

УДК 621.391

## КОДИРОВАНИЕ СООБЩЕНИЙ НА ТРАНСПОРТНОМ УРОВНЕ В НЕРАВНОМЕРНЫХ СЕТЯХ

Д. А. Маличенко<sup>а, 1</sup>, программист

<sup>а</sup>Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, Санкт-Петербург, РФ

**Постановка проблемы:** метод транспортного кодирования до сих пор рассматривался в предположении равномерности сети, т. е. в предположении отсутствия у сети подсетей с разной пропускной способностью. В таких сетях скорость транспортного кодирования фиксируется для всех подсетей. Целью работы является увеличение эффективности транспортного кодирования в сетях с нерегулярной структурой за счет использования адаптации транспортного кода по скорости. **Результаты:** предложен метод кодирования на транспортном уровне сети, в котором скорость кода выбирается для каждой подсети с учетом таких параметров, как количество маршрутов, их длина и загрузка подсети. На промежуточных узлах происходит перекодирование сообщений с выбранной скоростью. Проведен расчет выигрыша от адаптации скорости кода с помощью аналитического и имитационного моделирования сетей Клейнрока, состоящих из двух подсетей; выигрыш составил не менее 10 %. **Практическая значимость:** предложенный способ передачи позволяет уменьшить среднюю задержку сообщений за счет учета нерегулярности сети при выборе скорости кода.

**Ключевые слова** — транспортное кодирование, задержка сообщений, сети передачи данных, сети Клейнрока.

### Введение

В работах [1, 2] было предложено транспортное кодирование при передаче сообщений в сетях с коммутацией пакетов. Подробное описание и анализ эффективности этого метода передачи сообщений даны в работах [3–6]. Представим кратко идею транспортного кодирования.

Положим, требуется отправить по сети сообщение, состоящее из  $k$  пакетов. Будем рассматривать пакеты как символы некоторого алфавита. Пусть задан код  $G(n, k)$  над этим алфавитом. Перед отправкой сообщения пакеты кодируются с помощью заданного кода. Вместо исходных  $k$  пакетов отправляются  $n$  закодированных пакетов ( $n > k$ ). Для приема сообщения необходимо, чтобы до адресата дошли хотя бы  $k$  пакетов, тогда сообщение будет считаться принятым.

В работах [1–6] скорость кода  $R = k/n$  фиксирована при передаче от источника до получателя. Нами рассматривается передача в неравномерных сетях, предлагается метод передачи, при котором используется транспортное кодирование с переменной скоростью кода. Под равномерной понимается сеть, которая состоит из одинаковых подсетей. Подсети могут отличаться, например, загрузкой, топологией. В предлагаемом методе в промежуточных узлах, соединяющих подсети, выбирается новое значение скорости, адаптированное для следующей подсети, далее происходит перекодирование сообщения в про-

межуточном узле с новой скоростью. Так как новая скорость кода выбирается неоднократно и с учетом параметров конкретной подсети, то ожидается, что такой способ передачи будет более выгодным в сравнении со случаем с фиксированной скоростью кода.

В работе исследуется эффективность передачи с использованием перекодирования. Для этого рассматривается несколько примеров и производится расчет задержки сообщений, сравниваются задержки для случая с перекодированием и без него. Конкретные коды, используемые для транспортного кодирования [7–11], не рассматриваются.

### Исследование выигрыша от использования перекодирования

Рассмотрим сети, описываемые моделью, приведенной в работах [3–5]. В них считается, что задержка сообщения распределена по экспоненциальному закону

$$F_p(t) = 1 - e^{-t/\bar{t}(\rho)}$$

со средним

$$\bar{t}(\rho) = \frac{\lambda_0}{\mu\gamma} \frac{1}{1-\rho},$$

где  $\rho$  — загрузка сети;  $\lambda_0$  — полный внутренний трафик сети;  $c$  — емкость каналов;  $\gamma$  — полный внешний трафик сети;  $1/\mu$  — средняя длина пакета. Для простоты рассмотрим две сети  $S_1$  и  $S_2$ , соединенные через одну общую точку, которая выбрана для перекодирования. Пусть загрузка одной сети равна  $\rho_1$ , а загрузка второй сети —  $\rho_2$ . Тогда средняя задержка сообщений в сетях равна  $\bar{t}(\rho_1)$  и  $\bar{t}(\rho_2)$  соответственно. Для данной модели

<sup>1</sup> Научный руководитель — профессор, доктор технических наук, директор Института информационных систем и защиты информации, заведующий кафедрой безопасности информационных систем Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения Е. А. Крук.

