

УДК 519.688

DOI: [10.26102/2310-6018/2023.42.3.003](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2023.42.3.003)

## Подходы к разработке алгоритма взаимного информационного согласования интеллектуальных агентов в распределенной многоагентной системе мониторинга

М.С. Рыкшин✉

*в/ч 71330, Москва, Российская Федерация*

**Резюме.** В статье рассматривается обоснование выбора методов и алгоритмов взаимного информационного согласования (достижения консенсуса) в распределенной многоагентной системе, использующейся для решения задачи информационного мониторинга сложных технологических объектов. Архитектура этой многоагентной системы является децентрализованной и базируется на множестве интеллектуальных агентов мониторинга, фиксирующих и обрабатывающих данные с подконтрольного им объекта мониторинга – части системы, в рамках которой выполняется информационный мониторинг. Целью мониторинга является прогнозирование моментов возникновения нестационарной нагрузки на подконтрольном объекте мониторинга. Особенностью системы является наличие временного лага распространения нестационарной нагрузки по подмножествам объектов мониторинга. Задачу прогнозирования моментов возникновения и распространения нестационарной нагрузки в составе интеллектуального агента мониторинга решает нейросетевая модель, динамическое дообучение которой выполняется на основе возникающих на объекте прецедентов. Для учета временного лага распространения нестационарной нагрузки в статье предлагается выполнять дообучение нейросетевой модели агента не только на своей выборке данных, но и на выборках данных ближайших агентов-соседей, связанных лагом распространения нестационарной нагрузки, что требует решения задачи их взаимного информационного согласования. В статье рассматриваются подходы к выбору и модификации под архитектуру многоагентной системы алгоритмов: многоадресной рассылки сообщений о моментах возникновения нестационарной нагрузки, маршрутизации указанных сообщений в децентрализованной структуре системы информационного мониторинга. Рассматриваются необходимые для этих алгоритмов структуры данных и протоколы взаимодействия интеллектуальных агентов мониторинга, обеспечивающих повышение оперативности доставки сообщений.

**Ключевые слова:** системы мониторинга, мультиагентные системы, интеллектуальный агент, достижение консенсуса, децентрализованные системы, маршрутизация сообщений, время доставки сообщений.

**Для цитирования:** Рыкшин М.С. Подходы к разработке алгоритма взаимного информационного согласования интеллектуальных агентов в распределенной многоагентной системе мониторинга. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии.* 2023;11(3). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1367> DOI: 10.26102/2310-6018/2023.42.3.003

## Approaches to the development of mutual information coordination algorithm for intelligent agents in a distributed multi-agent monitoring system

M.S. Rykshin✉

*m/u 71330, Moscow, the Russian Federation*

**Abstract.** The article discusses the rationale for the choice of methods and algorithms for mutual information coordination (consensus achievement) in a distributed multi-agent system used to solve the

problem of information monitoring in complex technological objects. The architecture of this multi-agent system is decentralized and based on the set of intelligent monitoring agents that receive and process data from the object under control which is a part of the system within which information monitoring is performed. The purpose of the monitoring is to predict the instances of non-stationary load occurrence at the objects being monitored. A feature of the system is the presence of non-stationary load propagation time lag over the subsets of monitoring objects. The problem of predicting the instances of non-stationary load occurrence and propagation as part of an intelligent monitoring agent is solved by means of a neural network model trained using the precedents occurring at the object. To account for the propagation of non-stationary load time lag, it is proposed to perform additional training of the neural network model not only on its own data set, but also on the data sets of the nearest neighbors connected by the propagation of non-stationary load time lag which requires solving the problem of their mutual information coordination. The article discusses approaches to the selection and modification of the algorithms for the multi-agent system architecture – multicast messaging concerning the instances of non-stationary load occurrence and routing of these messages in a decentralized structure of an information monitoring system. The data structures necessary for these algorithms and protocols for the interaction of intelligent monitoring agents, which provide an increase in the speed of message delivery, are considered.

**Keywords:** monitoring systems, multi-agent systems, intelligent agent, consensus achievement, decentralized systems, message routing, message delivery time.

**For citation:** Rykshin M.S. Approaches to the development of mutual information coordination algorithm for intelligent agents in a distributed multi-agent monitoring system. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2023;11(3). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1367> DOI: 10.26102/2310-6018/2023.42.3.003 (In Russ.).

