

Методический аппарат анализа характеристик надежности кластерной системы

И.В. Дульнев

*Московский государственный университет экономики статистики и информатики,
Москва*

На сегодняшний день кластерные технологии являются бурно развивающейся отраслью компьютерных технологий. Для того чтобы обеспечить высокое качество функционирования кластерных систем, необходимо знать и рассчитывать такие показатели как коэффициент готовности, надежность, катастрофоустойчивость.

Эффективность и качество корпоративных сетей во многом предопределяются их надежностью, т.е. свойством сетей сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность корпоративной сети выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях эксплуатации.

Одним из основных методов повышения надежности технических средств корпоративных сетей является резервирование серверов. Резервирование может применяться как отдельным элементом сервера (процессор, жесткий диск, блок питания и т.п.), так и к серверу в целом. Для решения поставленной задачи широкое применение находят кластерные технологии.

Существуют типовые схемы кластеризации, но практически не используется такая технология как сетевая кластеризация. Применение сетевых кластерных технологий позволяет обеспечить не только повышение надежности функционирования корпоративной сети, но и обеспечить ее катастрофоустойчивость за счет применения сетевых (территориально распределенных) кластерных систем [1].

Катастрофоустойчивость подразумевает способность корпоративной сети противостоять природным и техногенным катастрофам, террористическим актам и другим экстремальным воздействиям.

Работоспособность корпоративной сети предприятия является определяющим фактором эффективности её деятельности, что диктует необходимость построения таких систем, которые основаны на современных технологиях и обеспечивают характеристики известные, как «RAS» (Reliability, Availability, Serviceability — Надежность, Готовность, Удобство обслуживания). Эти характеристики являются традиционными для современных корпоративных сетей. Чаще всего для описания устойчивости корпоративной сети используется термин «доступность», который и включает указанные характеристики.

Корпоративная сеть должна обеспечивать:

- функционирование корпоративных приложений в соответствии с заданными режимами;
- восстановление корпоративных приложений в случае сбоя в сроки, не нарушающие нормального ритма деятельности предприятия;
- гарантированную сохранность критически важных данных.

Предположим, что необходимо обеспечить уровень отказоустойчивости не менее 99,5 %, без учета планового обслуживания. Такой уровень отказоустойчивости позволяет держать сервер отключенным максимум 3 часа 43 минуты в течение 31-дневного месяца. Такую продолжительность может иметь один простой, длительностью 3 часа 43 минуты, или два простоя по 1 часу 51 минуте, или 3 простоя по 1 часу 14 минут. Ясно, что чем чаще происходят сбои сервера, тем быстрее необходимо восстанавливать их, чтобы обеспечить требуемый уровень отказоустойчивости [2].

В статье рассматривается методика расчета коэффициента готовности на основе метода составления конечноразностных дифференциальных уравнений. Для определения меры надежности для восстанавливаемых систем, к которым относятся кластерные системы, используется критерий готовности. В настоящее время применяются следующие виды готовности:

1. мгновенная готовность или вероятность того, что рассматриваемая система готова к действию в любой случайно выбранный момент времени t ;
2. относительное время исправного состояния или доля времени в определенном интервале $(0, T)$, в течение которого рассматриваемая система готова к использованию;
3. коэффициент готовности в установившемся режиме или доля времени в течение которого данная система готова к использованию, если рассматриваемый интервал времени достаточно велик.

Экспоненциальное распределение вероятностей интервалов времени между отказами, т.е. $f(t)=1-e^{-\lambda t}$, где $\lambda=\text{const}$ и $f(t)=\lambda e^{-\lambda t}$ определяет отсутствие свойства памяти (независимость) процесса, т.е. условная плотность вероятности отказа постоянна. Таким образом, вероятность отказа одного элемента системы к моменту времени $t+\Delta t$ при условии, что он был исправен к моменту t , равна Δt , а вероятность возникновения одного и более отказов в интервале $t, t+\Delta t$ равна $\lambda \Delta t + o(\Delta t)$. Второй член этой суммы определяет вероятность появления более одного отказа в интервале $t, t+\Delta t$ и при $t \rightarrow 0$ стремится к нулю $o(\Delta t)$.

