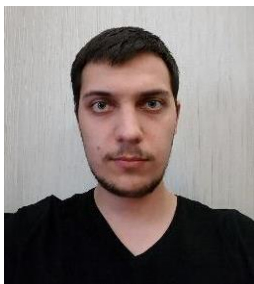


УДК 004.31+004.052

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВНЕЗАПНЫХ ОТКАЗОВ И СБОЕВ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ НА ОБРАБОТКУ БОЛЬШИХ ДАННЫХ



Л.В. Майоров

Магистрант кафедры ПИКС БГУИР



С.М. Боровиков

*Доцент кафедры ПИКС БГУИР, кандидат
технических наук*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь
E-mail: bsm@bsuir.by*

Л.В. Майоров

Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (2018 г.), в настоящее время является магистрантом кафедры проектирования информационно-компьютерных систем этого университета. Выполняет магистерскую диссертацию по оценке эффективности функционирования микропроцессорных устройств с учётом их временных отказов.

С.М. Боровиков

Доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем БГУИР. Основная область научных интересов: прикладные математические методы в проектировании изделий радиоэлектроники, включая алгоритмы статистического прогнозирования надёжности изделий электронной техники и оценку надёжности прикладного программного обеспечения на ранних этапах его разработки. Руководитель разработки программных комплексов по автоматизированному расчёту и обеспечению надёжности электронных устройств: система АРИОН (2008-2009 гг.), система АРИОН-плюс (2011-2015 гг.).

Аннотация. Правильная обработка больших данных кластером серверов (рассматривается как система обработки данных) определяется надёжностью серверов по внезапным отказам, так и сбоями (временными отказами) микропроцессорных устройств, входящих в состав серверов. Учёт влияния сбоев микропроцессорных устройств на надёжность и эффективность функционирования системы обработки данных является актуальной задачей. В работе показано, как совместно учесть влияние внезапных отказов и сбоев микропроцессорных устройств на вероятность правильного выполнения системой задачи по обработке данных.

Ключевые слова: средства обработки данных, временные отказы, надёжность и эффективность функционирования систем.

Введение. Особенностью обработки больших данных (big data) является использование кластера серверов. Это ускоряет обработку данных, а также увеличивает вероятность выполнения задачи по обработке данных. Под надёжностью (dependability) кластера серверов (будем рассматривать как вычислительную систему) согласно ГОСТ 27.002-2015 [1] понимают свойство системы сохранять во времени способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования. Функцией системы является правильная обработка данных и получение достоверных результатов с целью оперативного их использования для управленческих и других действий в рассматриваемой сфере деятельности людей.

Актуальность разработки. Условно будем считать, что каждый сервер, входящий в состав системы, включает вспомогательную техническую часть и микропроцессорное устройство, которые определяют надёжность системы. Будем считать, что потеря работоспособности вспомогательной технической части объясняется возникновением внезапных отказов комплектующих элементов, а для микропроцессорного устройства потеря работоспособности происходит при возникновении внезапных отказов, а также, хотя и кратковременно, из-за временных отказов (сбоев). Временный отказ (сбой) это самоустраниющийся отказ или однократный отказ, устраняемый незначительным вмешательством оператора (перезагрузкой программного обеспечения). Причиной, вызывающей появление временного отказа микропроцессорного устройства является воздействие на устройства естественных и искусственных электромагнитных помех (грозовые разряды, электромагнитное излучение промышленных установок, помехи в электрической сети и т.п.) [2, 3]. При воздействии помехи обычно не возникает технической неисправности микропроцессорного устройства, однако устройство кратковременно теряет работоспособность, что может вызвать искажение данных и/или неправильную их обработку. В процессе оценки надёжности систем важным является учёт влияния на микропроцессорные устройства как внезапных, так и возможных временных отказов (сбоев).

