

СИСТЕМОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К СИНТЕЗУ CLOUD-СИСТЕМ

В работе предложен системологический подход к синтезу транспортного уровня cloud-систем, как многоуровневых систем обработки данных, предусматривающий два этапа анализа: морфологический – на уровне структурных компонент и системы управления и функциональный анализ параметров эффективности. Предложены нетрадиционные методы структурного синтеза и оценки параметров эффективности транспортного уровня cloud-систем. Проанализированы полученные результаты, которые могут быть использованы разработчиками распределенных систем обработки данных.

In this paper systemological approach of transport layer synthesis of cloud-systems as the multilevel data processing systems was suggested. Two stages of analysis in systemological approach have been specified. Morphological analysis is the first stage. It is used on the structure components level and control system level. Functional analysis of effectiveness parameters is the next stage of systemological approach. Derived results were parsed and can be used by developers of distributed processing systems.

Ключевые слова: система обработки данных, синтез транспортного уровня.

Введение

В настоящее время одним из перспективных направлений развития информационных технологий, является разработка различных распределенных систем обработки данных на основе современных программных и аппаратных средств, а также новых представлений о вычислительных ресурсах и их использовании (удаленная, распределенная обработка данных, кластеризация, прозрачность, различные виды виртуализации). Развивающимся направлением являются «облачные» вычисления (англ. cloud-computing). На данный момент не существует единого определения термина cloud-computing [1, 2]. Наиболее общее определение можно сформулировать таким образом: cloud-computing – технология распределённой обработки данных, в которой компьютерные ресурсы и мощности предоставляются пользователю как сервис. Фирма Intel разделяет понятия «облачной» архитектуры (Cloud architecture), «облачной» услуги (Cloud Service) и частного «облака» (Private cloud) [3]. В первую категорию входят компоненты динамически масштабируемых ресурсов, опирающиеся на технологии виртуализации или программные среды с горизонтальным масштабированием. Во вторую, включающую платные сервисы, которые получают пользователи через Интернет. Третий компонент, описывает особую архитектуру cloud-системы, разворачиваемую на внутренних аппаратных ресурсах для использования внутри организации (IT-as-a-service). Обобщенной классической архитектурой распределенных систем обработки данных, реализуемой с помощью современных программно-аппаратных средств, а также новых представлений и методов их использования, является трехуровневая структура (рис. 1).

Рассматриваемая структура представляет собой достаточно сложную совокупность технических и программных средств передачи и обработки информации, для анализа и синтеза которой используются принципы системологического описания. С системологической точки зрения все параметры системы можно разделить на две группы: морфологические – включающие структурные характеристики и системы управления, и функциональные – параметры качества обслуживания и показатели эффективности [4]. Рассмотрим основные функции и состав компонент рассматриваемой распределенной системы.

На серверном уровне объединяются вычислительные ресурсы серверов, и обеспечивается их взаимодействие в соответствии с принятой технологией обработки данных. При этом могут быть использованы различные способы взаимодействия и среда для обмена данными. Узлы серверного уровня территориально могут находиться на значительном удалении друг от друга. Их размещение может быть жестко определено или оптимизировано с учетом поставленных требований.

Транспортный уровень доставки информации обеспечивает клиентам доступ к соответствующим ресурсам серверного уровня. Содержит множество территориально удаленных узлов, каналов связи и средств управления ими. Основная задача: сглаживание трафика и обеспечение эффективного взаимодействия всех уровней между собой.

Клиентский уровень образуется множеством пользователей, создающих неоднородный по характеру запросов трафик. Пользователи, их состав и размещение могут быть заранее оптимизированы или просто подключаться к узлам транспортного уровня.

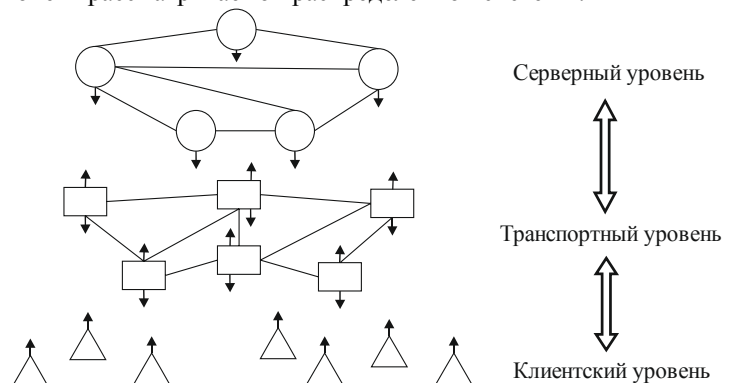


Рис. 1. Трехуровневая архитектура распределенной системы обработки данных

Исходя из анализа структурных уровней, можно выделить ряд задач синтеза морфологического характера, основными из которых являются:

на серверном уровне: определение числа серверов для обслуживания входного трафика, их производительность и территориальное размещение, а также организация взаимодействия и управление ими;

на транспортном уровне: определение числа и размещения в пространстве коммуникационных серверов, выбор способов доставки информации и управления ими;

на клиентском уровне: районирование и определение категорий пользователей, определение места размещения и способов подключения пользователей, оценка создаваемого ими трафика.

Актуальность

Одним из основных факторов сдерживающих широкое внедрение cloud-систем является недостаточная степень доверия потенциальных пользователей к заявленному уровню надежности. Как правило, этот фактор является решающим при принятии конечного решения о внедрении cloud-систем. Поэтому задача обеспечения необходимого уровня надежности, гарантоспособности и живучести cloud-систем является актуальной.

В реальных условиях компоненты всех уровней, независимо друг от друга, могут выходить из строя, что приводит к снижению эффективности функционирования, а также выходу из строя системы в целом. К основным показателям эффективности системы следует отнести: время реакции на запрос, пропускную способность, стоимость реализации, надежность и др. Данные параметры являются по сути противоречивыми, так как улучшение одного из них может приводить к ухудшению других. Обеспечение указанных параметров в заданных пределах является одной из важнейших задач обеспечения нормальной работы системы.

Средства доставки информации на всех уровнях распределенных систем являются наиболее подверженными и уязвимыми со стороны различных внутренних и внешних помех и воздействий, поэтому к обеспечению их надежности предъявляются особые требования. Если надежность аппаратных средств определяется вероятностью выхода из строя отдельных элементов и способом их резервирования, то для оценки безотказной работы сетей доставки информации данный показатель не приемлем. Применительно к сетям более приемлем параметр живучести. Под живучестью любой системы понимается особое свойство поддерживать свою функциональность в допустимых пределах при отказах отдельных компонент [5]. Живучесть сети определяется ее структурой, надежностью всех ее элементов, а также системой управления сетью. Поэтому обеспечение требуемой живучести сети, как среды взаимодействия компонент на всех уровнях, является необходимым условием эффективного функционирования распределенных систем.

Постановка задачи

В качестве количественной оценки живучести сети в работе предложено использовать вероятность связности отдельно взятых узлов, число и размещение которых задано исходя из стратегии их взаимодействия. Оценка живучести сетей, как сложных систем, чаще всего производится моделированием вероятностных состояний сети, вызываемых отказами различного происхождения. Основными требованиями к методам оценки живучести сети в условиях реального времени должны быть: достаточное быстродействие, незначительная трудоемкость, допустимая погрешность. В работе, в соответствии с данными требованиями, предложены нетрадиционные подходы к моделированию и расчету требуемых показателей живучести.

В качестве математической модели сети на уровне морфологического описания использован неориентированный граф $G = (X, U)$ с множеством вершин (узлов) $X = \{x_i\}, i = \overline{1, n}$ и множеством соединяющих их ребер (каналов) $U = \{\mu_{ij}\}, i, j = \overline{1, m}$. Структура сети задается структурной матрицей

$B = \|\beta_{ij}\|$, в которой ребра $\beta_{ij} = 1$, если узлы x_i и x_j непосредственно соединены, и $\beta_{ij} = 0$, в противном

случае. Кроме того, задана матрица надежности ребер $P = \|p_{ij}\|$, в которой ребрам p_{ij} приписана вероятность безотказной работы в течении некоторого времени Δt . Тогда вероятность отказа ребра $q_{ij} = 1 - p_{ij}$.

Система управления сетью децентрализованная, при которой в узлах сети осуществляется маршрутизация (распределение информации) в соответствии с алгоритмами, обеспечивающими требуемые параметры эффективности. В качестве примера рассмотрим распределенную структуру сети транспортного уровня системы обработки данных, состоящую из шести узлов (рис. 2).