## Введение

Территориальная и/или логическая распределенность ряда современных сложных систем требует решения задачи контроля их состояния с целью выявления и оперативного решения проблем нештатного функционирования. Подобные функции контроля реализуются в системах мониторинга (СМ) – специализированных вычислительных системах, которые оверлейно развертываются поверх узлов системы, в интересах которой реализуется мониторинг. Показательными примерами подобных СМ являются: система управления центром обработки данных (Data Center Infrastructure Management, DCIM), автоматизированная система управления дорожным движением (АСУДД), интегрированная система управления сетью связи (Integrated network management system, INMS) и др. [1, 2]. Наиболее распространенной архитектурой таких СМ является централизованная или иерархическая архитектура, основанная на модели «агент-менеджер». Узлы-агенты такой СМ являются программными или программно-аппаратными модулями и реализуют функции сбора данных о состоянии подконтрольного им объекта мониторинга (ОМ) в заданном формате протокола управления (медиация данных) и передачи этих данных на узлы-менеджеры, которые, в свою очередь, реализуют функции: приема данных о множестве узлов-агентов, их обработки, принятия решения о виде управляющего воздействия и передачи этого воздействия на ОМ. Указанные функции узлов агентов и менеджеров реализуются циклически в определенный временной промежуток, который определяется скважностью рабочего цикла СМ. Очевидно, что для ряда ОМ подобная архитектура имеет существенные ограничения. В частности, в условиях стохастически возникающей нестационарной нагрузки на отдельных узлах или группах узлов ОМ, а также нагрузки, имеющей временной лаг (time lag) распространения по узлам ОМ, не совпадающий со скважностью рабочего цикла мониторинга, централизованная архитектура СМ может приводить к снижению эффективности формируемых управляющих воздействий [3].

Очевидным решением такой проблемы является уменьшение скважности рабочего цикла мониторинга, что на практике существенно повышает ресурсоемкость подобных СМ. В статье рассматривается альтернативный подход, который основан на децентрализованной модели многоагентных систем (МАС). В ее основе находится специализированный программно-аппаратный модуль – интеллектуальный агент мониторинга (ИАМ) [4]. Это одноранговый узел СМ, выполняющий функции сбора параметров о закрепленном ОМ, их анализа и формирования управляющего воздействия. Сосредоточение функций управления в ИАМ, расположенных непосредственно на ОМ, решают проблему снижения эффективности СМ в условиях стохастического возникновения нестационарной нагрузки, а прогнозирование моментов ее возникновения, с учетом временного лага распространения по узлам ОМ, при этом может осуществляться за счет согласованного информационного взаимодействия множества ИАМ. Соответственно, важными исследовательскими задачами являются: обоснованный выбор методов, алгоритмов и технологий децентрализованного взаимодействия множества ИАМ, обеспечивающих решение задачи взаимного информационного согласования данных о моментах возникновения нестационарной нагрузки на подконтрольных им узлам ОМ с целью повышения эффективности функционирования СМ на ОМ, нестационарная нагрузка на узлах которых имеет временной лаг распространения.

### Материалы и методы

В обобщенном виде архитектура предлагаемой децентрализованной СМ, основанной на модели МАС, представлена на Рисунке 1.

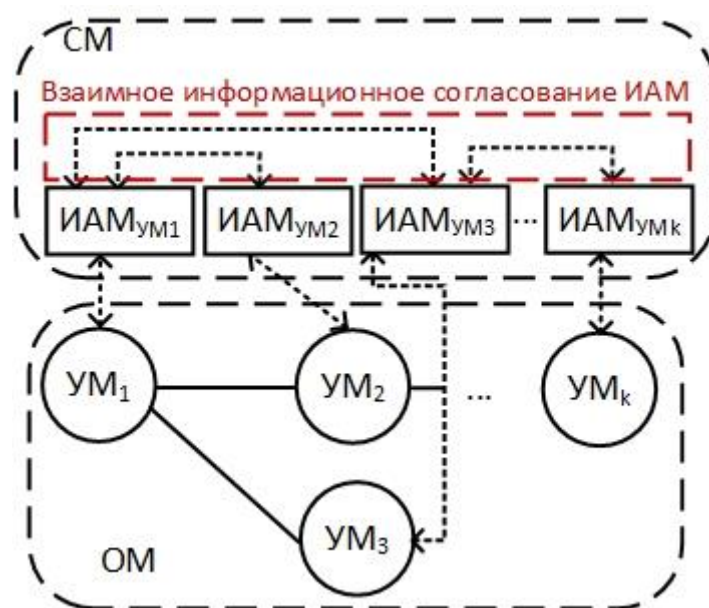


Рисунок 1 – Децентрализованная мультиагентная система мониторинга  
 Figure 1 – Decentralized multi-agent monitoring system

