

КУЛАКОВ Ю. А.,
КОГАН А. В.,
ХРАПОВ В. М.

СПОСОБ КОНСТРУИРОВАНИЯ ТРАФИКА ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ МНОГОПУТЕВОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ

В работе предложен способ конструирования трафика на основе многопутевой маршрутизации. Основным преимуществом конструирования трафика на основе многопутевой маршрутизации является то, что не нужно каждый раз пересчитывать все пути, достаточно выбирать пути уже из множества сформированных, а осуществлять реконфигурацию только для сформированных путей.

Применение теории игр и принципа самоподобия позволило достичь необходимого уровня качества обслуживания QoS и равномерно загрузить все пути.

A method for constructing traffic based on multipath routing is proposed. The main advantage of designing traffic based on multipath routing is that you do not need to recalculate all the paths every time, it is enough to select paths from a lot of generated ones, and to perform reconfiguration only for the generated paths.

The application of game theory and the principle of self-similarity allowed to achieve the required level of QoS service quality and to evenly load all the paths.

Ключевые слова: конструирования трафика, многопутевая маршрутизация, теория игр, самоподобие трафика

Введение

Современной тенденцией развития компьютерных сетей является переход от специализированных сетей, каждая из которых предназначена для выполнения узкого круга услуг, к мультисервисным сетям. Неотъемлемой частью системы управления такой сети должна быть надежная система управления трафиком.

Появление новых технологий позволило Интернету переносить трафик, предлагаемый приложениями реального времени с более высокой пропускной способностью и минимальными требованиями к задержке, такими как потоковое видео и передача голоса по IP (VoIP). Проблема маршрутизации этого трафика в сети с целью нахождения оптимальной конфигурации сети, минимизации задержки, потери пакетов и оптимизации использования полосы пропускания может быть решена путем применения многопутевой маршрутизации за счет эффективной идентификации пути и распределения трафика.

Для организации безопасной системы конструирования трафика необходимо выполнить следующее условия:

1. Формирования пути с определенными желаемыми свойствами, такими как

минимальная задержка, максимальная ширина полосы и т. д.

2. Распределение трафика оптимально разделяет поток между несколькими путями, чтобы достичь балансировки нагрузки.

Вопросы управления трафиком в современных мультисервисных сетях рассматриваются в работах [1, 2, 3,]. Преимущество распределенных алгоритмов в том, что они настраиваются в одном временном масштабе, и способны быстро реагировать на изменения трафика [4].

Несмотря на это, остается ряд нерешенных задач:

- фактически отсутствует строгая теоретическая база, которая пришла бы на смену классической теории массового обслуживания при проектировании современных систем распределения информации с учетом мультимедийного трафика;
- нет единой модели пульсирующего трафика;
- не существует достоверной и признанной методики расчета параметров и показателей качества систем распределения информации с учетом мультимедийного трафика;

- отсутствуют алгоритмы и механизмы, обеспечивающие качество обслуживания в условиях пульсирующего трафика [4].

Анализ существующих способов. Постановка задачи

Одним из эффективным способом повышения уровня качества обслуживания трафика является формирования и выбор наиболее подходящего пути для передачи данных по сети. Существующие протоколы маршрутизации, такие как RIP, OSPF, IGRP/EIGRP и IS-IS не учитывают такие параметры качества обслуживания (QoS) как задержка, вероятность потери пакетов и надежность, а ориентируются лишь на пропускную способность каналов или количество промежуточных маршрутизаторов. Это приводит к появлению задержек доставки пакетов и даже их потерь.

В работе [5] предложен метод управления трафиком в QoS-ориентированном протоколе маршрутизации. Особенностью данного метода является относительная простота его реализации, а также небольшой объем передаваемой служебной информации и невысокая вычислительная сложность функционирования. Теоретическим недостатком, как следствием простоты, является меньшая эффективность, в сравнении с адаптивными динамическими алгоритмами балансировки нагрузки.

