

УДК 004.738:004.055

ФОРМИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И МЕТОДА ПУЛЬСОВОЙ ДИАГНОСТИКИ СЕТИ



[В.И. САЕНКО,](#)

[Д.И. АЛЕКСЕЕВ](#)

Харьковский национальный
университет радиоэлектроники

Запропоновано метод призначення пріоритетів маршрутам мережі з альтернативними шляхами. Запропоновано систему показників, що характеризують маршрути в межах концепції «моделі здоров'я» та пульсової діагностики (heartbeat). Наведено приклади, що підтверджують правомірність отриманих рішень.

The method of assigning priorities of routes in complexity network with alternate paths is proposed. The set of diagnostic parameters for estimated routes are suggested. These parameters are considered according to "health model" and pulse diagnostic. All results are supported by examples.

Предложен метод назначения приоритетов маршрутам сети с альтернативными путями. Предложена система показателей, характеризующих диагностируемые маршруты в рамках концепции «модели здоровья» и пульсовой диагностики (heartbeat). Приведены примеры, подтверждающие правомерность полученных решений.

I. Описание проблемы и анализ известных результатов исследований

На первый план обеспечения высокого уровня функциональности сети выступают вопросы менеджмента состояния сети и ее компонентов. К таким вопросам относится диагностика состояния логических информационных каналов. Оперативная диагностика позволяет обеспечить высокий уровень обслуживания запросов пользователей путем своевременного обнаружения отклонений от нормальной работы. Это в свою очередь повышает качество предоставляемых пользователям информационных сервисов (QoS), и этот вопрос остается главным. Процесс диагностики заключается в своевременном, а лучше, прогнозируемом, обнаружении отклонений значений показателей функционирования информационных каналов, диагностировании возможных причин, которые привели к обнаруженному отклонению. Результатом диагностирующих операций должно стать предложение шагов по снижению влияния дестабилизирующих факторов на общую функциональность сети. Вопросы менеджмента и диагностики сетей в частности становятся особенно важными при использовании современных архитектур на основе сетей NGN с многопутевым альтернативным достижением определенного ресурса [1, 2].

Для эффективной реализации процедур менеджмента сети следует решить следующие задачи: определение концепции менеджмента, определение моделей принятия решений, определение технологий для мониторинга и управления, выбор характеристических переменных и выбор процедур, уменьшающих побочные явления реализации процедур управления.

Для обеспечения менеджмента сети может быть применима концепция менеджмента конфигураций и менеджмента производительности физической и логической структур сети. Эта модель включает в себя набор всех параметров, которые используются для управления поведением сети [3]. Одной из реализаций такой модели является менеджмент сети на основе политик. Еще одна концепция менеджмента сети – концепция на основе задач. Эта модель предполагает учет всех задач, которые должны выполняться при менеджменте сети. Такая модель позволяет описать систему в терминах, понятных администраторам, а также использовать ролевую концепцию администрирования [3].

К общим концепциям обеспечения функционирования сети, расширения задач менеджмента производительности и конфигурации и использования модели принятия решений могут быть отнесены концепции «модели здоровья» [4]. «Модель здоровья» определяет состояния, когда сеть «здорова» или «больна», а также – действия, которые заставляют сеть менять свой статус с одного на другой и наоборот. Реализуемость процедур диагностики обусловлена существованием набора технологий, которые обеспечивают довольно высокий уровень диагностики и мониторинга сети. Сюда можно отнести, например, такие технологии как SNMP [5], RMON [5], WBEM [6].

Однако при использовании большинства технологий мониторинга и диагностики в крупных сетях возникает проблема дополнительной нагрузки на сеть, которую создают системы мониторинга [6]. Дело в том, что при мониторинге специальные диагностирующие пакеты рассылаются от менеджера ко всем узлам и обратно, что формирует служебные потоки, которые с точки зрения пользователя являются шумовыми. Количество и уровень таких потоков желательно уменьшить. Таким образом, возникает следующая проблема: с одной стороны сеть необходимо тестировать часто и для всех узлов, а с другой стороны трафик тестовых процедур следует уменьшать.

Решением такой проблемы может быть использование методов «сетевой томографии», которые предлагают передачу служебных диагностирующих пакетов только между конечными узлами сети, а не тестирование каждого узла [7]. Таким образом, происходит укрупнение объекта диагностики с уровня диагностики пары <узел>+<связь между узлами> до уровня диагностического маршрута. Тем не менее, в крупной сети остается актуальным вопрос выбора диагностического маршрута, поскольку сложные сети включают в себя множество маршрутов и при этом маршруты могут повторяться [2].