Если распределение вероятностей времени ремонта представлено в виде

$$G = 1 - e^{-\mu t}, \quad (1.1)$$

то аналогичными свойствами обладает вероятность завершения ремонта в интервале времени $t, t+\Delta t$, равная $\mu \Delta t$, при условии, что в момент времени t ремонт уже начался.

При такой постановке задачи необходимо составить дифференциальные уравнения, описывающие возможности прямых и обратных переходов системы из одного состояния в другое.

Рассмотрим систему, обслуживаемую одной бригадой ремонтников. В этом случае при отказе одного из элементов начинается восстановление (ремонт) этого элемента, а при отказе второго элемента, во время восстановления первого, система оказывается неработоспособной, отказавший элемент ставится в очередь на восстановление [3].

Таким образом, рассматриваемая система может находиться в одном из пяти состояний:

Состояние «0» — оба элемента исправны;

Состояние «1» — элемент 1 отказал и ремонтируется, произошло переключение на элемент 2, элемент 2 функционирует;

Состояние «2» — элемент 2 отказал и ремонтируется, элемент 1 функционирует;

Состояние «3» — элемент 1 отказал и ремонтируется, произошло переключение на элемент 2, элемент 2 отказал до завершения ремонта элемента 1, система не функционирует, элемент 2 ожидает начала ремонта;

Состояние «4» — элемент 2 отказал и ремонтируется, элемент 1 отказал до завершения ремонта элемента 2, система не функционирует, элемент 1 ожидает начала ремонта.

Для такой системы граф переходов между состояниями представлен на рисунке (см. рис.1).

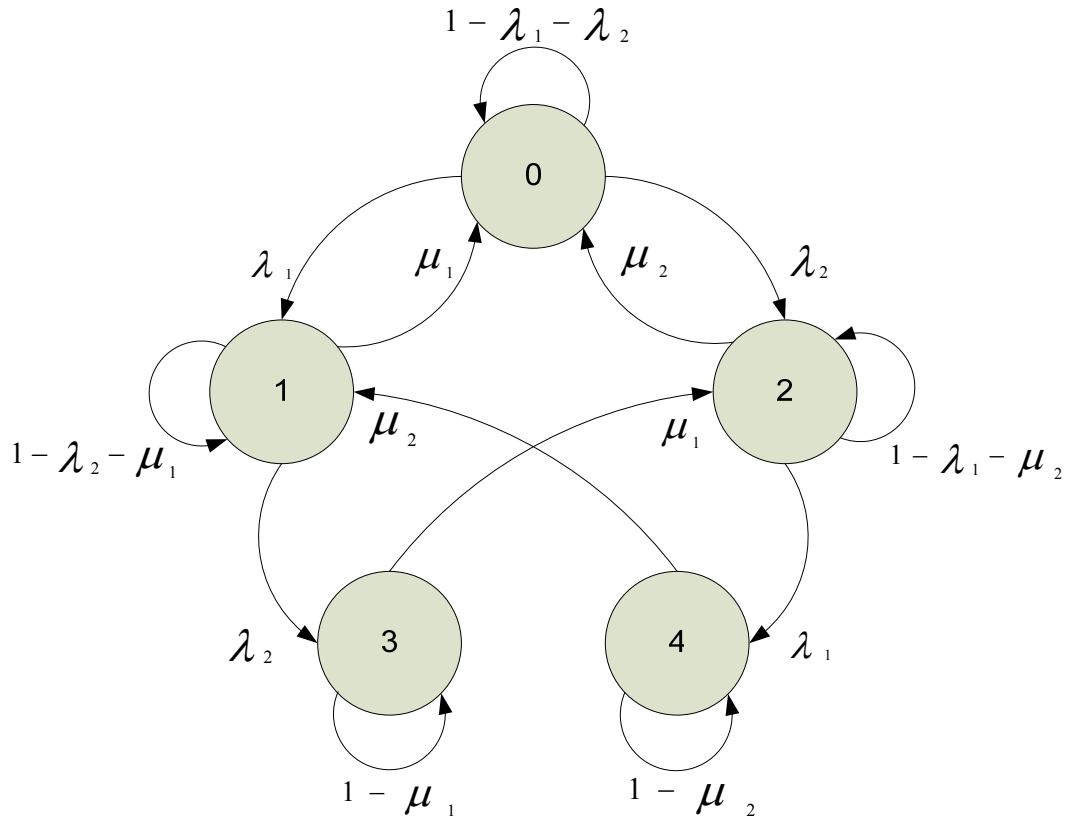


Рисунок 1. Граф переходов для системы, обслуживаемой одной бригадой ремонтников.

