

МЕТОДОЦЕНИВАНИЯ СОСТОЯНИЯ СЕРВИСА В КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ ДЛЯ СИСТЕМ НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА

САЕНКО В.И., КОЛЕНЦЕВА Т.А.

Сеть рассматривается как динамическая система, основными функциональными объектами которой являются сервисы. Рассматриваются пути быстрого оценивания состояния сервисов на основе вычисления значений основных показателей качества. При этом предлагается рассматривать два варианта оценивания степени отклонения текущего состояя. Один вариант учитывает абсолютные изменения значений показателей, а другой – относительные значения по сравнению с некоторыми базовыми. Особенность такого оценивания анализируется в статье.

1. Введение

К настоящему времени вопросы оценивания качества функционирования компьютерной сети или ее сервисов изучены достаточно глубоко [7]. Однако большая часть работ ограничивается рассмотрением только методов оценивания показателей качества. Такой подход позволяет получить оценку текущего состоя-

ния сети, но не позволяет принять решение по изменению этого состояния. Интерес представляют методы, позволяющие выявить причины изменения качества функционирования сети и сформировать решение по изменению этого качества в соответствии с имеющимися критериями.

2. Описание проблемы и анализ известных результатов исследований

Вопросы оценки состояния сервисов достаточно актуальны в связи с необходимостью обеспечения заданного уровня обслуживания пользователей. В этом случае важной является возможность прогнозирования показателей состояния компьютерной сети и, как следствие, показателей состояния поддерживаемых сервисов. Методы прогнозирования могут быть основаны на различных методах линейной и нелинейной экстраполяции значений показателей качества, методах использования регрессии и нейронных сетей [2]. В ряде случаев оказывается эффективным использование различных методов визуализации [2].

В большинстве случаев в качестве таких оценок используют реальную пропускную способность [1]. Такие оценки очень важны для сервисов мультимедийных потоков. В большинстве случаев необходимо также учитывать критерии для потребителей информации [4].

При этом наиболее популярными являются методы DiffServ, обеспечивающие разделение ресурсов и разделение оценивания QoS [1]. Так как оценивание QoS необходимо осуществлять в реальном масштабе времени, возможны варианты быстрого старения такой информации [6]. В этом случае можно использовать различные варианты прогнозирования [6]. Другой подход к оцениванию QoS состоит в изменении логической архитектуры оцениваемой системы путем группирования или разделения на домены [5] контролируемых объектов или изменением логических точек контроля в соответствии с функциями передачи \ обработки данных [3].

По-прежнему актуальными остаются вопросы определения качества сервисов с учетом различных точек зрения и различных характеристик (информационных, технических, функциональных); оперативного расчета в реальном масштабе времени и простоты их интерпретации.

Например, в информационной системе общего доступа в web-системах происходят относительно частые изменения, используют также самовосстанавливающийся метод [9] для web-ориентированных структур и горизонтальные сетевые технологии [11,13], которые повышают качество распознавания характера сервиса для провайдера в целях выявления начала корреляции. Для обеспечения универсальной службы передачи данных для клиентов как сетей с коммутацией каналов, так и сетей с коммутацией пакетов был разработан MPLS, с помощью которого можно передавать самый различный трафик [8], и TrAM, или так называемая надежностная архитектура для мониторинга [15].

Для того чтоб удостовериться в том, что web-сервисы будут использоваться только в самых необходимых случаях и удовлетворять требованиям пользователей, был разработан WSQoSX [10], так называемая интегрированная система со встроенной QoS поддержкой. В других работах используют гибридную модель QoS [12], которая содержит действительные формулировки состояний.

Зачастую в процессе управления сетью в качестве модели управляемого объекта используются базы данных MIB. В [14] было предложено расширить базу данных до SM MIB, т.е. MIB с мониторингом.

Цель работы сводится к поиску метода оценивания состояния сервиса в компьютерной сети и путей выявления причин, приводящих к изменению (ухудшению) состояния сети.

Структура статьи. Постановка задачи описывает сеть как объект исследования. Затем рассматривается концепция оценивания качества сервиса. Далее идет краткое описание метода оценивания состояния компьютерной сети, описывается выбор весовых коэффициентов и формирование качественных оценок, нахождение и оценка трендов. Затем дается подробное описание метода оперативного оценивания комп-

лексного состояния сервиса как обобщение и систематизация предыдущих пунктов. После краткого анализа метода дается пример. В завершение формализуются основные научные и практические результаты.