Метод анализа. Покажем, как можно учесть влияние на надёжность вычислительной системы как внезапных, так и временных отказов микропроцессорных устройств. Для простоты иллюстрации анализа будем считать, что в состав вычислительной системы входят два одинаковых сервера, каждый из которых условно включает вспомогательную техническую часть и микропроцессорное устройство. Примем, что вспомогательные части серверов не реагируют на помехи и, следовательно, вероятности правильной обработки (восприятия) ими данных равны единице (в случае нахождения этих частей в технически исправном состоянии). Будем также предполагать, что серверы параллельно решают одну и ту же задачу по обработке данных, и система находится в работоспособном состоянии в случае, если хотя бы один из серверов способен решить требуемую задачу. Тогда с точки зрения выполнения задачи, возлагаемой на вычислительную систему, серверы и их составные части соединены согласно схеме (модели), показанной на рисунке 1.



Рисунок 1. – Модель соединения серверов и их составных частей с точки зрения решения задачи с помощью рассматриваемой системы

Техническая неисправность (внезапный отказ) частей B1 и/или B2, внезапный или временный отказ устройств МП1 и/или МП2 означают появление обрыва в соответствующем месте схемы. Система полностью теряет способность решить задачу по обработке данных, если на схеме (модели) от точки *a* до точки *b* нет замкнутого пути.

Получим формулу расчёта вероятности решения задачи системой (обозначим эту вероятность через $p_{\text{сист}}$). Символами p будем обозначать вероятности решения задачи, символами q – нерешения задачи, а по нижним индексам интуитивно будет понятна суть соответствующих вероятностей. Нижними индексами «B1,МП1» и «B2,МП2» будем

указывать, что соответствующие вероятности относятся к цепочке, включающей указанные части или устройства. Пользуясь моделью (см. рисунок 1), можно записать

$$p_{\text{сист}} = 1 - q_{\text{сист}} = 1 - q_{V1,MP1} q_{V2,MP2} = 1 - (1 - p_{V1,MP1})(1 - p_{V2,MP2}) = 1 - (1 - p_{V1} p_{MP1})(1 - p_{V2} p_{MP2}), \quad (1)$$

причём

$$q_{V1,MP1} = 1 - p_{V1,MP1},$$

$$q_{V2,MP2} = 1 - p_{V2,MP2},$$

$$p_{V1,MP1} = p_{V1} p_{MP1},$$

$$p_{V2,MP2} = p_{V2} p_{MP2}.$$

Возможные состояния любой системы определяются состояниями работоспособности и неработоспособности частей (устройств), входящих в рассматриваемую систему.

Анализируемая система включает четыре части (устройства): V1, MP1, V2 и MP2. Каждая часть (устройство) в любой произвольный момент времени может находиться в одном из двух состояний: состоянии работоспособности или состоянии неработоспособности. Поэтому общее количество возможных состояний системы определится как 2^n , где n – количество частей (устройств), входящих в систему. Общее число состояний рассматриваемой системы $S = 2^4 = 16$.

Формула расчёта вероятности i -го состояния системы принимает вид

$$h_i = s(V1) \cdot s(V2) \cdot s(MP1) \cdot s(MP2), \quad (2)$$

где $s(j)$ – вероятность, характеризующая техническое состояние (работоспособное или неработоспособное) j -й части (устройства) системы, $j \rightarrow V1, V2, MP1, MP2$.

Для выполнения расчётов по формуле (2) удобно пользоваться символическими обозначениями состояний системы (таблица 1). В таблице 1 вероятность работоспособного состояния частей (устройств), входящих в систему, обозначена через $r(j)$, $j \rightarrow V1, V2, MP1, MP2$. В теории надёжности технических изделий показатель $r(j)$ называют стационарным коэффициентом готовности, кратко просто коэффициентом готовности [4, 5]. Слово стационарный подчёркивает то, что значение этого коэффициента не зависит от рассматриваемого момента времени. Вероятностям неработоспособного состояния устройств, входящих в систему, соответствуют величины $[1 - r(j)]$, $j \rightarrow V1, V2, MP1, MP2$.

В формулу (2) в качестве значений вероятностей вида $s(j)$ необходимо подставить вероятность $r(j)$, если j -е устройство находится в работоспособном состоянии, и вероятность $[1 - r(j)]$, если – в неработоспособном состоянии.

