ОПТИМИЗАЦИЯ ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ СЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАТИСТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ПО МЕТОДУ МОНТЕ-КАРЛО

Э.А. Алигулиев

•

Баку, Азербайджан

e-mail: elshanaga@yahoo.com

Надежность систем с сетевой структурой, например, таких, как телекоммуникационные сети, определяется надежностью составляющих ее элементов, которые могут существенно отличаться по своей надежности. При анализе надежности телекоммуникационная сеть обычно описывается графом, где ребра отображают сетевые каналы, а в качестве узлов выступают рабочие станции, серверы, повторители, переключатели, маршрутизаторы или другие устройства. Параметры надежности часто зависят от загрузки сети (значений загрузок каналов, определяющих доступ пользователей, и качество их обслуживания). По этой причине, формулируя задачу оптимизации надежности, нужно определить, какие из параметров важны: связность, пропускная способность, среднее время до отказа, время восстановления связности или минимизация задержек. Благодаря структурной избыточности телекоммуникационных сетей, отказ отдельных элементов обычно приводит не к полному отказу сети, а лишь к частичному ухудшению качества ее функционирования. Полный отказ сети (например, в какой-либо отдельно взятой территории) может происходить в результате некоторых крупно-масштабных стихийных бедствий – наводнений, ураганов, землетрясений, которые могут привести к разрушению линий связи или к глобальному отключению электропитания.

Качество функционирования сетей с коммутацией пакетов обычно оценивается потерей пакетов. Эти потери зависят от текущего состояния элементов сети, т.е. описываются случайным процессом, который мы обозначим как $\varepsilon(t)$. Допустимое значение средних потерь пакетов обозначим через ε^0. Отказом сети в этом случае будем называть наступление события $\varepsilon(t) < \varepsilon^0$. (Иногда рассматривается процесс $\varepsilon^*(t)$, который является скользящей средней с некоторым заданным интервалом усреднения.)

Несмотря на структурную избыточность сети, вопрос надежности ее элементов остается весьма актуальным. В этой связи можно сформулировать следующую постановку оптимизационной задачи: *Максимизация вероятности безотказной работы сети с учетом заданного критерия отказа* ε^0 *при стоимостном ограничении на резервные элементы.*

Задача оптимизации вероятности безотказной работы сети может быть решена методом оптимизации по статистическим реализациям, предложенным в [3,4]. Ниже приводится решение, опирающееся на модификацию этого метода [5]. Этот метод был описан также в [6] для оптимизации числа каналов в сети связи. Идею процедуры оптимизации применительно к вероятности безотказной работы сети с коммутацией пакетов можно сформулировать следующим образом.

Аналогично процедуре в [4] проводится статистический эксперимент по методу Монте-Карло [1] независимо для каждого отдельного элемента сети. Распределение времени до отказа элементов считается равномерным. В некоторые моменты отказы отдельных элементов сети могут оказаться незамеченными, если эти отказы не нарушили условие по функционалу качества. При отказе первого же элемента, который нарушает заданное условие ε^0 по функционалу качества – средних потерь пакетов, вводится резерв для этого элемента, который в случае отказа основного элемента тут же встает на его место.

В процессе статистического моделирования каждый раз при отказе очередного элемента вводится соответствующий резервный элемент. Такая процедура продолжается до полного исчерпания ресурсов:

$$C(X) > C^0$$

где C^0 – ограничение на суммарную стоимость элементов.

В результате первой реализации получается первый «вектор резерва» элементов сети. $X = (x_1, ..., x_n)$; x_i - число резервных элементов i -го типа, $i = 1, \ldots, n$.

В процессе моделирования для каждой реализации запоминаются моменты расхода элементов каждого i-го типа в каждой реализации независимо. Имея построенные таким образом траектории расхода резервных элементов можно решать задачу выбора оптимального состава резервных элементов [4]. В случае оптимизации вероятности безотказной работы сети это выглядит следующим образом: фиксируются возможные составы резервных элементов, соответствующих ограничивающему условию. Для сети из n элементов отыскивается такой n-мерный куб, удовлетворяющий условию $C(X)<C^0$, внутри которого заканчивается наименьшее число траекторий, т.е. где происходит наименьшее число случаев отказа и соответственно вероятность безотказной работы выше. При выбранном составе резерва вероятность безотказной работы будет оптимальной.

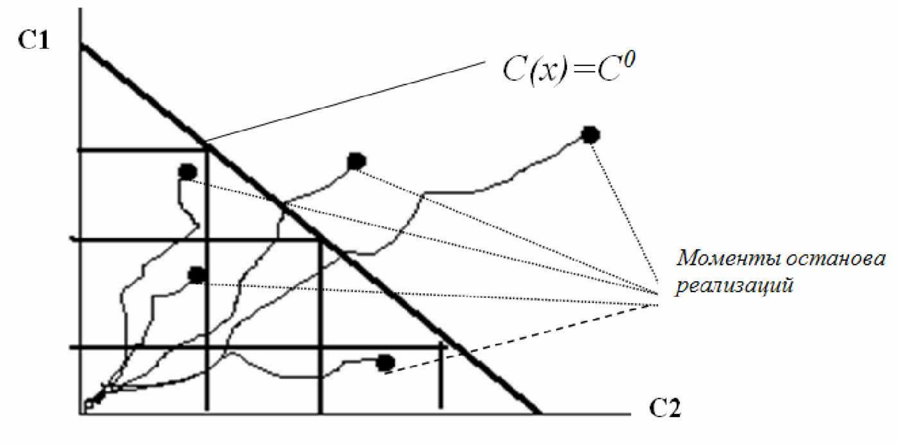

Рис.1. Выбор оптимального состава резерва для 2-мерного случая

На рисунке 1 для удобства показан пример выбора «оптимального» прямоугольника для двумерного случая. Из построенных прямоугольников, внутри которых заканчивается лишь одна реализация, приемлемыми является средний и нижний прямоугольник.

Литература

1. Соболь И. М. Численные методы Монте-Карло. М; Наука. 1973.
2. Ушаков И.А., Топольский М.В. Оптимизация среднего времени безотказной работы системы // Надёжность и контроль качества. – 1974.– № 3
3. Ушаков И.А., Ясеновец А.В. Статистические методы решения задач оптимального резервирования // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика.–1977, № 6.
4. Ушаков И.А., Гордиенко Е.И. О статистическом подходе к решению некоторых задач оптимизации // Elektronische Informationsverarbeitung und Kybernetik. 1978. Bd.14, № 11.
5. Алигулиев Э.А. Использование статистических моделей при решении задач оптимального резервирования // Надёжность и контроль качества, 1987.– № 12.
6. Ушаков И.А., Алигулиев Э.А. Использование статистического моделирования для оптимизации числа каналов в сети связи // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика, 1988.– № 1.