

## Литература

1. Salpeter, E. E. Mass-corrections to the fine structure of Hydrogen-like atoms / E. E. Salpeter // Phys. Rev. – 1952. – Vol. 87, №2. – P. 328–343.
2. Rotenberg, M. Theory and application of Sturmian functions / M. Rotenberg // Advances in Atomic and Molecular Physics. ed. by D. Bates, I. Esterman. – Academic Press, 1970. – Vol.6. – P. 233–268.
3. Stubbins, C. Bound states of the Hulthen and Yukawa potentials / C. Stubbins // Phys. Rev. A. – 1993. – Vol. 48. – P. 220–227.

Д. А. Сагайдак  
(ОмГТУ, Омск)

Науч. рук. В. Н. Задорожный, д-р техн. наук, доцент

### **ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ПЕРЕДАЧИ СООБЩЕНИЙ С ДЕМУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЕМ ПО ДВУМ КАНАЛАМ СВЯЗИ С РАЗЛИЧНЫМИ ПРОПУСКНЫМИ СПОСОБНОСТЯМИ**

Пусть отправителю требуется передать информацию – поток видеоданных, представляющий из себя последовательность изображений. У отправителя для этой цели имеется два канала связи и, используя схемы разделения секрета (далее – СРС) на две неравные доли, описанные в [1, 2], он осуществляет демультиплексирование передаваемых данных, как это описано, например, в [3, 4]. Но, отправитель не желает переплачивать за избыточность пропускных способностей каналов связи, и поэтому требуется выбрать такие оптимальные пропускные способности каналов связи, которые были бы достаточны для передачи отправляемых им данных. Предполагается, что СРС на две неравные доли могут использоваться не только для передачи видеоданных, но и для любых данных, где вместо битовых значений пикселей изображений, как это описано в [1, 2], берется битовое представление самих сообщений. В результате разделения сообщений меньшая доля отправляется по каналу с меньшей пропускной способностью, а большая – по каналу с большей пропускной способностью.

В качестве математической модели для оптимизации передачи сообщений с демультиплексированием по двум каналам связи предлагается сеть с расщеплением заявок по двум одноканальным системам

массового обслуживания (СМО) (рисунок 1). В терминах теории массового обслуживания полагается: сообщения – заявки, демультиплексирование сообщений – расщепление заявок, мультиплексирование сообщений – ассемблирование заявок, две заявки, соответствующие двум долям разделенного сообщения – сопряженные заявки, дисциплина обслуживания очередей перед каналами – дисциплина FIFO.

Заявки передаются через два канала с разными пропускными способностями  $C_1$  и  $C_2$ , измеряемыми, например, в Кбит/с. В отличие от традиционных сетей СМО в точке S заявка не переходит в одну из ветвей, а расщепляется на две заявки, одна из которых поступает в СМО-1, а другая – в СМО-2. Перед точкой A формируются очереди синхронизации, в самой точке A две сопряженные заявки ассемблируются в одну заявку.

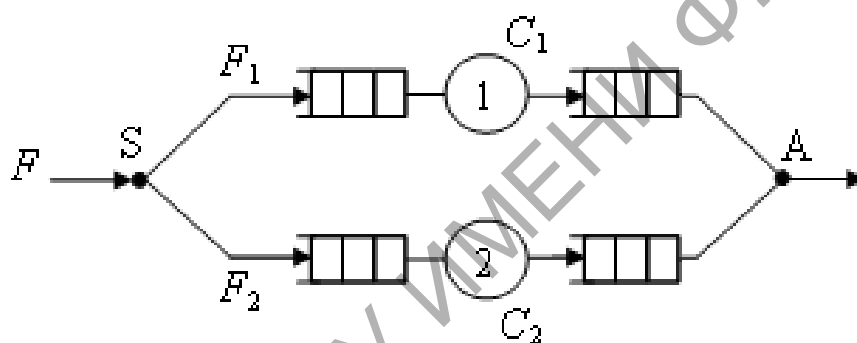


Рисунок 1 – Сеть с расщеплением заявок  
S – точка расщепления (split), A – точка сборки (assemble)

Входящий в сеть трафик  $F$  (Кбит/с) делится на две части  $F_1$  и  $F_2$ , где  $F_1 + F_2 = F$ . Момент входа заявки в сеть является одновременно моментом ее расщепления и моментом входа получаемых сопряженных частей в каждую из двух СМО. Тогда интенсивности  $\lambda$ ,  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  потоков заявок, поступающих в сеть, в СМО-1 и в СМО-2 соответственно, одинаковы, и все три потока заявок описываются одним и тем же вероятностным законом.