Процесс передачи данных в сети часто рассматривается в соответствии с Пуассоновским процессом. Огромные потоки данных трафика позволяют проследить долговременную зависимость, то есть процесс самоподобия. Сейчас можно утверждать, что самоподобие является существенным фактором сетевого моделирования [6]. Самоподобные свойства трафика позволяют с достаточной степенью достоверности прогнозировать появление на сегменте сети временных периодов с перегрузкой по производительности оборудования и линий связи, что в свою

очередь, делает возможным построение системы с динамическим управлением возможной пропускной способности для отдельных видов трафика.

Еще один перспективный способ конструирования трафика базируется на использовании технологии MPLS, что позволяет распределить трафик по нескольким каналам одного пути, и сбалансировать нагрузку по всем путям для достижения оптимальной загрузки каналов и повышения производительности сети. Используя эти возможности сетей MPLS рассмотрим стратегию разделения трафика с помощью теории игр.

Решение поставленной задачи

Способ формирования множества непересекающихся путей предложен в работе [7], позволяет сформировать все множество непересекающихся маршрутов между двумя узлами с требуемым уровнем QoS. Для конструирования трафика, используя сформированные пути, предлагается использовать теорию игр [8, 9, 10].

Данный способ эффективно применяется для решения задач системного анализа и матричных игр. Использование теории игр для управления трафиком, даст возможность определить и оценить каждое из возможных решений с различных точек зрения, и принять решения с учетом минимизации риска и необходимого QoS.

Рассмотрим граф сети $G(A, E)$, где A – количество вершин, E – количество связей между вершинами рис.1. Для организации безопасной маршрутизации в сети, осуществлять передачу информации необходимо по множеству непересекающихся путей. Сформировать все множество путей между двумя вершинами [11] даст возможность выбрать лучший вариант для передачи определенного типа трафика.

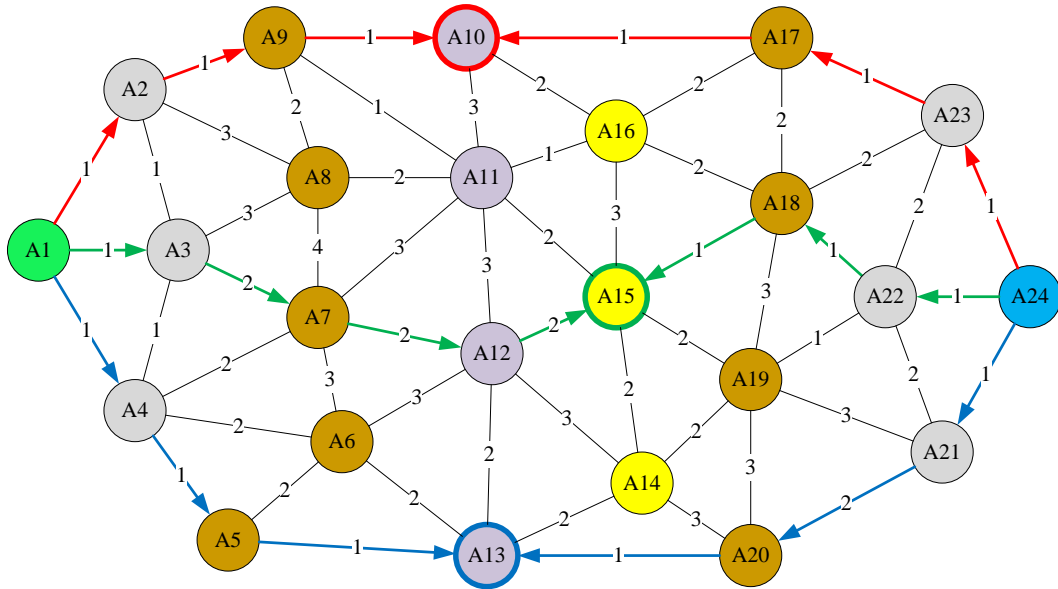


Рис. 1 Граф сети

1) Найденные пути:

$P_1 = \{A1-A2-A9-A10-A17-A23-A24\}$,

суммарный вес – 6;

$P_2 = \{A1-A3-A7-A12-A15-A18-A22-A24\}$,

суммарный вес – 10;

$P_3 = \{A1-A4-A5-A13-A20-A21-A24\}$,

суммарный вес – 7.

