

629.735.051:004.7 (043.3)

!" # \$ % ! " ! % & ' ! (& (

1.

(Applied Program Interface - API).

2.

3.

API

(SLA, Service Level

Agreement)

(),

;

;

().

/ -

Windows и содержащий некий набор условий, на основании которых делается вывод о качестве транзакции. Профайл создается на основании результатов длительного тестирования на бездефектной сети или системе.

Показатели, добавляемые агентом в локальный файл или базу данных, объединяются с другими результатами анализа поведения системы в целом – информацию от *SNMP*-агентов, сетевых анализаторов, sniffеров и систем управления отображаются в единой временной шкале. При контроле функционирования сравнительно небольшого автономного сегмента сети даже по результатам поверхностного осмотра можно обнаружить, с каким измеренным параметром – загрузкой процессора на сервере или клиенте, скачками утилизации сети или другими факторами – связано неудовлетворительное время прохождения той или иной транзакции. Если проблема не столь очевидна, может потребоваться анализ множества разнородных данных, для чего необходим вероятностный (корреляционный и регрессионный) анализ.

Вообще корреляционный анализ – поверхностно-визуальный (сравнение поведения тех или иных узлов и поиск закономерностей), автоматизированный (вычисление коэффициентов корреляции и их анализ) или автоматический (вычисление коэффициентов корреляции и построение уравнений регрессии различных процессов функционирования сети) – центральная идея комплексной диагностики систем. И это естественно и разумно, поскольку сеть – сложная система, в состав которой входит множество компонентов: кабельная система, активное оборудование, сетевая операционная система и многое другое. Концепция сквозной диагностики сети предполагает умение эффективно оценить, как работают все компоненты сети с учетом их взаимосвязей. При этом вовсе не является необходимой вечная гонка за более мощным оборудованием,

при том, что значительная часть бед сети кроется вовсе не в исчерпании существующим своего лимита, а проблемами взаимодействия аппаратуры, неэффективного конфигурирования, неправильной организации сети и работы пользователей. И беда номер два – ограниченность применения только некоторых методик диагностики и мониторинга и игнорирование других. Здесь необходимы системный подход и методика сквозной диагностики – поэтапная диагностика сети и оптимальный инструментарий для использования на каждом этапе. Рассмотрим эти этапы.

1. На первом этапе производится диагностика кабельной системы сети с помощью кабельных сканеров. При этом выявляются ошибки физического уровня сети, которые программными средствами диагностики не обнаруживаются. Кабельное сканирование обязательно нужно проводить в первую очередь, так как для правильной интерпретации результатов дальнейшего тестирования мы должны быть уверены в том, что на физическом уровне в сети ошибки исключены.

2. На следующем этапе проводится диагностика рабочих станций сети путем стрессового тестирования сети в разных режимах с использованием одного из стандартных программных пакетов. В режиме калибровки с нагрузкой только на сеть можно достаточно легко выявить неоптимальные или просто дефектные драйверы и сетевые адаптеры на рабочих станциях. В режиме "Все станции" с нагрузкой только на сеть выявляются те дефекты станций, которые возникают в результате взаимного влияния станций друг на друга. Уже на этом этапе могут быть выявлены некоторые "узкие места" на сервере и в каналах связи.

3. На следующем этапе с помощью анализаторов серверов проводится диагностика каналов связи и серверов, выполняются мониторинг скоростных характеристик сети в выбранных трактах.

С использованием анализаторов протоколов проводится мониторинг характеристик сетевого трафика. При этом используется информация от *SNMP*-агентов на активном сетевом оборудовании, а также для мониторинга значений счетчиков сервера с использованием *SNMP*-агентов на серверах. Путем совместной обработки и анализа полученных в процессе тестирования скоростных характеристик, трендов характеристик сетевого трафика и счетчиков серверов можно выяснить причину неправильного функционирования того или иного канала связи или сервера.

4. После того, как установлено, что все остальные сетевые компоненты функционируют нормально, приступают к заключительному этапу сквозной диагностики сети – к диагностике прикладного сетевого программного обеспечения.

Таким образом, математической основой автоматизированной системы диагностики сети масштаба корпорации или другой крупной организации является аппарат корреляционного и регрессионного анализа. Помимо перечисленных задач настройки и конфигурирования сети, которые решаются методами корреляционного анализа, не менее важной задачей является обнаружение отказов оборудования. Внешние признаки отказа на первом этапе могут быть приняты за перегрузку сетевого узла или маршрута, поэтому корреляционный анализ процесса обмена данными играет важнейшую роль.

Указанный анализ статистических характеристик применительно к сети электросвязи позволяет определить такие принципиально важные для управления ситуации, как перегрузки в отдельных звеньях сети, выход их из строя, задержки в передаче общей информации, сигналов управления и т. д.

Кроме того, результаты анализа служат исходными данными для выбора

оптимального резервирования элементов и узлов компьютерной сети как разновидности сложной информационной системы (ИС).

Постановка задачи

Рассмотрим задачу оптимального резервирования оборудования в дискретной линейной системе, в которой узлы и элементы могут быть соединены как последовательно, так и параллельно. Используем ее в качестве простейшей модели сегмента сети. Предполагается, что рассматриваемый сегмент является практически независимым от других сегментов и связан с ними соответствующими линиями передачи.

