

# Метод управления параметрами, характеризующими процессы функционирования инфокоммуникационной системы

**Легков К.Е.**

к.т.н., Северо-Кавказский филиал Московского технического университета связи и информатики

**Буренин А.Н.**

к.т.н., Научно-исследовательский институт «Рубин»

## Аннотация

Решение группы задач управления качеством функционирования инфокоммуникационных систем, связанных с непосредственным влиянием процедур управления на параметры, определяющие качественные показатели функционирования системы, предполагают рассмотрение структурных моделей сетей в составе инфокоммуникационной системы, обеспечивающих доступ к серверам соответствующих служб системы. При этом, сеть, осуществляющая транспортирование (перенос) информации в инфокоммуникационную систему будет использоваться как высокоскоростная магистраль, обеспечивающая передачу информации между выделенными сетями доступа пользователей.

## Ключевые слова:

инфокоммуникационная система, поток требований, протоколы управления, маршрутизация, уровневые сети.

При чрезвычайных ситуациях и в период террористической угрозы уровневые сети инфокоммуникационной системы специального назначения (ИКС СН) могут подвергаться интенсивным информационным воздействиям, при которых ни статические (детерминированные), ни квазистатические методы уже будут не способны обеспечивать требуемый уровень качества функционирования, а возможность межузлового обмена управляющей информацией будет значительно снижена. Для такого варианта развития условий функционирования ИКС СН целесообразно применение других методов.

Другим вариантом метода управления потоками в уровнях сетях ИКС СН предложен метод, основанный на определенных процедурах модернизации так называемых игровых способов управления сетями [1-3]. При использовании для формирования процедур управления и плана распределения потоков требований на обслуживание или сообщений обслуживания, наиболее известного варианта игрового метода [2,3] каждая уровневая сеть ИКС СН рассматривается как случайная среда, а средства управления потоками представляются в виде коллектива стохастических автоматов, функционирующих в этой среде (играющих со средой).

Процесс «игры» состоит в том, что для установления соединения с узлом предоставления услуг или передачи требований, сообщений, пакетов (кадров, ячеек) вначале наугад выбирается исходящее направление. Если виртуальное соединение установлено или передача информации успешно завершена, то это направление поощряется, в противном случае штрафуются. Через некоторое время в каждой уровневой сети ИКС СН накопится статистика успешных и неуспешных соединений или передач пакетов, и выбор будет осуществляться осознанно.

В качестве играющего автомата на  $j$ -м узле уровневой сети ИКС СН принимают автомат с переменной структурой:

$$A_j = (p_{j1}, p_{j2}, \dots, p_{j\gamma}, \dots, p_{jk}), \quad (1)$$

где  $p_{j\gamma} > 0$  - вероятность появления состояния  $\gamma$ -го выхода, а  $\sum_{r=1}^k p_{jr} = 1$ .

Изменение элементов  $p_{j\gamma}$  происходит следующим образом: если было совершено действие  $\gamma$ -го типа и автомат был оштрафован, то

$$p_{j\gamma}^* = \frac{p_{j\gamma}^* \alpha}{1 + (\alpha - 1) p_{j\gamma}^*}. \quad (2)$$

Если за это же действие автомат был поощрен, то

$$p_{j\gamma}^* = \frac{p_{j\gamma}^* \beta}{1 + (\beta - 1) p_{j\gamma}^*}. \quad (3)$$

где  $\alpha \leq 1$  и  $\beta \geq 1$  - параметры метода;  $p_{j\gamma}^*$  - оценка вероятности состояния  $\gamma$ -го выхода по результатам обслуживания предыдущих заявок.

После изменения величин  $p_{j\gamma}^*$  все остальные элементы  $p_{j\xi}^* \forall \xi \neq \gamma$  нормируются:

$$p_{j\xi}^* = \frac{p_{j\xi}^*}{1 + (\alpha - 1) p_{j\xi}^*}; \quad (4)$$

$$p_{j\xi}^* = \frac{p_{j\xi}^*}{1 + (\beta - 1) p_{j\xi}^*}. \quad (5)$$

Реализация игрового метода в уровневых сетях ИКС СН состоит в следующем: на каждом  $i$ -м узле каждой уровневой сети хранится стохастическая матрица с числом строк, равным числу узлов в сети, и числом столбцов, равным числу исходящих направлений. Каждая  $j$ -я строка матрицы, соответствующая  $j$ -му узлу, представляет собой автомат  $A_{ij} = (p_{ij1}, p_{ij2}, \dots, p_{ij\gamma}, \dots, p_{ijk})$ , а элемент  $p_{j\gamma}$  сопоставляется с  $\gamma$ -м исходящим направлением. Элементы  $p_{j\gamma}$  изменяются описанным выше образом. Причем, если заявка на передачу информации к  $j$ -му узлу по исходящему направлению  $\gamma$  заканчивается успешно, то автомат поощряется; если нет, то штрафуются.