Хорошие результаты по снижению влияния диагностического трафика на сеть показывает методика «heartbeat» [8]. Такие результаты достигаются за счет того, что методика «heartbeat» позволяет контролировать лишь небольшое количество состояний узлов и связей сети с последующим принятием решения о состоянии всей сети.

В результате необходимо оценить все диагностические маршруты и выбрать среди них наиболее подходящие для проведения диагностики состояния сети в целом. При этом желательно, чтобы диагностические маршруты были выбраны таким образом, чтобы оказать минимальное влияние на функциональность сети. Показателями, характеризующими маршруты, могут быть, например, состояние канала или

стоимость канала, которые используются в протоколе OSPF [9]. Протокол OSPF предлагает достаточно большой набор метрик для характеристики состояния связей. Но такие характеристики не всегда являются легкими в интерпретации и оценивании для администратора, что может вызвать затруднения при определении набора значимых для диагностики путей. Предполагаем, что принятие решения о выборе значимости пути осуществляет администратор или эксперт.

Интересным в этой связи являются разработки, основанные на оценивании маршрута по обобщенным показателям качества, например, [2]. Хотя в [2] использовались в качестве базовых оценки задержки и вероятности потерь, и все использовалось для решения задач маршрутизации, общий подход достаточно эффективен и прогрессивен. Он может быть взят за основу при диагностике состояния каналов сетей.

Целью статьи является развитие методов диагностики состояния сети.

В настоящей статье в п. 2 кратко представлено описание объекта исследования и постановка задачи исследования. В п. 3 рассмотрены методологические вопросы тестирования сети и концепция выбора пульсовых показателей для тестирования. В п. 4 рассмотрена концепция выбора набора предпочтительных показателей для тестирования сети. В п. 5 представлено описание метода установления приоритетов, в п. 6 проведен анализ использования пульсовых показателей при тестировании сети, а в п. 7 представлен пример использования предлагаемого метода. В разделе «Выводы» формализованы основные научные и практические результаты.

II. Постановка задачи и описание объекта исследования

Описание объекта. Пусть существует некоторая корпоративная сеть. Требования корпоративности означает, что в сети существует единая политика, разрешающая использование специальных агентов и технологий для тестирования маршрутизаторов и рабочих станций. В такую сеть входят рабочие станции, серверы, маршрутизаторы, образующие сеть, и граничные маршрутизаторы, к которым подключены непосредственно пользовательские сегменты сети [10].

Важным является факт множественности маршрутов, то есть для одних и тех же исходной и конечной точек маршрута может существовать несколько альтернативных маршрутов. Именно для учета такой особенности построения современных сетей и предлагается оценка маршрутов и выбор способа их тестирования для снижения нагрузки на сеть.

Постановка задачи сводится к формированию диагностического метода оценивания приоритетности выбора маршрута при использовании процедур тестирования. В этом случае требует решения вопрос выбора базовых оценочных показателей.

В качестве логической топологии сети выбирается многопутевая топология сети, соответствующая концепции сетей NGN. Считаем, что изначально задано существование множества путей между парами граничных маршрутизаторов.

III. Методологические основы пульсового тестирования сети

Пусть задана топологическая структура сети. Введем специальные понятия: *путь* (path) P_{ij} – это последовательность связей между маршрутизаторами, причем каждый маршрутизатор используется лишь однажды, а между соседними маршрутизаторами существует физическая связь. Путь между двумя граничными маршрутизаторами складывается из отрезков путей X_{ik} , например, $P_{ij} = (X_{ik}, X_{kj})$, где i, j – граничные маршрутизаторы, а k – промежуточный маршрутизатор; *связь* (i, j) – это соединение двух соседних маршрутизаторов.

Пульсовую диагностику предлагается основывать на определенных концептуальных положениях:

- 1) из всех маршрутов выбираются главные и вспомогательные (по двум-трем уровням значимости);
- 2) маршруты первого уровня (более важные) тестируются чаще;
- 3) процедуры тестирования строятся так, чтобы покрыть всю сеть (все узлы).

