

УДК 004.7

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ КОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Е. Л. Шапорина, к. т. н. П. М. Тишин, д. т. н. С. А. Нестеренко

Одесский национальный политехнический университет  
Украина, г. Одесса  
sh\_el\_1@ukr.net

*Приведена модель расчета времени транзакции по дуплексным каналам связи коммуникационных систем компьютерных сетей, полученная с использованием аппарата нечетких множеств. На базе полученной модели сформирован показатель эффективности функционирования компьютерных сетей. Сформулирована задача оптимального выбора пропускных способностей каналов передачи данных для узлов коммутации в компьютерных сетях.*

*Ключевые слова:* компьютерная сеть, нечёткие множества, пропускные способности каналов связи.

Производительность современных компьютерных сетей (КС) во многом определяется производительностью их сетей передачи данных (СПД), которые строятся на базе узлов коммутации, соединенных каналами связи. При проектировании и оптимизации СПД используются их математические модели. Однако существующие модели функционирования СПД базируются, как правило, на использовании точных значений сетевых параметров. На практике получить точные значения сетевых параметров представляется весьма трудоемкой задачей, что существенно усложняет использование данного класса моделей.

В работе рассматривается метод решения задачи оптимального выбора пропускной способности каналов связи для узлов коммутации СПД компьютерных сетей с использованием аппарата нечетких множеств. Использование данного подхода устраняет проблему получения четких значений сетевых параметров.

Задача оптимального выбора пропускной способности каналов СПД состоит в минимизации средней задержки пакета при передаче по каналам связи при условии, что суммарная стоимость использования каналов не превосходит заданной величины.

Коммуникационная система КС рассматривается в виде множества узлов коммутации СПД и множества дуплексных каналов передачи данных (КПД). Пусть для всех пар узлов сети заданы средние интенсивности потоков данных, порождённых внешними обращениями к СПД. Суммарная интенсивность  $\lambda_{\Sigma}$  потоков данных распределяется по линиям связи, порождая внутренний трафик. Предполагается, что в СПД используется фиксированная однопутевая маршрутизация.

Обозначим через  $\lambda'_j$  и  $\lambda''_j$  средние интенсивности потоков, проходящих по каналу передачи данных в обоих направлениях, и через  $L$  – средний размер сообщения. Будем рассматривать каждый КПД как систему массового обслуживания типа М/М/1. Предполагается, что входной поток на каждом из двух направлений передачи данных канала — пуассоновский, а время передачи данных сообщений по каналу с пропускной способностью  $\mu$  является экспоненциально распределённой случайной величиной. Обозначим  $\bar{\lambda}_j = \max\{\lambda'_j, \lambda''_j\}$ ,  $\bar{\lambda}_j > 0$ . Тогда выбор оптимальных значений пропускной способности каналов  $\mu = (\mu_1, \dots, \mu_n)$ ,  $\mu_j > \bar{\lambda}_j$  для  $j = \overline{1, n}$ , обеспечивающих максимальную пропускную способность СПД, может быть сформулирован в виде задачи минимизации среднего времени передачи пакета по каналам связи:

$$T(\mu) = L \sum_{j=1}^n \left( \frac{\lambda'_j \mu_{\Sigma} T_j^{\Pi} k_j^{\Pi} + 1}{\lambda_{\Sigma} \mu_{\Sigma} - \lambda'_j} + \frac{\lambda''_j \mu_{\Sigma} T_j^{\Pi} k_j^{\Pi} + 1}{\lambda_{\Sigma} \mu_{\Sigma} - \lambda''_j} \right) \Rightarrow \min_{\{\mu\}}. \quad (1)$$

Поскольку стоимость использования каждого канала зависит от его типа, физической длины кабеля и его пропускной способности, то при решении задачи оптимизации требуется ввести соотношения, учитывающие допустимые затраты на использование КПД, – величину  $D$ . Обозначим через  $d_j(\mu)$  стоимость канала с пропускной способностью  $\mu$  и предположим, что она линейно зависит от пропускной способности канала:  $d_j(\mu) = \alpha_j \mu + \beta_j$ , где  $\alpha_j > 0$ ,  $\beta_j \geq 0$  для всех  $j = \overline{1, n}$ .