Как известно (1, 2), при проектировании отказоустойчивых систем стремятся не только к достижению необходимой их надежности, но и к достижению этой надежности при минимальных затратах, т.е. к нахождению оптимального решения. В отказоустойчивых ИС существует ряд параметров $\bar{x} = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, от которых зависит надежность системы. Сюда относятся количество резервных элементов, устройств или подсистем, параметры систем контроля и диагностики, характеристики программного обеспечения и др. Часть из этих параметров являются целочисленными (например, количество резервных элементов).

Рассмотрим задачи оптимизации, связанные с определением числа резервных элементов системы с учетом ограничивающих факторов (затрат). Под затратами будем понимать массу, габариты, стоимость, потребление энергии или другие характеристики системы. Необходимо определить требуемое количество резервных элементов, обеспечивающих максимум значения показателя надежности системы при величине затрат, не превышающей заданную:

$$P(\mathbf{x}) \rightarrow \max, \quad (1)$$

$\mathbf{x} \in G$

где G - ограничения в виде множества допустимых значений, налагаемые на параметры x .

Для решения задач оптимального резервирования в отказоустойчивых информационных системах можно использовать методы неопределенных множителей Лагранжа (3) или динамического программирования (4). Метод неопределенных множителей Лагранжа дает приближенное решение задачи, так как он оперирует действительными числами, в то время как количество резервных элементов (подсистем) выражается как целое число. Округление результатов до целых чисел вызывает сдвиг экстремума в пространстве параметров, вследствие чего возникает погрешность решения.

Пусть ИС состоит из n подсистем (серверы, коммутационные устройства и др.) и каждая подсистема имеет m_i резервов. Вероятность безотказной работы i -й подсистемы ($i = \overline{1, n}$) обозначим через P_i . Тогда вероятность безотказной работы ИС выразится как

$$P = \prod_{i=1}^n (1 - (1 - P_i)^{m_i}), \quad (2)$$

Чтобы упростить выражение (2), допустим, что $P_i = 1 - q_i \rightarrow 1$, где q_i - вероятность отказа i -й подсистемы. Тогда вероятность отказа системы:

$$Q(\overline{\mathbf{m}}) \approx \sum_{i=1}^n q_i^{m_i}, \quad (3)$$

где $\mathbf{m} = \{m_1, m_2, \dots, m_n\}$ - вектор элементов, входящих в состав системы.

Функция массы, габаритов, потребляемого ресурса, стоимости системы и др. выражается в виде простой линейной зависимости:

$$C = C(\overline{\mathbf{m}}) = \sum_{i=1}^n c_i m_i, \quad (4)$$

где c_i - весовые коэффициенты массы, габаритов, потребляемого ресурса, стоимости i -й подсистемы.

Необходимо определить значения m_i , обеспечивающие $\min Q(\overline{\mathbf{m}})$ при

условии, что $C(\overline{\mathbf{m}}) \leq C_{\text{зад}}$, где $C_{\text{зад}}$ - заданное значение массы, габаритов, потребляемого ресурса, стоимости системы. В этом случае функция Лагранжа $F(\overline{\mathbf{m}})$ имеет следующий вид (5):

$$F(\overline{\mathbf{m}}) = Q(\overline{\mathbf{m}}) + \varepsilon (C_{\text{зад}} - C(\overline{\mathbf{m}})), \quad (5)$$

где ε - неопределенный множитель Лагранжа.

Необходимые условия экстремума функции $F(\overline{\mathbf{m}})$ выражаются системой уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\partial F(\overline{\mathbf{m}})}{\partial m_i} = 0; \\ C_{\text{зад}} = C(\overline{\mathbf{m}}). \end{cases}, \quad (6)$$

Совместное решение уравнений (6) позволяет определить n оптимальных значений m_i , которые могут получиться нецелочисленными. Поэтому необходимо производить округления этих значений до ближайших целых чисел. После этого часть целочисленных значений сразу же исключается, поскольку для них не выполняются накладываемые ограничения.

Функцию Лагранжа перепишем в виде:

$$F(\overline{\mathbf{m}}) = \sum_{i=1}^n q_i^{m_i} + \varepsilon \left(C_{\text{зад}} - \sum_{i=1}^n c_i m_i \right)$$

Подставив $F(\overline{\mathbf{m}})$ в первое уравнение системы (6), получим

$$\frac{\partial F(\overline{\mathbf{m}})}{\partial m_i} = q_i^{m_i} \ln q_i - \varepsilon c_i = 0,$$

$$\text{откуда } m_i = \frac{\ln \frac{\varepsilon c_i}{\ln q_i}}{\ln q_i} = \frac{\ln \varepsilon d_i}{\ln q_i}, \quad (7)$$

где $d_i = \frac{c_i}{\ln q_i}$, (8)