Основное достоинство всех игровых методов при применении их в ИКС СН заключается в том [2,3], что при формировании управления потоками требований в уровневых сетях и соответствующих планов управления потоками не требуется передача по сетям какой-либо служебной информации. В игровых методах в качестве служебных сигналов выступают сами требования, сообщения обслуживания, пакеты, кадры, вызовы. При этом при формировании плана для каждой новой заявки используются результаты их прохождения по сетям в предыдущее время, а после обслуживания их план вновь корректируется.

Однако, несмотря на такое замечательное свойство игровых методов как отсутствие передачи по сети какой-либо служебной информации, практическое применение их возможно только в уровневых сетях ИКС СН со стабильными слабо изменяющимися потоками, характеризующимися длительными периодами стационарности (интенсивности которых длительное время остаются неизменными) и в условии полного отсутствия структурных изменений [1]. Только в этом случае в качестве оценки вероятности успешной доставки требования, сообщения обслуживания и пр. можно использовать величины  $p_{j\gamma}$ . В противном случае ошибка смещения оценки  $p_{j\gamma}$  возрастет настолько, что эти оценки вообще никак не будут отражать реальную ситуацию в каждой уровневой сети ИКС СН, т.к. в методах практически отсутствует реакция на структурные изменения в уровневых сетях (выход из строя или нарушение работоспособности противником или нарушителем участков или элементов уровневой сети) [1].

В случае близких к стационарным потокам требований на обслуживание в каждой уровневой сети ИКС СН необходимо изменять величины  $\alpha$  и  $\beta$  в соответствии с изменившейся нагрузкой. Однако получить аналитическое выражение для этих величин в зависимости от нагрузки не представляется возможным [1]. Параметры  $\alpha$  и  $\beta$  можно в принципе подобрать путем имитационного моделирования работы каждой уровневой сети ИКС СН на ЭВМ, в результате которого, исходя из заданной вероятности отказа в передаче требований, сообщений, пакетов (кадров, ячеек) или установления соединений по

определенному исходящему направлению  $P_{OTK}$ , могут быть получены некоторые вероятности  $p_1$  и  $p_2$ , удовлетворяющие условию  $p_1 \leq P_{OTK} < p_2$ , по которым определяются параметры  $\alpha$  и  $\beta$ :

$$\alpha = \frac{p_1}{p_2}; \quad \beta = \frac{q_1}{q_2}, \quad (6)$$

где  $q_1 = 1 - p_1$ ;  $q_2 = 1 - p_2$ .

Как правило, в уровневых сетях ИКС СН потоки неравномерно распределены по сетям и изменяются от оперативной обстановки [1]. Кроме того сама ИКС СН (и ее уровневые сети или компоненты) может претерпевать существенные изменения. В этих условиях прямое применение игровых методов может дезориентировать работу каждой уровневой сети и всей ИКС СН в целом.

Поэтому использование игровых методов для формирования плана распределения в таких ИКС СН нецелесообразно.

Так как случайная среда в уровневых сетях ИКС СН является переменной, то параметры  $\alpha$  и  $\beta$  в принципе должны корректироваться. Однако, учет параметров изменяемой среды в уровневых сетях ИКС СН, если он будет реализован, приведет к тому, что полученные новые методы управления потоками уже нельзя отнести к классу чисто игровых методов. Поэтому эти способы получили в теории управления сетями названия вероятностно-игровых [1]. В принципе это можно осуществить. Вместе с тем, изменения среды, вызванные изменением самих потоков требований в уровневых сетях ИКС СН, оставаясь в рамках игровой концепции, учесть достаточно сложно, так как, как ранее утверждалось для стационарного случая, аналитическое выражение для  $\alpha$  и  $\beta$  в зависимости от параметров потоков требований получить не представляется возможным. Конечно, они могут быть подобраны экспериментальным путем при имитационном моделировании функционирования для некоторых вариантов изменения параметров потоков. Однако эти значения не обеспечивают ясных правил выбора  $\alpha$  и  $\beta$  для других вариаций потоков и, кроме того, параметры должны меняться динамически в процессе функционирования ИКС СН. Это объясняется тем, что сам метод получения оценки вероятности ориентирован на асимптотические оценки при  $t \rightarrow \infty$ . Поэтому, для управления сетями в свое время были предложены детерминированные механизмы корректировки  $\alpha$  и  $\beta$  [1], которые можно адаптировать для уровневых сетей в процессе функционирования ИКС СН.