Дополнительным ограничением в задаче оптимизации является условие

$$\sum_{j=1}^n (\alpha_j \mu_j + \beta_j) \leq D, \quad j = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Параметры в выражении (1) определяются следующим образом:

$$k_j^\Gamma = \frac{T_j^{\text{И}}}{T_j^{\text{И}} + T_j^{\text{П}}}, \quad k_j^\Pi = 1 - k_j^\Gamma, \quad \mu_{эj} = \mu_j k_j^\Gamma, \quad (3)$$

где  $\mu_{эj}$  – средняя интенсивность обслуживания в  $j$ -й линии связи,  $k_j^\Pi$  – коэффициент простоя  $j$ -й линии связи,  $k_j^\Gamma$  – коэффициент готовности  $j$ -й линии связи,  $T_j^\Pi$  – среднее время простоя,  $T_j^{\text{И}}$  – среднее время исправной работы.

Такие параметры, как время простоя  $T_j^\Pi$ , время исправной работы  $T_j^{\text{И}}$  и интенсивность нагрузки  $\lambda'_j$  и  $\lambda''_j$  в  $j$ -й линии связи, часто не могут быть определены точно, поэтому представим их в виде нечетких величин, которые определены каждая на своем полном ортогональном семантическом пространстве (ПОСП) [1] с функциями принадлежности трапецеидального типа, удовлетворяющими соотношениям

$$T_j^\Pi \Rightarrow \tilde{T}_k^\Pi \in \Pi_{T^\Pi}, \quad T_j^{\text{И}} \Rightarrow \tilde{T}_k^{\text{И}} \in \Pi_{T^{\text{И}}}, \quad \lambda'_j \Rightarrow \tilde{\lambda}'_j \in \Pi_\lambda, \quad \lambda''_j \Rightarrow \tilde{\lambda}''_j \in \Pi_\lambda, \quad (4)$$

где через  $\Pi_{T^\Pi}$ ,  $\Pi_{T^{\text{И}}}$ ,  $\Pi_\lambda$  обозначаются ПОСП для параметров  $T_j^\Pi$ ,  $T_j^{\text{И}}$ ,  $\lambda'_j, \lambda''_j$ , через  $K_{T^\Pi}$ ,  $K_{T^{\text{И}}}$ ,  $K_\lambda$  — количество термов, входящих в соответствующие ПОСП.

Используя подход, предложенный в [2], нечеткие величины  $\tilde{k}_j^\Pi = (k_{jb}^\Pi, k_{jb_1}^\Pi, k_{je_1}^\Pi, k_{je}^\Pi)$  будут описываться соответствующей четверкой значений:

$$k_{jb}^\Pi = 1 - \frac{T_{je_1}^{\text{И}}}{T_{je_1}^{\text{И}} + T_{jb_1}^\Pi}, \quad k_{jb_1}^\Pi = 1 - \frac{T_{je_1}^{\text{И}}}{T_{je_1}^{\text{И}} + T_{jb_1}^\Pi}, \quad k_{je_1}^\Pi = 1 - \frac{T_{jb_1}^{\text{И}}}{T_{jb_1}^{\text{И}} + T_{je_1}^\Pi}, \quad k_{je}^\Pi = 1 - \frac{T_{jb}^{\text{И}}}{T_{jb}^{\text{И}} + T_{je}^\Pi}.$$

Предложенная модель времени транзакции по каналам связи СПД, полученная с использованием аппарата нечетких множеств, позволяют решить проблему, связанную с нечетким определением параметров для таких сложных систем, какими являются современные КС. Полученный на ее основе показатель эффективности позволяет использовать его в задачах оптимизации производительности СПД произвольной структуры.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Тишин П. М. Нечеткие модели сетей связи / П. М. Тишин, К. В. Ботнар. // Холодильная техника и технология. – Одеса: ВЦ ОДАХ, 2009. – № 8. – С. 60–67.
2. Шапорина Е. Л., Тишин П. М., Нестеренко С. А., Милейко И. Г. Модели характеристик функционирования компьютерных сетей в условиях неопределенности // Тр. 14-й МНПК «Современные информационные и электронные технологии». — Украина, Одесса. — 2013. — Т. 1. — С. 138–141.

E. L. Shaporina, P. M. Tishin, S. A. Nesterenko

#### Optimization of communication networks performance in uncertainty conditions.

The paper presents a model of calculation of transaction time for duplex channels of computer networks communication systems. The model was obtained by using fuzzy sets. On the basis of the model, an efficiency index for computer networks has been generated. The problem of selection of the optimal bandwidth of data channels for switching nodes in computer networks is formulated.

Keywords: *computer Network, fuzzy sets, bandwidths.*