Представленные на Рисунке 1 узлы-агенты ИАМ<sub>УМк</sub> решают задачу прогнозирования моментов возникновения нестационарной нагрузки на подконтрольном им УМ<sub>к</sub> с использованием нейросетевой модели на основе нейронной сети LSTM (Long Short-Term Memory). Обучение указанной модели предлагается вести по прецедентам (моментам возникновения нестационарной нагрузки на УМ<sub>к</sub>), а благодаря элементам памяти LSTM-сети будет решаться не только задача их

распознавания, но и прогнозирования их возникновения. Особенностью обучающей выборки для LSTM-сети ИАМ<sub>УМк</sub> является использование в ней данных о моментах возникновения нестационарной нагрузки подконтрольного УМ<sub>к</sub>, а также получаемых от территориально и /или логически «соседних» ИАМ, расположение которых соответствует направлению временного лага распространения нагрузки [5].

Очевидно, что снижение времени обмена такими данными между множеством ИАМ<sub>УМк</sub> обеспечит повышение эффективности процесса дообучения LSTM-сети. В статье предлагается подход, основанный на взаимном информационном согласовании ИАМ<sub>УМк</sub>, использующем наложенную маршрутизацию (routing overlay) многоадресной рассылки сообщений, содержащих данные о моментах возникновения нестационарной нагрузки. Таким образом, процедура взаимного информационного согласования множества ИАМ<sub>УМк</sub> может быть представлена двумя взаимосвязанными процедурами, расположенными на разных логических уровнях их выполнения (Рисунок 2).

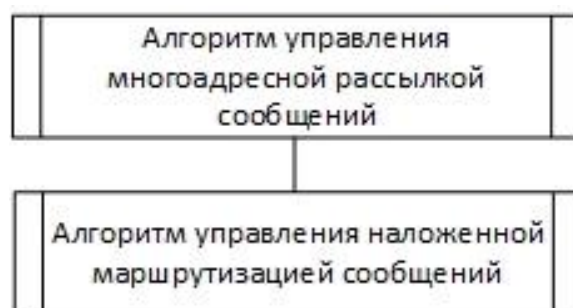


Рисунок 2 – Алгоритмы в составе процедуры взаимного информационного согласования ИАМ<sub>УМк</sub>

Figure 2 – Algorithms as part of IMA<sub>МNк</sub> mutual information agreement procedure

Управление многоадресной рассылкой сообщений предлагается реализовать на основе концепции «подписки на тему» (topic subscribe), один из вариантов, исследуемых в предметной области распространения событий (propagation of events) [6].

Для решения задачи наложенной маршрутизации сообщений предлагается использование модификации алгоритма децентрализованного управления Pastry [7], который относится к классу алгоритмов, основанных на критерии близости узлов.

### Алгоритм управления многоадресной рассылкой сообщений

Как указано выше, каждый из множества ИАМ<sub>УМк</sub> заинтересован в получении ретроспективных данных о моментах возникновения нестационарной нагрузки на соседних с ним ИАМ. Обобщение таких данных в рамках обучающей выборки LSTM-сети ИАМ<sub>УМк</sub> позволит распознать моменты возникновения нестационарной нагрузки в рамках пространственно-временной корреляции между подмножествами территориально или логически соседних ИАМ<sub>УМк</sub>, что, в свою очередь, обеспечит возможность решения задачи прогнозирования временного ряда, соответствующего временному лагу распространения нестационарной нагрузки.

С целью повышения оперативности обмена такими данными между подмножествами ИАМ<sub>УМк</sub> предлагается использовать методы и алгоритмы многоадресной рассылки (multicast messaging), нашедшие широкое применение в системах мгновенной доставки сообщений (instant messaging). Большинство из этих методов базируется на понятиях «тема сообщения» (topic) – специальном виде сообщения, используемом для сообщений одного класса, например, данных о моменте

возникновения нестационарной нагрузки на подконтрольном УМ<sub>к</sub>. При этом каждый ИАМ<sub>УМ<sub>к</sub></sub> может реализовывать функции (Рисунок 3):

- издателя темы (topic publisher);
- подписчика на тему (topic subscriber);
- корневого узла многоадресной рассылки (message.root);
- узла дерева многоадресной рассылки (message.node).