Система конечно-разностных уравнений будет иметь вид:

$$\begin{cases} P_0(t + \Delta t) = P_0(t)(1 - \lambda_1 \Delta t - \lambda_2 \Delta t) + P_1(t)\mu_1 \Delta t + P_2(t)\mu_2 \Delta t + O(\Delta t), \\ P_1(t + \Delta t) = P_1(t)(1 - \mu_1 \Delta t - \lambda_2 \Delta t) + P_0(t)\lambda_1 \Delta t + P_3(t)\mu_2 \Delta t + O(\Delta t), \\ P_2(t + \Delta t) = P_2(t)(1 - \mu_2 \Delta t - \lambda_1 \Delta t) + P_0(t)\lambda_2 \Delta t + P_4(t)\mu_1 \Delta t + O(\Delta t), \\ P_3(t + \Delta t) = P_3(t)(1 - \mu_1 \Delta t) + P_1(t)\lambda_2 \Delta t + O(\Delta t), \\ P_4(t + \Delta t) = P_4(t)(1 - \mu_2 \Delta t) + P_2(t)\lambda_1 \Delta t + O(\Delta t). \end{cases} \quad (1.2)$$

Используя для (1.2) предельный переход при $\Delta t \rightarrow 0$ и определение производной, получим следующую систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dP_0(t)}{dt} = -(\lambda_1 + \lambda_2)P_0(t) + \mu_1 P_1(t) + \mu_2 P_2(t), \\ \frac{dP_1(t)}{dt} = \lambda_1 P_0(t) - P_1(t)(\mu_1 + \lambda_2) + \mu_2 P_3(t), \\ \frac{dP_2(t)}{dt} = \lambda_2 P_0(t) - P_2(t)(\mu_2 + \lambda_1) + \mu_1 P_4(t), \\ \frac{dP_3(t)}{dt} = \lambda_2 P_1(t) - \mu_1 P_3(t), \\ \frac{dP_4(t)}{dt} = \lambda_1 P_2(t) - \mu_2 P_4(t). \end{cases} \quad (1.3)$$

Для установившегося режима из (1.3) получим следующую систему алгебраических уравнений:

$$\begin{cases} -(\lambda_1 + \lambda_2)P_0(t) + \mu_1 P_1(t) + \mu_2 P_2(t) = 0, \\ \lambda_1 P_0(t) - P_1(t)(\mu_1 + \lambda_2) + \mu_2 P_3(t) = 0, \\ \lambda_2 P_0(t) - P_2(t)(\mu_2 + \lambda_1) + \mu_1 P_3(t) = 0, \\ \lambda_2 P_1(t) - \mu_2 P_3(t) = 0, \\ \lambda_1 P_2(t) - \mu_1 P_4(t) = 0, \\ P_0 + P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 1, 0. \end{cases} \quad (1.4)$$

Решая систему алгебраических уравнений (1.4), получим значения P_0, P_1, P_2, P_3, P_4 , и тогда коэффициент готовности будет определяться в виде:

$$K_r = P_0 + P_1 + P_2 \quad (1.5)$$

Таким образом, разработанная модель позволяет получить количественное значение коэффициента готовности. Расчет количественного значения коэффициента готовности дает возможность построить необходимую архитектуру кластерной системы, обеспечивающую требуемые значения показателей надежности системы в целом.

Литература

1. Рамакришман С. Эффективность сквозной кластеризации. Oracle Magazine, 2003.
2. Живучесть и реконфигурация вычислительных систем: Метод, рекомендации. - Киев: О-во "Знание" Украины, 1991. - 23 с: ил. //(В помощь лектору и специалисту /Респ. Дом экон. и науч.-техн. пропаганды.).
3. Теслер Г.С. Концепция создания вычислительных средств с высоким уровнем отказоустойчивости. /Математические машины и системы. № 2, 2002.