сети приведена [6] формула для расчета средней задержки кодированных сообщений

$$T = \min_R \left\{ \bar{t}(\rho / R) \sum_{i=k/R-k+1}^{k/R} i^{-1} \right\}. \quad (1)$$

Посчитаем отношение средней задержки сообщений при передаче без перекодирования к средней задержке сообщений при передаче с перекодированием:

$$G = \frac{T_0}{T_1 + T_2}, \quad (2)$$

где  $T_0$  — средняя задержка сообщения без перекодирования;  $T_1, T_2$  — средняя задержка сообщения в сети  $S_1$  и  $S_2$  соответственно. Воспользуемся отношением (2) для оценки выигрыша от применения перекодирования. Для вычисления  $T_0, T_1, T_2$  обратимся к выражению (1), тогда

$$T_0 = \min_R \left\{ \bar{t}(\rho_1 / R) \sum_{i=k/R-k+1}^{k/R} i^{-1} + \bar{t}(\rho_2 / R) \sum_{i=k/R-k+1}^{k/R} i^{-1} \right\};$$

$$T_1 = \min_R \left\{ \bar{t}(\rho_1 / R) \sum_{i=k/R-k+1}^{k/R} i^{-1} \right\};$$

$$T_2 = \min_R \left\{ \bar{t}(\rho_2 / R) \sum_{i=k/R-k+1}^{k/R} i^{-1} \right\}.$$

Подставив выражения для  $T_0, T_1, T_2$  в отношение (2), получим

$$G = \frac{\left( \bar{t}(\rho_1 / R_0) + \bar{t}(\rho_2 / R_0) \right) \times \sum_{i=k/R_0-k+1}^{k/R_0} i^{-1}}{\left( \bar{t}(\rho_1 / R_1) \sum_{i=k/R_1-k+1}^{k/R_1} i^{-1} + \bar{t}(\rho_2 / R_2) \sum_{i=k/R_2-k+1}^{k/R_2} i^{-1} \right)}. \quad (3)$$

Тогда условие выгодности перекодирования принимает вид

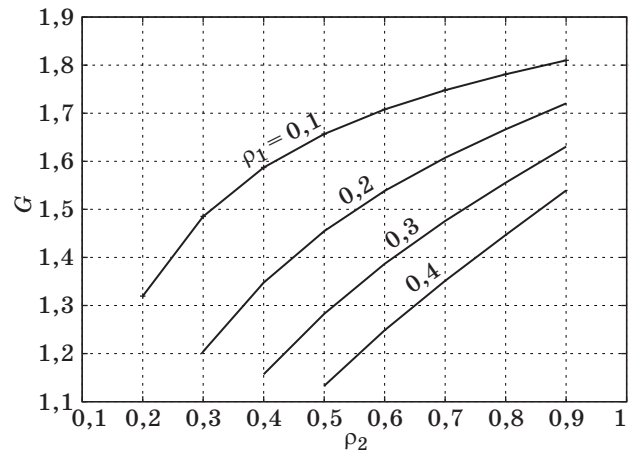
$$\begin{aligned} & \bar{t}(\rho_1 / R_0) \sum_{i=k/R_0-k+1}^{k/R_0} i^{-1} + \bar{t}(\rho_2 / R_0) \sum_{i=k/R_0-k+1}^{k/R_0} i^{-1} > \\ & > \bar{t}(\rho_1 / R_1) \sum_{i=k/R_1-k+1}^{k/R_1} i^{-1} + \bar{t}(\rho_2 / R_2) \sum_{i=k/R_2-k+1}^{k/R_2} i^{-1}. \end{aligned}$$

Графики зависимости выигрыша  $G$  от  $\rho_2$  при фиксированных значениях  $\rho_1$  (рис. 1), полученного расчетом по формуле (3), показывают, что

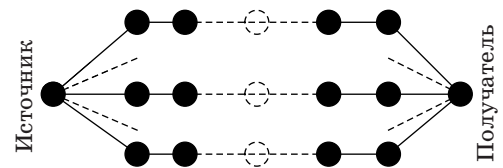
с ростом  $\rho_2 - \rho_1$  выигрыш от использования перекодирования возрастает.