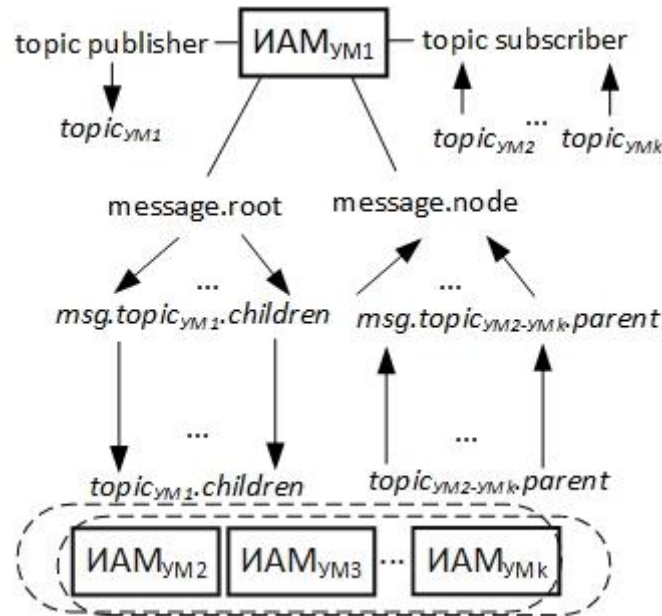


Рисунок 3 – Функции ИАМ<sub>УМ<sub>к</sub></sub>, которые узел реализует в ходе многоадресной рассылки сообщений

Figure 3 – IMA<sub>MNk</sub> functions that a node implements in the process of multicast messaging

ИАМ<sub>УМ<sub>1</sub></sub>, формирующий тему topic<sub>УМ<sub>1</sub></sub>, является ее издателем и одновременно может быть корневым узлом дерева многоадресной рассылки (message.root). Листьями (message.node) этого дерева является подмножество ИАМ<sub>УМ<sub>2-УМ<sub>к</sub></sub></sub> – topic<sub>УМ<sub>1</sub></sub>.children, выполнившие функцию SUBSCRIBE=topic<sub>УМ<sub>1</sub></sub>. Данные о дереве рассылки темы хранятся в виде циклического двусвязного списка «parent-children» на узле message.root. Количество листьев регулируется функциями SUBSCRIBE и UNSUBSCRIBE. Дерево многоадресной рассылки существует до тех пор, пока на тему topic<sub>УМ<sub>1</sub></sub> подписан хотя бы один ИАМ<sub>УМ<sub>к</sub></sub>. Очевидно, что каждый ИАМ<sub>УМ<sub>к</sub></sub> может формировать (PUBLISH) более чем одну тему topic<sub>УМ<sub>к</sub></sub>.children и одновременно может быть подписан (SUBSCRIBE) на более чем одну тему topic<sub>УМ<sub>1-УМ<sub>к-1</sub></sub></sub>.parent.

В рамках предложенной функциональной модели ИАМ<sub>УМ<sub>к</sub></sub> были разработаны схемы алгоритмов создания темы, подписки и отписки от темы, рассылки сообщений темы и прием сообщений темы узлом-подписчиком (Рисунок 4).

Из представленных схем алгоритмов (Рисунок 4) видно, что адресация при обмене сообщениями родительских и дочерних ИАМ<sub>УМ<sub>к</sub></sub> в пределах дерева многоадресной рассылки осуществляется на основе некоторого идентификатора узла NodeID. При этом связность списка узлов «предок-потомок» реализуется использованием двух типов NodeID: thisNodeID – идентификатор узла, инициализирующего отправку сообщения любого типа (msg.type), nextNodeID – идентификатор «соседнего» узла, выбранная мера близости к которому имеет минимальное значение. Очевидно, что если ИАМ<sub>УМ<sub>к</sub></sub> формирует подписку на тему и одновременно является подписчиком на одну и более тем, то значение его NodeID будет использовано и для thisNodeID и для nextNodeID.



Указанное решение позволяет реализовать многоадресную рассылку сообщений с точки зрения пространственно-временной корреляции подмножеств ИАМ<sub>УМк</sub> [8].

При этом важной задачей для децентрализованной системы является выбор метода и реализация алгоритма наложенной маршрутизации (overlay routing) сообщений, минимизирующего число переходов между узлами и не допускающего эффекта лавинной рассылки сообщений (flood messaging). С этой целью в качестве базового метода маршрутизации предлагается рассматривать метод, основанный на критерии близости узлов (proximity routing), в частности, «выбор соседа поблизости» (proximity neighbor selection) [9]. Этот метод основан на концепции формирования для узлов маршрутизации двух типов пространств: физического (территориального расположения узлов) и логического (пространства идентификаторов узлов).



