

ЛАБОРАТОРНО УПРАЖНЕНИЕ № 2

ТЕМА: НАДЕЖНОСТ НА КОМПЮТЪРНИТЕ АРХИТЕКТУРИ

Цел: Да запознае студентите с основните количествени характеристики за оценка на надеждността на компютърните архитектури. Да представи начин за оценка на въпроса за резервираността при проектиране на надеждни компютърни архитектури.

I. Теоретична част:

Компютрите се проектират и конструират на различни нива на абстракция. На най-високото ниво, компютърът се разглежда като система изградена от компоненти, които сами по себе си са цели системи. На най-ниското ниво на абстракция са отделните транзистори, изграждащи ИС.

Съществуват повреди, които засягат цялата система, като отпадане на захранването, но повечето повреди са ограничени до определен компонент в даден модул. Повредата на модул от дадено ниво може да се разглежда като повреда на компонент в състава на модул от по-високо ниво. Това разграничение е полезно при намирането на подходи за изграждане на надеждни компютри.

1. Количествени характеристики

Кога една система работи правилно е въпрос, който намира конкретно решение с нарастване на популярността на интернет услугите. Доставчиците на ИТ услуги гарантират наличието на техните мрежови услуги чрез планиране и изграждане на надеждна и устойчива инфраструктура. Взаимоотношенията с клиентите се уреждат, посредством споразумения за нивото на услугата. Те способстват да се реши дали услугата се осъществява или не. Състоянията са две:

- 1) услугата се осъществява, ако се доставя в съответствие със споразумението;
- 2) не се осъществява, ако не се доставя в съответствие със споразумението.

Прехода между двете състояния се причинява от *повреда/отказ/* (1 към 2) или *възстановяване* (2 към 1). За количествена оценка на двата вида преходи се използват следните характеристики:

Надеждност (на един модул) – показва дали услугата продължава да се осъществява, т.е. това е времето преди повреда, спрямо определен начален момент. Надеждността се измерва със *средно време преди отказ* (*Mean Time To Failure, MTTF*). Реципрочната стойност на MTTF е честотата с която възникват отказите, обикновено се представя като брой откази за 1 млрд. часа работа и се означава с *FIT (Failures in Time)*. Така например, при средно време преди отказ 1 млн. часа ($MTTF = 1\,000\,000$ часа), то $FIT = 10^9/10^6 = 1000$, т.е. 1000 отказа за 1 млрд. часа работа.

Ако продължителността на експлоатацията на една съвкупност от модули е с експоненциално разпределение, то честотата на възникване на повреди, общо за цялата съвкупност, е сумата от честотите на възникване на повреди в отделните модули.

Продължителността на прекъсването на услугата се измерва със *средно време за ремонт* (*Mean Time To Repair, MTTR*) – средното време между възникване на повреда и

възстановяване на услугата. Средно време между повреди (*Mean Time Between Failures, MTBF*) е периодът на работоспособно състояние (uptime) и е равно на $MTTF + MTTR$.

Достъпност (на един модул) – показва каква е вероятността услугата или нейните компоненти, да извършват желаната функция в даден момент или период от време. Изчислява се като отношение между $MTTF$ и $MTTF + MTTR$:

$$\text{Достъпност} = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} = \frac{MTTF}{MTBF}$$

Описаните характеристики позволяват да се направи количествена оценка на надеждността на една система, при условие, че надеждността на всеки от компонентите в нея не зависи от възникването на повреди в останалите.

II. Практическа част:

2.1. Оценка на надеждността на дискова система:

Дадена е система с дискове, състояща се от:

- 10 диска. Всеки диск има $MTTF = 1000000$ часа;
- 1 ATA контролер. $MTTF = 500000$ часа;
- 1 захранващ блок. $MTTF = 200000$ часа;
- 1 охлаждащ вентилатор. $MTTF = 200000$ часа;
- 1 ATA кабел. $MTTF = 1000000$ часа;

При условията: 1) експлоатационните периоди са експоненциално разпределени и 2) възникване на повреда в един от компонентите не е зависимо от възникване на повреди в останалите да се изчисли $MTTF$ на цялата система.

Сумата от честотите на възникване на откази във всеки от компонентите е:

Честота на отказите_{за системата}

$$\begin{aligned} &= 10 \times \frac{1}{1000000} + \frac{1}{500000} + \frac{1}{200000} + \frac{1}{200000} + \frac{1}{1000000} \\ &= \frac{10 + 2 + 5 + 5 + 1}{1000000 \text{ часа}} = \frac{23}{1000000} = \frac{23}{1000000000 \text{ часа}} \end{aligned}$$

или $FIT = 23000$. За $MTTF$ се получава:

$$\begin{aligned} MTTF_{\text{за системата}} &= \frac{1}{\text{Честотата на отказите}_{\text{за системата}}} = \frac{1000000000 \text{ часа}}{23000} \\ &= 43500 \text{ часа} \end{aligned}$$

или около 5 години.