Приведем другой пример, в котором имеется две сети и каждая представляет собой систему параллельных каналов (рис. 2). Подсети соединяются друг с другом через узел, в который сходятся все каналы. Рассмотрим передачу из одной такой подсети в другую с использованием перекодирования (рис. 3).

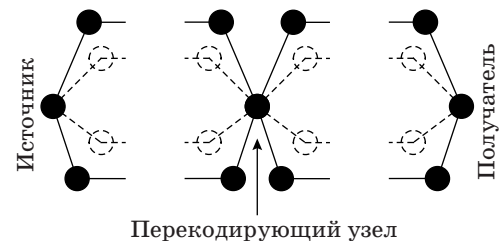
Для расчета выигрыша от перекодирования воспользуемся моделью сети Клейнрока [12], которая описывает передачу сообщения по каналу с помощью системы массового обслуживания. Будем считать, что емкости  $s$  всех каналов одинаковы и средняя длина пакета равна  $1/\mu$ . Задержка одного пакета на пути от источника до получателя представляет собой сумму задержек на каждом канале пути. С учетом приведенной на рис. 3 топологии задержка одного пакета пред-



■ Рис. 1. Выигрыш от перекодирования при разных значениях загрузки подсетей  $\rho_1, \rho_2$



■ Рис. 2. Система с параллельными каналами



■ Рис. 3. Пример двух соседних подсетей

ставляет собой сумму случайных величин, распределенных по одному и тому же экспоненциальному закону со средним  $1/(\mu c)$ . Если загрузка сети мала и очереди системы массового обслуживания пусты, то количество случайных величин, входящих в задержку пакета, будет постоянным. Как известно, сумма одного и того же числа случайных величин, распределенных по одному и тому же экспоненциальному закону, распределена по закону Эрланга. При большой загрузке сети количество случайных величин, входящих в сумму, формирующую задержку пакета, будет примерно одинаковым, но все же отличаться для разных пакетов. В этом случае нельзя говорить о точном соответствии задержки распределению Эрланга. Далее будем использовать распределение Эрланга для приближенного расчета задержки пакета. Функция распределения Эрланга

$$F_r(x) = 1 - e^{-\alpha x} \sum_{i=0}^{r-1} \frac{(\alpha x)^i}{i!},$$

где  $r$  — длина пути, а  $1/\alpha$  — средняя задержка пакета на одном канале. Параметр  $\alpha$  можно рассчитать как отношение длины пути  $\bar{n}$  и задержки пакета на всем пути:

$$\alpha = \frac{\bar{n}}{\bar{t}(\rho)} = \frac{\bar{n}\mu c(1-\rho)}{\bar{n}} = \mu c(1-\rho).$$

Положим  $\mu c = 1$ , тогда  $\alpha = 1 - \rho$ .

В работе [13] описана методика вычисления задержки кодированного сообщения с использованием порядковых статистик [14], если известно распределение задержки пакета. В нашей работе также воспользуемся порядковыми статистиками для расчета задержки кодированного сообщения. Задержка сообщения представляет собой  $k$ -ю порядковую статистику из  $n$  случайных величин, распределенных по закону Эрланга, и вычисляется по формуле

$$T = n C_{n-1}^{k-1} \int_{-\infty}^{\infty} -x \left( 1 - e^{-\alpha x} \sum_{i=0}^{r-1} \frac{(\alpha x)^i}{i!} \right)^{k-1} \times \left( e^{-\alpha x} \sum_{i=0}^{r-1} \frac{(\alpha x)^i}{i!} \right)^{n-k} e^{-\alpha x} \sum_{i=0}^{r-1} (\alpha x)^i \left[ \frac{i}{xi!} - \frac{\alpha}{i!} \right] dx.$$

Перепишем эту формулу в зависимости от  $\bar{n}$ ,  $R$  и  $\rho$ :

$$T(\bar{n}, R, \rho) = \frac{k}{R} C_{k/R-1}^{k-1} \times \int_{-\infty}^{\infty} -x \left( 1 - e^{-(1-\rho)x} \sum_{i=0}^{\bar{n}-1} \frac{((1-\rho)x)^i}{i!} \right)^{k-1} \times$$

$$\times \left( e^{-(1-\rho)x} \sum_{i=0}^{\bar{n}-1} \frac{((1-\rho)x)^i}{i!} \right)^{k/R-k} \times e^{-(1-\rho)x} \sum_{i=0}^{\bar{n}-1} ((1-\rho)x)^i \left[ \frac{i}{xi!} - \frac{(1-\rho)}{i!} \right] dx.$$