Постановка задачи. Пусть состояние компьютерной сети определяется как состояние инфраструктуры, т.е. как состояние определенного набора ее сервисов $\{S_1, S_2, S_3, \dots, S_r\}$. Считаем, что для каждого рассматриваемого сервиса определены характеристики и способы их оценивания. Следовательно, в любой момент времени имеются некоторые временные ряды $\{f_i^j\}$, i - номер значения, j - номер ряда.

Задача сводится к формированию некоторых интегральных характеристик $\{\Phi_p(t_i)\}$, позволяющих количественно оценивать состояние инфраструктуры сети по значениям состояния сервисов. Для формирования таких оценок следует разработать соответствующий метод оценивания.

3. Описание концепции выбора переменных пространства состояния

В [7] было предложено определить состояние сервиса через аддитивную функцию, как взвешенную сумму относительных преобразованных значений показателей качества сервиса, т.е.

$$\Phi_0(t_i) = \alpha_1 \hat{q}_1 + \alpha_2 \hat{q}_2 + \alpha_3 \hat{q}_3 + \dots + \alpha_k \hat{q}_k, \quad (1)$$

где q_i – входные переменные для оценки состояния сервисов компьютерной сети; k – число переменных в оценке состояния сервисов компьютерной сети; t – временной интервал; α – весовые коэффициенты (по умолчанию $\alpha_i = 1/k$).

Этот подход удобен и удачен, так как увеличение значений любого q_i соответствует лучшему состоянию сервиса. Такое решение достигается только благодаря подготовительной операции – нормализации всех значений показателей q_i .

Под нормализацией понимается операция $T: \tilde{q}_i \rightarrow q_i$, где \tilde{q}_i – физическое значение, q_i – относительное:

$$\hat{q}_i = (q_i - q_{\min}) / (q_{\max} - q_{\min}), \quad (2)$$

q_{\min} – минимально допустимая величина входной переменной q ; q_{\max} – максимально допустимая величина входной переменной q .

Фактически нормализация соответствует переводу из пространства физических значений в нормированное пространство $\Omega = [0,1] \times [0,1] \times \dots \times [0,1]$ гиперкуба, где начало координат соответствует худшим значениям.

Более детальное изучение рассмотренного метода вскрыло необходимость его развития. Во-первых, могут быть использованы нелинейные показатели, тогда обычные нормализованные значения неприменимы. Во-вторых, значения $\Phi_0(t_i)$ могут оказаться

несостоятельны в случае, когда реализуется процедура непрерывного мониторинга и текущее значение $\Phi_0(t_i)$ сравнивается с предыдущим $\Phi_0(t_{i-1})$. Из-за аддитивности функции $\Phi_0(t_i)$ в случае, когда один из показателей уменьшится, а другой увеличится, результирующее значение $\Phi_0(t_i)$ может не измениться.

Решение двух указанных проблем предлагается достичь следующим путем.

Во-первых, для исключения нелинейных свойств показателя предлагается ввести процедуру линеаризации. Это достигается использованием преобразований логарифмирования (или \exp , или $1/x$). Во-вторых, для изменения обобщенного оценивания через $\Phi_0(t_i)$ предлагается ввести дополнительную оценку контроля отклонений.

Такая оценка основана на определении степени отклонения некоторой переменной от какого-то базового значения.

Для рассматриваемой задачи выбираем точку в пространстве Ω , соответствующую среднему (базовому состоянию системы):

$$a_m(q_{1m}, q_{2m}, \dots, q_{km}). \quad (3)$$

Тогда для любого текущего значения t_i можно задать $a_i = a(t_i)$ и $a_i = a_i(q_{1i}, q_{2i}, \dots, q_{ki})$. Отклонение будет определено, как $\text{dist}(a_i, a_m)$, где $\text{dist}(a_i, a_m)$ – расстояние определенное в соответствии с выбранной метрикой в пространстве Ω .

Для рассмотренного случая можно выбрать два вида метрики: евклидову $\rho_2 = \sqrt{(x_0 - x_i)^2 + (y_0 - y_i)^2}$ и $\rho_1 = |x_0 - x_i| + |y_0 - y_i|$.

