакеты первого типа имеют высокий приоритет для обслуживания. Иными словами, пакеты второго типа принимаются для обслуживания лишь тогда, когда в момент освобождения канала в буфере отсутствуют пакеты первого типа. Предполагается, что пространственные приоритеты дают преимущество пакетам второго типа при поступлении в буфер. При этом для конкретности изложения предполагается, что *SP* осуществляются с помощью стратегии частичного распределения буфера (*Partial*

*Buffer Sharing, PBS*) [1]. Последнее означает, что пакеты второго типа теряются лишь тогда, когда буфер полностью заполнен, а пакеты первого типа принимаются тогда, когда в момент их поступления суммарное число пакетов обоих типов меньше, чем заданное число  $r$ ,  $0 < r \leq B + 1$ , где  $B$  – общий размер буфера.

Из описания модели видно, что она является двухпоточковая система обслуживания с общей ограниченной очередью. Однако, существенное отличие данной системы от классических систем обслуживания заключается в том, что здесь пакеты одного типа имеют высокие пространственные приоритеты, но одновременно они имеют низкие временные приоритеты по отношению пакетов другого типа.

Пусть требуется определить такую минимальную скорость передачи пакетов, чтобы удовлетворить заданные ограничения на вероятности потери разнотипных пакетов, а также на время задержки высокоприоритетных пакетов первого типа.

### ОПТИМИЗАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК МОДЕЛИ

Здесь рассматривается алгоритм решения задачи оптимизации данной модели приоритетного обслуживания. Пусть средние интенсивности поступления пакетов обоих типов, а также общий размер буфера являются фиксированными. Предполагается, что имеется возможность выбора коммутатора из множества коммутаторов с различными техническими характеристиками, т.е. в наличие имеются коммутаторы с различными скоростями передачи пакетов. Скорость передачи коммутатора  $i$ -го сорта равно  $\mu_i$ , при этом  $\mu_i \leq \mu_{i+1}$ ,  $i=1,2,\dots,n-1$ . Требуется из этого набора выбирать коммутатор с минимальной скоростью, который позволяет обеспечить заданные ограничения на показатели  $QoS$  разнотипных пакетов. При этом имеются ограничения на вероятностей потери пакетов обоих типов, а также, поскольку пакеты первого типа имеют высокие временные приоритеты (т.е. являются более чувствительными к возможным задержкам), то имеется ограничение на время задержки пакетов второго типа.

Введем следующие обозначения:  $CLP_i(B, r)$  - стационарная вероятность потери пакетов  $i$ -го типа;  $CTD_i(B, r)$  - средняя время задержки пакетов  $i$ -го типа,  $i = 1, 2$ . Тогда формально данная задача записывается так:

$$\text{б } \mu \rightarrow \min, \quad (1)$$

при ограничениях

$$CLP_i(B, r) \leq \varepsilon_i, \quad i = 1, 2, \quad (2)$$

$$CTD_1(B, r) \leq \delta_2, \quad (3)$$

$$\mu \in \{\mu_1, \dots, \mu_n\}, \quad \mu_i \leq \mu_{i+1}, \quad i = \overline{1, n-1}, \quad (4)$$

Здесь на параметр  $r$  не налагается ни какое ограничение, т.е.  $r \in [1, B]$ . Поскольку стоимость коммутатора определяется исходя из их технических характеристик, в том числе скоростей передачи пакетов, то данная задача прямо связана со стоимостным анализом сети.

Как было указано выше, в работе [4] разработаны алгоритмы для вычисления характеристик  $CLP_i$  и  $CTD_i$ ,  $i=1,2$ . В настоящей работе разработан численный алгоритм решения задачи (1)-(4). Основная идея алгоритма состоит в анализе структуры области допустимых значений задачи (1)-(4). При разработке указанного алгоритма особенно полезными являются следующие факты:

- показатели качества обслуживания  $CLP_i$ ,  $i=1,2$  и  $CTD_1$  являются монотонно убывающими функциями относительно аргумента  $\mu$ ,

- с ростом параметра  $r$  показатели качества обслуживания  $CLP_1$  и  $CTD_1$  уменьшаются, а показатель качества обслуживания  $CLP_2$  наоборот - возрастает (при фиксированных значениях остальных параметров).

На основе разработанного алгоритма проведены численные эксперименты в широком диапазоне изменения значений нагрузочных и структурных параметров исследуемых моделей. Некоторые результаты этих экспериментов показаны в таблице. В ней предполагается, что  $\mu \in \{10, 15, 20, 25\}$ . Анализ результатов этих задач позволяет сделать следующие выводы:

- с ростом нагрузки любого потока оптимальное значение  $\mu^*$  не уменьшается;  
 - уменьшение значение  $\varepsilon_1$  и/или  $\varepsilon_2$  приводит к увеличению значение  $\mu^*$ ;  
 - представляется возможным, что при одних и тех же значениях нагрузок потоков и требований к показателям QoS в одной модели существует оптимальной решение исследуемой задачи, а в другой - нет. Последнее означает, что при заданных значениях размера буфера коммутатора и нагрузок разнотипных потоков, за счет выбора соответствующей схемы приоритизации можно добиться минимизации стоимости системы.

Таблица 1.

Результаты решения задачи оптимизации (1)- (4) при  $V=50, \delta_1=10^{-4}$ 

$\lambda_1$	3	3	5	6	6	3	8	4	9
$\lambda_2$	5	6	3	3	6	3	4	8	9
$\varepsilon_1$	$10^{-10}$	$10^{-10}$	$10^{-10}$	$10^{-8}$	$10^{-9}$	$10^{-12}$	$10^{-10}$	$10^{-10}$	$10^{-6}$
$\varepsilon_2$	$10^{-8}$	$10^{-8}$	$10^{-8}$	$10^{-7}$	$10^{-7}$	$10^{-9}$	$10^{-5}$	$10^{-5}$	$10^{-4}$
$\mu^*$	15	20	15	10	20	10	15	15	25

Важным достоинством предложенного подхода является возможность его применения и при других схемах определения пространственных и временных приоритетов. Так, например, данный подход может быть использован и при исследовании моделей с абсолютными приоритетами, а также с ситуационными приоритетами, зависящих от текущего состояния буфера.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. H.Kroner, G.Hebuterne, P.Boyer, A.Gravey. Priority management in ATM switching nodes // IEEE J. Select. Areas Commun., 1991.-vol.9, No.3.-pp.418-427.
2. J.M.Pitts, J.A.Schormans. Introduction to ATM design and performance.-England: John Wiley & Sons, 1997.-480 p.
3. Меликов А.З., Фейзиев В.Ш. Приоритетное обслуживание в узлах коммутации сетей ATM // Автоматика и вычислительная техника. 2005. №1.
4. Меликов А.З., Фейзиев В.Ш., Рустамов А.М. Анализ обработки модели пакетов в сетях ATM со множественными пространственными и временными приоритетами // Автоматика и вычислительная техника. 2006. №6.

Надійшла до редакції 29.10.2008р.

**ФЕЙЗИЕВ ВАСИФ ШЕЙДУЛЛА** - к.т.н., старший научный сотрудник институт кибернетики НАН Азербайджана, E-mail: fvasif@mail.az