Что же касается изменений среды, вызванной функционированием самой системы управления ИКС СН, то ее учесть можно. Поскольку выбор исходящего направления на каждом узле каждой уровневой сети ИКС СН осуществляет вероятностный автомат, то изменения среды, вызванные функционированием системы управления сами носят случайный характер.

Считаем, что автомат  $A_j(t_c) = (p_{j1}(t_c), p_{j2}(t_c), \dots, p_{j\gamma}(t_c), \dots, p_{jk}(t_c))$ , функционирующий в изменяемой среде, характеризуется:

$$P_i \left[ P_{i1}(p_{i1}(t_c)), \dots, P_{i\beta}(p_{i\beta}(t_c)), \dots, P_{iN}(p_{iN}(t_c)) \right], \quad (7)$$

где  $P_{i\beta}(p_{i\beta})$  – вероятность штрафа – определяется вероятностью не доведения требования, сообщения, пакета (кадра, ячейки) по соответствующему исходящему направлению уровневой сети ИКС СН.

Изменение структуры вероятностного автомата на  $\chi$ -м шаге определяется параметрами  $\alpha_\chi$  и  $\beta_\chi$ . Математическое ожидание приращения элемента за выбор  $\chi$ -го действия составит:

$$\Delta p_{i\beta} = -p_{ij} p_{i\beta} \left\{ P_{i\beta}(p_{i\beta}) \frac{\alpha_\beta - 1}{1 + (\alpha_\beta - 1) p_{i\beta}} + [1 - P_{i\beta}(p_{i\beta})] \frac{\gamma_\beta - 1}{1 + (\gamma_\beta - 1) p_{i\beta}} \right\} \quad (8).$$

Для упрощения в работе предложено принять параметр  $\beta_\gamma = 1$ , тогда

$$P_{i\beta}(p_{i\beta}) \frac{(\alpha_\beta - 1) p_{i\beta}}{1 + (\alpha_\beta - 1) p_{i\beta}} = const \quad (9)$$

Таким образом, чтобы учесть изменения, вызванные процессами управления уровневыми сетями ИКС СН, выбирают  $\beta_\gamma = 1$ , а параметр  $\alpha_\gamma$  при этом определяют из выражения:

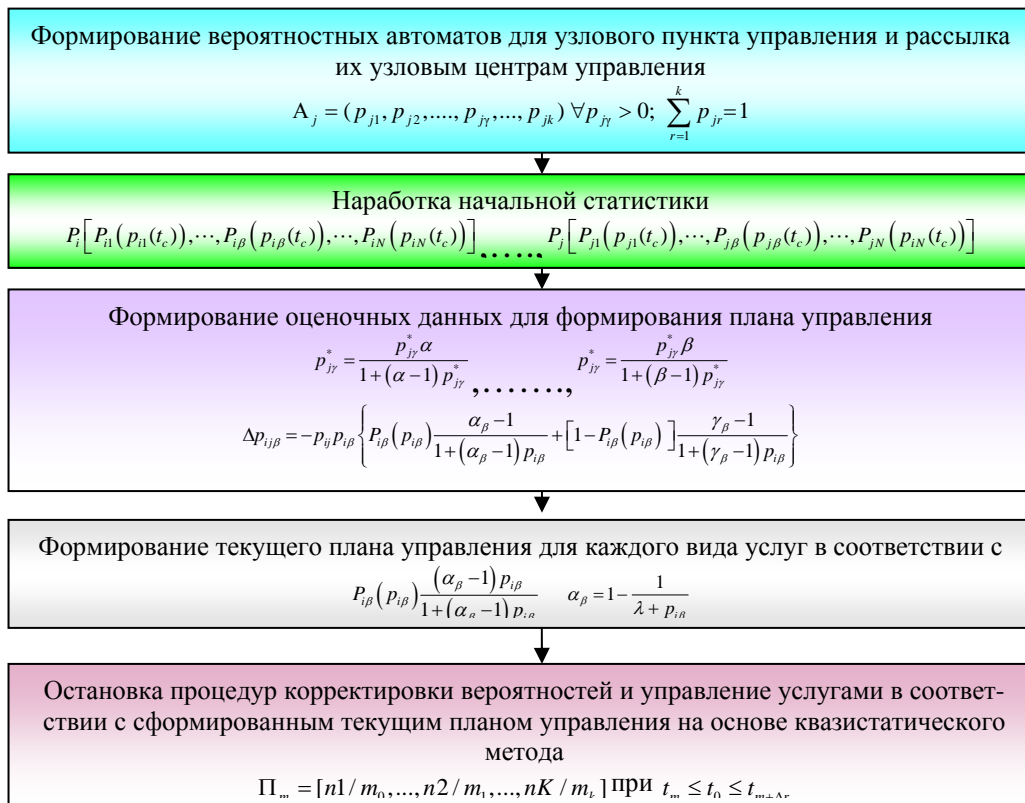
$$\alpha_\beta = 1 - \frac{1}{\lambda + p_{i\beta}}. \quad (10)$$