Дополнительные исследования показали, что в нашем случае обе метрики дают практически одинаково качественный результат, поэтому воспользуемся ρ_2 .

Таким образом, предлагается для оценивания состояния сервиса использовать оценивающие функции $\Phi_0(t_i)$ и

$$\Phi_1(t_i) = \sqrt{(q_{1m} - q_{1i})^2 + (q_{2m} - q_{2i})^2 + (q_{3m} - q_{3i})^2}. \quad (4)$$

Использование $\Phi_0(t_i)$ показывает степень общего улучшения состояния сервиса, а $\Phi_1(t_i)$ показывает степень отклонения от базового состояния.

В итоге $(\Phi_0(t_i), \Phi_1(t_i))$ является состоятельной оценкой в проверке гипотезы, что в данный момент произошло изменение состояния сервиса, а значит и состояние сети в целом.

На основании сказанной концепции формируем следующие гипотезы:

H_0 : <текущее оцениваемое состояние>=< состояние изменилось >;

H_1 : < текущее оцениваемое состояние >=<состояние не изменилось>.

При действительном состоянии St : <текущее истинное состояние>=< состояние изменилось >.

На основании гипотез формируем метод.

4. Метод оперативного оценивания комплексного состояния сервисов компьютерной сети

1. Пусть имеется некоторая компьютерная сеть с различными типами информационных сервисов.

2. Выбираем один из информационных сервисов и задаем переменные q_i , которые его характеризуют.

3. Состояние сервиса в любой момент времени t_i будем рассматривать, как $a(t_i(q_1, q_2, q_3))$.

4. Задаем среднее значение состояния системы a_m .

5. Пусть заданы граничные значения q_{\max} и q_{\min} для интервала допустимых значений каждой измеряемой переменной.

6. Выполним необходимые преобразования нормализации и нормировки (2) по отношению к измеряемым переменным q_i .

7. Для вычисления выражения $\Phi_0(t_i)$ по формуле(1) задаем весовые коэффициенты b (по умолчанию $\alpha_i = 1/k$).

8. Рассмотрим изменившиеся значения переменных q_i в моменты времени $t_{i+1}, t_{i+2}, t_{i+3}, t_{i+4}$.

9. Осуществим переход к относительным единицам.

10.Для каждого момента времени $t_{i+1}, t_{i+2}, t_{i+3}, t_{i+4}$ вычисляется $\Phi_0(t_i)$ по формуле (1).

11.Вычисляем $\Phi_1(t_i)$ по формуле (4).

12.Проверка полученных результатов.

13.Принятие решений о необходимости изменения параметров компьютерной сети.

5. Анализ метода

Пусть в процессе мониторинга компьютерной сети производится оценивание состояния ее в соответствии со значением в $\Phi_0(t_i)$ (1), т.е. для любого текущего значения t_i имеем $\Phi_0(t_i)$. Тогда в момент t_{i+1} будем иметь $\Phi_0(t_{i+1})$. Допустим, для этих моментов времени выполняется условие $\Phi_0(t_{i+1}) = \Phi_0(t_i)$. Администратор мог бы принять решение на основании этого, что состояние системы не изменилось. Вспом-

ним, что $\Phi_0(t_i)$ рассчитывается на основании значения $\text{dist}(a_i, a_m)$, $\text{dist}(a_{i+1}, a_m)$, характеризующего норму в пространстве рассматриваемых переменных. Оказывается, в этой ситуации действительное состояние системы может значительно измениться, а показатели $\Phi_0(t_i)$ это не отметят. Рассмотрим, как отреагируют показатели $\Phi_0(t_i)$ и $\Phi_1(t_i)$ в различных ситуациях.

1. Пусть действительное состояние системы изменилось, но показатель $\Phi_0(t_i)$ остался неизменным. Это происходит, например, если расстояния $\text{dist}(a_i, a_m)$ и $\text{dist}(a_{i+1}, a_m)$ таковы, что компенсируют взаимное изменение. Но в этом случае неизбежно изменение $\text{dist}(a_i, a_{i+1})$ и тогда $\Phi_1(t_i)$ изменится. При этом ситуация выявится.