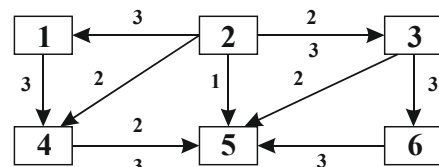


Рис. 2. Распределенная сеть доставки информации

Обмен данными между узлами сети может быть осуществлен по различным каналам μ_{ij}^k : прямым и, в случае отказа или перегрузки трафиком, по обходным каналам через соседние узлы. Выбор путей в каждом узле может быть случайным, по приоритету, с учетом потенциальных задержек, игровым или по

другому критерию. Индекс k в обозначении каналов μ_{ij}^k определяет число транзитов через промежуточные узлы, которое не должно превышать некоторое допустимое значение $k \leq k_{don}$.

$$\mu_{ij}^k = \sum_{\forall \beta_{mn} \in \mu_{ij}^k} \beta_{mn}. \quad (1)$$

Таким образом, топологическая структура сети может быть охарактеризована некоторым метрическим свойством, определяемым числом и длиной по числу транзитов каналов, соединяющих узлы $x_i, x_j \in X$. Например, взаимодействие узлов 2 и 5 может быть организовано по каналу первого ранга $\mu_{2,5}^1$ ($k=1$), по каналам второго ранга $\mu_{2,3,5}^2$ и $\mu_{2,4,5}^2$ ($k=2$), каналам третьего ранга $\mu_{2,1,4,5}^3$ и $\mu_{2,3,6,5}^3$ ($k=3$). В узлах сети производится выборка лучшего канала с учетом предъявляемых к сети требований. Каналы 1 и 2 являются независимыми и являются каналами первого выбора. В общем случае задача обеспечения живучести сети может быть сформулирована как задача выбора конфигурации сети, удовлетворяющей некоторому структурному требованию на мощность разреза, разделяющего узлы i, j или на число независимых путей между ними [4,6].

Под отказом сети будем понимать событие, при котором происходит нарушение одного или некоторого числа каналов и, как следствие, потеря связности сети в соответствии с принятым критерием.

Для транспортного уровня предложены следующие критерии, которые могут быть использованы для оценки живучести реальных распределенных сетей [7].

1. Вероятность парной связности узлов R_{ij} графа $G=(X,U)$. Данный показатель может быть использован для анализа двухполюсных сетей, в которых предусматривается взаимодействие любой пары узлов, осуществляемое в различные моменты времени. Считается, что узлы x_i и x_j связаны, если из множества возможных путей между ними с вероятностью R_{ij} существует не менее одного пути, удовлетворяющего условию $R_{ij} \geq R_{don}$.

2. Вероятность связности m числа любых пар узлов R_{ij}^m . Используется для исследования отдельных фрагментов сети, когда между m парой узлов осуществляется многополюсное (одновременное) взаимодействие. Сеть функционирует нормально, если на графе $G=(X,U)$ между каждой заданной парой узлов с вероятностью $R_{ij} \geq R_{don}$ существует не менее одного канала.

3. Вероятность безотказной работы R сети в целом. Данный показатель используется для исследования многополюсных сетей, в которых обмен информации происходит одновременно между всеми элементами сети. Вероятность R должна быть также не меньше заданного значения, $R \geq R_{don}$.

Для оценки критериев пп.1-3 приняты следующие условия, которые при необходимости могут быть изменены: узлы абсолютно надежные; пропускная способность каналов и узлов не ограничена; сообщения между узлами передаются по любым исправным каналам и направлениям через любой узел в соответствии с (1).

Анализ существующих решений

В общем виде точное значение вероятности связности графа $G=(X,U)$, построенного на множестве узлов X и ветвей U при абсолютно надежных узлах, можно определить, используя выражение [8]:

$$R(G) = \sum_{G_i \in G} P(G_i) \cdot h(G_i), \quad (2)$$

где G – множество возможных состояний (подграфов) $G_i \in G$ графа $G=(X,U)$; $P(G_i)$ – вероятность появления $G_i \in G$; $h(G_i)$ – функция связности, принимающая значения 1 или 0, в зависимости от того, связан подграф G_i или нет. Вероятность появления $G_i \in G$ определяется выражением:

$$P(G_i) = \prod_{\beta_{ij} \in U'} p_{ij} \cdot \prod_{\beta_{ij} \in U \setminus U'} (1 - p_{ij}),$$

где p_{ij} – вероятность безотказной работы ветвей β_{ij} . Число возможных $G_i \in G$ при абсолютно надежных узлах и числом ветвей m составляет 2^m .

