

## СТРУКТУРНАЯ ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ

---

Усовершенствован структурный метод поиска явных адресуемых неисправностей компьютерной сети, который отличается от известных сочетанием структур данных условного и безусловного методов поиска дефектов.

**Ключевые слова:** диагностика, компьютерная сеть, поиск дефектов, модель, граф.

### ВВЕДЕНИЕ

Широкое использование локальных и глобальных компьютерных сетей приводит к росту требований к надежности, отказоустойчивости и производительности локальных вычислительных сетей (ЛВС). Высокая производительность сети обеспечивается, в первую очередь, отсутствием явных и скрытых узких мест и дефектов, приводящих как к замедлению

сти локальных вычислительных сетей (ЛВС). Высокая производительность сети обеспечивается, в первую очередь, отсутствием явных и скрытых узких мест и дефектов, приводящих как к замедлению

скорости работы в сети, так и к недостижимости отдельных элементов сети и выходу из строя коммуникационных компонентов. При этом существенным является время, затрачиваемое на восстановление работоспособности ЛВС [1]. Решение задач диагностирования ЛВС представляет собой сложную задачу. Это связано с тем, что сетевые неисправности делятся на различные типы, для поиска каждого из которых необходимо использовать различные методы и виды диагностического оборудования. Поиск и устранение неисправностей программного обеспечения (ПО), как правило, не входит в задачу диагностирования ЛВС, и отсюда возникает дополнительная проблема отделения неисправностей прикладного ПО от неисправностей сети, для определения которых разрабатывается соответствующий метод. Кроме этого, поиск неисправностей даже одного типа усложняется отсутствием единого формализованного подхода, общего алгоритма действий администратора-диагноста. В практике диагностирования ЛВС используются различные способы представления ЛВС как объекта диагностирования (ОД), каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки, но не является единым. Отсутствие формализованного метода определения области подозреваемых неисправностей приводит к высоким временным затратам на проведение диагностического эксперимента и, следовательно, на поиск неисправности. Также в настоящий момент времени отсутствует единая формализованная методология, позволяющая локализовать любой из видов неисправностей. Это приводит к необходимости наличия у диагноста достаточно высокого уровня опыта и знаний в области сетевых технологий для обеспечения корректности постановки диагностического эксперимента. Указанные проблемы обуславливают высокие временные затраты на поиск неисправности, а также сужают диапазон субъектов, обеспечивающих корректное решение задачи поиска неисправности, что приводит к высокой трудоемкости и сложности решения задачи диагностирования ЛВС.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В процессе эксплуатации компьютерных сетей целесообразно иметь диагностическую систему, с использованием которой можно восстановить работоспособность ЛВС за возможно меньший промежуток времени. В этом случае стремятся уменьшить MTTR (Mean Time To Repair) – среднее время восстановления работоспособного состояния объекта после отказа  $T_v$ .

Если для конкретной ЛВС имеем определенное MTTF (Mean operating Time To Failure) – среднюю на-

работку до первого отказа  $T_{cp}$ , то коэффициент  $K = T_{cp}/T_{cp} + T_v$  характеризует функционирование ЛВС при наличии отказа и необходимости восстановления работоспособного состояния компьютерной сети. Если коэффициент  $K$  приближенно равен 1, то это означает, что время  $T_v$  пренебрежимо мало по сравнению с  $T_{cp}$ .

Таким образом, актуальной задачей является разработка методов поиска неисправностей в ЛВС и их сегментах, которые обеспечат снижение трудоемкости, сокращение временных затрат на поиск неисправности в ЛВС, а также повышение эффективности диагноза за счет обеспечения требуемой глубины поиска неисправности.

### ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ

Представим структуру ЛВС в виде ориентированного графа  $G = (V, E)$ , с числом узлов  $0, 1, 2, \dots, V$  и с числом дуг-связей между ними  $1, 2, \dots, E$  [2]. Считаем, что структура ЛВС имеет в своем составе узел-источник тестов, которым может быть заведомо исправный конечный узел (обычно сервер). Данный узел генерирует входные тестовые воздействия, принимает и анализирует выходные реакции на тесты, а также задает ориентированность графа. Обозначим узел – источник тестов в графовой модели структуры узлом с единичным номером  $V_1$ . Назовем данный узел базовым узлом структуры. Для обеспечения процесса диагностирования базовый узел должен иметь достижимость к каждому узлу графа, что обеспечивается свойством явной и промежуточной адресуемости любого сетевого компонента и использованием адресного теста. Более того, так как базовый узел представлен заведомо исправным конечным узлом, то нет необходимости включать его в матрицу достижимостей, целью построения которой является определение одиночной неисправности (ОН).

Сигналы – реакции на адресные тесты снимаются с выходных контрольных точек, которые будем называть пассивными. При этом должна обеспечиваться контрдостижимость к любому узлу графа от пассивных контрольных точек для обеспечения получения реакции на тест базовым узлом. Выполнение данного условия для модели ЛВС как ОД обеспечивается отсутствием в сети нескольких маршрутов от определенного узла-источника к узлу-приемнику, исходя из определения ЛВС.