Таким образом, пульсовая диагностика – один из подходов к тестированию сети, который учитывает как значимость направления тестирования, так и частоту посылки тестовых последовательностей, для того чтобы избежать излишней нагрузки на тестируемую сеть. Поэтому первой задачей для пульсовой диагностики является качественная оценка, выбор и упорядочение маршрутов. Далее можно назначать неравномерное тестирование маршрутов на основании выбранных приоритетов.

IV. Концепция выбора предпочтительного набора пульсовых показателей

Необходимость выбора показателей. Показатели значимости пути должны быть понятны, интерпретируемы и легко вычисляемы, так как предполагается, что окончательное решение о важности пути будет принимать администратор. Предлагается в качестве таких показателей рассматривать два основных показателя: *сложность* и *важность*. При этом важность предлагается оценивать либо в виде экспертной оценки либо на основе дополнительных оценок. К таким оценкам относятся стоимость, емкость (выделенная пропускная способность), средняя загрузка.

Сложность пути (D_{ij}) рассматривается как расширение метрики протокола RIP [11] и представляет собой сумму количества узлов (маршрутизаторов) и количества связей (дуг), составляющих данный маршрут. Если K – количество корневых маршрутизаторов, а M – количество связей в пути, то $K = M - 1$. Соответственно

$$D = K + M = 2M - 1. \quad (1)$$

Для операций с показателем сложности будет более удобным использовать нормированное значение

$$\hat{D}_{ij} = (D_{ij} - D_{ij}^{\min}) / (D_{ij}^{\max} - D_{ij}^{\min}), \quad (2)$$
$$\hat{D}_{ij} \in [0, 1],$$

где D_{ij} – показатель сложности пути, i – начальный узел пути, j – конечный узел пути, D_{ij}^{\min} – минимальное значение показателя сложности, D_{ij}^{\max} – максимальное значение показателя сложности, \hat{D}_{ij} – нормированное значение показателя сложности.

Важность пути (B_{ij}) – это оценка выбранного пути по степени важности входящих в него узлов и дуг. Важность узла или дуги определяется на основании экспертного оценивания или косвенного расчета

Важность как экспертная оценка. Метод основан на разделении всего множества маршрутов, составляющих сеть на основании критерия важности. Данный критерий предполагает, что все маршруты сети имеют различную важность. Степень важности маршрута можно определить по важности составляющих данный маршрут маршрутизаторов и связей между ними. Оценивание входящих в маршрут узлов и связей производится на основании оценок экспертов, но можно сказать, что первый и последний маршрутизатор, входящие в маршрут, будут иметь наибольшее значение важности, потому что выход из строя такого маршрутизатора полностью парализует передачу данных по этому маршруту. По тем же причинам максимальное значение важности будут иметь дуги (связи) от граничного маршрутизатора к первому или последнему.

Важность как расчетная оценка. В этом случае важность рассчитывается как взвешенная сумма нормированных косвенных показателей значимости: стоимость, емкость, загрузка.

Стоимость пути (Z_{ij}) основана на стоимости пути протокола маршрутизации OSPF [8] и определяется как стоимость всего логического канала, состоящая из стоимости отдельных сегментов и маршрутизаторов:

$$Z_{ij} = \sum_{r=1}^n z_r,$$

n – число сегментов в данном пути, z_r – стоимость r -го сегмента в данном пути.

Емкость пути (E_{ij}) определяется как минимальная пропускная способность среди всех сегментов, принадлежащих данному пути с учетом принятых ограничений:

$$E_{ij} = \min_{(p,q) \in I_{ij}} (e_1, e_2, e_3, \dots, e_n), \quad I_{ij} = \{(1,3), \dots, (p,q)\},$$

где e_n – пропускная способность n -го сегмента в данном пути, I_{ij} – множество ограничений, p и q принятые ограничения на конкретном сегменте.

Загрузка сети (L_{ij}) определяется как средняя загрузка по отношению ко всем сегментам пути:

$$L_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{r=1}^n l_r,$$

где l_r – загрузка r -го сегмента в данном пути.