Второй недостаток игровых методов состоит в практически отсутствующей реакции на структурные изменения, которые произошли в ИКС СН (или в уровневой сети или компоненте ИКС СН), что конечно недопустимо при применении метода в ИКС СН, функционирующей в сложных условиях эксплуатации мирного, специального времени и в период непосредственной угрозы [1].

Однако только структурные изменения достаточно эффективно обрабатываются рядом известных методов управления потоками (предложенный и разработанный квазистатистический метод, матричные методы, метод рельефов и т.д.). Поэтому в работе предложено использование разработанного квазистатистического метода управления совместно с вероятностно-игровым. Его применение позволит определить исходящие направления, входящие в те пути передачи информации, в которых произошел выход из строя участков уровневой сети ИКС СН. Если при этом осуществить принудительное штрафование данного направления, то вероятность выбора этого направления существенно снизится и это направление не будет выбрано [1]. Сделать это целесообразно на следующем шаге коррекции параметров при штрафовании автомата путем увеличения параметра  $\beta_{\gamma\beta}$  во столько раз, чтобы заблокировать данное направление на время изменения структуры в ИКС СН.

Таким образом, предложенная комбинация модернизированного игрового метода с разработанным в работе для компонент ИКС СН квазистатистическим детерминированным методом учета структурных изменений в уровневых сетях может быть использована в моделях и методах управления качеством функционирования ИКС СН в части задач управления параметрами [1] (рис. 1).

Эффективность применения разработанных методов подтверждается результатами имитационного моделирования (улучшение показателя качества обслуживания на уровневых компонентах ИКС СН по сравнению с известными методами: при применении квазистатистического метода - при высокой нагрузке в 1,3 – 1,6 раза, при низкой нагрузке в 1,2 – 1,4 раза; при применении вероятностно-игрового метода - при высокой нагрузке в 1,3 – 1,7 раза, при низкой нагрузке в 2,1 – 3,8 раза, рис. 2).



**Рис. 1.** Модернизированный вероятностно-игровой метод управления параметрами, характеризующими процессы функционирования ИКС СН