Тогда средняя задержка сообщения для передачи без перекодирования

$$T_0 = \min_R \{ T(\bar{n}_1 + \bar{n}_2, R, \rho) \};$$

средняя задержка сообщения на участке от источника сообщений до перекодировывающего узла

$$T_1 = \min_R \{ T(\bar{n}_1, R, \rho) \};$$

средняя задержка сообщения на участке от перекодировывающего узла до узла-получателя

$$T_2 = \min_R \{ T(\bar{n}_2, R, \rho) \}.$$

В результате выигрыш от применения перекодирования

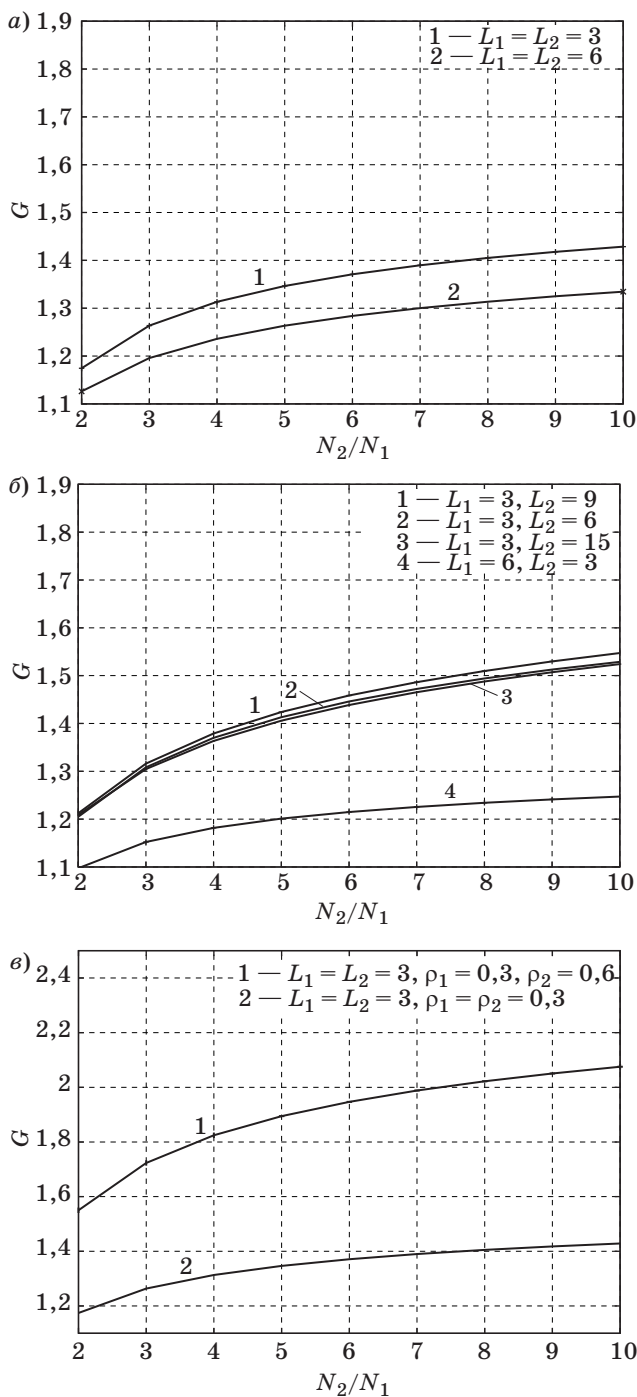
$$G = \frac{\min_R \{ T(\bar{n}_1 + \bar{n}_2, R, \rho) \}}{\min_R \{ T(\bar{n}_1, R, \rho) \} + \min_R \{ T(\bar{n}_2, R, \rho) \}}. \quad (4)$$

В данной работе рассматриваются сети, для которых выполняются следующие условия:

- 1) оптимальные скорости кодирования в подсетях отличаются;
- 2) использование транспортного кодирования в подсетях дает разный выигрыш.

