

ОРГАНИЗАЦИЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ОТКАЗОВ МАРШРУТИЗАТОРОВ ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ МОНИТОРИНГЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ

Алексеев Д.И., Гриценко А.И.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Email: alegris@inbox.ru, dimitry.alexeyev@gmail.com

The method of detection of routers denial with the help of network logical trees construction in network of arbitrary topology is considered. This method is applied for continues network monitoring and it's based on solving of logical equations of router conditions.

Существующие на сегодняшний день многосегментные корпоративные компьютерные сети требуют реализации процедур постоянного мониторинга для обеспечения функциональной поддержки основных ресурсов и сервисов и обеспечения стабильности показателей QoS. К сожалению, технологии постоянного мониторинга оказывают большую нагрузку на сеть и снижают эффективность ее использования. Актуальной является задача реализации процедур экономного мониторинга, общая цель которого – сбор пакетов в различных точках сети и получение информации для раскрытия пути любого пакета.

Один из путей реализации экономного мониторинга основывается на сокращении количества моментов измерений. Однако для получения лучшего экономического эффекта также следует кроме оптимизации процесса мониторинга идти путем разработки для него более эффективной архитектуры. В связи с этим возникает проблема синтеза архитектуры процесса мониторинга и формирования соответствующих эффективных методов диагностики [1].

Существующие на сегодняшний день технологии мониторинга (наиболее удачная технология, представленная в [2], основывается на реализации процедур выборочного тестирования маршрутизаторов), к сожалению, позволяют осуществлять только общую диагностику состояния узлов или предъявляют слишком высокие требования к пропускной способности сети или к хранилищам данных, собранных в процессе мониторинга.

Исходя из вышесказанного, предлагается разработка путей реализации экономически эффективного непрерывного мониторинга при выявлении отказов передачи данных в корпоративной компьютерной сети.

Постановка задачи и описание объекта исследования

Пусть существует некоторая многосегментная корпоративная компьютерная сеть. В сети существует единая политика, разрешающая использование специальных агентов и технологий для тестирования маршрутизаторов и рабочих станций. В такую сеть входят рабочие станции, серверы, внутрисегментные маршрутизаторы и внешние относительно сегментов маршрутизаторы.

Согласно [2], представим компьютерную сеть в виде древовидного графа, узлами которого являются корневые маршрутизаторы – маршрутизаторы, образующие магистраль $\{C_1, C_2, \dots, C_5\}$, а вершинами (листьями) граничные маршрутизаторы – маршрутизаторы, находящиеся на границе локальных сетей $\{E_1, E_2, \dots, E_7\}$. Пусть $\{R_j\}$ – множество всех маршрутизаторов, тогда $\{C_1, C_2, \dots, C_5\} \subset \{R_j\}$, $\{E_1, E_2, \dots, E_7\} \subset \{R_j\}$ и $\{C_1, C_2, \dots, C_5\} \cup \{E_1, E_2, \dots, E_7\} = \{R_j\}$. Введем множество $\{Q^-\}$ – сбойные маршрутизаторы. В случае стабильно работающей сети имеем $\{Q^-\} = \emptyset$

Постановка задачи сводится к разработке методов непрерывного мониторинга компьютерной сети для выявления отказов связей (сегментов) и маршрутизаторов в компьютерной сети.

Методологические основы проведения мониторинга при выявлении отказов маршрутизаторов

Предлагается метод мониторинга, который слабо нагружает магистральные маршрутизаторы, поскольку не использует их для проведения измерений.

В предлагаемом методе все граничные маршрутизаторы исследуют своих соседей в направлениях по часовой стрелке и против часовой стрелки.

В процессе инициализации формируется логическое дерево сети с использованием всех граничных маршрутизаторов. После этого запускается процесс сбора и измерения данных, которые могут характеризовать существующие связи между маршрутизаторами. В результате процесса сбора данных о потерях и задержках в сети, не подсчитывается процент потерь для каждого индивидуального соединения, вместо этого определяются соединения, которые находятся в состоянии перегрузки, т.е. имеют большой процент потерь пакетов.

