

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ПО УСКОРЕННОЙ ИМИТАЦИИ СЕТЕЙ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ

О. И. Кутузов, Т. М. Татарникова, Й. Шанти, С. Амари (Санкт-Петербург)

Традиционные технологии хранения, основанные на выделенных каналах, не обеспечивают взаимодействия сетевых компонентов, таких, как передача данных на большие расстояния и единообразие в управлении и устранении неисправностей.

Предложено решение, которое позволяет фактически управлять всеми системами хранения как единым массивом + администрирование, в результате чего и получается SAN (Storage Area Network).

SAN – высокоскоростная сеть передачи данных, предназначенная для подключения серверов к устройствам хранения информации [1] (рис. 1).

Идея создания сетей хранения возникла не сразу. Однако этап совершенствования до уровня промышленной эксплуатации эти сети прошли достаточно быстро.



Рис. 1. Сетевое решение хранения информации

Концепция сетей хранения данных (SAN) была создана для того, чтобы интегрировать хранилище с сетевыми технологиями. SAN группирует взаимосвязанные устройства и сервера, используя общую коммуникационную структуру и извлекает выгоды из обеих областей: хранения и сети.

В основе концепции SAN лежит возможность соединения любого из серверов с любым устройством хранения данных, работающим по протоколу Fibre Channel. Разнообразные топологии SAN – точка-точка, петля с арбитражной логикой (Arbitrated Loop) и коммутация замещают традиционные шинные соединения «сервер – устройства хранения», предоставляя большую гибкость, производительность и надежность. Технологии, носители данных и скорости ПД могут комбинироваться, формируя оптимальную конфигурацию для хранения информации.

Одной из надежных и высокоскоростных топологий сетей хранения на данный момент является коммутация. Суть такой технологии сводится к следующему [1]: к портам коммутатора подключаются как различные серверы обработки данных, так и различные устройства хранения данных. Каждый порт связан с каждым через матрицу коммутации (МК). Матрица состоит из уровней (каскадов) двоичных переключателей – коммутационных элементов (КЭ), которые соединяют свой вход с одним из двух выходов в зависимости от значения бита адреса назначения. Переключатели первого уровня управляются первым битом адреса, второго – вторым и т. д.

Детальное представление одного из возможных вариантов реализации коммутационной матрицы для 8 портов дано на рис. 2.

При построении полной модели сети хранения данных, содержащей сотни и тысячи КЭ, с целью оценки ее ВВХ возникает задача снижения размерности модели.

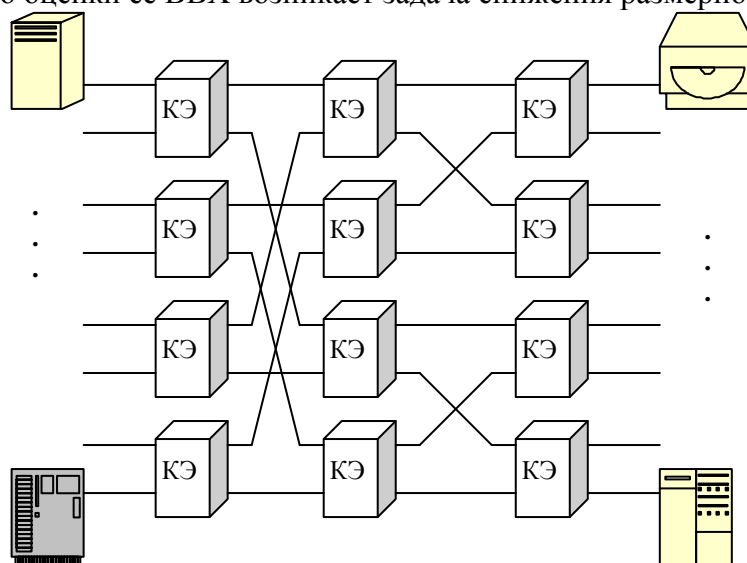


Рис. 2. Вариант коммутационной матрицы для 8 портов

Формально уменьшение размерности может быть сведено к выделению на структуре сети некоторого множества классов объектов с последующей их заменой соответствующими моделями. Актуально при этом обеспечить однотипность моделей для представителей различных кластеров. Важно также, чтобы эти модели с достаточной полнотой отражали специфику процессов, определяющих ВВХ сети.

