

## Некоторые подходы к организации защищенного центра обработки данных виртуального предприятия для интегрированной логистической поддержки жизненного цикла сложных изделий

© 2014 Тищенко Евгений Николаевич  
доктор экономических наук, доцент

Ростовский государственный экономический университет (РИНХ)  
344002, Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая, д. 69

© 2014 Шарыпова Татьяна Николаевна  
кандидат экономических наук

Северо-Кавказский филиал Московского технического университета связи  
и информатики

344007, г. Ростов-на-Дону, ул. Серафимовича, д. 62  
E-mail: celt@inbox.ru; tnt72@mail.ru

Рассматриваются подходы к организации защищенного центра обработки данных при создании информационно-аналитической системы логистической поддержки жизненного цикла сложных изделий. Предложены методы адаптации ресурсов центра обработки данных к реальным условиям его функционирования. Определены особенности адаптации процессорных узлов, временных характеристик функционирования центра обработки данных и алгоритма его работы методом последовательного конфигурирования.

*Ключевые слова:* интегрированная логистическая поддержка, жизненный цикл, сложные изделия, информационно-аналитическая система, центр обработки данных, методы адаптации.

На всех этапах жизненного цикла (ЖЦ) сложных изделий возникает задача минимизации суммарных затрат при достижении требуемых показателей качества. При этом представляется, что добиться реального решения этой задачи можно на базе системы интегрированной логистической поддержки (ИЛП).

Согласно требованиям «Концепции создания государственной автоматизированной системы обеспечения управления приоритетными национальными проектами» (утверждена распоряжением Правительства РФ от 20 апреля 2007 г. № 516-р), средой решения задач ИЛП должна быть информационно-аналитическая система (ИАС), интегрирующая участников жизненного цикла (УЖЦ) в единое информационное пространство.

Учитывая, что в настоящее время поддержка отдельных этапов жизненного цикла осуществляется различными информационными ресурсами, гетерогенными по своим программно-аппаратным составляющим, возникает задача их интеграции в единое информационное пространство, т.е. задача создания «виртуального предприятия». Такое предприятие может быть сформировано на основе защищенного центра обработки данных (ЦОД), к которому по определен-

ным протоколам подключаются УЖЦ сложных изделий, в том числе эксплуатанты. В частности, могут быть использованы криптошлюзы или защищенные сетевые протоколы. При этом возникают задачи организации и оптимизации ресурсов такого ЦОД в рамках виртуального предприятия, которые могут быть решены, в числе прочих, методами адаптации.

*Адаптация процессорных узлов.* Анализируя ситуацию запросов к ЦОД ИС ИЛП, можно предположить, что УЖЦ вырабатывают поток заявок, время выполнения заявки является случайным, а процессорные узлы (ПУ) ЦОД, обслуживающие поступающие заявки, выступают в качестве узлов обслуживания. При этом можно определить количество требуемых узлов ЦОД, применяя теорию массового обслуживания<sup>1</sup>.

Описываемая система является многоканальной системой массового обслуживания с отказами. УЖЦ вырабатывают случайное количество заявок; программно-аппаратное обеспечение, реализуемое ЦОД, имеет некоторое количество подсистем, обслуживающих заявки; каждый УЖЦ выполняет необходимую функцию в некотором случайном интервале времени.

Потоки, переключающие систему из одного состояния в другое, простейшие (стационарные

пуассоновские). При этом процесс будет марковским.

В том случае, если процесс, который протекает в системе обслуживания, марковский, система может иметь следующие состояния:  $S_0, S_1, \dots, S_k$ , где  $S_k$  - состояние системы, при котором запущено  $k$ -экземпляров процессов (занято  $k$ -каналов).

Поток заявок переводит систему из некоторого левого состояния в некоторое правое с интенсивностью  $\lambda$ . При этом вероятность перехода системы в правое состояние, игнорируя соседнее, отвергается в связи с тем, что программно-аппаратное обеспечение ЦОД учитывает количество реализуемых процессов заявок. Все одновременные попытки запуска приложений переводятся в состояние очереди. Если в системе реализуется  $k$ -процессов обслуживания заявок, то система способна перейти в состояние  $S_{k-1}$  в том случае, когда любой из  $k$  УЖЦ завершит процесс.

Основной задачей, решаемой с применением системы массового обслуживания, является определение такого количества обслуживающих ПУ (элементов ЦОД), чтобы максимальное количество УЖЦ имело возможность активировать свой процесс.