Подматрица B_{ξ_j} каждого G_i образуется удалением j -го числа ребер из матрицы B графа G . В реальных условиях ребра могут выходить из строя случайным образом по одному, по два, по три и т.д. ($j=1,2,3,\dots,m$). Число возможных реализаций $G_i \in G$ можно определить как: $Q = \sum_{j=0}^m C_m^j$, где C_m^j –

биномиальный коэффициент; m – число ребер графа G . При G большой размерности значение Q может быть достаточно велико. В соответствии с биномиальным законом, вероятность $P(G_i)$ определяется выражением: $P(G_i) = C_m^j \cdot q^j \cdot p^{m-j}$, где $q = 1 - p$.

Задача оценки $R(G_i)$, по существу, сводится к перебору всех G_i , возникающих при отказах ребер и нахождению множества $G_i \in G$, в котором $h(G_i) = 1$. Для сетей большой размерности формирование G_i прямым перебором довольно трудоемко. Кроме того, оценка $h(G_i)$ каждой реализации G_i сама по себе является трудоемкой задачей, требующей выполнения множества различных операций логического сложения и умножения векторов матриц соответствующих G_i . На практике, чаще всего используют ограниченную выборку реализаций $n_{g,p}$, дающую приближенную, но достаточно точную оценку $R(G)$ [9].

$$R(G) = \frac{1}{n_g} \sum_{G_i \in G} h(G_i),$$

где n_g – число реализаций G_i в выборке $n_{g,p}$, для которых $h(G_i) = 1$; $n_{g,p}$ – расчетное число реализаций G_i . Обобщенный алгоритм оценки $R(G_i)$ показан на рис. 3.

Как видно, в приведенном алгоритме основными операциями являются: выборка пары узлов x_i, x_j , формирование очередного G_i , расчет функции связности $h(G_i)$, проверка условия ($i \leq n_g$) на завершение процедуры формирования G_i , накопление статистических данных о связности G_i и расчет требуемых показателей.

Несмотря на простоту алгоритма, отметим следующие недостатки: необходимость процедур выбора анализируемых пар узлов и анализа на связность каждого сформированного G_i , а также необходимость расчета в отдельности каждого показателя и невозможность расчета показателей в соответствии с пп.1-3.

Главным недостатком является то, что невозможно учесть метрику топологической структуры сети, реализуемой системой управления в соответствии с (1). Иными словами, данный алгоритм затратный по объему моделирующей программы и времени ее выполнения, а также недостаточно функционален.

Цель работы

Разработка многофункционального метода оценки живучести вероятностных сетей в соответствии с критериями, пп.1-3 и учетом управления сетью (1), как основы для синтеза распределенных сетей транспортного уровня с использованием итеративных алгоритмов оптимизации.

Решение задачи

В работе предложен новый подход для моделирования и оценки параметров сети, отличающийся от метода прямого перебора вероятностных состояний сети, требующего многократного повторения однотипных процедур (рис. 3), тем, что процедура генерирования и многократной оценки функции $h(G_i)$ каждого G_i с последующим накоплением статистики и расчетом параметров заменяется на механизм получения полной статистики на основе одного, сформированного особым способом, массива G_i и комплексной оценки всех параметров R_{ij} , R_{ij}^m , R с учетом метрики (1), без применения трудоемкой процедуры вычисления $h(G_i)$.

Для решения поставленной задачи использован аппарат преобразования булевых матриц и операции над множествами применительно к структурным матрицам [10]. В качестве исходной структурной матрицы принята матрица $B = |\beta_{ij}|$, которая используется для построения трехмерной рабочей матрицы $A = |a_{ij\xi}|$, на основе которой определяются требуемые параметры. В данной матрице индексы i, j – узлы исходной матрицы $B = |\beta_{ij}|$, а $\xi_i = 1..n_g$ – номера подматриц B_{ξ_i} , соответствующих G_i , полученных в ходе моделирования. Матрица $A = |a_{ij\xi}|$ строится наложением друг на друга структурных матриц B_{ξ_i} .