Нормируя все полученные значения, имеем

$$\hat{Z}_{ij} = (Z_{ij} - Z_{ij}^{\min}) / (Z_{ij}^{\max} - Z_{ij}^{\min}), \quad (3)$$

где Z_{ij} – показатель стоимость пути, i – начальный узел пути, j – конечный узел пути, Z_{ij}^{\min} – минимальное значение показателя стоимости, Z_{ij}^{\max} – максимальное значение показателя стоимости, \hat{Z}_{ij} – нормированное значение показателя стоимости;

$$\hat{E}_{ij} = (E_{ij} - E_{ij}^{\min}) / (E_{ij}^{\max} - E_{ij}^{\min}), \quad (4)$$

где E_{ij} – показатель сложности пути, E_{ij}^{\min} – минимальное значение показателя сложности, E_{ij}^{\max} – максимальное значение показателя сложности, \hat{E}_{ij} – нормированное значение показателя сложности;

$$\hat{L}_{ij} = (L_{ij} - L_{ij}^{\min}) / (L_{ij}^{\max} - L_{ij}^{\min}), \quad (5)$$

где L_{ij} – показатель загрузки сети на пути, L_{ij}^{\min} – минимальное значение показателя сложности, L_{ij}^{\max} – максимальное значение показателя загрузки, \hat{L}_{ij} – нормированное значение показателя загрузки.

Применяя правило суммирования с коэффициентами, получаем окончательное выражение показателя важности:

$$B_{ij} = a_z \hat{Z}_{ij} + a_e \hat{E}_{ij} + a_l \hat{L}_{ij}, \quad (6)$$

где a_z, a_e, a_l – весовые коэффициенты, причем $a_z + a_e + a_l = 1$, $B_{ij} \in [0,1]$.

V. Метод установления приоритетов диагностики путей

Для характеристик путей могут использоваться разные системы приоритетов: числовые, символьные. Предлагается использовать трехуровневые символьные приоритеты с ранжированием от высшего (более приоритетного) до низшего по каждой характеристической переменной: А, Б, Д. При этом итоговый приоритет будем определять как двухсимвольный комбинированный, так что ранжированный ряд примет вид АА, АБ, АД, БА, ... при условии, что первая переменная более приоритетна.

В рамках введенных определений и обозначений метод установления приоритетов диагностики путей можно представить в следующем виде:

1. Для имеющейся корпоративной сети с известной топологией формируем наборы путей $\{P_{ij}\}$, где i и j – номера граничных маршрутизаторов.

2. Формируем таблицу соответствия связей путям. При наличии в пути связи таблица содержит в ячейке 1, а в остальных случаях 0. В алгебраической форме записи это можно представить, как

$$P_{i,j}^k = (X_{i,k}, \dots, X_{p,g}, \dots, X_{r,j}),$$

где k – номер варианта пути; i, j – граничные маршрутизаторы; X_{ij} – связь между i -м и j -м маршрутизаторами.

3. Проводим оценивание путей по критерию сложности $D(1)$. Формируем таблицу показателей сложности путей.

4. Пусть известны значения показателей стоимости $Z_{ij}^{(p)}$, емкости $E_{ij}^{(p)}$ и загрузки $L_{ij}^{(p)}$ для каждого сегмента p . Рассчитываются эти показатели для каждого выбранного пути отдельно в соответствии с (3), (4), (5) (Z_{ij}, \hat{Z}_{ij}), (E_{ij}, \hat{E}_{ij}), (L_{ij}, \hat{L}_{ij}). Если показатели косвенных расчетов неизвестны, то проводится оценка на основании экспертного анализа.

5. Рассчитываем значения показателя важности в соответствии с (6) как взвешенной суммы. Формируем таблицу показателей важности путей.

6. Формируем три группы значимости. Выберем уровни приоритета согласно 30% порогового уровня. Это значит, что вводятся уровни $\{0,33; 0,66\}$. Установим приоритеты для каждого маршрута (A, B, D) по показателям B и D . Приоритеты будем назначать для областей значений $B_{i,j}$ и $D_{i,j}$:

$$P(P_{i,j}^k) = A, \text{ если } B_{i,j} \geq 0,66;$$

$$P(P_{i,j}^k) = A, \text{ если } D_{i,j} < 0,33;$$

$$P(P_{i,j}^k) = B, \text{ если } 0,33 \leq B_{i,j} < 0,66;$$

$$P(P_{i,j}^k) = B, \text{ если } 0,33 \leq D_{i,j} < 0,66;$$

$$P(P_{i,j}^k) = D, \text{ если } B_{i,j} < 0,33;$$

$$P(P_{i,j}^k) = D, \text{ если } D_{i,j} \geq 0,66.$$

7. Сформируем окончательное разбиение групп путей в соответствии с комбинацией приоритетов (A, B, D) с выбором более приоритетного показателя либо B , либо D . Формируем итоговую таблицу показателей приоритетов путей.