Если в таблице состоянию данного устройства отвечает цифра «1» (состояние работоспособности), в формулу (2) для данного устройства необходимо подставлять вероятность $r(j)$, если цифра «0» – вероятность $[1 - r(j)]$. С учётом этого в таблице 1 в качестве примеров приводятся рабочие расчётные формулы, полученные для некоторых состояний системы.

Коэффициент эффективности технического состояния Φ_i (условный коэффициент эффективности) представляет собой вероятность того, что система, находясь в состоянии h_i , правильно обработает данные, поступающие в систему. Коэффициенты эффективности технических состояний выбираются как

$$\Phi_i = p_{\text{сист } i},$$

где $p_{сист i}$ – вероятность правильной обработки данных с помощью системы; определяется по формуле (1) для случая, когда система находится в состоянии h_i .

При расчёте $p_{сист i}$ по формуле (1) вероятность p , соответствующую конкретной части (устройству) системы, необходимо принять равной нулю, если эта часть (устройство) находится в неработоспособном состоянии. Коэффициент эффективности технических состояний Φ_i системы определяется как работоспособностью частей В1 и В2, устройств МП1 и МП2, так и вероятностями правильной обработки данных устройствами МП1 и МП2. Вероятности правильной обработки (восприятия) поступающих в систему данных для частей В1 и В2 ранее были приняты равными единице (в случае нахождения этих частей в технически исправном состоянии).

Таблица 1. – Возможные состояния системы

Номер состояния	Символическое обозначение состояния	Состояние работоспособности частей (устройств) системы				Формула определения вероятности состояния h_i	Определение коэффициента эффективности состояния $\Phi_i = \Phi(XX XX)$, где $X = 1$ или $X = 0$
		В1	В2	МП1	МП2		
1	11 11	1	1	1	1	$r(B1) \cdot r(B2) \cdot r(МП1) \cdot r(МП2)$	*
2	11 10	1	1	1	0	$r(B1) \cdot r(B2) \cdot r(МП1) \cdot [1 - r(МП2)]$	**
3	11 01	1	1	0	1	$r(B1) \cdot r(B2) \cdot [(1 - r(МП1)) \cdot r(МП2)]$	***
...
9	01 11	0	1	1	1	$[1 - r(B1)] \cdot r(B2) \cdot r(МП1) \cdot r(МП2)$	****
16	00 00	0	0	0	0	$[1 - r(B1)] \cdot [1 - r(B2)] \times [1 - r(МП1)] \cdot [1 - r(МП2)]$	0

Примечания:

1. Цифра «1» в символическом обозначении состояния системы и обозначении состояний работоспособности входящих в систему частей отвечает работоспособному состоянию соответствующей части, а цифра «0» – неработоспособному состоянию.

2. Принятые обозначения:

* $\Phi(11 11)$ определяется по формуле (1) путём подстановки в неё соответствующих вероятностей p частей (устройств) В1, В2, МП1 и МП2.

** $\Phi(11 10)$ определяется по формуле (1), но в этом случае, несмотря на работоспособность В2, обработка данных сервером 2 не будет выполнена ввиду отказа (состояния неработоспособности) устройства МП2, т. е. для определения $\Phi(11 10)$ в формуле (1) необходимо принять $p_{МП2} = 0$ и, следовательно, $\Phi(1110) = p_{В1} p_{МП1}$.

*** $\Phi(11 01) = p_{В2} p_{МП2}$. Здесь, несмотря на работоспособность В1, обработка данных сервером 1 не будет выполнена ввиду состояния неработоспособности устройства МП1 (следовательно, для МП1 $p_{МП1} = 0$).

**** $\Phi(01 11)$ определяется по формуле (1). Здесь данные не будут восприняты технической частью В1 ввиду состояния её неработоспособности, т. е. при определении $\Phi(01 11)$ по формуле (1) необходимо принять $p_{В1} = 0$.

3. $r(j)$, $[1 - r(j)]$ – вероятность работоспособного и вероятность неработоспособного состояний j -й части (устройства) в любой момент времени, $j \rightarrow В1, В2, МП1, МП2$.