Для минимизации нагрузки на сеть, измерения состояния маршрутизаторов проводятся через строго фиксированные интервалы времени Δt_0 с пропущенными плановыми измерениями. Будем различать следующие последовательности значений наблюдаемого процесса: $x[i]$ – истинные значения, $x'[i]$ – накапливаемые значения, $\tilde{x}[i]$ – измеряемые значения, $\hat{x}[i]$ – оцениваемые значения. Момент времени каждого измерения рассчитывается следующим образом: формируется опорная выборка $\tilde{x}[i]$, $i = \overline{1, k}$, состоящая из измеренных значений наблюдаемого процесса, осуществляется выбор интервала прогнозирования Δt_p с помощью процедуры экстраполяции полученных измерений. На заключительном этапе применяется метод коррекции накопленных данных, основанный на методах интерполяции измеренных значений.

После процедуры сбора данных о потерях и задержках производится тестирование полученного дерева компьютерной сети с целью получения реальных значений для анализа существующей архитектуры. В этот момент определяется проблемный участок сети, ограниченный парой маршрутизаторов.

После определения проблемного участка компьютерной сети производится уточнение проблемного узла (маршрутизатора). Для уточнения используются рабочие станции, находящиеся по разные стороны маршрутизаторов проблемного участка. Важным условием является то, что рабочие станции исправны, т.е. функционируют без сбоев.

На основании рассмотренных выше решений можно сформулировать метод непрерывного мониторинга при обнаружении отказов маршрутизаторов.

1. Формируем логическое дерево сети τ , выбираем граничные $\{R\}$ и корневые маршрутизаторы $\{C\}$, логические каналы (пути) $\{P\}$.

2. По истечении некоторого времени запускаем процедуру сбора данных о состоянии маршрутизаторов, основанную на экономном методе активного мониторинга. Осуществляется выбор интервала прогнозирования Δt_p . Для этого формируется опорная выборка значений $\tilde{x}[i]$, $i = \overline{1, k}$.

3. Принимаем решение о выборе интервала прогнозирования Δt_p на основании процедуры экстраполяции накопленных данных, экстраполируемое значение рассчитывается с помощью модели метода линейной регрессии [3]

$$\hat{x}[i] = a_0 + a_1 t[i],$$

где $\hat{x}[i]$ – экстраполируемое значение, a_0, a_1 – коэффициенты модели.

4. Оцениваем адекватность экстраполяции на основании опорной выборки $\{\bar{x}[i]\}$, $i = \overline{1, k}$ с помощью вычисления ошибки прогнозирования по формуле

$$e[k] = |x'[k] - \hat{x}[k]|$$

Для накапливаемых значений $x'[i]$, $i > k$ используются либо измеренные значения ($\bar{x}[i]$), либо прогнозированные ($\hat{x}[i]$).

Осуществляем коррекцию накопленных данных. На множестве накопленных значений $x'[i]$, $i = \overline{1, n}$ интерполируются значения с помощью метода линейной интерполяции. В результирующей выборке экстраполированные значения заменяются уточнёнными.

5. В соответствии с заданными путями определяем соответствующие логические переменные $P_{i,j}$, которые представляют собой результат проверки состояния пути между граничными маршрутизаторами от i к j . Они равны 1, если связь перегружена и равны 0 при нормальном состоянии связи. Также $P_{i,j} = 0$, если $i = j$. С другой стороны $X_{i,k}$ – булева переменная, представляющая собой состояние перегрузки для связи (i,k) , назовем ее переменной перегрузки. Уравнения пути для h корневых маршрутизаторов будут иметь вид

$$P_{i,j} = X_{i,k} + \sum_{n=k}^{n=h-1} X_{n,n+1} + X_{h,j}$$

6. Формируем системы уравнений для каждого раунда по часовой стрелке (прямого) и против часовой стрелки (обратного).

7. Решаем полученные системы уравнений и выявляем сбойные сегменты $\{Q^-\}$.

8. Выявляем маршрутизаторы претенденты в список отказавших $R_i \in Q^-$.