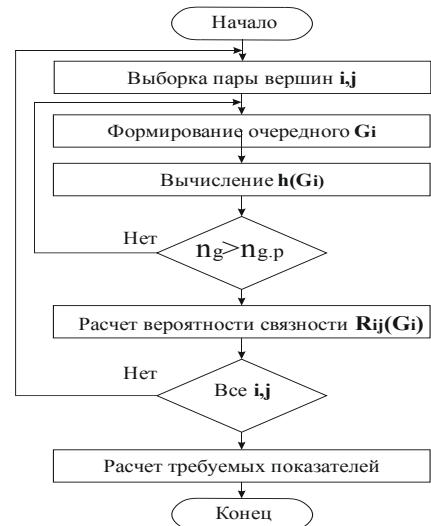


Рис. 3. Упрощенный алгоритм определения $R(G_i)$

Таким образом, вхождение $a_{ij\xi}$ в матрицу $A = |a_{ij\xi}|$ представляет собой множество номеров ξ_i соответствующих своим $G_i \in G$. Число номеров ξ_i не превышает значения n_g . Матрица B_{ξ_i} образуется случайным удалением с возвратом j -го числа ребер ($j = 1, 2, 3, \dots$) из начальной структурной матрицы $B = |\beta_{ij}|$. В матрицах B_{ξ_i} на месте единичных ребер b_{ij} вписывается ее порядковый номер ξ_i , а на месте нулевых ставится символ \emptyset . Данная процедура выполняется для всего множества сформированных G_i . Например, если ребро $b_{ij} = 1$ присутствует в G_i с номерами ξ_2, ξ_5, ξ_9 , тогда элементу $a_{ij\xi}$ присваивается множество номеров: $\xi_i = \{2, 5, 9\}$, число которых равно $|\xi_i| = 3$.

Полученная таким образом матрица $A = |a_{ij\xi}|$ обладает тем свойством, что значения ее элементов $a_{ij\xi}$ соответствуют множеству номеров ξ_i тех $G_i \in G$, в которых вершины i и j непосредственно связаны между собой ($b_{ij} = 1$). Если в рассматриваемом множестве не существует ни одного G_i , содержащего единичное ребро b_{ij} , то $a_{ij\xi} = \emptyset$. Геометрической моделью матрицы $A = |a_{ij\xi}|$ служит куб, в котором индексам i, j соответствуют вершины графа G , а на месте единичных b_{ij} указывается множество соответствующих номеров $G_i \in G$ (рис. 4).

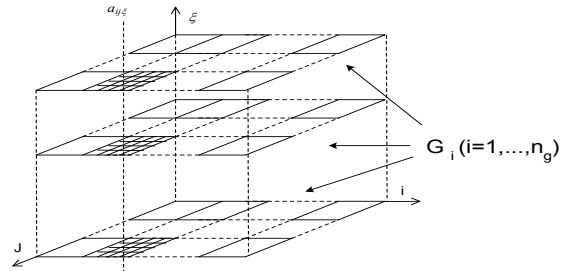


Рис. 4. Структурная матрица $A = |a_{ij\xi}|$

Далее матрица $A = |a_{ij\xi}|$ подвергается булевым структурным преобразованиям с использованием операции возведения квадратных матриц в степень k , ($k \leq k_{don}$). Например, произведение двух квадратных матриц $A = |a_{ij}|$ и $B = |\beta_{ij}|$ размерности n , приводит к матрице $C = AB = |\gamma_{ij}|$, того же порядка, элементы которой образованы по правилу:

$$\gamma_{ij} = a_{i1}\beta_{1j} \vee a_{i2}\beta_{2j} \vee \dots \vee a_{in}\beta_{nj}. \quad (3)$$

То есть элементы матрицы представляют дизъюнкции поэлементных конъюнкций i -ой строки матрицы A и j -го столбца матрицы B . Особенность данной операции состоит в получении структурной матрицы $C = B^2$ с единицами по диагонали и, с элементами γ_{ij}^2 , включающими в виде суммы непосредственное ребро b_{ij} и все пути ранга 2 от узла a_i к узлу a_j в виде $b_{i1}b_{j1}$ (если они есть в сети).

Таким образом, возведение матрицы B в k -ю степень приводит к новой матрице, в которой каждый элемент будет содержать все пути между узлами i и j ранга r не более k , т.е. $B^k = |\mu_{ij}^{r \leq k}|$. Выполняя данную операцию над B при $k \leq k_{don}$, можно определить все связи между вершинами с учетом ограничения (1), что и требуется.

Преобразование матрицы $A = |a_{ij\xi}|$ производится по правилу умножения числовых матриц (3) с тем отличием, что умножение элементов (\wedge) заменяется их пересечением (\cap), а суммирование (\vee) заменяется объединением (\cup). Таким образом, нахождение элемента $a_{ij\xi}$ каждой новой матрицы A^r осуществляется с помощью выражения:

$$a_{ij\xi} = (a_{i1} \wedge a_{1j}) \vee (a_{i2} \wedge a_{2j}) \vee \dots \vee (a_{in} \wedge a_{nj}) = \bigcup_{s=1}^n (a_{is\xi} \cap a_{sj\xi}). \quad (4)$$