2. Пусть состояние системы изменилось, но неизменным остался показатель $\Phi_1(t_i)$. В такой ситуации расстояние $\text{dist}(a_i, a_{i+1})$ не меняется. Однако при этом расстояние $\text{dist}(a_i, a_m)$ изменяется. Данная ситуация выявится, поскольку $\Phi_0(t_i)$ станет другим.

3. Если же оба показателя $\Phi_0(t_i)$ и $\Phi_1(t_i)$ остались неизменными, то становится очевидным, что действительное состояние системы не изменилось.

Описанный метод обладает следующими характеристиками:

– хорошая интерпретируемость – возможно представление результатов работы метода в виде графика;

– оперативность расчета, нересурсоемкость – достигается малым числом анализируемых значений переменных;

– возможность задания порога – в данном методе учитываются минимально и максимально допустимые значения показателей качества.

6. Пример

1. Пусть имеется некоторая компьютерная сеть с различными типами информационных сервисов.

2. Рассмотрим потоковый видео-сервис. Сервис будем характеризовать следующими переменными:

q_1 – скорость передачи; q_2 – задержка; q_3 – потери.

3. Пусть в момент t_i состояние сервиса определяется как $a_i = a_i(q_{1i}, q_{2i}, q_{3i})$.

4. Пусть среднее значение состояния системы определяется как a_m при $q_1 = 300$ Kbps, $q_2 = 30$ ms, $q_3 = 0.1\%$.

5. Пусть заданы граничные значения для интервала допустимых значений измеряемых переменных: $q_{1\max} = 400$ Kbps, $q_{1\min} = 150$ Kbps;

$q_{2\max} = 50$ ms, $q_{2\min} = 10$ ms; $q_{3\max} = 0.3\%$, $q_{3\min} = 0.01\%$.

6. Для удобства работы со значениями переменной «потери» будем использовать логарифм этих значений (линеаризация) $\lg 0.1 = 1$, $\lg 0.2 = 0.7$.

Для переменной q_1 используем прямое преобразование, а для q_2 и q_3 – обратное.

7. При оценке качества передачи потоков наиболее значимыми являются скорость и задержка, а потери не так важны. Принимаем $\alpha_1 = 0.45$, $\alpha_2 = 0.45$, $\alpha_3 = 0.1$.

8. Пусть в моменты времени $t_{i+1}, t_{i+2}, t_{i+3}, t_{i+4}$ изменились некоторые значения переменных, характеризующих рассматриваемый сервис. Следовательно, состояние сервиса в пространстве состояний будет характеризоваться точками (таблица):

$$a_1(t_i(300, 30, 0.2)), a_2(t_i(200, 30, 0.1)), \\ a_3(t_i(400, 37, 0.1)), a_4(t_i(175, 10, 0.1)).$$

9. Осуществляем переход к относительным единицам, например,

$$a_m : \hat{q}_1 = (300 - 150)/(400 - 150) = 0.6, \quad \hat{q}_2 = 0.5, \\ \hat{q}_3 = 0.33.$$

Аналогично для a_1, a_2, a_3, a_4 (см. таблицу).

10. Для каждого момента времени $t_{i+1}, t_{i+2}, t_{i+3}, t_{i+4}$ вычисляется $\Phi_0(t_i)$ по формуле (1).

11. Далее вычисляется $\Phi_1(t_i)$ по формуле (4) (см. таблицу)