Начальным этапом решения задачи является нахождение интенсивности потока заявок  $\lambda$ . Для этого нужно убедиться в том, что частота заявок соответствует простейшему пуассоновскому потоку. Причем необходимо подсчитать среднюю частоту, учитывая то, что данный процесс Пуассоновский:

$$n_{cp} = \frac{\sum_{i=0}^m if_i}{\sum_{i=0}^m f_i},$$

где  $m$  - общее количество значений, принимаемых наблюдаемой переменной;

$f_i$  - частота  $i$ -го значения наблюдаемой переменной.

Определение теоретических частот осуществляется по формуле

$$f_n = \left( \sum_{i=0}^m f_i \right) \frac{(n_{cp})^n \cdot e^{-n_{cp}}}{n!},$$

где  $m$  - общее количество значений, принимаемых наблюдаемой переменной;

$n_{cp}$  - средняя частота;

$f_i$  - частота  $i$ -го значения наблюдаемой переменной;

$n$  - значение частоты наблюдаемой переменной.

Следующий этап заключается в определении закона распределения наблюдаемой величины. При этом предполагаем, что имеем систему массового обслуживания с отказами (входной поток подчиняется пуассоновскому распределению).

Принимая во внимание свойства системы, ее показатели можно рассчитать, используя стандартные формулы Эрланга для вероятностей (предельных).

$$p_0 = \left( 1 + \rho + \frac{\rho^2}{2!} + \dots + \frac{\rho^n}{n!} \right)^{-1},$$

где  $p_0$  - вероятность незанятости ни одного канала обслуживания;

$\rho^n$  - вероятность того, что в системе несвободно  $n$  каналов обслуживания;

$\rho$  - приведенная интенсивность анализируемого потока заявок определяет среднее число заявок, которые входят в систему, за временной промежуток обслуживания одной из заявок.

При этом вероятность отказа системы массового обслуживания является предельной вероятностью того, что все  $n$ -каналы системы будут заняты.

Исходя из указанного, находим относительную пропускную способность, т.е. вероятность того, что заявка будет обслужена:

$$Q = 1 - P_{отк_n} = 1 - \frac{\rho^n}{n!} p_0.$$

Следовательно, для выяснения необходимого количества ПУ ЦОД нужно рассчитать такое количество обслуживающих устройств  $n$ , при котором значение показателя относительной пропускной способности равняется определенному уровню значимости.

**Адаптация временных характеристик функционирования ЦОД.** Программно-аппаратные составляющие ЦОД как тестируемые объекты имеют свои особенности:

- отсутствие заранее заданного эталона, с которым сопоставляются результаты тестирования;
- значительная сложность программно-аппаратных составляющих и поэтому невозможность разработки исчерпывающего тестирующего алгоритма;
- сложность формализации показателей качества процесса тестирования и качества тестируемых объектов;
- присутствие логических и вычислительных составляющих, которые характеризуются динамической структурой.

В литературных источниках, рассматривающих данную проблему, приведены математические модели построения ЦОД, которые могут быть приняты как абстрактные эталоны. Однако в конкретных условиях многие показатели неоднозначны для систем, реализующих разные функции.

Показатели качества ЦОД, как сложных программно-аппаратных комплексов, весьма трудно формализуются и измеряются. В связи с этим анализ результатов тестирования в значительной степени носит относительно субъективный характер. О глубине тестирования можно говорить только после продолжительной их эксплуатации в конкретных условиях.

Последовательность тестирования включает:

- формализованное описание алгоритма тестирования для конкретного ЦОД;
- тестирование ЦОД с его реальным функционированием и разными уровнями детализации;
- выявление проблемных мест и условий их проявления.

Для формализованного описания алгоритма тестирования нужно выработать правила формализации. ЦОД можно рассматривать как систему относительно независимых модулей, реализующих конкретные функции и обладающих замкнутой структурой<sup>2</sup>. В связи с этим тестирование нужно проводить с учетом не менее чем трех уровней:

- оценка каждого отдельного модуля для обнаружения расхождений между результатами работы, а также интерфейса с основными правилами;
- одновременное тестирование взаимозависящих модулей с целью обнаружения несоответствий между результатами работы этих модулей и общими определенными правилами;
- системное тестирование с целью обнаружения несоответствий между системой и ее целями.

Анализ структуры реализуемых ЦОД функций показывает, что вполне возможно моделирование вариантов их реализации с определением вероятности выполнения за заданное время.

Алгоритм функции ЦОД может рассматриваться как последовательность элементарных операций с определением временных параметров их реализации. При имитационном моделировании с применением стандартных программных средств установлен факт того, что закон распределения всего времени реализации функции является нормальным и, следовательно, корректно применить вероятностную функцию Лапласа. При этом расчет вероятности осуществляется по формуле

$$P_{t \leq T} = 0,5 + \Phi_0 \left( \frac{T - M_t}{t} \right),$$

где  $\Phi_0(z)$  - функция Лапласа;

$P(t)$  - вероятность реализации функции ЦОД за время  $T$ ;

$M_t$  - математическое ожидание.