Матрица $A = |a_{ij\xi}|^{k_{don}}$ является рабочей для определения параметров (п.1-3) с использованием операций над множествами исходов моделирования. Так как любой элемент $a_{ij\xi}$ содержит множество номеров ξ_{ij} используемых G_i , в каждом из которых содержится хотя бы один путь (связь) μ_{ij}^r из вершины i в вершину j , удовлетворяющий условию $r \leq k_{don}$, то значения R_{ij} , R_{ij}^m , R определим следующим образом:

$$R_{ij} = \frac{|\xi_{ij}|}{n_g} \text{ – вероятность связности одной любой пары узлов графа } G ; \quad (5)$$

$$R_{ij}^m = \frac{\left| \bigcap_{ij}^m \xi_{ij} \right|}{n_g} \text{ – вероятность связности } m \text{ любых пар узлов } (m = 1,2,3,\dots); \quad (6)$$

$$R = \frac{\left| \bigcap_{ij}^n \xi_{ij} \right|}{n_g} \text{ – вероятность связности всех узлов графа } G . \quad (7)$$

Для неориентированных графов матрица A симметрична и определение показателей существенно упрощается. Обобщенный алгоритм реализации метода состоит в следующем.

1. Формирование очередного G_i .
2. Проверка условия, все ли G_i сформированы. Если нет, то п.1, если да, то п.3.
3. Формирование рабочей матрицы.
4. Определение требуемых параметров R_{ij} , R_{ij}^m , R .

Как видно, по сравнению с предыдущим алгоритмом (рис. 3), в данном алгоритме отсутствует процедура многократного формирования и оценки связности G_i . Определение всех требуемых параметров R_{ij} , R_{ij}^m , R производится одновременно с учетом требования к маршрутизации (1) с помощью построенной трехмерной рабочей матрицы.

Пример

Пусть модель рассматриваемой сети представлена в виде вероятностного графа $G = (X, U)$ (рис. 5), которому соответствует структурная матрица B (рис. 6).

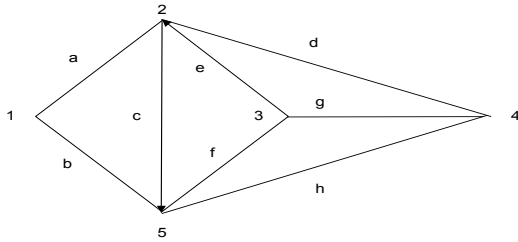


Рис. 5. Структура графа G

1	a	0	0	b
a	1	0	d	c
0	e	1	g	f
0	d	g	1	h
b	0	f	h	1

Рис. 6. Структурная матрица B графа G

Необходимо определить вероятность связности узлов 1 и 5, при известной матрице P и ограничении $k_{don} \leq 2$. Моделируя работу сети, построим матрицу $A = |a_{ij\xi}|^{k_{don}}$. В примере для упрощения использован фрагмент массива G_i с выборкой $n_g = 20$, который отображен в таблице 1. Как видно, каждой строке таблицы 1 соответствует пронумерованный G_i в виде перечня ребер его подматрицы B_{ξ_i} . Символ \emptyset указывает на отсутствие в B_{ξ_i} соответствующего ребра, а номер G_i соответствует присутствующему значению ребра. Найдем элементы $a_{ij\xi}$ матрицы $A = |a_{ij\xi}|^{k_{don}}$, которые образованы множеством G_i содержащих единичные элементы b_{ij} . Так, элемент $a_{ij\xi}$ между вершинами $i = 1$ и $j = 2$ (в таблице 1 это ребро «а») при выборке $n_g = 7$ содержит G_i с номерами $\xi_i = \{2,3,5,7\}$, число которых $z = 4$.

В соответствие с рис. 5 соединение узлов 1 и 5 с учетом ограничения $k_{don} \leq 2$ (каналы не более второго ранга) осуществляется по ребрам a, b, c .

Пусть в таблице 1 для a, b, c определены следующие недостающие номера G_i :

Для ребра a : $a_{ij\xi} = 2, 3, 5, 7, 10, 11, 13, 14, 15$; $z = 9$.

Для ребра b : $b_{ij\xi} = 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 13, 16, 17, 19, 20$; $z = 13$.

Для ребра c : $c_{ij\xi} = 3, 4, 6, 7, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 19$; $z = 12$.

Тогда, при $k_{don} = 1$ вероятность связности вершин 1 и 5, (R_{15}) равна: $R_{15} = 9/20 = 0.45$. Аналогично $R_{25} = 13/20 = 0.65$. Если $k_{don} > 1$, то матрица A возводится в степень k_{don} . В нашем случае $k_{don} \leq 2$. Возведем матрицу B в квадрат по правилу умножения числовых матриц (4).