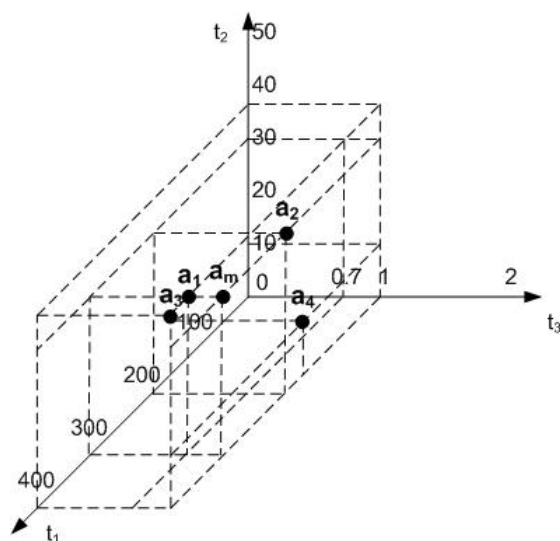
i	q_1	q_2	q_3	\hat{q}_1	\hat{q}_2	\hat{q}_3	$\alpha_1 \hat{q}_1$	$\alpha_2 \hat{q}_2$	$\alpha_3 \hat{q}_3$	$\Phi_0(t_i)$	$\Phi_1(t_i)$
m	300	30	0.1	0.6	0.5	0.32	0.27	0.23	0.03	0.53	-
1	300	30	0.2	0.6	0.5	0.12	0.27	0.23	0.01	0.51	0.2
2	200	30	0.1	0.2	0.5	0.32	0.09	0.23	0.03	0.35	0.4
3	400	37	0.1	1	0.3	0.32	0.45	0.15	0.03	0.63	0.44
4	175	10	0.1	0.1	1	0.32	0.05	0.45	0.03	0.53	0.71

Графическое представление результатов мониторинга приведено на рисунке. Это состояние сервиса в пространстве (q_1, q_2, q_3) .

Анализируя полученные значения, видим, что для точки a_3 значение показателя $\Phi_0(t_3)$ лучше, чем для точки a_m . Хотя значение переменной q_2 («задержка») стало хуже. Это произошло из-за компенсации со стороны скорости передачи: значение переменной возросло и, как результат, увеличилось значение $\Phi_0(t_3)$. В то же время значение $\Phi_1(t_3)$ свидетельствует о значительном отклонении от средней величины и приводит к необходимости анализа дополнительных причин изменения $\Phi_0(t_3)$.

Рассматривая состояния системы для момента времени t_4 (точка a_4), отмечаем, что $\Phi_0(t_4)$ не измени-

лось. В то же время значение $\Phi_1(t_4)$ свидетельствует о значительном отклонении от значения $\Phi_1(a_m)$. Таким образом, предложенный метод дополнительного оценивания по $\Phi_1(t_1)$ приводит к более точному мониторингу состояния системы.



Состояние сервиса в пространстве Ω

7. Выводы

Представлено решение в соответствии с концепцией выбора переменных пространства состояния. Пространство используется для решения задач мониторинга, а также задач по обеспечению устойчивости работы инфраструктуры в целом. В рамках концепции предложено оценивать состояние сервиса компьютерной сети. Разработан метод оперативного оценивания комплексного состояния сервисов компьютерной сети путем выявления изменений выбранных показателей и их дальнейшего анализа.

Научная новизна состоит в том, что получил дальнейшее развитие метод оперативного оценивания состояния сервисов компьютерной сети. Предложено вычислять оценки на основе степени отклонения некоторых переменных от заданных базовых значений.

Практическая значимость состоит в повышении управляемости сети и снижении расходов на её эксплуатацию за счет оперативного анализа изменения качества сервиса во времени, что позволяет своевременно вырабатывать соответствующие управляющие решения.

Сравнение с лучшими аналогами. Данную работу можно рассматривать как дальнейшее развитие идей, высказанных в [7]. Описанный метод предлагает обобщенный формальный аппарат для оперативного оценивания состояния компьютерной сети, рассматриваемой как состояние отдельных сервисов. Отличие заключается в том, что в данной работе было предложено выбрать две оценки для мониторинга компьютерной сети. Эти оценки являются состоятельными в проверке гипотезы, что в определенный мо-

мент времени произошло изменение состояния сервиса, а значит и состояния сети в целом. В [6] в процессе мониторинга и оценивания состояния компьютерной сети используется прогнозирование, а разработанный нами метод позволяет отталкиваться от уже существующих данных, т.е. он более устойчивый к погрешностям оценивания. Если же сравнивать работу с [10] и [14], то мы видим некоторые преимущества у последних. В [10] используется интегрированная система с уже встроенной в нее QoS поддержкой, в [14] также используется специально разработанная система MIB с мониторингом.

Направления дальнейших исследований. Дальнейшая работа будет направлена на разработку методов оперативного контроля комплексного состояния сервиса компьютерной сети.