Рассмотрим зависимость выигрыша от использования перекодирования (4) от отношения количества путей в подсетях ( $N_2/N_1, N_1 = 8$ ) при длине информационного сообщения  $k = 8$  пакетов и следующих длинах путей в подсетях:  $L_1 = L_2 = 3$ ,  $L_1 = L_2 = 6$ . Как видно из рис. 4, а, наличие перекода в количестве путей в подсетях приводит к выигрышу при использовании перекодирования, с ростом различия количества путей в подсетях  $N_2-N_1$  растет выигрыш от перекодирования. На рис. 4, б представлена та же зависимость для случая, когда длина путей в подсетях отличается. Этот график требует более подробного разъяснения. Кривые 2 и 4 соответствуют ситуации, в которой длина путей одной подсети равна 3, длина путей в другой подсети 6, при этом сами подсети разные, так как количество путей во второй подсети больше. В первом случае  $L_2 = 6$ , а во втором случае  $L_2 = 3$ . Увеличение количества маршрутов для случая коротких и длинных путей дает разный выигрыш от самого транспортного кодирования, поэтому и выигрыш от перекодирования сильно отличается.

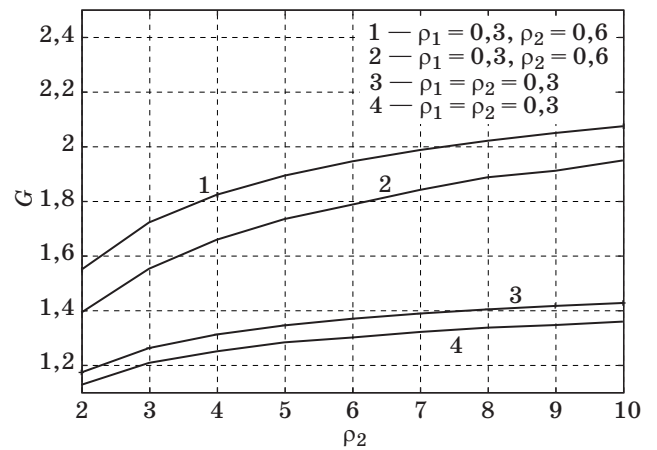
Для этой же модели сети рассмотрим выигрыш от перекодирования в случае разных загрузок



■ **Рис. 4.** Выигрыш от перекодирования для системы с параллельными каналами в зависимости от отношения количества путей в подсетях для случая: *a* — равных длин путей; *б* — различных длин путей; *в* — равных длин путей и различных загрузок сети

сети. Для этого необходимо переписать формулу (4), чтобы учесть различие в загрузке:

$$G = \frac{\min_R \{T(\bar{n}_1, R, \rho_1) + T(\bar{n}_2, R, \rho_2)\}}{\min_R \{T(\bar{n}_1, R, \rho_1)\} + \min_R \{T(\bar{n}_2, R, \rho_2)\}} \quad (5)$$



■ **Рис. 5.** Сравнение выигрыша от перекодирования, посчитанного аналитически (кривые 1 и 3) и с помощью имитационной модели (кривые 2 и 4):  $L_1 = L_2 = 3$

Выигрыш от перекодирования для случая разных значений загрузки в подсетях ( $\rho_1 = 0,3, \rho_2 = 0,6$ ) представлен на рис. 4, *в*. На графике видно, что различие в загрузках делает выигрыш от перекодирования еще выше, чем в случае равных загрузок.

Графики, представленные на рис. 4, построены по формулам (4) и (5). Как было рассмотрено выше, строго говоря, такой расчет является приближением. Для точного расчета модели сети Клейнрока было использовано имитационное моделирование. Результаты сравнения выигрыша от перекодирования, посчитанного с помощью имитационной модели и по формуле (5), представлены на рис. 5. На графиках видно, что имитационная модель также демонстрирует наличие выигрыша от перекодирования. Само значение выигрыша ниже, чем рассчитанное по формуле (5), а разница в расчете и моделировании не велика при малых загрузках сети и увеличивается с ростом загрузки сети.

### Заключение

В работе рассмотрено транспортное кодирование в неравномерных сетях. Предложен метод передачи, в котором скорость кодирования при передаче от источника к получателю адаптировалась для каждой подсети, что для рассмотренных примеров сетей позволило уменьшить среднюю задержку сообщений. Для сетей Клейнрока рассмотрено влияние таких параметров, как длина путей в сети, их количество и загрузка на эффективность перекодирования. Приведенный анализ указывает на возможности уменьшения средней задержки при передаче сообщений в сетях передачи данных.