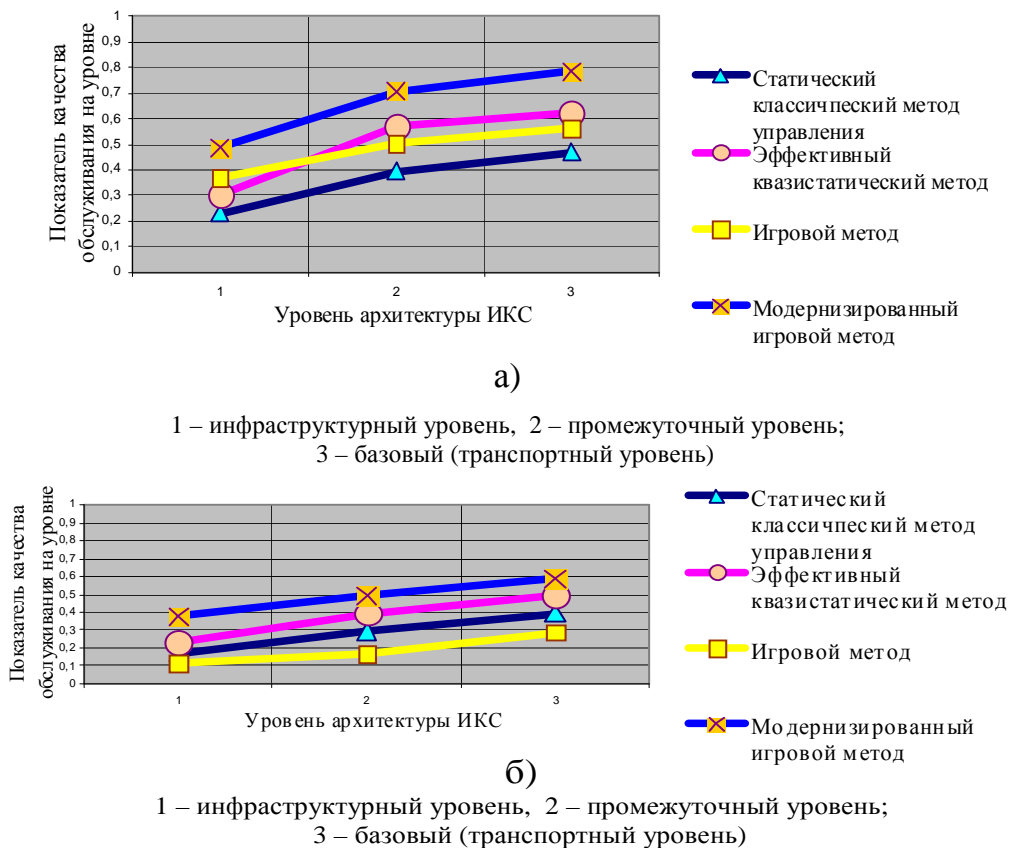


Рис. 2. Сравнительная оценка разработанных и существующих методов управления ИКС СН для низкой а) и высокой б) нагрузки

Вместе с тем при существенных деструктивных изменения в ИКС СН (во всех уровневых компонентах) управление необходимо осуществлять в условиях существенной неопределенности и качественные показатели разработанных методов управления значительно (до критического уровня) снижаются. Однако, в связи с тем что в современных условиях имеющиеся и перспективные средства информационного воздействия противника на ИКС СН и, особенно, на ее систему управления, достигли такого уровня, что возможно частично или полностью дезорганизовать их работу, воздействуя только на систему управления, то поэтому для обеспечения работы современной ИКС СН с показателями качества не ниже требуемого уровня в условиях интенсивных воздействий, способных вывести из строя элементы или всю ИКС СН, целесообразно в саму систему управления заложить методы управления, позволяющие организовывать работу сетей ИКС СН в сложных условиях.

### Литература

1. Буренин А. Н. Об управлении маршрутизацией на основе модифицированных адаптивных методов // Техника средств связи. 1991. № 7. С. 51–59.
2. Лазарев В. Г. Электронная коммутация и управление в узлах связи. М. : Связь, 1974. 271 с.
3. Лазарев В. Г. Саввин Н. Г. Сети связи, управление, коммутация. М. : Связь, 1973. 264 с.

### Для цитирования:

Легков К.Е. Буренин А.Н. Метод управления параметрами, характеризующими процессы функционирования инфокоммуникационной системы // i-methods. 2010. Т. 2. № 1. С. 14–19.

# Method of control of parameters characterizing the processes of functioning of the infocommunication systems

## **Legkov K.E.**

PhD, North-Caucasian branch of the Moscow Technical University of Communications and Informatics.

## **Burenin A.N.**

PhD, JSC "Scientific research Institute "Rubin", St. Petersburg

## **Abstract**

The decision of the task group quality management of functioning of infocommunication systems related to the direct impact of management procedures on the parameters that determine the qualitative indicators of the functioning of the system (the average time to receive the requested service, the probability of timely service requirements for a service), involve consideration of structural models of networks of infocommunication systems, providing access to servers of the respective services of the system. In this case, the network engaged in the conveyance (transfer) of infocommunication system will be used as the high-speed railway, which transmit information between the selected access networks of users.

## **Keywords:**

infocommunication system, the flow requirements, control protocols, routing, network level.

## **References**

1. Burenin A. N. About the routing control on the basis of modified adaptive methods // Technique of communication. 1991. No. 7. P. 51–59.
2. Lazarev V. G. Electronic switching and control nodes in the communication. M. : Communication, 1974. 271 p.
3. Lazarev V. G. Savvin N. G. Network communication, management, switching. M. : Communication, 1973. 264 p.

## **For citation:**

Legkov K.E., Burenin A.N. Method of control of parameters characterizing the processes of functioning of the infocommunication systems // i-methods. 2010. Vol. 2. No. 1. Pp. 14–19.