8. В соответствии с приоритетом далее можно выбирать политику проведения пульсовой диагностики по маршрутам, например, изменяя частоту тестирования путей.

VI. Анализ использования пульсовых показателей

Одновременное использование показателей сложности (расширение метрики протокола RIP) и важности дает итоговую оценку значимости пути при проведении процедуры диагностики сети.

При формировании наборов путей $\{P_{ij}\}$ принято, что i и j – номера граничных маршрутизаторов. Это означает, что предлагается концепция тестирования сети, основанная на выборе путей между граничными маршрутизаторами. Далее тестируется не каждый сегмент в отдельности, а наборы путей.

Таким образом, достигается сокращение нагрузки на сеть – не все узлы и связи участвуют в передаче диагностирующего трафика; а также производится распределение потоков диагностики – диагностирующий трафик распределяется по сети не равномерно, а согласно приоритетам. Итоговым решением является вывод о том, что маршруты, имеющие наивысшую оценку по критерию важности, необходимо тести-

ровать в первую очередь (т.е. более часто), а маршруты, имеющие наивысшую оценку по критерию сложности, необходимо тестировать в последнюю очередь.

Выбор способа оценивания пути по показателю важности: экспертный или расчетный – это решение администратора. Экспертные оценки устанавливаются один раз и далее не меняются в течение длительного времени: день, неделя, месяц. Возможность экспертного оценивания введена для расширения гибкости предлагаемых методов. Оценка по показателю важности производится ими один раз экспертами при инициализации процедуры диагностики сети для сопоставления с расчетной оценкой. При дальнейшей эксплуатации процедуры по обновлению путей и параметров используется только расчетная оценка показателя важности. Конечные наборы для двухсимвольной оценки приоритетов – это также решение администратора при выборе приоритетов по каждой переменной.

Предлагаемый подход ориентирован на помощь в работе администратора сети и позволяет ему при необходимости вмешаться в процесс диагностики сети. Но процедура может быть полностью автоматизирована и при необходимости реализована в виде специального протокола.

Необходимость введения комплексных обобщенных показателей важности и сложности пути обусловлена требованием построения легких в интерпретации и оценивании метрик. Тем самым сделана попытка приблизить оценки путей к интуитивно понятным для человека-администратора, а не технической системы. Такой подход дает возможность не только использовать технические характеристики для оценивания состояния сети, но и позволять менять их самостоятельно администратором.

VII. Пример использования разработанного метода

Пусть имеется корпоративная сеть с некоторой топологией связей (рисунок).

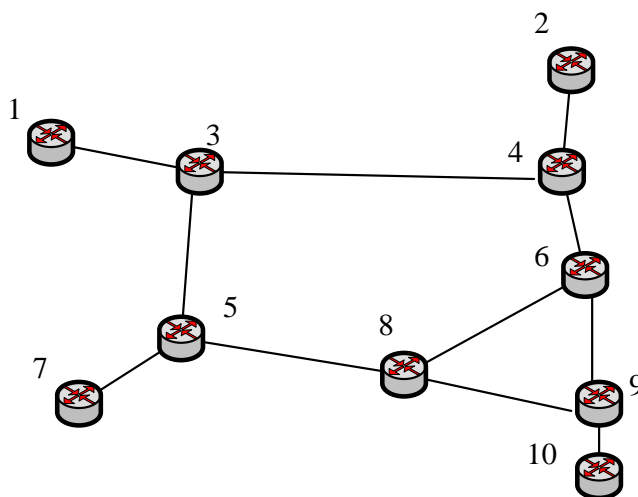


Рис. Структура корпоративной сети

1. Формируем наборы путей $\{P_{ij}\}$.
2. После того, как определены наборы путей, составим таблицу соответствия связей путям. В алгебраической форме пути можно представить как

$$P_{1,2}^1 = (X_{13}, X_{34}, X_{42}); P_{1,2}^2 = (X_{13}, X_{35}, X_{58}, X_{86}, X_{64}, X_{42}); P_{1,2}^3 = (X_{13}, X_{35}, X_{58}, X_{89}, X_{96}, X_{64}, X_{42});$$

$$P_{10,7}^1 = (X_{10,9}, X_{9,8}, X_{8,5}, X_{5,7}); P_{10,7}^2 = (X_{10,9}, X_{9,6}, X_{6,8}, X_{8,5}, X_{5,7});$$

$$P_{10,7}^3 = (X_{10,9}, X_{9,6}, X_{6,4}, X_{4,3}, X_{3,5}, X_{5,7}); P_{10,7}^4 = (X_{10,9}, X_{9,8}, X_{8,6}, X_{6,4}, X_{4,3}, X_{3,5}, X_{5,7});$$