## Литература

1. Кабатянский Г. А., Крук Е. А. Кодирование уменьшает задержку // X Всесоюзная школа-семинар по вычислительным сетям. Ч. 2. Москва-Тбилиси, 1985. С. 23–26.
2. Кабатянский Г. А., Крук Е. А. Об избыточном кодировании на транспортном уровне сети передачи данных // Помехоустойчивое кодирование и надежность ЭВМ. — М.: Наука, 1987. С. 143–150.
3. Krouk E., Semenov S. Delivery of a Message During Limited Time with the Help of Transport Coding // Fifth IEEE Workshop on Signal Processing Advances in Wireless Communications, Lisbon, Portugal, July 11–14, 2004. P. 1–5. doi:10.1109/SPAWC.2004.1439191
4. Krouk E., Semenov S. Transmission of a Message During Limited Time With the Help of Transport Coding // Proc. of Intern. Conf. on E-business and Telecommunication Networks (ICETE 2005), Reading, UK, Oct. 3–7, 2005. P. 88–93.
5. Крук Е. А. Кодирование на транспортном уровне сети передачи данных // Изв. ГУАП. СПб., 2011. С. 22–28.
6. Krouk E., Semenov S. Transmission of Priority Messages with the Help of Transport Coding // Proc. of 10th Intern. Conf. on Telecommunications, 23 February — 1 March, 2003. P. 1273–1278. doi:10.1109/ICTEL.2003.1191618
7. Alon N., Luby M. A Linear Time Erasure Codes with Nearly Optimal Recovery // IEEE Transactions on Information Theory. Nov. 1996. Vol. 42. N 6. P. 1732–1736. doi:10.1109/18.556669
8. Luby M., Mitzenmacher M., Shokrollahi M. A., Spielman D. A., Stemann V. Practical Loss-Resilient Codes // Proc. of the 29th Annual ACM Symposium on Theory of Computing. ACM, 1997. P. 150–159. doi:10.1145/258533.258573
9. Luby M. LT Codes // Proc. of the 43rd Annual IEEE Symp. on Foundations of Computer Science. IEEE, 2002. P. 271–280. doi:10.1109/SFCS.2002.1181950
10. Sidorenko V., Shen F., Krouk E., Bossert M. Punctured Reed-Solomon Codes at the Transport Layer of Digital Networks // Coding Theory Days in St. Petersburg: Proc. of the Workshop, Oct. 6–10, 2008. Saint-Petersburg, Russia. P. 76–83.
11. Krouk E., Semenov S. Application of Tornado Codes to Transport Coding // Proc. of IEEE Symp. on Computers and Communications (ISCC'07), Aveiro, Portugal, July 1–4, 2007. P. 249–256. doi:10.1109/ISCC.2007.4381609
12. Kleinrock L. Communication Nets: Stochastic Message Flow and Delay. — Dover Publications, 2007. — 224.
13. Крук Е. А., Маличенко Д. А. Расчет задержки при использовании кодирования на транспортном уровне сети передачи данных // Изв. вузов. Приборостроение. 2013. Т. 56. № 8. С. 45–51.
14. David H., Nagaraja H. N. Order Statistics. 3rd ed. — Wiley-Interscience, 2003. — 488 p.

UDC 621.391

## Transport Layer Coding in Irregular Networks

Malichenko D. A.<sup>a</sup>, Programmer, dml@vu.spb.ru<sup>a</sup>Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentations, 67, B. Morskaja St., 190000, Saint-Petersburg, Russian Federation

**Purpose:** Transport layer coding has been discussed so far with the assumption that the network is uniform, i.e. the network has no subnetworks with different capacities. Coding rate of transport layer coding in such networks is fixed and equal for all the subnetworks. The aim of this work is increasing the efficiency of transport layer coding in nonuniform networks by adapting the code rate. **Results:** A new transport layer coding method was proposed in which the code rate is selected for every subnetwork according to such parameters as the number of the routes, the lengths of the routes and the load of the subnetworks. On the intermediate nodes of the network, all messages are recoded with the chosen code rate. The gain of the proposed method as compared to coding without adaptation strongly depends on subnetwork parameters. Analysis and simulation of Kleinrock networks consisting of two subnetworks demonstrated a gain not less than 10%. **Practical relevance:** The proposed method of transport layer coding with coding rate adaptation can decrease the average delay of a message.