**Адаптация алгоритма работы ЦОД методом последовательного конфигурирования.** Одним из способов оценки качества работы ЦОД является определение функции  $R(t)$  и среднего времени  $t_{cp}$  между возникающими ошибками. Показателем качества выступать время стабилизации анализируемой системы в результате ее настройки и конфигурирования, состоящего в приближении количества зафиксированных ошибок к заданной константе.

Оценка  $t_{cp}$  может быть реализована методом наблюдения за состояниями ЦОД в определенном интервале времени и на отрезке между ошибками. При этом время между двумя последовательными ошибками имеет направленность к возрастанию по мере того, как обнаруживаются и корректируются неправильно сконфигурированные элементы ЦОД.

Модель ошибок может базироваться на начальной работе, которая связывает  $R(t)$  и  $t_{cp}$  с данными эксперимента. Количество потенциальных ошибок модулируется статистически в терминах числа успешных действий, числа элементов ЦОД и начального числа ошибок.

Оценкой надежности ЦОД являются функция  $R(t)$  и время, являющееся средним между ошибками  $t_{cp}$ . Эти показатели дают возможность оценить ресурсы, которые затрачиваются на конфигурирование системы, такие как время (трудовые затраты на отладку). При этом стандартными функциями вероятности являются<sup>3</sup>:

$$R(t) = P(t' > t);$$

$$F(t) = 1 - R(t);$$

$$f(t) = \frac{dF}{dt} = -\frac{dR(t)}{dt},$$

где  $t'$  - случайное переменное время ошибки;

$t$  - частное значение случайной переменной;

$P(t < t')$  - вероятность, определяющая, что время ошибки лежит за пределами рассматриваемого интервала;

$t$  - частное значение случайной переменной;

$F(t)$  - функция распределения (кумулятивная), которая порождает значение вероятности ошибки на отрезке времени от 0 до  $t$ ;

$P(t < t')$  - вероятность, определяющая, что время ошибки лежит вне рассматриваемого интервала;

$R(t)$  - функция надежности, которая порождает вероятность отсутствия ошибки в интервале времени от 0 до  $t$ .

Значение среднего времени в интервале между двумя ошибками рассчитывается следующим образом:

$$t_s = \frac{1}{\lambda} = \frac{H}{n-r},$$

где  $\lambda$  - интенсивность потока входящих заявок.

При этом на базе зависимостей  $\lambda$  и  $t_s$  с учетом времени эксперимента можно провести количественную оценку степени повышения правильности функционирования ЦОД.

При предположении, что все количество возможных ошибок является пропорциональным числу возникших ошибок:

$$Z(t) = C\varepsilon_r(\tau),$$

где  $Z(t)$  - функция количества ошибок;

$C$  - константа пропорциональности.

Учитывая то, что в качестве предположения берутся известными количество элементов ЦОД и статистика ошибок, то неизвестными остаются только константы  $E_\tau$  и  $C$ . Эти константы определяются в процессе эксперимента в результате попыток вызова ошибок в двух точках временного отрезка эксперимента  $\tau_1 < \tau_2$ , выбранных таким образом, что  $\varepsilon_c(\tau_1) < \varepsilon_c(\tau_2)$ . На следующем шаге производится оценка во времени.

В результате имеем:

$$E_\tau = \frac{l_\tau \left[ \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \varepsilon_c(\tau_1) - \varepsilon_c(\tau_2) \right]}{\frac{\lambda_2}{\lambda_1} - 1};$$

$$C = \frac{\lambda_1}{\left[ \left( \frac{E_\tau}{l_\tau} - \varepsilon_c(\tau_1) \right) \right]}.$$

Предложенные методы адаптации решают проблему организации защищенного ЦОД ИАС ИЛП таким образом, что компьютерные ресурсы и мощности интегрируются и предоставляются УЖЦ сложных изделий как единый сервис, модифицируемый под реальные требования.

<sup>1</sup> Морозов К.С. Инструментальные методы оценки потребительского качества услуг ASP-провайдинга: дис. ... канд. экон. наук. Ростов н/Д, 2010.

<sup>2</sup> Степанов Д.П., Тищенко Е.Н. Определение экономической эффективности распределенных межсетевых экранов в зависимости от функциональной полноты // Экономические науки. 2008. □ 41. С. 151-156.

<sup>3</sup> Шураков В.В. Надежность программного обеспечения систем обработки данных: учебник. 2-е изд., перераб. и доп. М., 1987.

Поступила в редакцию 01.04.2014 г.