2) Надёжность узлов в найденных маршрутах:

A1=0.99 A9 = 0.90 A18=0.89

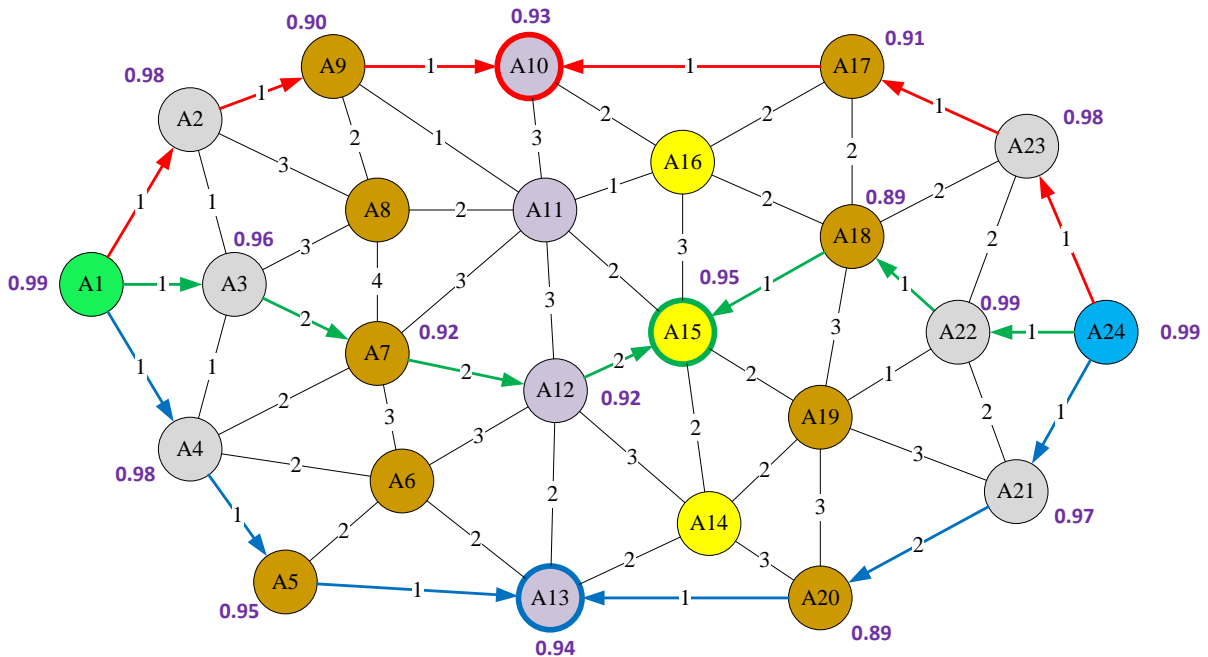
A2=0.98 A10=0.93 A20=0.89

A3=0.96 A12=0.92 A21=0.97

A4=0.98 A13=0.94 A22=0.99

A5=0.95 A15=0.95 A23=0.98

A7=0.92 A17=0.91 A24=0.99



Пусть для каждого i -го узла дана надёжность узла p_i . Для вычисления вероятности потери пакета $P(A_l)$ для путей с множества $P_l = (P_1, P_2, \dots, P_n)$ будем применять формулу произведения независимых событий:

$$P(A_l) = 1 - \prod_{i=1}^n P(p_i), i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где A_l – вероятность потери пакета при передаче по l -му маршруту, p_i - надёжность i -го узла.

3) Расчёт вероятности потери пакета для каждого найденного маршрута:

$$p_1 = 1 - (0.99 \cdot 0.98 \cdot 0.90 \cdot 0.93 \cdot 0.91 \cdot 0.98 \cdot 0.99) = 1 - 0.717 = 0.283$$

$$p_2 = 1 - (0.99 \cdot 0.96 \cdot 0.92 \cdot 0.92 \cdot 0.95 \cdot 0.89 \cdot 0.99 \cdot 0.99) = 1 - 0.666 = 0.333$$

$$p_3 = 1 - (0.99 \cdot 0.98 \cdot 0.95 \cdot 0.94 \cdot 0.89 \cdot 0.97 \cdot 0.99) = 1 - 0.74 = 0.26$$

4) Итоговая вероятность потери пакета при передаче по маршрутам:

$$p_1 = 28\%$$

$$p_2 = 33\%$$

$$p_3 = 26\%$$

Каждый из непересекающихся путей, который сформирован, имеет ряд характеристик, а именно: длина пути, вероятность выхода из строя узла, пропускная способность и вероятность потери информации при передаче. Зная эти особенности, игроки смогут выбрать наилучший вариант решения задачи.