2.2. Резервираност. Количествена оценка на резервираността

Основният начин за справяне с отказите е осигуряване на резервираност. Резервираността може да бъде във времето (повтаряне на операцията, за да се провери дали все още възникват грешки) или в ресурсите (осигуряване на допълнителни/резервни/ компоненти, с цел замяна в случай на повреда).

В дисковите системи един захранващ блок е достатъчен за осигуряване на необходимата електрическа мощност, но за подобряване на надеждността се поставя

втори резервен захранващ блок. Използвайки стойностите от предходния пример, да се изчисли надеждността на двойката захранващи блокове.

Параметърът $MTTF$ на двойката захранващи блокове е средното време до отказ на един от тях разделено на вероятността другият да откаже, преди първият да бъде ремонтиран и възстановен. Следователно $MTTF$ на двойката захранващи блокове е по-голям от $MTTF$ на един захранващ блок.

Тъй като двата захранващи блока са независими, средното време до отказ на един от тях е: $MTTF_{\text{захранващ блок}}/2$. Вероятността да се получи повреда във втория блок преди повредения първи да бъде възстановен може да се изчисли чрез: $MTTR_{\text{захранващ блок}}/MTTF_{\text{захранващ блок}}$ или средното време за възстановяване на първия разделено на средното време до отказа на втория. Следователно за $MTTF$ на двойката захранващи блокове се получава:

$$MTTF_{\text{двойка захранващи блокове}} = \frac{\frac{MTTF_{\text{захранващ блок}}}{2}}{\frac{MTTR_{\text{захранващ блок}}}{MTTF_{\text{захранващ блок}}}} = \frac{MTTF_{\text{захранващ блок}}^2}{2 \times MTTR_{\text{захранващ блок}}}$$

Ако се приеме, че времето за ремонт/възстановяване на повреден захранващ блок е 24 часа, то при $MTTF = 200000$ часа на захранващия блок се получава:

$$MTTF_{\text{двойка захранващи блокове}} = \frac{MTTF_{\text{захранващ блок}}^2}{2 \times MTTR_{\text{захранващ блок}}} = \frac{200000^2}{2 \times 24} \cong 830000000$$

Което означава, че двойката захранващи блокове е 4150 пъти по-надеждна от самостоятелен захранващ блок.

III. Въпроси и задачи:

1. Надеждността е най-значимото изискване при проектиране на сървъри. На следващо място с почти същото значение са мащабируемостта и бързодействието.

А) Определете средното време до отказ ($MTTF$) за система с един процесор, за който $FIT = 100$.

Б) Каква е достъпността на системата, ако е необходим 1 ден за възстановяване след повреда.

В) Определете средното време до отказ ($MTTF$) за система с 1000 процесора. Прието е, че при отказ на един процесор, цялата система спира да работи.

2. В сървърно хранилище, например от рода на тези използвани в Amazon или eBay, единична повреда не води до срив на цялата система. Такава повреда води само до намаляване на бързодействието, т.е. броя на заявките, които могат да бъдат обслужени за единица време.

А) Компания има 10000 компютъра, всеки с $MTTF = 35$ дни. Експериментите показват, че при отказ на 1/3 от компютрите бързодействието намалява до степен, която прави невъзможно обслужването на потребителски заявки. Какво е средното време до отказ за системата?

Б) Оправдано ли е, от финансова гледна точка, да се изразходват по 1500 лв. за всеки компютър, за да се удвои $MTTF$? Представете аргументирте си.

В) Таблица 1 показва средните загуби от спиране на сървъри, като се приема, че

загубите са еднакви през различните периоди на годината. За търговията на дребно, празничният зимен сезон е най-печеливш, следователно с най-големи загуби при отказ на сървъри. Ако интернет търговец има два пъти по-голям трафик през четвъртото тримесечие спрямо останалата част от годината, определете какви ще са загубите му от спиране на сървърите, обслужващи неговия интернет магазин, за един час – през четвъртото тримесечие и през останалата част от годината.

Таблица 1. Загуби от спиране на работата на сървъри в различни икономически сектори.

Икономически сектори	Загуби при спиране на сървъри за 1 час в лева	Годишни загуби от спиране на работата на сървъри за		
		1% (87,6 часа на година)	0,5% (43,8 часа на година)	0,1% (8,8 часа на година)
Брокерски операции	6 450 000	565 000 000	283 000 000	56 500 000
Използване на кредитни карти	2 600 000	228 000 000	114 000 000	22 800 000
Каталожни продажби	90 000	7 900 000	3 900 000	800 000
Резервации на билети	89 000	7 900 000	3 900 000	800 000
Мобилни услуги	41 000	3 600 000	1 800 000	400 000
Достъп до интернет	25 000	2 200 000	1 100 000	200 000
Използване на банкомати	14 000	1 200 000	600 000	100