Понятия достижимости и контрдостижимости обычно иллюстрируются с использованием матриц или соответствующих им множеств [3]. Матрица дос-

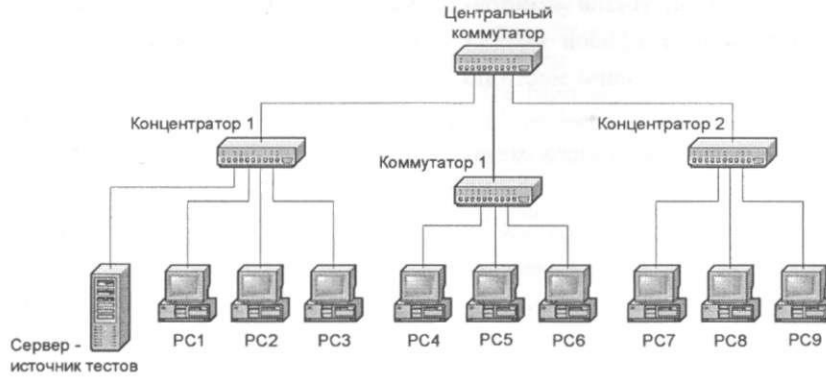


Рис. 1. Фрагмент ЛВС с сервером – источником тестов

тижимостей  $M = [m_{ij}]$  описывает возможные пути от узла  $V_i$  к узлу  $V_j$ . При этом элемент матрицы равен:

$$m_{ij} = \begin{cases} 1 \rightarrow \exists V_i V_j; \\ 0 \rightarrow \bar{\exists} V_i V_j, \end{cases} \quad (1)$$

где  $V_i V_j$  – путь от узла-источника тестов  $V_i$  к узлу-приемнику  $V_j$ .

Множество узлов  $B(V_i)$  графа  $G$ , достижимых из заданного узла  $V_i$ , состоит из таких элементов  $V_j$ , для которых  $L_{ij}$ -й элемент в матрице достижимостей равен 1. Очевидно, что все диагональные элементы в матрице  $B$  равны 1, так как каждый узел достижим из себя самого с помощью пути длиной 0. Пусть  $T_1(V_i)$  является множеством узлов  $V_j$ , которые достижимы из  $V_i$  путями длиной 1;  $T_2(V_i)$  – множество узлов, достижимых из  $V_i$  с использованием путей длиной 2. Аналогично  $T^k(V_i)$  является множеством узлов, достижимых из  $V_i$  путями длиной  $K$ . Все множество узлов, достижимых из  $V_i$ , можно представить в следующем виде:

$$B(V_i) = \{V_i\} \cup \{T^1(V_i)\} \cup \{T^2(V_i)\} \cup \dots \cup \{T^k(V_i)\}. \quad (2)$$

Аналогично определим матрицу контрдостижимостей  $Q(V_i) = [q_{ij}]$ , элемент которой равен:

$$q_{ij} = \begin{cases} 1 \rightarrow \exists V_i V_j; \\ 0 \rightarrow \bar{\exists} V_i V_j. \end{cases} \quad (3)$$

Контрдостижимым множеством  $Q(V_i)$  графа  $G$  является такое множество узлов, что из его любого узла может быть достигнут узел  $V_i$ .

Построение матрицы достижимостей предваряется выполнением процедуры индексирования ориентированного графа, представляющего здесь структурную модель ЛВС как ОД.

1. Присвоение номера 1 источнику тестов.

2. Индексация промежуточных систем (Intermediate Systems).

3. Индексация конечных систем (End Systems).

Ниже представлен фрагмент ЛВС (рис. 1), для которой будет построена модель в виде индексированного ориентированного графа (рис. 2). Применение структурного метода к предложенной модели ЛВС обуславливается выполнением следующих условий [1]:

- ориентированность графа модели сети, обеспечивающаяся, как было сказано ранее, наличием адреса-источника и адреса-приемника у любого тестового воздействия;

- однонаправленность графа модели сети, обеспечивающаяся за счет наложения ограничения на двунаправленный диагностический сетевой трафик (от центрального диагностического узла поступает запрос на остальные узлы сети об их состоянии, на который каждый из узлов шлет требуемую информацию). Согласно указанному ограничению, будет считаться, что реакция на тест будет получена источником тестов по умолчанию (недоступность диагностируемого узла ввиду его неисправности также считается реакцией на запрос, так как источник тестов получит соответствующее уведомление) и будет доставлена к источнику тестов по маршруту тестового воздействия, что обеспечивается определением ЛВС.

Таким образом, каждому направленному маршруту «источник тестов – приемник тестов» ставится

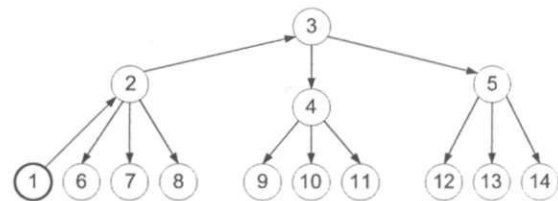


Рис. 2. Графовая структурная модель фрагмента ЛВС

в соответствие маршрут «приемник тестов – источник тестов», не обозначенный на графовой модели ЛВС, но подразумевающийся как имеющий место по умолчанию (рис. 2).