Рисунок 4 – Схемы алгоритмов процедур ИАМ<sub>УМк</sub> по управлению а) передачей и б) приемом сообщений темы многоадресной рассылки

Figure 4 – Schemes of the algorithms for IMA<sub>MNk</sub> procedures managing а) the transmission and б) reception messages of the multicast

Алгоритмы, реализующие указанный метод, основаны на формировании пространства идентификаторов узлов и выявления узлом, отправляющим сообщение,

одного или более узлов-соседей, используемых для следующего шага маршрутизации (routing hop), которые логически ближе всего соответствуют ключу сообщения (msg.topic) в пространстве идентификаторов узлов. То есть, среди всех возможных последующих шагов маршрутизации в пространстве идентификаторов узлов алгоритм выбирает либо ближайший узел в физическом пространстве узлов, либо узел, обеспечивающий компромисс между метриками близости в физическом и логическом пространствах.

Указанную функциональность максимально полно реализует децентрализованный алгоритм Pastry, поддерживающий 128-разрядное замкнутое пространство идентификаторов узлов (NodeID), основанное на пространстве идентификаторов GUID [10]. Для каждого NodeID вычисляется хэш на основе IP-адреса подконтрольного УМ<sub>к</sub> (если алгоритм наложенной маршрутизации работает поверх транспортной сети с IP-адресацией) или, например, типовых алгоритмов инфраструктуры открытых ключей. Множество ИАМ<sub>УМ<sub>к</sub></sub> поддерживает таблицы маршрутизации R, каждая запись в которых сопоставляет хэшу NodeID IP-адрес ИАМ<sub>УМ<sub>к</sub></sub>. Исходя из размерности пространства идентификаторов максимальное число записей в таблице R равно:

$$R = (2^b - 1) * \lceil \log_{2^b} K \rceil + 2l, \tag{1}$$

где  $b$  и  $l$  – параметры конфигурации, имеющие эмпирически полученные значения 4 и 16 соответственно. Таким образом таблица R в предельном случае состоит из  $\lceil \log_{2^b} K \rceil$

строк, каждая из которых содержит  $2^b - 1$  записей. Сформировав сообщение, ИАМ<sub>УМ<sub>к</sub></sub>-отправитель передает его через узел, хэш NodeID которого численно ближе хэшу узла получателя. Благодаря использованию подобной метрики близости децентрализованная сеть ИАМ<sub>УМ<sub>к</sub></sub>, состоящая из  $K$  узлов, обеспечивает передачу сообщения узлу-получателю менее чем за  $\log_{2^b} K$  шагов маршрутизации. Пример маршрутизации на основе алгоритма Pastry представлен на Рисунке 5.

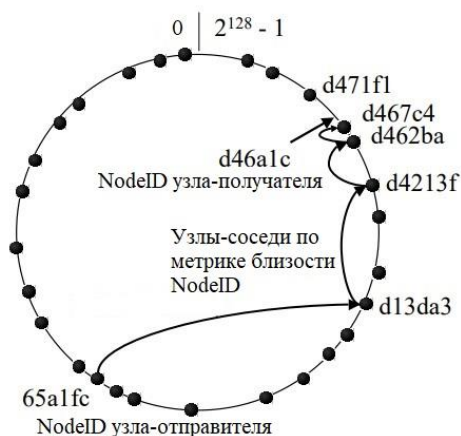


Рисунок 5 – Пример маршрутизации с использованием алгоритма Pastry на основе метрики близости «длина префикса между цифрами идентификатора NodeID»  
 Figure 5 – Example of routing using the Pastry algorithm based on the proximity metric "prefix length between digits of the NodeID"

Предлагаемая схема модификации алгоритма маршрутизации Pastry для случая, когда сообщение с ключом  $d$  формируется узлом с  $NodeID = a$  представлена на Рисунке 6.