**Keywords** — Transport Layer Coding, Message Delay, Computer Networks, Kleinrock Networks.

## References

1. Kabatianskii G. A., Krouk E. A. Coding Decreases Message Delay. X *Vsesoiuznaia shkola-seminar po vychislitel'nyim setiam* [X All-Union Seminar on Computer Networks]. Moscow-Tbilisi, 1985, vol. 2, pp. 23–26 (In Russian).
2. Kabatianskii G. A., Krouk E. A. On Coding at the Transport Layer of Data Networks. *Pomekhoustoichivoe kodirovanie i nadezhnost' EVM* [Error Correcting Coding and Reliability of Computers]. Moscow, Nauka Publ., 1987, pp. 143–150 (In Russian).
3. Krouk E., Semenov S. Delivery of a Message During Limited Time with the Help of Transport Coding. *Fifth IEEE Workshop on Signal Processing Advances in Wireless Communications*, Lisbon, Portugal, July 11–14, 2004, pp. 1–5. doi:10.1109/SPAWC.2004.1439191
4. Krouk E., Semenov S. Transmission of a Message During Limited Time With the Help of Transport Coding. *Proc. of ICETE 2005 — Intern. Conf. on E-business and Telecommunication Networks*, Reading, UK, October 3–7, 2005, pp. 88–93.
5. Krouk E. A. Coding at the Transport Layer of Data Networks. *Izvestiia GUAP*, 2011, pp. 22–28 (In Russian).

6. Krouk E., Semenov S. Transmission of Priority Messages with the Help of Transport Coding. *Proc. of 10th Intern. Conf. on Telecommunications*, 23 February–1 March, 2003, pp. 1273–1278. doi:10.1109/ICTEL.2003.1191618
7. Alon N., Luby M. A Linear Time Erasure Codes with Nearly Optimal Recovery. *IEEE Transactions on Information Theory*, November 1996, vol. 42, no. 6, pp. 1732–1736. doi:10.1109/18.556669
8. Luby M., Mitzenmacher M., Shokrollahi M. A., Spielman D. A., Stemann V. Practical Loss-Resilient Codes. *Proc. of the 29th Annual ACM Symp. on Theory of Computing*. ACM, 1997, pp. 150–159. doi:10.1145/258533.258573
9. Luby M. LT Codes. *Proc. of the 43rd Annual IEEE Symp. on Foundations of Computer Science*. IEEE, 2002, pp. 271–280. doi:10.1109/SFCS.2002.1181950
10. Sidorenko V., Shen F., Krouk E., Bossert M. Punctured Reed-Solomon Codes at the Transport Layer of Digital Networks. *Proc. of the Workshop "Coding Theory Days in St. Petersburg"*, October 6–10, 2008, Saint-Petersburg, Russia, pp. 76–83.
11. Krouk E., Semenov S. Application of Tornado Codes to Transport Coding. *Proc. of IEEE Symp. on Computers and Communications (ISCC'07)*, Aveiro, Portugal, July 1–4, 2007, pp. 249–256. doi:10.1109/ISCC.2007.4381609
12. Kleinrock L. *Communication Nets: Stochastic Message Flow and Delay*. Dover Publications, 2007. 224 p.
13. Krouk E. A., Malichenko D. A. On Calculation of Message Delay with Coding on Transport Layer of Data-Transmission Network. *Izvestia vuzov. Priboroostroenie*, 2013, vol. 56, no. 8, pp. 45–51 (In Russian).
14. David H., Nagaraja H. N. *Order Statistics*. 3rd ed. Wiley-Interscience, 2003. 488 p.

## Уважаемые авторы!

При подготовке рукописей статей необходимо руководствоваться следующими рекомендациями.

Статьи должны содержать изложение новых научных результатов. Название статьи должно быть кратким, но информативным. В названии недопустимо использование сокращений, кроме самых общепринятых (РАН, РФ, САПР и т. п.).

Объем статьи (текст, таблицы, иллюстрации и библиография) не должен превышать эквивалента в 20 страниц, напечатанных на бумаге формата А4 на одной стороне через 1,5 интервала Word шрифтом Times New Roman размером 13, поля не менее двух сантиметров.

Обязательными элементами оформления статьи являются: индекс УДК, заглавие, инициалы и фамилия автора (авторов), ученая степень, звание (при отсутствии — должность), полное название организации, аннотация и ключевые слова на русском и английском языках, электронные адреса авторов, которые по требованию ВАК должны быть опубликованы на страницах журнала. При написании аннотации не используйте аббревиатур и не делайте ссылок на источники в списке литературы.