Представим игру в виде $\Gamma = \langle$

$$N, X_1, X_2 \dots X_n, K_1(X_1 \dots X_n), \dots, K_n(X_1 \dots X_n) \rangle,$$

где N – множество игроков а именно данные которые передаются в сети, $N = \{1, 2, 3 \dots n\}$.

X – количество стратегий – количество путей с определенным QoS,

X_1 – количество стратегий 1-го игрока,

X_n – количество стратегий n-го игрока.

$K_1(X_1 \dots X_n)$ – функция выигрыша i -го игрока.

Игроки независимо один от другого выбирают стратегию $x_i \in X_i$ и соответственно каждый получает наилучший результат решения. $X = (X_1 \dots X_n)$ – ситуация игры. Учитывая эти параметры пути, можем определить правила игры. В зависимости от входного трафика определяется путь который соответствует заданным требованиям. Для этого предлагается проводить “маркировку” входного трафика и в зависимости от приоритета выбирается стратегия игры каждого игрока.

Равномерная загрузка путей

Основным преимуществом конструирования трафика на основе многопутевой маршрутизации заключается в том, что не нужно каждый раз пересчитывать все пути, достаточно выбирать пути уже из множества сформированных, а осуществлять реконфигурацию только для сформированных путей.

Распределение нагрузки по множеству сформированных путей передачи данных между двумя узлами является одной из важных задач. Во многих ситуациях при передаче данных по

пути, суммарный трафик который передается, может в несколько раз превышать максимально допустимую пропускную способность пути. В этом случае, единственным возможным решением может быть деление сообщения на части [12] и передачу по нескольким путям. При высокой скорости движения информации по сети, пакеты поступают на узел не по отдельности а целиком. Трафик в таких сетях имеет явно выраженный всплесковый характер, что повышает вероятность перегрузок в узлах сети.

Однако, в компьютерных сетях, число и характер событий на определенном временном интервале зависит от прежних, весьма отдаленных событий. Это означает, что при больших масштабах сети трафик обладает свойством самоподобия [13], т.е. выглядит практически одинаково при любых достаточно больших масштабах временной оси.

Рассмотрим необходимые меры предотвращения возникновения перегрузки на пути.

1. Необходимо изменить маршрут передачи данных для обхода проблемного узла. Например, схема живучести [14] может уже существовать и быть реализована за счет альтернативного механизма в виде запасного пути для передачи [15], который гарантирует непрерывность обслуживания в случае сбоя.
2. Перенаправить весь поток на другой менее безопасный путь. В случае перегрузки основного пути, можно весь трафик перенаправить на альтернативный менее безопасный маршрут, но безопасность информации также сохраняется. Если такового пути нет, тогда маршрут не изменяется.
3. Распределить трафик с основного пути на все не загруженные пути независимо от уровня их безопасности.

Предложена процедура восстановления, должна быть запущена для пути, при возникновении отказа или перегруза рис. 2.