Литература: 1. *Manish Mahajan and Manish Parashar.* Managing QoS for Multimedia Applications in the Differentiated Services Environment. // Journal of Network and Systems Management. Volume 11, Number 4 / December 2003. P. 469-498. 2. *Rafael del-Hoyo-Alonso, Pilar Fernández-de-Alarcyn, Juan-José Navamuel-Castillo, Nicolás J. Medrano-Marqués, Bonifacio Martindel-Brio, Julián Fernández-Navajas and David Abadna-Gallego.* Neural Networks for QoS Network Management. / Computational and Ambient Intelligence. Vol. 4507/2007. P. 887-894. 3. *Mauro Andreolini, Sara Casolari, Michele Colajanni.* A distributed architecture for gracefully degradable Web-based services. // Proc. of the Fifth IEEE International Symposium on Network Computing and Applications (NCA'06), July 2006. P. 235-238. 4. *Valarie A. Zeithaml, A. Parasuraman, Arvind Malhotra.* Service Quality Delivery Through Web Sites: A Critical Review of Extant Knowledge. // Journal of the Academy of Marketing Science. Volume 30, No. 4. 2002. P. 362-375. 5. *Michael Smirnov.* QoS ad hoc Internetworking: Dynamic Adaptation of Differentiated Services Boundaries. // Next Generation Networks. Networks and Services for the Information Society. Volume 1938/2000. P. 186-195. 6. *Gerardo Canfora, Massimiliano Di Penta, Raffaele Esposito, Maria Luisa Villani.* QoS-Aware Replanning of Composite Web Services // Proceedings of the IEEE International Conference on Web Services (ICWS'05), July 2005. Vol.1. P. 121 - 129. 7. *Саенко В.И., Голубев А.С.* Метод оценивания качества информационных сервисов в корпоративной сети // Вестник НТУ "ХПИ". Сборник научных трудов. Тематический выпуск «Системный анализ, управление и информационные технологии». Харьков: НТУ «ХПИ». 2007. №18. С. 124–132. 8. *Aimilios Chourmouziadis, Marinos Charalambides and George Pavlou.* On the Performance and Scalability of Web Services for Monitoring MPLS-based Networks // Journal of Network and Systems Management. Volume 17, Numbers 1-2. June 2009. P. 105-136. 9. *Yu Dai, Lei Yang, Bin Zhang.* QoS-driven self-healing web service composition based on performance prediction // Source Journal of Computer Science and Technology archive. Volume 24, Issue 2 (March 2009). P. 250-261. 10. *Rainer Berbner, Michael Spahn, Nicolas Repp, Oliver Heckmann and Ralf Steinmetz.* WSQoSX – A QoS Architecture for Web Service Workflows. // Service-Oriented Computing – ICSOC 2007. Lecture Notes in Computer Science, 2010, Volume 4749/2010. P. 623-624. 11. *Network and Service Monitoring.* Computer Science // Network-Centric Service-Oriented Enterprise 2007. P. 261-303. 12. *FangChun Yang, Sen Su and Zhen Li.* Hybrid QoS-aware semantic web service

composition strategies. // Science in China Series F: Information Sciences. Volume 51, Number 11, 2008. P.1822-1840. **13.** *Hua Zhu and Imrich Chlamtac.* QoS for Multimedia Services in Wireless Networks // Resource Management in Wireless Networking. Network Theory and Applications, 2005, Volume 16, Section I. P. 1-40. **14.** *Yong-Hoon Choi, Iksoon Hwang.* In-service QoS monitoring of real-time applications using SM MIB // International Journal of Network Management. Volume, Issue 1 (January 2005). P. 31 – 42. **15.** Mohammad Gias Uddin and Mohammad Zulkernine. A Trust Monitoring Architecture for Service-Based Software // High Assurance Services Computing, 2009. P.45-63.

Поступила в редколлегию 15.02.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Самойленко Н.И.

Саенко Владимир Иванович, канд. техн. наук, доцент, проф. каф. ИУС ХНУРЭ. Научные интересы: менеджмент компьютерных сетей. Увлечения и хобби: садоводство, видеосъемка. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 7021-415.

Коленцева Татьяна Александровна, аспирантка каф. ИУС ХНУРЭ. Научные интересы: менеджмент компьютерных сетей. Увлечения и хобби: web-дизайн. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 7021-415, e-mail: tatly.kolien@gmail.com