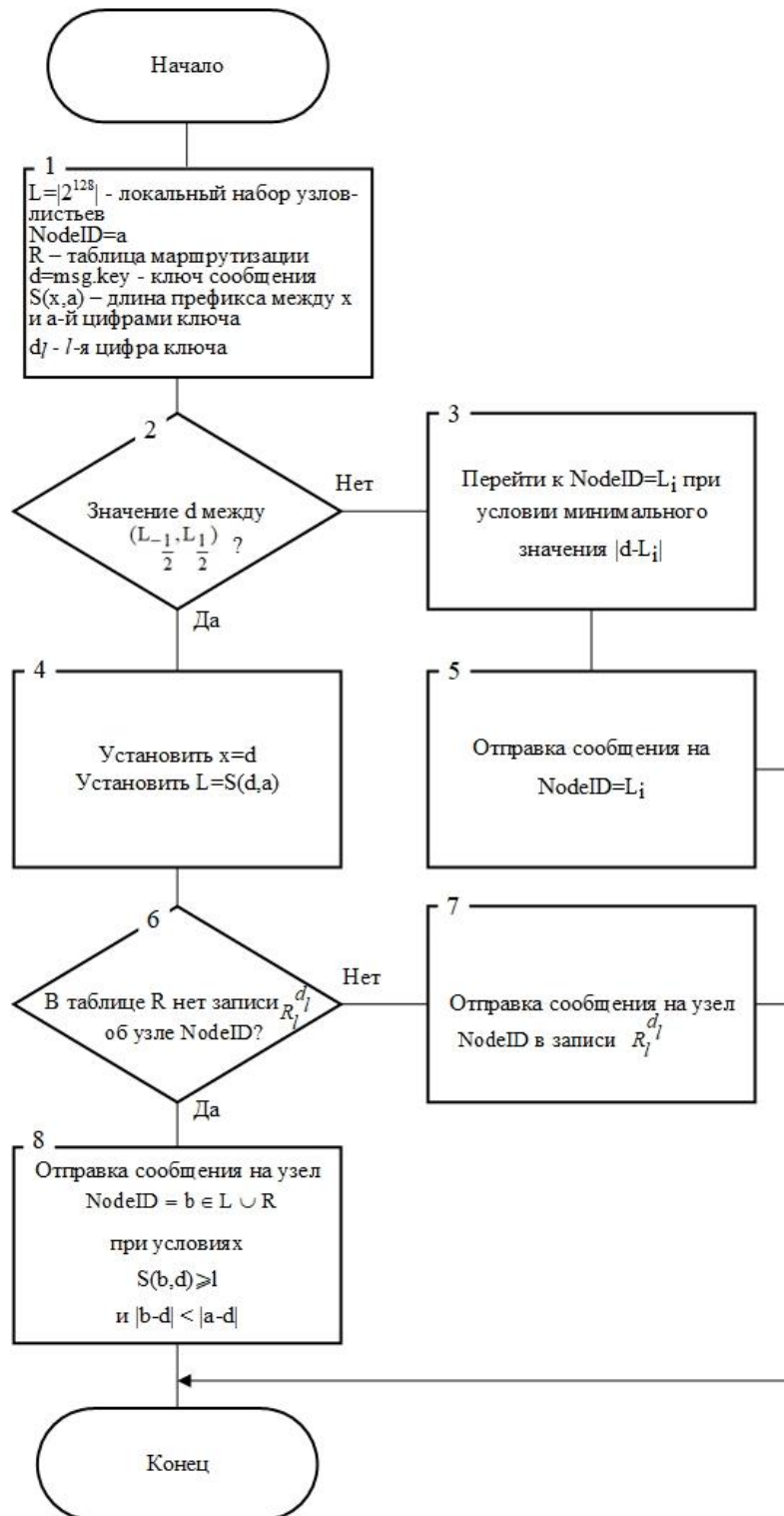


Рисунок 6 – Предлагаемая схема алгоритма маршрутизации Pastry, основанного на метрике близости «длина префикса между цифрами идентификатора NodeID»  
 Figure 6 – Proposed scheme of the Pastry routing algorithm based on proximity metric "prefix length between digits of the NodeID"



Как было указано выше, в предельном случае количество шагов маршрутизации для множества  $K$  ИАМ<sub>умк</sub> равно  $\log_2^b K$ . При этом на практике реальное число шагов существенно зависит от вероятности того, что ключ сообщения  $d$  уже содержит префикс NodeID узла-отправителя и промежуточных узлов-соседей.

Поскольку, исходя из предлагаемой схемы модификации алгоритма управления наложенной маршрутизацией (Рисунок 6), передача сообщения может быть выполнена с использованием одной из трех процедур:  $m_A$  – по множеству  $L$  узлов-листьев (leaf set) (блок 5 Рисунок 6),  $m_B$  – с использованием таблицы маршрутизации  $R$  (блок 7 Рисунок 6), или  $m_C$  – с использованием узла, принадлежащего множеству  $L \cup R$  (блок 8 Рисунок 6), предлагается определить вероятность перехода к любой из процедур, как  $P_x$ , где  $x \in \{A, B, C\}$  при шаге маршрутизации  $h+1$  для передачи сообщения с произвольным ключом, начиная от случайно выбранного узла из множества  $K$ , с подмножеством узлов-листьев  $l$ , как  $P(h, l, K, m_x)$ . На основе этого определим вероятности  $P(h, l, K, m'_A)$ ,  $P(h, l, K, m'_B)$ ,  $P(h, l, K, m'_C)$ , как вероятности того, что алгоритм, выбрав соответствующую процедуру, завершит работу на шаге  $h+1$ , обнаружив соседний узел с метрикой, численно близкой метрике NodeID. Далее введем вероятность полной группы событий  $P(h, l, K, m_x)$  для  $h \in \left\{0, \frac{128}{b-1}\right\}$  и  $x \in \{A, A', B, B', C, C'\}$ , и запишем ее в виде матрицы вероятностей:

$$\begin{pmatrix} P(h, l, K, m_A) \\ P(h, l, K, m'_A) \\ P(h, l, K, m_B) \\ P(h, l, K, m'_B) \\ P(h, l, K, m_C) \\ P(h, l, K, m'_C) \end{pmatrix} = \sum_{d=0}^{2^b-1} \sum_{k=0}^K b(k, K, \frac{1}{2^b}) \quad (2)$$

Введение матрицы вероятностей (2) для предлагаемого алгоритма управления наложенной маршрутизацией на основе модификации алгоритма Pastry предоставляет приоритетный выбор одной из трех процедур управления, что обеспечивает сокращение времени, затрачиваемого на маршрутизацию сообщения между множеством узлов дерева многоадресной рассылки для сформированной темы, связанной с конкретным моментом возникновения нестационарной нагрузки на корневом узле дерева рассылки (Рисунок 3).

Таким образом совокупность предлагаемых алгоритмов (Рисунок 4 и Рисунок 6) позволяет решить задачу сокращения времени задержки передачи данных о моментах возникновения нестационарной нагрузки соседним ИАМ<sub>умк</sub>, расположение которых соответствует направлению распространения временного лага нагрузки.

### Заключение

Для систем мониторинга с децентрализованной структурой, базирующихся на интеллектуальных агентах и обеспечивающих прогнозирование моментов

возникновения нестационарной нагрузки на узлах мониторинга, имеющей временной лаг распространения, предложена двухуровневая схема управления взаимным информационным согласованием интеллектуальных агентов, основанная на концепции многоадресной рассылки сообщений с использованием модификации децентрализованного алгоритма наложенной маршрутизации Pastry. Дальнейшим направлением исследований является выбор и обоснование технологических решений программно-аппаратной реализации подобных интеллектуальных агентов.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Sharif Ullah Al-Mamun G.M., Kabir F., Nazeen F., Sobah J. A review on data center monitoring system using smart sensor network. *International Research Journal of Science, Technology, Education, and Management*. 2022;2(1). Доступно по: <https://zenodo.org/record/6496816#.ZGI0zyPP3iA> (дата обращения: 11.03.2023). DOI: 10.5281/zenodo.6496816.
2. Уилсон Э. *Мониторинг и анализ сетей*. М.: ЛОРИ; 2002. 350 с.
3. Copos B., Levitt K., Bishop M., Rowe J. Is anybody home? inferring activity from smart home network traffic. *IEEE Security and Privacy Workshops (SPW)*. 2016;3. Доступно по: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7527776> (дата обращения: 11.03.2023). DOI: 10.1109/SPW.2016.48.
4. Юлейси Г.П., Холод И.И. Взаимодействие в многоагентных системах интеллектуального анализа данных. *Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ»*. 2020;3:18–23.
5. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long short-term memory. *Neural computation*. 1997;9(8): 1735–1780. Доступно по: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9377276> (дата обращения: 11.03.2023). DOI: 10.1162/neco.1997.9.8.1735.
6. Zhuang S.Q., Zhao B.Y., Joseph A.D., Katz R.H., Bayeux J.K. An architecture for scalable and fault-tolerant wide-area data dissemination. In *Proc. of the Eleventh International Workshop on Network and Operating System Support for Digital Audio and Video (NOSSDAV 2001)*; 2001. Доступно по: <https://www.sci-hub.ru/10.1145/378344.378347> (дата обращения: 17.03.2023). DOI: 10.1145/378344.378347.
7. Rowstron A., Druschel P. Pastry: Scalable, distributed object location and routing for large-scale peer-to-peer systems. In *Proc. IFIP/ACM Middleware 2001, Heidelberg, Germany*. 2001. Доступно по: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-45518-3\\_18](https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-45518-3_18) (дата обращения: 17.03.2023). DOI: 10.1007/3-540-45518-3\_18.
8. Stoica I., Morris R., Karger D., Kaashoek M.F., Balakrishnan H. Chord: A scalable peer-to-peer lookup service for Internet applications. In *Proc. ACM SIGCOMM '01, San Diego, CA*. 2001. Доступно по: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1180543> (дата обращения 20.03.2023). DOI: 10.1109/TNET.2002.808407.
9. Janotti J., Gifford D.K., Johnson K.L., Kaashoek M.F., O'Toole J.W. Overcast: Reliable Multicasting with an Overlay Network. In *Proc. of the Fourth Symposium on Operating System Design and Implementation (OSDI)*. 2000;197–212. Доступно по: [https://rd.springer.com/chapter/10.1007/11582267\\_5](https://rd.springer.com/chapter/10.1007/11582267_5) (дата обращения 20.03.2023). DOI: 10.1007/11582267\_5.
10. Leach P., Mealling M., Salz R. A Universally Unique Identifier (UUID) URN Namespace. *The Internet Society (RFC)*. 2005. Доступно по: <http://www.ietf.org/rfc/rfc4122.txt> (дата обращения 20.03.2023). DOI: 10.17487/RFC4122.