9. Для каждого выбранного маршрутизатора $R_i \in Q^-$ формируем логическое дерево τ_h , состоящее из пары рабочих станций и маршрутизатора (Рис. 1а). Формируем уравнения для путей

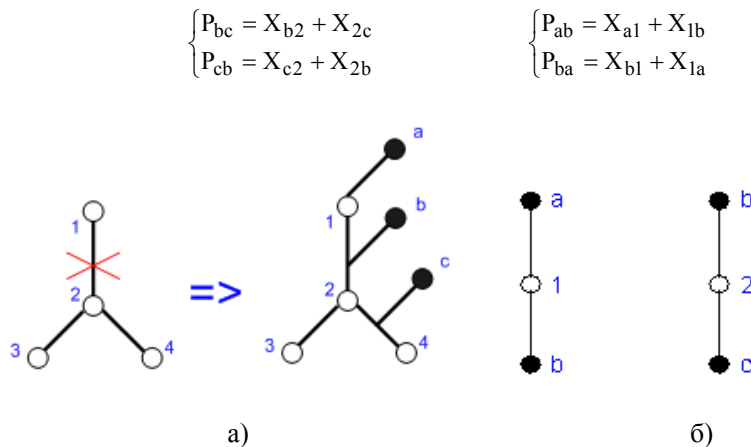


Рисунок 1 – выделение в сегменте маршрутизатора и пары рабочих станций (а), и представление выделенных маршрутизаторов в виде отдельных деревьев (б)

10. Принимаем допущение, что рабочие станции работают нормально, то есть

$$q_{a1} = q_{1a} = q_{1b} = q_{b1} = q_{2b} = q_{2c} = q_{c2} = 0$$

11. Проводим тестирование для логических деревьев, состоящих из рабочих станций и маршрутизатора (рис. 1б).

12. Формируем логические уравнения $X_{pr} = s_{pr} + q_{pr}$, где q_{pr} – состояние станции в направлении (p,r), s_{pr} – состояние маршрутизатора в направлении (p,r), решаем их и определяем отказавшие сегменты $\{(a,b)\}$.

$$\begin{cases} X_{a1} = q_{a1} + s_{a1} \\ X_{1b} = q_{1b} + s_{1b} \\ X_{c2} = q_{c2} + s_{c2} \\ X_{2b} = q_{2b} + s_{2b} \end{cases} \quad \begin{cases} X_{b1} = q_{b1} + s_{b1} \\ X_{1a} = q_{1a} + s_{1a} \\ X_{b2} = q_{b2} + s_{b2} \\ X_{2c} = q_{2c} + s_{2c} \end{cases}$$

13. На основании полученных решений выявляем отказавшие маршрутизаторы $\{R_i\}$.

При наличии в сегменте отказавшего маршрутизатора одно из состояний пути X_{ij} будет иметь значение 1, тогда при принятом допущении о работоспособности рабочих станций ($q_{ij} = 0$) одна из переменных s_{ij} , обозначающих состояние маршрутизатора, примет значение 1. Соответственно этот маршрутизатор и является отказавшим для данного направления.

Выводы

В настоящей работе предложен метод, позволяющий осуществлять непрерывный мониторинг сети при выявлении отказов маршрутизаторов. Результаты являются развитием методов, представленных в [4] и [5].

Разработанный метод по сравнению с методом, предложенным в [2], позволяет выявлять не только отказавшие сегменты, но и отказавшие узлы. Кроме того, использование выбора моментов измерений для непрерывного мониторинга снижает информационные затраты процесса, что эквивалентно снижению стоимости мониторинга. В отличие от существующих методов, предложенный метод является более экономным с точки зрения затрат на полосу пропускания.

Литература

1. Y. Breitbart, C. Y. Chan, M. Garofalakis, R. Rastogi, and A. Silberschatz. Efficiently monitoring bandwidth and latency in IP networks. In Proc. IEEE INFOCOM, Anchorage, pages 72-76, AK, Apr. 2001.
2. A. Habib, M. Khan, and Bharat Bhargava. Edge-to-Edge measurement-based distributed network monitoring. Computer Networks Journal, Vol. 44, Issue 2, Pages 211-233, Feb 2004.
3. Draper, N.R. and Smith, H. Applied Regression Analysis Wiley Series in Probability and Statistics, 1998
4. Саенко В.И., Алексеев Д.И. Метод обнаружения отказов маршрутизаторов в компьютерных сетях. Радиоэлектроника и информатика, 2007, № 3, с. 73-78
5. Саенко В.И., Гриценко А.И. Метод выбора моментов измерений для процессов непрерывного мониторинга. Радиоэлектроника и информатика, 2007, № 4