$$P_{2,10}^1 = (X_{2,4}, X_{4,6}, X_{6,9}, X_{9,10}); P_{2,10}^2 = (X_{2,4}, X_{4,6}, X_{6,8}, X_{8,9}, X_{9,10});$$

$$P_{2,10}^3 = (X_{2,4}, X_{4,3}, X_{3,5}, X_{5,8}, X_{8,9}, X_{9,10}); P_{2,10}^4 = (X_{2,4}, X_{4,3}, X_{3,5}, X_{5,8}, X_{8,6}, X_{6,9}, X_{9,10});$$

$$P_{7,1}^1 = (X_{7,5}, X_{5,3}, X_{3,1}); P_{7,1}^2 = (X_{7,5}, X_{5,8}, X_{8,6}, X_{6,4}, X_{4,3}, X_{3,1});$$

$$P_{7,1}^3 = (X_{7,5}, X_{5,8}, X_{8,9}, X_{9,6}, X_{6,4}, X_{4,3}, X_{3,1}).$$

3. Проведем оценку путей (табл. 1) по критерию сложности (1).

Таблица 1. Значения показателя сложности пути

Путь	$D_{i,j}$	\hat{D}_{ij}	Путь	$D_{i,j}$	\hat{D}_{ij}
$P_{1,2}^1$	5	0	$P_{2,10}^1$	7	0
$P_{1,2}^2$	11	0,75	$P_{2,10}^2$	9	0,33
$P_{1,2}^3$	13	1	$P_{2,10}^3$	11	0,66
$P_{10,7}^1$	7	0	$P_{2,10}^4$	13	1
$P_{10,7}^2$	9	0,33	$P_{7,1}^1$	5	0
$P_{10,7}^3$	11	0,66	$P_{7,1}^2$	11	0,75
$P_{10,7}^4$	13	1	$P_{7,1}^3$	13	1

Пусть известны значения показателей стоимости, емкости и загрузки. Эти значения занесены в соответствующие таблицы (табл. 2, 3, 4).

Таблица 2. Значения показателя стоимости пути

Путь	Z_{ij}	\hat{Z}_{ij}	Путь	Z_{ij}	\hat{Z}_{ij}
$P_{1,2}^1$	135	0	$P_{2,10}^1$	225	0
$P_{1,2}^2$	220	0,45	$P_{2,10}^2$	260	0,35
$P_{1,2}^3$	325	1	$P_{2,10}^3$	260	0,35
$P_{10,7}^1$	225	0	$P_{2,10}^4$	325	1
$P_{10,7}^2$	325	1	$P_{7,1}^1$	135	0
$P_{10,7}^3$	305	0,8	$P_{7,1}^2$	245	0,51
$P_{10,7}^4$	305	0,8	$P_{7,1}^3$	350	1

Таблица 3. Значения показателя емкости

Путь	E_{ij}	\hat{E}_{ij}	Путь	E_{ij}	\hat{E}_{ij}
$P_{1,2}^1$	15	0	$P_{2,10}^1$	20	0
$P_{1,2}^2$	15	0	$P_{2,10}^2$	45	1
$P_{1,2}^3$	15	0	$P_{2,10}^3$	30	0.66
$P_{10,7}^1$	30	1	$P_{2,10}^4$	20	0
$P_{10,7}^2$	30	1	$P_{7,1}^1$	25	0.33
$P_{10,7}^3$	30	1	$P_{7,1}^2$	20	0
$P_{10,7}^4$	20	0	$P_{7,1}^3$	35	1

Таблица 4. Значения показателя загрузки путей

Путь	L_{ij}	\hat{L}_{ij}	Путь	L_{ij}	\hat{L}_{ij}
$P_{1,2}^1$	16,67	0	$P_{2,10}^1$	33,75	1
$P_{1,2}^2$	20	0,54	$P_{2,10}^2$	31	0,65
$P_{1,2}^3$	22,86	1	$P_{2,10}^3$	31,67	0,74
$P_{10,7}^1$	27,5	0,81	$P_{2,10}^4$	25,71	0
$P_{10,7}^2$	24	0	$P_{7,1}^1$	30	1
$P_{10,7}^3$	28,3	1	$P_{7,1}^2$	27,5	0
$P_{10,7}^4$	27,86	0.9	$P_{7,1}^3$	29,28	0,71

Пусть показатель L_{ij} считается более важным. Применяя (6), выбираем весовые значения для коэффициентов ($a_z = 0,3$; $a_e = 0,3$; $a_l = 0,4$), получаем следующее выражение для расчета значений показателя важности: $B'_{ij} = 0,3\hat{Z}_{ij} + 0,3\hat{E}_{ij} + 0,4\hat{L}_{ij}$. Результаты расчета итоговых показателей (6) представлены в табл. 5.