Для определения множителя Лагранжа ε подставим m_i из выражения (7) в уравнение (6):

$$C_{\text{с\ddot{a}ä}} = \sum_{i=1}^n c_i m_i = \sum_{i=1}^n c_i \frac{\ln \varepsilon d_i}{\ln q_i} = \sum_{i=1}^n d_i \ln q_i \frac{\ln \varepsilon d_i}{\ln q_i} = \sum_{i=1}^n d_i (\ln \varepsilon + \ln d_i) = \ln \varepsilon \sum_{i=1}^n d_i (1 + \ln d_i) = \ln \varepsilon \sum_{i=1}^n d_i + \sum_{i=1}^n d_i \ln d_i$$

Подставляя последнее выражение в (7), окончательно получим:

$$\ln \varepsilon = \frac{C_{\text{с\ddot{a}ä}} - \sum_{i=1}^n d_i \ln d_i}{\sum_{i=1}^n d_i}$$

$$m_i = \frac{1}{\ln q_i} \left[\frac{C_{\text{с\ddot{a}ä}} - \sum_{i=1}^n d_i \ln d_i}{\sum_{i=1}^n d_i} + \ln d_i \right], \quad (9)$$

Выражение (9) является приближенным из-за необходимости

округления результата. Ошибка получается особенно большой при малых m_i . Кроме того, аналитический метод позволяет получать решения в явном виде только при простейших моделях надежности.

Численные результаты

Рассмотрим в качестве примера сетевой сегмент с четырьмя сетевыми узлами (подсистемами): сервером, маршрутизатором и двумя коммутаторами. Топология сети – звезда, в вершине которой расположен сервер. Подсистемы характеризуются стоимостями C_i и вероятностями отказа за заданное время q_i (Таблица 1):

Таблица 1. Вероятности отказа за заданное время.

	Сервер	Маршрутизатор	Коммутатор	Коммутатор
Номер, i	1	2	3	4
Условная стоимость, c_i	20	3	1	1
Вероятность отказа q_i	0,03	0,01	0,003	0,003

Необходимо построить систему с оптимальным вектором элементов $\mathbf{m} = \{m_1, m_2, m_3, m_4\}$, входящих в ее состав. Вероятность безотказной работы (например, в течение рабочей недели или 120 ч.) $P \geq 0,99$ при стоимости не выше

заданной: $C(\bar{\mathbf{m}}) \leq C_{\text{с\ddot{a}ä}}$, $C_{\text{с\ddot{a}ä}} = 50$ относительных единиц.

Первоначальное состояние системы (без резервирования) описывается вектором состояния $\mathbf{m} = \{1, 1, 1, 1\}$. При этом:

$$C = \sum_{i=1}^4 c_i m_i = 20 + 3 + 1 + 1 = 25,$$

$$Q_{\text{вб}} = \sum_{i=1}^4 q_i^{m_i} = 0,03 + 0,01 + 0,003 + 0,003 = 0,046,$$

откуда $P_{\text{исх}} = 1 - Q_{\text{исх}} = 0,954$. По формулам (8) и (9) определяем оптимальное количество резервирующих элементов для каждого сетевого узла. После несложных арифметических вычислений (которые опущены для экономии места) получаем окончательный результат:

$$m_1 = 1,78; \quad m_2 = 1,53; \quad m_3 = m_4 = 0,41; \\ d_1 = -16,6; \quad d_2 = -1,0; \quad d_3 = d_4 = -0,28$$

$$Q_{\text{дв}} = \sum_{i=1}^4 q_{\text{дв}}^{m_i} = 0,0009 + 0,0001 + 0,003 + 0,003 = 0,007,$$

$$P_{\text{рез}} = 1 - Q_{\text{рез}} = 0,993.$$

При этом общая стоимость:

$$C_{\text{ред}} = 20 \times 2 + 3 \times 2 + 1 + 1 = 48 \text{ отн. ед.},$$

т.е. $C_{\text{ред}} < C_{\text{св}}$.

Отметим, что для реальных систем с более сложной структурой и топологией решение в явном виде можно получить только численными методами: прямого перебора или динамического программирования с введением доминирующей последовательности – дерева вариантов с отсечением наименее перспективных. Эту задачу планируется рассмотреть в дальнейших исследованиях.

Список литературы

1. Ушаков И.А. Вероятностные модели надежности информационно-вычислительных систем. – М.: Радио и связь, 1991. – 132 с.

Округляя результат до ближайшего большего целого числа, получим окончательно

$m_1 \approx 2; \quad m_2 \approx 2; \quad m_3 = m_4 = 1$, т.е. нужно резервировать сервер и маршрутизатор.

Тогда

2. Гадасин В.А., Ушаков И.А. Надежность сложных информационно-управляющих систем. – М.: Сов. радио, 1975. – 192 с.

3. Цлаф Л.Я. Вариационное исчисление и интегральные уравнения (справочное руководство). – М.: Наука, 1966. – 176 с.

4. Сейдж Э.П., Уайт Ч.С., III. Оптимальное управление системами.: Пер. с англ. под ред. проф. Б.Р. Левина. – М.: Радио и связь, 1982. – 392 с.

5. Янг Л. Лекции по вариационному исчислению и оптимальному управлению.: Пер. с англ. под ред. В.М. Алексеева. – М.: Мир, 1974. – 488 с.