Время  $u$  передачи заявки определяется формулой

$$u = \max(u_1, u_2), \quad (1)$$

где  $u_1$  – время пребывания заявки в СМО-1:

$$u_1 = w_1 + x_1, \quad (2)$$

$u_2$  – время пребывания сопряженной с нею заявки в СМО-2:

$$u_2 = w_2 + x_2, \quad (3)$$

$w_1$  – время ожидания заявки в очереди 1,  $x_1$  – время обслуживания заявки в канале 1,  $w_2$  – время ожидания сопряженной заявки в очереди 2,  $x_2$  – время обслуживания сопряженной заявки в канале 2.

Среднее время  $U$  пребывания в S-сети, согласно (1), выражается формулой

$$U = M[\max(u_1, u_2)] = M[\max(w_1 + x_1, w_2 + x_2)]. \quad (4)$$

Время  $U$  зависит от пропускных способностей  $C_1, C_2$ :

$$U = U(C_1, C_2).$$

Пусть цена пропускной способности любого канала в расчете на время эксплуатации сети составляет  $m$  у.е./кбит/с). Тогда задача оптимизации пропускных способностей  $C_1, C_2$  каналов может быть сформулирована так:

$$f = lU(C_1, C_2) + mC_1 + mC_2 \rightarrow \min_{C_1, C_2}, \quad (5)$$

$$\begin{cases} C_1 \geq F_1 \\ C_2 \geq F_2, \end{cases} \quad (6)$$

где  $U(C_1, C_2) = M[\max(u_1, u_2)]$ ,  $l$  (у.е./с) – цена средней задержки заявки в сети на одну секунду. Стоимостный коэффициент  $l$  равен потерям (происходящим из-за ожидания заявок), рассчитанным на период эксплуатации сети.

Таким образом, задача (5), (6) ставится как задача минимизации средних издержек, приходящихся на период эксплуатации сети. Ис-

следование задачи показывает, что при различных предположениях о вероятностных законах, описывающих входной поток заявок и время обслуживания заявок каналами, и при различных способах расщепления заявок эта задача эффективно решается аналитическими методами либо ускоренными методами имитационного моделирования.

## Литература

1. Sagaydak, D. A. Model secret sharing schemes in systems transmit video / D. A. Sagaydak, R. T. Faizullin // Computer Optics. – 2013. – Vol. 37, № 1. – P. 105–112.
2. Файзуллин, Р. Т. Приложение алгоритма префиксного кодирования массива данных в схеме разделения секрета потока видеоданных / Р. Т. Файзуллин, Д. А. Сагайдак // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2012. – № 1-2(25). – С. 136–140.
3. Ефимов, В. И. Система мультиплексирования разнесенного TCP/IP трафика / В. И. Ефимов, Р. Т. Файзуллин // Математические структуры и моделирование. – 2002. – № 10. – С. 170–171.
4. Лавров, Д. Н. Схема разделения секрета для потоков данных маршрутизируемой сети / Д. Н. Лавров // Математические структуры и моделирование. – 2002. – № 10. – С. 192–197.

**А. А. Садовский**

(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

Науч. рук. **О. В. Дегтярева**, ст. преподаватель;

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

**А. А. Бабич**, канд. физ.-мат. наук, доцент

## **ПРЕЦИЗИОННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЛАБОГО УГЛА СМЕШИВАНИЯ ВАЙНБЕРГА В ЭКСПЕРИМЕНТАХ НА ЭЛЕКТРОН-ПОЗИТРОННЫХ КОЛЛАЙДЕРАХ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ**

Проверка Стандартной модели электрослабых и сильных взаимодействий элементарных частиц (СМ) осуществлялась на протяжении ряда лет в ускорительных экспериментах на высокоэнергетических коллайдерах, таких как LEP (опции LEP1 и LEP2), SLC, Tevatron, HERA и др., а также интенсивно ведется в настоящее время на Боль-