В качестве таких представителей различных кластеров коммутационной схемы (КС) целесообразно выбрать маршрут между парой вход/выход. КС декомпозируется на подмножества таких маршрутов. В каждое подмножество входят маршруты, близкие по условиям транспортировки пакетов в поле коммутации. Моделью маршрута и объектом имитации может служить модель виртуального канала (ВК), представляющая собой некоторую цепочку, состоящую из последовательности КЭ и каналов передачи (промежуточных шнуров), которыми соединяются только соседние каскады КС от порта-источника до порта-адресата. Одна и та же модель ВК для представления разных кластеров будет отличаться только параметрами.

Для имитации взаимодействия с потоками других маршрутов, частично перекрывающимися с выделенным, строится вероятностный эквивалент не рассматриваемой в модели части КС в виде генератора фоновых потоков.

Такой подход дает выигрыш в том смысле, что имитируемый объект будет существенно меньшей размерности. Теоретической основой данного подхода можно рассматривать метод расслоенной выборки, предлагая в качестве совокупности факторных признаков все множество маршрутов, поскольку передача информации по отдельным маршрутам происходит с некоторым дискретным распределением вероятностей использования маршрутов, а также функциями распределения поступления сообщений в коммутируемые сети.

Во многих приложениях оценивание показателя качества моделируемой системы выполняется в виде среднего риска $Q(\bar{\alpha}) = M \{f(\bar{\alpha}, \bar{\beta})\}$, где $\bar{\alpha} = (\alpha_1, \dots, \alpha_n)$ случайный вектор, описывающий случайные процессы в моделируемой системе; $\bar{\beta} = (\beta_1, \dots, \beta_k)$ – век-

тор, задающий параметры модели; $f(\cdot)$ – функция, значение которой при различных реализациях вектора $\bar{\alpha}$ определяется в ходе вероятностного моделирования.

Задача получения оценки для $M\xi$ может решаться с помощью различных аналитико-статистических алгоритмов, в основе которых лежит метод Монте-Карло. Их эффективность характеризуют дисперсией оценки при фиксированном числе N опытов, т.е. вычислений функции $f(\cdot)$. Чем меньше дисперсия оценки, тем точнее алгоритм и тем он эффективнее, если, конечно, сложность расчетов в сравниваемых алгоритмах различается незначительно.

При непосредственном (прямом) статистическом моделировании генерируется N независимых реализаций $\alpha_1 \dots \alpha_N$ случайной величины (СВ) и вычисляются $\xi_i = f(\alpha_i)$, $i=1, \dots, N$. Оценка \tilde{m} определяется по формуле

$$\tilde{m} = (\xi_1 + \dots + \xi_N) / N.$$

Прямой метод, приемлемый для анализа относительно простых систем, становится малоэффективным при изучении сложных стохастических систем.

Метод расслоения применительно к задаче расчета оценки для $M\xi$ заключается в том, что множество X значений СВ α разбивается на подмножества (слои) X_i , $i=1, \dots, L$, $\bigcup_i X_i = X$, $X_i \cap X_j = \emptyset$, $i \neq j$ с известными вероятностями $P(X_i) = P\{\alpha \in X_i\} > 0$. Для каждого слоя X_i вводится независимая СВ $\alpha_i \sim p(x) = p(x|X_i)$, генерируется $N_i \geq 1$ ее независимых реализаций α_i^j , $j=1, \dots, N_i$, вычисляются соответствующие реализации $\xi_i^j = f(\alpha_i^j)$ СВ ξ и оценка

$$\tilde{m}_i = \frac{1}{N_i} \sum_{1 \leq j \leq N_i} \xi_i^j$$

для $M\xi_i$, $i=1, \dots, L$, $\sum_i N_i = N$. Оценка \tilde{m}_p для M рассчитывается по формуле

$$\tilde{m}_p = \sum_{1 \leq k \leq L} P(X_k) \tilde{m}_k.$$

Оценка \tilde{m}_i для $M\xi_i$ ищется с помощью непосредственного моделирования СВ ξ_i по N_i ее реализациям.

Расслоение не только позволяет понизить размерность имитационной модели КС, но и сокращает число экспериментов с имитационной моделью при сохранении требуемой точности оценок.

Полная двоичная МК содержит $E_{МК} = (N/2) \cdot \log N$ коммутационных элементов. Отдельный маршрут, представленный моделью виртуального канала (ВК), содержит $E_{ВК} = \log N$ КЭ. Таким образом, относительное сокращение числа КЭ в модели ВК по отношению к полной МК составляет

$$\frac{E_{ВК}}{E_{МК}} = \frac{2}{N}.$$

Зависимость относительного сокращения числа КЭ у направления коммутации (НК) и у ВК по отношению к полной МК представлена на рисунке 3.