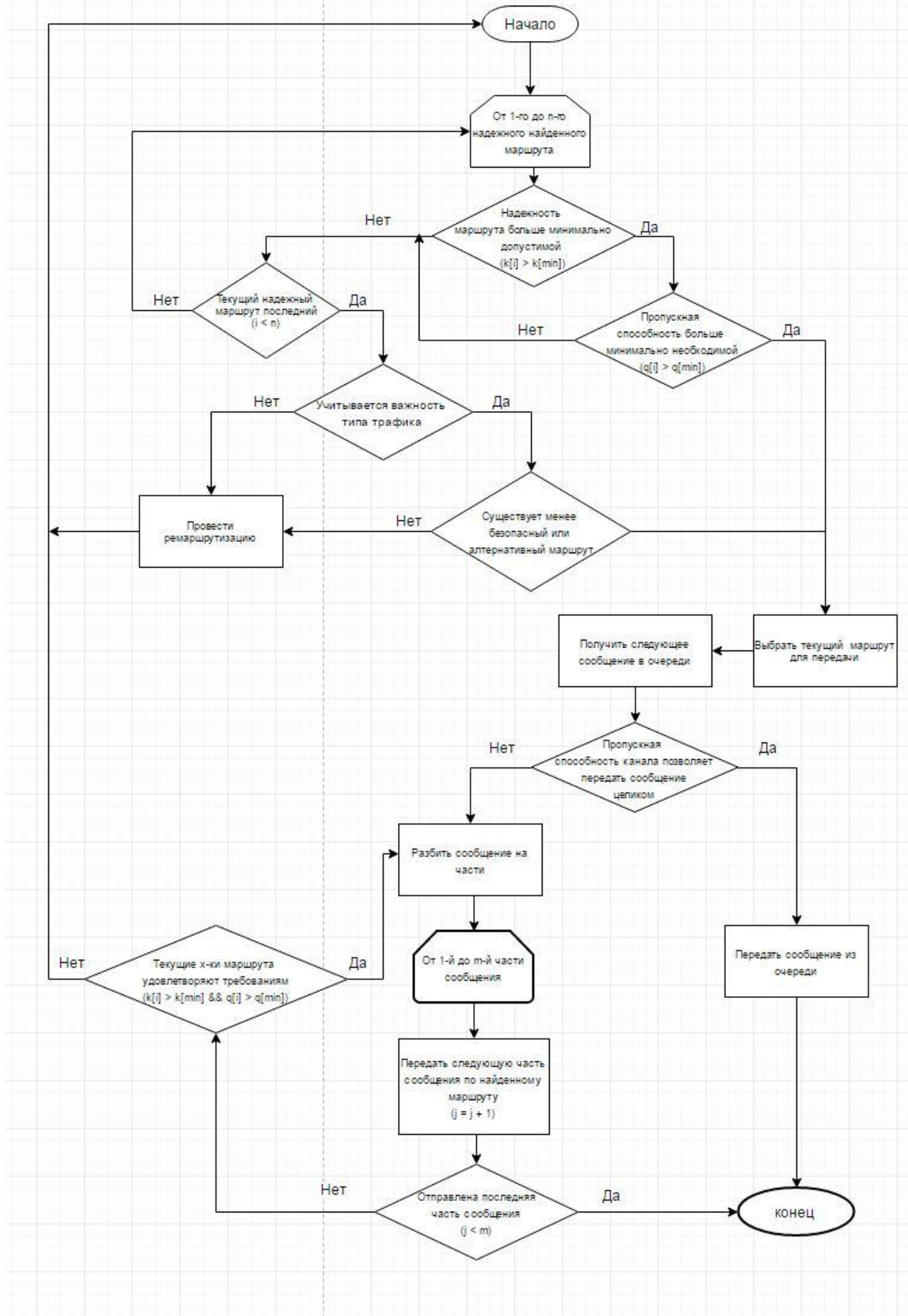


Рис. 2. Алгоритм конструирования трафика при организации многопутевой маршрутизации

Выводы

Многопутевая маршрутизация может быть использована в восстановлении IP для ускорения маршрутизации путем переопределения потоков и перенаправления трафика по сокращенному набору путей. Это поможет избежать дополнительного формирования путей и резервирования ресурсов, обычно применяемых при восстановлении MPLS, для достижения более быстрого восстановления. Достижение быстрого изменения маршрута может стать более важным в

условиях ремаршрутизации, когда “поврежденный” путь - тот, у которого самый высокий потенциал для передачи, и процесс восстановления может потребовать, чтобы сумма запасных мощностей оставшихся путей была строго больше, чем ширина полосы, где существует “поврежденный” путь. Предложенная схема конструирования трафика с несколькими путями могут обеспечить решение этой проблемы.