Таблица 1

Массив G_i матрицы B

G_i	a	b	c	d	e	f	g	h
1	\emptyset	1	\emptyset	1	1	1	\emptyset	1
2	2	2	\emptyset	2	2	2	2	\emptyset
3	3	\emptyset	3	3	\emptyset	3	3	3
4	\emptyset	4	4	4	4	\emptyset	4	4
5	5	5	\emptyset	\emptyset	5	5	5	\emptyset
6	\emptyset	6	6	6	6	6	\emptyset	6
7	7	7	7	7	7	\emptyset	7	7
...
20	\emptyset	\emptyset	20	20	\emptyset	20	20	20

Найдем интересующий нас элемент, для чего выписываем первую строку и пятый столбец (рис. 7.) и производим перемножение элементов (рис. 7.). Как видно, между вершинами 1 и 5 существуют два пути $\mu_{ij}^k = b \vee ac \vee 0 \vee 0 \vee b$, удовлетворяющие условию $k_{don} \leq 2$. Это непосредственный путь через ребро b и путь ac через вершину 2. Аналогично строятся остальные элементы матрицы B^2 (рис. 8).

$$\begin{array}{ccccc}
 1 & a & 0 & 0 & b \\
 b & c & f & h & 1 \\
 \hline
 b \vee ac \vee 0 \vee 0 \vee b & & & &
 \end{array}
 \quad
 B^2 =
 \begin{array}{ccccc}
 1 & a & bf & ad \vee bh & b \vee ac \\
 a \vee bc & 1 & cf \vee dg & d \vee ch & c \vee ab \vee dh \\
 ae \vee bf & e \vee dg & 1 & g \vee de \vee fh & f \vee ce \vee gh \\
 ad \vee bh & d \vee ge & g \vee fh & 1 & h \vee cd \vee fg \\
 b & ab \vee ef \vee dh & f \vee gh & h \vee gf & 1
 \end{array}$$

Рис. 7. Формирование μ_{ij}^k

Рис. 8. Матрица связности B^2 при $k_{don} \leq 2$

Для нахождения матрицы связности при $k_{don} \leq 3$ исходная матрица возводится в третью степень. Для этого перемножаются матрицы B^2 и B .

В полученной матрице B^2 в выражении $b \vee ac \vee 0 \vee 0 \vee b = b \vee ac$ после соответствующей замены операций \vee на \cup и \wedge на \cap (4), получим:

$$b \cup a \cap c = 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 13, 16, 17, 19, 20 \cup 2, 3, 5, 7, 10, 11, 13, 14, 15 \cap 3, 4, 6, 7, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 19 = 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 12, 13, 16, 17, 19, 20 \cup 3, 7, 10, 11, 14, 15 = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20.$$

После преобразований видно, что при выборке $n_{g,p} = 20$, число подграфов G_i , в котором обеспечивается связность вершин 1 и 5 при $k_{don} \leq 2$, равно 18. Следовательно, вероятность связности R_{15} в соответствии с (5) равна $18/20 = 0,9$. Аналогично определяются другие показатели с использованием формул (6) и (7). Найденные значения сравниваются с допустимым (R_{don}) и делается вывод о приемлемости принятого решения.

Выводы

В работе поставлена и решена задача оценки живучести информационных сетей транспортного уровня распределенных систем обработки данных, как одной из составляющих cloud-систем. При этом, учтены требования системы управления, осуществляющей маршрутизацию данных по прямым и обходным каналам. Предложены критерии оценки живучести с учетом алгоритма управления сетью. Установлено, что показатели (п. 1.3.) являются прежде всего функцией надежности p_{ij} , а также параметра k_{don} , который определяет степень избыточности в исследуемой структуре сети.

К особенностям предложенного метода оценки живучести сети относятся: параллельность расчета требуемых показателей при одной и той же трудоемкости моделирующего алгоритма, что обеспечивает достаточное быстродействие, а также учет реального алгоритма маршрутизации с использованием обходных каналов, свойства которых определены с учетом предъявленных требований.

Разработанный метод оценки живучести вероятностных сетей может быть использован для тестирования реальных действующих сетей, а также в качестве программного модуля в программах синтеза информационных сетей, использующих итеративные методы оптимизации, в основе которых лежит поэтапное конструирование сети с проверкой на каждом этапе варианта сети на допустимость по уровню надежности [7]. Это позволит повысить эффективность синтеза распределенных систем обработки данных.