Определим параметры, задающие нагрузку на коммутатор Θ . Назовем их внешними. В качестве множества внешних параметров для МК выделим следующие:

- длины пакетов или сообщений, принятых в сети хранения данных;
- процентное соотношение всех типов пакетов, принятых в интернет;
- весовые коэффициенты всех типов пакетов между входящими и исходящими каналами;
- интенсивности поступления пакетов или сообщений на входы МК;
- коэффициенты загрузки входящих каналов.

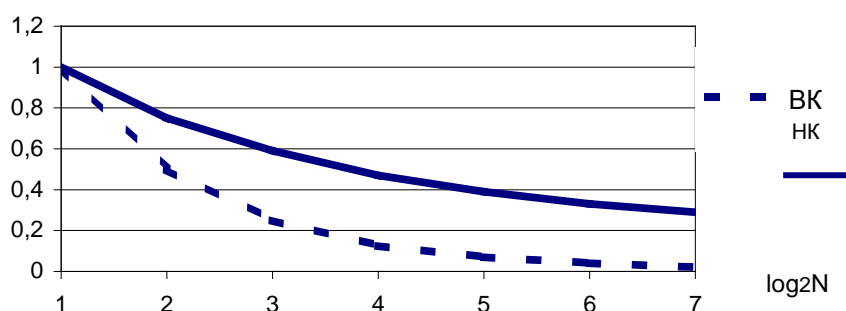


Рис. 3. Зависимость относительного сокращения числа КЭ у НК и ВК по отношению к полной МК

В качестве множества Π внутренних параметров МК выделим:

1. Число портов коммутатора – S ;
2. Число входов МК – N ;
3. Число каскадов МК $n = \log_2 N$;
4. Быстродействие портовых процессоров, определяющее время цикла обращения к памяти КЭ для записи и чтения одного слова – $\tau^{\text{СОП}}$;
5. Длина слова при обмене порта с памятью КЭ – ℓ ;
6. Маршрутная таблица $p_{ij} = \begin{bmatrix} P_{ij} \end{bmatrix}$, $i, j = \overline{1, S}$.

Теперь задачу оценивания характеристик КС с двоичной МК сформулируем следующим образом.

При заданных значениях внешних параметров Θ и внутренних Π построить имитационную модель КС, обеспечивающую ускоренный статистический анализ характеристик варианта КС, с тем, чтобы оценить выполнение следующих условий:

$$\Lambda(\Theta, \Pi) \geq \frac{1}{L} \sum_{s=1}^S \upsilon_s \delta_s,$$

где L – средняя длина пакета или сообщения, [байт]; υ_s – скорость s -го канала связи, [бит/с]; δ_s – коэффициент использования (загрузки) s -го канала связи.

$$\bar{t}_3(\Theta, \Pi) \leq t_3^{\text{Д}},$$

где $t_3^{\text{Д}}$ – допустимое среднее время задержки пакета в МК, [с]; для каждого входящего канала $s = \overline{1, S}$

$$P_{\Theta}^s(\Theta, \Pi) \leq P_{\Theta}^d,$$

где P_{Θ}^d – допустимая вероятность блокировки пакета или сообщения.

Решение задачи распадается на четыре этапа.

На первом этапе строится матрица коммутации.

На втором этапе выполняется декомпозиция МК на подмножества маршрутов, близких по условиям коммутации.

На третьем этапе обосновывается и строится модель маршрута коммутации в виде модели виртуального канала коммутации, как эквивалента полной матрицы.

На четвертом этапе строятся имитационные модели КС с модификациями полной топологически подобной МК и эквивалентом МК в виде ВК коммутации для выделенного (лучшего) варианта КС с тем, чтобы оценить точность замены полной модели МК моделью ВК.

Литература

1. **В. Олифер, Н. Олифер.** Локальные сети на основе коммутаторов Web-страница: <http://cf.viplast.ru/nets/lsok/contents.shtml>
2. **Татарникова Т. М., Кутузов О. И.** Ускоренная имитация при моделировании сетей//Труды Первой всероссийской научно-практической конференции по вопросам применения имитационного моделирования в промышленности. ЦНТИТС. СПб, 2003. С. 98–102.
3. **Татарникова Т. М., Кутузов О. И., Сергеев В. Г.** Коммутаторы в корпоративных сетях. Моделирование и расчет//Монография: СПб.: Судостроение, 2003.