Статьи авторов, не имеющих ученой степени, рекомендуется публиковать в соавторстве с научным руководителем, наличие подписи научного руководителя на рукописи обязательно; в случае самостоятельной публикации обязательно предоставляйте заверенную по месту работы рекомендацию научного руководителя с указанием его фамилии, имени, отчества, места работы, должности, ученого звания, ученой степени — эта информация будет опубликована в ссылке на первой странице.

**Формулы** набирайте в Word, не используя формульный редактор (Mathtype или Equation), при необходимости можно использовать формульный редактор; для набора одной формулы не используйте два редактора; при наборе формул в формульном редакторе знаки препинания, ограничивающие формулу, набирайте вместе с формулой; для установки размера шрифта никогда не пользуйтесь вкладкой Other..., используйте заводские установки редактора, не подгоняйте размер символов в формулах под размер шрифта в тексте статьи, не растягивайте и не сжимайте мышью формулы, вставленные в текст; в формулах не отделяйте пробелами знаки: + –.

Для набора формул в Word никогда не используйте Конструктор (на верхней панели: «Работа с формулами» — «Конструктор»), т. к. этот ресурс предназначен только для внутреннего использования в Word и не поддерживается программами, предназначенными для изготовления оригинал-макета журнала.

При наборе символов в тексте помните, что символы, обозначаемые латинскими буквами, набираются светлым курсивом, русскими и греческими — светлым прямым, векторы и матрицы — прямым полужирным шрифтом.

**Иллюстрации** в текст не заверстываются и предоставляются отдельными исходными файлами, поддающимися редактированию:

— рисунки, графики, диаграммы, блок-схемы предоставляйте в виде отдельных исходных файлов, поддающихся редактированию, используя векторные программы: Visio 4, 5, 2002–2003 (\*.vsd); Coreldraw (\*.cdr); Excel (\*.xls); Word (\*.doc); Adobellustrator (\*.ai); AutoCad (\*.dxf); Matlab (\*.ps, \*.pdf или экспорт в формат \*.ai);

— если редактор, в котором Вы изготавливаете рисунок, не позволяет сохранить в векторном формате, используйте функцию экспорта (только по отношению к исходному рисунку), например, в формат \*.ai, \*.esp, \*.wmf, \*.emf, \*.svg;

— фото и растровые — в формате \*.tif, \*.png с максимальным разрешением (не менее 300 pixels/inch).

Наличие подрисованных подписей обязательно (желательно не повторяющих дословно комментарии к рисункам в тексте статьи).

**В редакцию предоставляются:**

— сведения об авторе (фамилия, имя, отчество, место работы, должность, ученое звание, учебное заведение и год его окончания, ученая степень и год защиты диссертации, область научных интересов, количество научных публикаций, домашний и служебный адреса и телефоны, e-mail), фото авторов: анфас, в темной одежде на белом фоне, должны быть видны плечи и грудь, высокая степень четкости изображения без теней и отблесков на лице, фото можно представить в электронном виде в формате \*.tif, \*.png с максимальным разрешением — не менее 300 pixels/inch при минимальном размере фото 40×55 мм;

— экспертное заключение.

**Список литературы** составляется по порядку ссылок в тексте и оформляется следующим образом:

— для книг и сборников — фамилия и инициалы авторов, полное название книги (сборника), город, издательство, год, общее количество страниц;

— для журнальных статей — фамилия и инициалы авторов, полное название статьи, название журнала, год издания, номер журнала, номера страниц;

— ссылки на иностранную литературу следует давать на языке оригинала без сокращений;

— при использовании web-материалов указывайте адрес сайта и дату обращения.

Список литературы оформляйте двумя отдельными блоками по образцам lit.dot на сайте журнала (<http://i-us.ru/paperrules>) по разным стандартам: Литература – СИБИД РФ, References – один из мировых стандартов.

Более подробно правила подготовки текста с образцами изложены на нашем сайте в разделе «Оформление статей».

### Контакты

Куда: 190000, Санкт-Петербург,  
Б. Морская ул., д. 67, ГУАП, РИЦ

Кому: Редакция журнала «Информационно-управляющие системы»

Тел.: (812) 494-70-02

Эл. почта: [i-us.spb@gmail.com](mailto:i-us.spb@gmail.com)

Сайт: [www.i-us.ru](http://www.i-us.ru)