Литература

1. David Hilley Cloud Computing: A Taxonomy of Platform and Infrastructure-level Offerings. CERCS Technical Report. Georgia Institute of Technology. – 2009. – 37 p.
2. Bhaskar Prasad Rimal, Eunmi Choi, Ian Lumb A Taxonomy and Survey of Cloud Computing Systems. Proceedings of the Fifth International Joint Conference on INC, IMS and IDC. – 2009. – pp. 44-51.
3. Meryl K. Evans Cloud Computing: The “Next Big Thing” in IT. Connected Digest. Issue 16. – 2009. – pp. 18-21.
4. Ченцов В.М. Системы распределения информации, синтез структуры и управления. Москва.: «Связь», 1980. – 143 с.
5. Додонов А.Г. Введение в теорию живучести вычислительных систем / А.Г. Додонов, М.Г. Кузнецова, Е.С. Горбачик. – К.: Наук. думка, 1990. – 184 с.
6. Лазарев В.Г. Сети связи, управление и коммутация / В.Г. Лазарев, Г.Г. Савин. – М., Изд. «Связь», 1973. – 258 с.
7. Берников А.Р. Согласование экспертных оценок для формирования модели деятельности оператора в тренажерах / А.Р. Берников, Р.П. Графов // Научно-технический и научно производственный журнал «Информационные технологии», Москва, № 6, 2003. – С. 44-47.
8. Мизин И.А. Передача информации в сетях с коммутацией сообщений / И.А. Мизин, Л.С. Уринсон, Г.К. Храмушин. – М.: "Связь", 1972. – 320 с.
9. Уильям Кокрен. Методы выборочного исследования. – М.: "Статистика", 1976. – 440с.
10. Теория сетей связи (Под редакцией В.Н.Рогинского). М.: "Радио и связь", 1981. – 192с.
11. Зайченко Ю.П. Структурная оптимизация сетей ЭВМ / Ю.П. Зайченко, Ю.В. Гонга. – К.: "Техніка", 1986. – 169 с.

Надійшла 23.4.2011 р.

УДК 621.396.96

Ю.О. БАБІЙ

Хмельницький національний університет

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФУНКЦІЙ ВІДДЗЕРКАЛЕННЯ СКЛАДНИХ ПОВЕРХОНЬ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ЦІЛЕЙ

В статті проведено математичне моделювання функцій віддзеркалення складних поверхонь радіолокаційних цілей.

In the article presents a mathematical simulation of complex surfaces reflect radar targets.

Ключові слова: радіолокація, радіолокаційні засоби, радіолокаційний портрет цілі, зондуєчий сигнал, функція віддзеркалення, роздільна здатність, центр розсіяння, інтерференція, коефіцієнт віддзеркалення.

Вступ. Розсіювання електромагнітної хвилі виникає тоді, коли є неоднорідності середовища поширення у вигляді того або іншого об'єкту (літак, грозова хмара, елементи земної поверхні і тому подібне). Відбиваючі (розсіюючі) властивості об'єкту визначаються його геометричними і електричними характеристиками (формою, розмірами, діелектричною і магнітною проникністю матеріалу). Неоднорідність цих характеристик як поверхні об'єкту, так і його внутрішньої структури створює розсіяння падаючої на об'єкт електромагнітної хвилі. Властивості розсіяного, у тому числі відбитого у бік опромінення, поля визначаються великою кількістю чинників: властивостями об'єкту, параметрами опромінюючої хвилі, умовами опромінення і прийому відбитої хвилі. Тому визначення функції віддзеркалення об'єкту є складним і часто неоднозначним завданням [1].

Мета. Розробка математичної моделі сигналів відбитих складними поверхнями.

Основна частина. При формуванні радіолокаційних портретів цілей (РЛПЦ) в сучасних радіолокаційних засобах (РЛЗ), однією із умов, є їх висока роздільна здатність, яка дозволяє спостерігати елементи (точки) цілі окремо при здійсненні сканування. Проте, якщо сканування не здійснюється (тривалість зондуєчого сигналу значно менша від часу мінімального переміщення антени) при здійсненні короткоімпульсної радіолокації, радіолокаційні станції дають змогу отримувати радіолокаційне зображення об'єктів з глибиною розділення, що пропорційна тривалості зондуєчих сигналів або їх базі (у випадку застосування складних сигналів). В такому випадку, модель зображення формується суперпозицією відгуків від сукупності точкових центрів розсіяння об'єкту і враховує форму зондуєчого імпульсу і форму діаграми