С учётом принятых условий $p_{В1} = 1$ и $p_{В2} = 1$ коэффициент эффективности состояния системы зависит лишь от вероятностей правильной обработки данных устройствами МП1 и

МП2, но эти вероятности далее в системе «реализуются» или «не реализуются» в зависимости от состояния работоспособности как самих устройств МП1 и МП2, так и частей В1 и В2.

Показатель эффективности функционирования для технических систем определяется формулой [5]

$$E_{\text{сист}} = \sum_{i=1}^S h_i \Phi_i, \quad (3)$$

где S – общее число возможных состояний рассматриваемой системы (в примере $S = 16$).

Отметим, что в данном случае показатель эффективности функционирования системы обработки данных представляет собой вероятность того, что обработка (правильная) данных, поступающих в систему, будет выполнена. То есть, фактически показатель E , определяемый по формуле (3), может рассматриваться в качестве показателя надёжности рассматриваемой системы обработки данных. Причём этот показатель, в отличие от классического расчёта надёжности технических систем, учитывающего только внезапные отказы технических частей (устройств), принимает во внимание также возможные временные отказы (сбои) микропроцессорных устройств.

Заключение. Учёт временных отказов микропроцессорных устройств позволяет получить более достоверные оценки надёжности и эффективности функционирования систем обработки больших данных (big data). Но для выполнения указанного учёта необходимо располагать вероятностями правильной обработки данных микропроцессорными устройствами. Отметим, что вероятности неправильной обработки данных (сбои) определяются частотой появления той или иной помехи, а также условными вероятностями неправильной обработки данных при условии, что рассматриваемая помеха будет иметь место. Оценка вероятностей наличия помех и условных вероятностей неправильной обработки данных, в случае появления помех, является важной задачей, требующей своего решения.

Список литературы

- [1.] ГОСТ 27.002-2015. Надёжность в технике. Термины и определения – М : Стандартиформ, 2016. – 24 с.
- [2.] Майоров, Л. В. Физические причины временных отказов микропроцессорных устройств / Майоров Л. В. // Электронные системы и технологии : 55-я юбилейная конференция аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 22-26 апреля 2019 г. : сборник тезисов докладов / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск : БГУИР, 2019. – С. 169.
- [3.] Майоров, Л. В. Временные отказы микропроцессорных устройств систем безопасности и оценка вероятности их возникновения / Л. В. Майоров, С. М. Боровиков // Технические средства защиты информации : тезисы докладов XVII Белорусско-российской научно – технической конференции, Минск, 11 июня 2019 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; редкол. : Т. В. Борботько [и др.]. – Минск, 2019. – С. 45 – 46.
- [4.] Боровиков, С. М. Теоретические основы конструирования, технологии и надёжности /С. М. Боровиков. – Мн.: Дизайн ПРО, 1998. – 336 с.
- [5.] Надёжность технических систем : справочник / Ю. К. Беляев [и др.] ; под ред. И. А. Ушакова. – М. : Радио и связь, 1985. – 608 с.

ACCOUNTING THE INFLUENCE OF SUDDEN FAILURES AND INTERRUPTIONS OF MICROPROCESSOR DEVICES FOR PROCESSING BIG DATA

L. V. Mayorov

*master student of the department of
Information and Computer Systems Design
of the Belarusian State University of
Informatics and Radioelectronics*

S.M. Borovikov

*PhD, associate professor of the department
of Information and Computer Systems
Design of the Belarusian State University of
Informatics and Radioelectronics*

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus

E-mail: bsm@bsuir.by

Abstract. The correct processing of big data by a cluster of servers (considered as a data processing system) is determined by the reliability of the servers for sudden failures and for the interruptions (temporary failures) of microprocessor devices included in the servers. Taking into account the impact of failures of microprocessor devices on the reliability and efficiency of the data processing system is an urgent task. The paper shows how to jointly take into account the effect of sudden failures and malfunctions of microprocessor devices on the probability of a system correctly performing a data processing task.

Keywords: data processing tools, interruption, reliability and efficiency of systems.