## REFERENCES

1. Sharif Ullah Al-Mamun G.M., Kabir F., Nazeen F., Sobah J. A review on data center monitoring system using smart sensor network. *International Research Journal of Science, Technology, Education, and Management*. 2022;2(1). Available from: <https://zenodo.org/record/6496816#.ZGI0zyPP3iA> (accessed on 11.03.2023). DOI: 10.5281/zenodo.6496816.
2. Wilson E. *Network monitoring and analysis*. M.: LORI; 2002. 350 p. (In Russ.).
3. Copos B., Levitt K., Bishop M., Rowe J. Is anybody home? inferring activity from smart home network traffic. *IEEE Security and Privacy Workshops (SPW)*. 2016;3. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7527776> (accessed on 11.03.2023). DOI: 10.1109/SPW.2016.48.
4. Yuleisi G.P., Kholod I.I. Interaction in multi-agent systems of data mining. *Izvestiya SPbSETU "LETI"*. 2020;3:18–23. (In Russ.).
5. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long short-term memory. *Neural computation*. 1997;9(8): 1735–1780. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9377276> (accessed on 11.03.2023). DOI: 10.1162/neco.1997.9.8.1735.
6. Zhuang S.Q., Zhao B.Y., Joseph A.D., Katz R.H., Bayeux J.K. An architecture for scalable and fault-tolerant wide-area data dissemination. In *Proc. of the Eleventh International Workshop on Network and Operating System Support for Digital Audio and Video (NOSSDAV 2001)*; 2001. Available from: <https://www.sci-hub.ru/10.1145/378344.378347> (accessed on 17.03.2023). DOI: 10.1145/378344.378347.
7. Rowstron A., Druschel P. Pastry: Scalable, distributed object location and routing for large-scale peer-to-peer systems. In *Proc. IFIP/ACM Middleware 2001, Heidelberg, Germany*. 2001. Available from: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-45518-3\\_18](https://link.springer.com/chapter/10.1007/3-540-45518-3_18) (accessed on 17.03.2023). DOI: 10.1007/3-540-45518-3\_18.
8. Stoica I., Morris R., Karger D., Kaashoek M.F., Balakrishnan H. Chord: A scalable peer-to-peer lookup service for Internet applications. In *Proc. ACM SIGCOMM'01, San Diego, CA*. 2001. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1180543> (accessed on 20.03.2023). DOI: 10.1109/TNET.2002.808407.
9. Janotti J., Gifford D.K., Johnson K.L., Kaashoek M.F., O'Toole J.W. Overcast: Reliable Multicasting with an Overlay Network. In *Proc. of the Fourth Symposium on Operating System Design and Implementation (OSDI)*. 2000;197–212. Available from: [https://rd.springer.com/chapter/10.1007/11582267\\_5](https://rd.springer.com/chapter/10.1007/11582267_5) (accessed on 20.03.2023). DOI: 10.1007/11582267\_5.
10. Leach P., Mealling M., Salz R. A Universally Unique Identifier (UUID) URN Namespace. *The Internet Society (RFC)*. 2005. Available from: <http://www.ietf.org/rfc/rfc4122.txt> (accessed on 20.03.2023). DOI: 10.17487/RFC4122.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Рыкшин Максим Сергеевич**, сотрудник в/ч **Maksim Sergeevich Rykshin**, Employee at m/u 71330, Москва, Российская Федерация. 71330, Moscow, the Russian Federation.  
e-mail: [r.maks.work@yandex.ru](mailto:r.maks.work@yandex.ru)

Статья поступила в редакцию 17.05.2023; одобрена после рецензирования 01.06.2023;  
принята к публикации 06.07.2023.

The article was submitted 17.05.2023; approved after reviewing 01.06.2023;  
accepted for publication 06.07.2023.