Список литературы

1. Dahai Xu, Mung Chiang, Jennifer Rexford, "Link- State Routing With Hop-by-Hop Forwarding Can Achieve Optimal Traffic Engineering", IEEE/ACM TRANSACTIONS ON NETWORKING, Vol. 19, no. 6, December 2011.
2. Ditixa Vyas, Ritesh Patel, Amit Ganatra. Survey of Distributed Multipath Routing Protocols for Traffic Management / Ditixa Vyas, Ritesh Patel, Amit Ganatra // International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 63– No.17, February 2013. – P. 42-48.
3. R. Banner and A. Orda. Multipath Routing Algorithms for Congestion minimization. In Proc. IFIP Networking, 2005.
4. Ke Xu, Hongying Liu, Jiangchuan Liu, Jixiu Zhang, " LBMP: A Logarithm- Barrier-Based Multipath Protocol for Internet Traffic Management", IEEE TRANSACTIONS ON PARALLEL AND DISTRIBUTED SYSTEMS, VOL. 22, NO. 3, MARCH 2011.
5. Симаков Д. В. Управление трафиком в сети с высокой динамикой метрик сетевых маршрутов / Симаков Д. В. // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – 2016. – Том 8, No1. – С. 1-13. Реж. дост. <http://naukovedenie.ru>
6. Тарадаев С.А. АНАЛИЗ СВОЙСТВ САМОПОДОБИЯ ТРАФИКА В СЕТИ ASTERISK / С.А. Тарадаев, К.А. Бохан // Системи обробки інформації. – 2012. – Випуск 2 (100). – С. 222-227.
7. Кулаков Ю. А. Формирование множества непересекающихся путей в компьютерных сетях с применением алгоритма «обратной волны» / Кулаков Ю. А., Коган А. В., Диброва М. А., Чхаидзе Д. М. // Проблеми інформатизації та управління: збірник наукових праць. – К.:НАУ, 2015. – Вип. 4 (52).– С.68-73.
8. Федорова М. Л. ОБ ИССЛЕДОВАНИИ СВОЙСТВА САМОПОДОБИЯ ТРАФИКА МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ / М. Л. Федорова, Т. М. Леденева // ВЕСТНИК ВГУ, СЕРИЯ: СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, 2010. – No 1. – С. 46-54.
9. Додонов А.Г. Живучесть информационных / А. Г. Додонов, Д. В. Ландэ // – К.: Наук. думка, 2011. – 255 с.
10. Кулаков Ю.А. Способ и средства конструирования трафика на основе безопасной многопутевой маршрутизации в мобильных сетях. / Ю.А. Кулаков, В.В. Лукашенко, А.В. Коган // Transactions of Azerbaijan national academy of sciences. Informatics and control problems. – 2014. – №3, Vol. XXXIV. – Pp.62-68.
11. Кулаков Ю. А. Формирование множества непересекающихся путей между граничными маршрутизаторами сети MPLS / Кулаков Ю. А., Диброва М. А., Коган А. В. // Electronics and Communications. Електроніка та зв'язок. Електроніка та зв'язок. – 2016. – Том 21. – №1(90), – С.50-55.
12. Кулаков Ю.О. Алгоритм поділу і збірки секретного повідомлення для багатошляхової маршрутизації в бездротових мережах / Кулаков Ю.О., Коган А.В., Пирогов А.А. // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та Обчислювальна техніка: збірник наукових праць. – К.: Століття +, 2012.– №57. – С.46-50.
13. Mohammad Naserian, Kemal Tepe. Game theoretic approach in routing protocol for wireless ad hoc networks / Mohammad Naserian, Kemal Tepe // Ad Hoc Networks. – 2009. - № 7. – pp. 569–578
14. M. Afergan, “Using repeated games to design incentive-based routing systems,” in Proc. of the IEEE INFOCOM, 2006.
15. Кулаков Ю.О. Спосіб мінімізації часу обходу скомпрометованих вузлів в мобільних мережах / Кулаков Ю.О., Коган А.В. // Electronics and Communications. Електроніка та зв'язок. Електроніка та зв'язок. – 2014. – Том 19. – №2(79), – С.116-122.