Матрица достижимостей для структурного метода поиска неисправностей строится по полученной графовой модели ЛВС с учетом всех наложенных на нее ограничений, а также в соответствии с определением матрицы достижимостей, приведенным выше.

Ниже представлена матрица достижимостей  $M_j$ , построенная для графовой модели фрагмента ЛВС (рис. 2), и соответствующий вектор элементарных проверок  $R_i$ , состоящий из вершин – конечных узлов рассматриваемой сети:

$$M_j = \begin{array}{c|cccccccccccccc} & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 & 13 & 14 \\ \hline 2 & 1 & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . \\ 3 & 1 & 1 & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . \\ 4 & 1 & 1 & 1 & . & . & . & . & . & . & . & . & . & . \\ 5 & 1 & 1 & . & 1 & . & . & . & . & . & . & . & . & . \\ 6 & 1 & . & . & . & 1 & . & . & . & . & . & . & . & . \\ 7 & 1 & . & . & . & . & 1 & . & . & . & . & . & . & . \\ 8 & 1 & . & . & . & . & . & 1 & . & . & . & . & . & . \\ 9 & 1 & 1 & 1 & . & . & . & . & 1 & . & . & . & . & . \\ 10 & 1 & 1 & 1 & . & . & . & . & . & 1 & . & . & . & . \\ 11 & 1 & 1 & 1 & . & . & . & . & . & . & 1 & . & . & . \\ 12 & 1 & 1 & . & 1 & . & . & . & . & . & . & 1 & . & . \\ 13 & 1 & 1 & . & 1 & . & . & . & . & . & . & . & 1 & . \\ 14 & 1 & 1 & . & 1 & . & . & . & . & . & . & . & . & 1 \end{array}$$

$$R_i = \begin{array}{c} R_6 \\ R_7 \\ R_8 \\ R_9 \\ R_{10} \\ R_{11} \\ R_{12} \\ R_{13} \\ R_{14} \end{array}$$

Исходя из определения ЛВС как ОД, графовая модель сети может быть представлена в расширенном виде, где каждая вершина, представляющая конечный узел сети, рассматривается как совокупность компонентов конечного узла, каждый из которых может быть носителем явной адресуемой неисправности. Таким образом, рабочая станция сегмента ЛВС 10BaseT может быть представлена расширенной вершиной  $PC_i = (ПК_i, СА_i, K_i, П_i)$ , где  $ПК_i$  – рабочая станция,  $СА_i$  – сетевой адаптер,  $K_i$  – кабельный сег-

мент от рабочей станции к коммутирующему устройству,  $П_i$  – порт концентратора/коммутатора.

Каждый из указанных компонентов будет рассматриваться при построении матрицы достижимостей и определении области подозреваемых неисправностей.

### ДИАГНОСТИРОВАНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ В ЛВС

В случае предположения о наличии в сети единичной неисправности для ее нахождения применяется методика на основе формулы (4), которая обычно используется для анализа многовыходовых схем при структурном методе поиска дефектов [1]:

$$D = \bigcap M_j^{R_i=1} \setminus \bigcup M_j^{R_i=0}, \quad (4)$$

где  $M_j$  – строка матрицы достижимости.

Затем для полученной области применяются традиционные деревья с равной ценой элементарной проверки. Если  $OH D = \emptyset$ , то в модели предполагается наличие кратной неисправности. В случае возникновения кратной неисправности в сети (например, данная ситуация естественна в шинной топологии), применяется формула (5):

$$D = \bigcup M_j^{R_i=1} \setminus \bigcup M_j^{R_i=0}. \quad (5)$$

### ВЫВОДЫ

Структурная диагностическая модель компьютерной сети, предложенная в статье, позволила реализовать структурный метод поиска явных адресуемых неисправностей в сегменте ЛВС, что является новым подходом к решению задачи определения ОН явно адресуемого типа. Данный метод представляет собой сочетание структур данных условного и безусловного методов поиска дефектов, опирается на свойство явной и промежуточной адресуемости сетевого компонента и использует адресный тест для определения состояния сетевого компонента как вид теста. При этом обеспечивается элементарная проверка с наименьшими аппаратными затратами за заданное время.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондаренко М. Ф. Проектирование и диагностика компьютерных систем и сетей / М. Ф. Бондаренко, Г. Ф. Кривуля, В. Г. Рябцев, С. А. Фрадков, В. И. Хаханов. – Харьков : ХНУРЭ, 2000. – 306 с.
2. Кривуля Г. Ф. Компьютерная диагностика сложных систем / Г. Ф. Кривуля // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 1996. – № 3, 4. – С. 24–29.
3. Кристофидес Н. Теория графов / Н. Кристофидес. – М. : Мир, 1978. – 432 с.