Таблица 5. Значения показателя важности путей (расчетные значения)

Путь	B'_{ij}	Путь	B'_{ij}
$P_{1,2}^1$	0	$P_{2,10}^1$	0,4
$P_{1,2}^2$	0,35	$P_{2,10}^2$	0,66
$P_{1,2}^3$	0,7	$P_{2,10}^3$	0,6
$P_{10,7}^1$	0,62	$P_{2,10}^4$	0,3
$P_{10,7}^2$	0,6	$P_{7,1}^1$	0,49
$P_{10,7}^3$	0,94	$P_{7,1}^2$	0,15
$P_{10,7}^4$	0,6	$P_{7,1}^3$	0,88

Отметим, что показатели в табл. 5 могли бы быть просто оцененные на основании экспертного анализа. Тогда результаты выглядели бы, например, как в табл. 6.

Таблица 6. Значения показателей важности путей (экспертный анализ)

Путь	$B_{i,j}$	B'_{ij}	Путь	$B_{i,j}$	B'_{ij}
$P_{1,2}^1$	47	0	$P_{2,10}^1$	29	0,4
$P_{1,2}^2$	71	0,4	$P_{2,10}^2$	35	1
$P_{1,2}^3$	105	1	$P_{2,10}^3$	31	0,6
$P_{10,7}^1$	95	0,6	$P_{2,10}^4$	25	0
$P_{10,7}^2$	72	0	$P_{7,1}^1$	76	0,5
$P_{10,7}^3$	109	1	$P_{7,1}^2$	51	0
$P_{10,7}^4$	72	0	$P_{7,1}^3$	101	1

6. Сформируем три группы согласно 30% пороговому уровню и установим приоритеты для каждого маршрута по показателю важности и сложности. Далее установим общий итоговый приоритет (табл.7).

Таблица 7. Значения показателя итогового приоритета путей

Путь	B'_{ij}	Приоритет по $B_{i,j}$	\hat{D}_{ij}	Приоритет по $D_{i,j}$	Приоритет итоговый
$P_{1,2}^1$	0	Д	0	А	ДА
$P_{1,2}^2$	0,35	Б	0,75	Д	БД
$P_{1,2}^3$	0,7	А	1	Д	АД
$P_{10,7}^1$	0,62	Б	0	А	БА
$P_{10,7}^2$	0,6	Б	0,33	Б	ББ
$P_{10,7}^3$	0,94	А	0,66	Б	АБ
$P_{10,7}^4$	0,6	Б	1	Д	БД
$P_{2,10}^1$	0,4	Б	0	А	БА
$P_{2,10}^2$	0,66	Б	0,33	Б	ББ
$P_{2,10}^3$	0,6	Б	0,66	Б	ББ
$P_{2,10}^4$	0,3	Д	1	Д	ДД
$P_{7,1}^1$	0,49	Б	0	А	БА
$P_{7,1}^2$	0,15	Д	0,75	Д	ДД
$P_{7,1}^3$	0,88	А	1	Д	АД

Сформируем группы с ранжированием по приоритетам (табл. 8).

Таблица 8. Ранжированные группы

Путь	Приоритет	Путь	Приоритет
$P_{10,7}^3$	АБ	$P_{2,10}^2$	ББ
$P_{1,2}^3$	АД	$P_{2,10}^3$	ББ
$P_{7,1}^3$	АД	$P_{1,2}^2$	БД
$P_{10,7}^1$	БА	$P_{10,7}^4$	БД
$P_{2,10}^1$	БА	$P_{1,2}^1$	ДА
$P_{7,1}^1$	БА	$P_{2,10}^4$	ДД
$P_{10,7}^2$	ББ	$P_{7,1}^2$	ДД

7. В соответствии с приоритетом далее можно выбирать политику проведения пульсовой диагностики по маршрутам, например, изменяя частоту тестирования путей.

Выводы

В настоящей работе рассмотрены вопросы дальнейшего развития теории и практики оценивания состояния компьютерной сети как оценивания состояния информационных каналов. Решения основаны на использовании расширенного набора показателей состояния и развития метода приоритизации тестируемых путей сети.

Основные научные результаты можно представить в следующем виде:

- получила дальнейшее развитие методология оценивания состояния каналов сети путем использования дополнительных обобщенных оценок значимости путей сети для проведения диагностического тестирования;

- получил дальнейшее развитие метод установления приоритетов диагностики путей, который ориентирован на использование в процедурах уменьшения нагрузки на сеть диагностирующим трафиком за счет передачи трафика не по всем путям в сети, а только по тем, которые имеют соответствующий приоритет.

Практическая ценность полученных результатов состоит в том, что при использовании предложенного метода создаются предпосылки для разработки метода оптимизации проведения диагностики сети и как следствие, ожидаемого повышения качества обслуживания пользователей и повышения доходности от всей сети.

Сравнение с лучшими аналогами. Предлагаемый в работе метод в отличие от [12] позволяет произвести оценку сети, не ограничиваясь только техническими параметрами (задержка передачи, потери пакетов). Характеристические переменные, предложенные в работе, являются комплексными и в более полной мере отражают качественную значимость маршрутов. В отличие от методов [13, 14, 15] предложенные реше-

ния являются более экономными с точки зрения затрат на обеспечение необходимой пропускной способности сети. По сути, это дальнейшее развития концепций построения и сопровождения «модели здоровья» для диагностики состояния сети [4].

Направление дальнейших исследований. В дальнейшем предполагается рассмотрение реализации полученного метода для анализа и формирования политики выбора частоты тестирования путей сети.

Список литературы:

1. *Nguyen K.K., Jaumard B.* Routing Engine Architecture for Next Generation Routers: Evolutional Trend // Network Protocols and Algorithms. – 2009. – Vol. 1. – P.62-85.
2. *Лемешко А.В., Евсеева О.Ю., Агеев Д.В.* Двухуровневый метод маршрутизации с поддержкой качества обслуживания в многооператорских сетях NGN // Збірник наукових праць Харківського університету повітряних Сил. – 2010. – Вип. 1(23). – С. 83-89.
3. *David M. Anderson* Design for Manufacturability, Optimizing Cost, Quality and Time-to-Market, Second ed. – CIM Press. – 2001. – 312 p.
4. Microsoft Management Knowledge Part I: Health Modeling. – Microsoft Corporation Published. – 2006. – P. 4-8
5. *Subramanyan R., Miguel-Alonso J., Fortes J. A. B.* A scalable SNMP-based distributed monitoring system for heterogeneous network computing // In Proc. High Performance Networking and Computing Conference (SC 2000). – Dallas, TX. – 2000. – P. 82-90.
6. *Honsoon Ku; Forslow, J.; Park, J.-G.* Web-based configuration management architecture for router networks // Network Operations and Management Symposium. – 2000. – P. 171-177.
7. *Berenstein C.A., Gavilanez F., Baras J.* Network Tomography // AMS Contemporary Math. – 2006. – Vol. 405. – P. 11-17.
8. *Hou Z., Huang Y., Zheng S., Dong X., Wang B.* Design and Implementation of Heartbeat in Multi-Machine Environment// 17-th International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA'03). – 2003. – P.583.
9. *Moy J.* OSPF Version 2 // RFC 2328. – IETF. – 1998.
10. *Berkowitz H.* Terminology for Benchmarking BGP Device Convergence in the Control Plane // RFC 4098. – IETF. - June 2005.
11. *Malkin G.* RIP Version 2 // RFC 2453. – IETF. – November 1998.
12. *Habib A., Khan M., Bhargava B.* Edge-to-Edge measurement-based distributed network monitoring // Computer Networks Journal. – 2004. – Vol. 44. – Issue 2. – P. 211–233.
13. *Ismail M. N., Syarmila S.* Network Management System Framework and Development // International Conference on Future Computer and Communication. – 2009. – P.450–454.
14. *Jia L., Zhu W., Zhai C., Du Y.* Research on an Integrated Network Management System // Eighth ACIS International Conference on Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking, and Parallel/Distributed Computing (SNPD 2007). – 2007. – Vol. 2. – P.311–316.