

Національний технічний університет України

«Київський Політехнічний Інститут»

Факультет інформатики і обчислювальної техніки

Кафедра обчислювальної техніки

Лабораторна робота №3

З предмету «Надійність комп'ютерних систем»

Виконав:

Студент
IV курсу ФІОТ
групи ІО-12
Бута С. О.

Залікова книжка
№1205

Завдання

Задача 3.5.1. ЗП ємністю $N=32(1+C_{30})M$ байт має довжину слова 64 біти і побудований на ІМС пам'яті, відмови (збої) яких є одиночними відмовами (збоями) накопичувача. Для такого ЗП визначити:

A1) ймовірність безвідмовної роботи за 1, 2, 3, 4 і 5 років;

A2) ймовірність беззбійної роботи за 1, 5 і 10 годин;

A3) напрацювання на відмову;

A4) напрацювання на збій; за умови, що інтенсивність відмов λ ЗЕ дорівнює $10^{-15}(1+C_{10})$ (годин⁻¹), а інтенсивність збоїв ЗЕ становить $\lambda_3=10^{-10}(1+C_{11})$ (годин⁻¹).

Для тих же умов розрахувати параметри A1...A4 для ЗП, в якому застосовується код, що виправляє одну, дві й три помилки.

Дослідити економічну доцільність застосування в ЗП КК, які виправляють $k=1+C_3$ помилок, по:

B1) збоях;

B2) відмовах, якщо технічний ресурс ЗП дорівнює $T_p=1+C_9$ років.

Наслідком відмов ЗП є тільки необхідність заміни ЗП (витрати на новий ЗП – S_0), а наслідком збоїв є необхідність повторення всіх операцій, виконаних від останнього збереження результатів до моменту появи збою. Період збереження результатів фіксований, $T_3=0,5(1+C_4)$ (годин), $\frac{\delta}{S_0}=0,01(1+C_5)$.

Знайти T_p , T_3 і $\frac{\delta}{S_0}$ (δ – вартість однієї години роботи оператора), за яких

застосування КК, який виправляє k помилок:

B3) доцільно;

B4) недоцільно.

Виконання

$n = 64$ - довжина слова

$$N = \frac{32 \cdot (1 + \text{mod}(N_{3K}, 30)) \cdot 2^{20} \cdot 8}{n} = 29360128 \quad - \text{кількість комірок пам'яті}$$

$$\lambda = 10^{-15} (1 + \text{mod}(N_{3K}, 10)) = 7 \times 10^{-15} \quad - \text{інтенсивність відмов}$$

$$\lambda_3 = 10^{-10} (1 + \text{mod}(N_{3K}, 11)) = 8 \times 10^{-10} \quad - \text{інтенсивність збоїв}$$

$$P_{0B}(t) := e^{-\lambda \cdot t} \rightarrow e^{-7.0e-15 \cdot t} \quad - \text{надійність ЗЕ по відмовах}$$

$$P_{03}(t) := e^{-\lambda_3 \cdot t} \rightarrow e^{-8.0e-10 \cdot t} \quad - \text{надійність ЗЕ по збоям}$$

Завдання 1:

Для 1 помилки:

$r := 1$ - кількість помилок

$$k := \text{ceil} \left(\log \left(\sum_{i=0}^r \text{combin}(n+k, i), 2 \right) \right) \quad - \text{кількість контрольних бітів}$$

$k = 7$

$$P_B(t) := \left[\sum_{i=n+k-r}^{n+k} \left[\text{combin}(n+k, i) \cdot P_{0B}(t)^i \cdot (1 - P_{0B}(t))^{n+k-i} \right] \right]^N$$

- надійність ЗП по відмовам

$$P_B(t) \rightarrow \left[e^{-4.97e-13 \cdot t} + -71.0 \cdot e^{-4.9e-13 \cdot t} \cdot (e^{-7.0e-15 \cdot t} - 1.0) \right]^{29360128}$$

$$P_3(t) := \left[\sum_{i=n+k-r}^{n+k} \left[\text{combin}(n+k, i) \cdot P_{03}(t)^i \cdot (1 - P_{03}(t))^{n+k-i} \right] \right]^N$$

- надійність ЗП по збоям

$$P_3(t) \rightarrow \left[e^{-5.68e-8 \cdot t} + -71.0 \cdot e^{-5.6e-8 \cdot t} \cdot (e^{-8.0e-10 \cdot t} - 1.0) \right]^{29360128}$$

A1.1. Вірогідність безвідмовної роботи за 1, 2, 3, 4 і 5 років

$$\text{hoursInYear} \equiv 24 \cdot 356 = 8544$$

$$P_B(\text{hoursInYear}) \rightarrow 0.9999999973902260261 \quad - \text{безвідмовна робота за 1 рік}$$

$$P_B(2 \cdot \text{hoursInYear}) \rightarrow 0.99999999895609041383 \quad - \text{безвідмовна робота за 2 роки}$$

$$P_B(3 \cdot \text{hoursInYear}) \rightarrow 0.99999999765120343919 \quad - \text{безвідмовна робота за 3 роки}$$

$$P_B(4 \cdot \text{hoursInYear}) \rightarrow 0.99999999582436168501 \quad - \text{безвідмовна робота за 4 роки}$$

$$P_B(5 \cdot \text{hoursInYear}) \rightarrow 0.99999999347556515855 \quad - \text{безвідмовна робота за 5 років}$$

A2.1. Вірогідність беззбійної роботи за 1, 5 і 10 год.

$$P_3(1) \rightarrow 0.99999995330565527473 \quad - \text{беззбійна робота за 1 год.}$$

$$P_3(5) \rightarrow 0.99999883264221154602 \quad - \text{беззбійна робота за 5 год.}$$

$$P_3(10) \rightarrow 0.99999533057790037203 \quad - \text{беззбійна робота за 10 год.}$$

A3.1. Напрацювання на відмову

$$\text{inf} \equiv 10^{12}$$

$$T_{0B} := \int_0^{\text{inf}} P_B(t) dt = 468756567.7662188$$

A4.1. Напрацювання на збій

$$T_{03} := \int_0^{\infty} P_3(t) dt = 4101.619974930238$$

A4.2. Напрацювання на збій

$$\inf \equiv 10^8$$

$$T_{03} := \int_0^{\inf} P_3(t) dt = 87800.02377059667$$

Для 3 помилок:

$$r := 3 \quad - \text{кількість помилок}$$

$$k := \text{ceil} \left(\log \left(\sum_{i=0}^r \text{combin}(n+k, i), 2 \right) \right) \quad - \text{кількість контрольних бітів}$$

$$k = 17$$

$$P_B(t) := \left[\sum_{i=n+k-r}^{n+k} \left[\text{combin}(n+k, i) \cdot P_{0B}(t)^i \cdot (1 - P_{0B}(t))^{n+k-i} \right] \right]^N \quad - \text{надійність ЗП по відмовам}$$

$$P_B(t) \rightarrow \left[e^{-5.67e-13 \cdot t} + -81.0 \cdot e^{-5.6e-13 \cdot t} \cdot \left(e^{-7.0e-15 \cdot t} - 1.0 \right) + -85320.0 \cdot e^{-5.46e-13 \cdot t} \cdot \left(e^{-7.0e-15 \cdot t} - 1.0 \right)^3 \right]^N$$

$$P_3(t) := \left[\sum_{i=n+k-r}^{n+k} \left[\text{combin}(n+k, i) \cdot P_{03}(t)^i \cdot (1 - P_{03}(t))^{n+k-i} \right] \right]^N \quad - \text{надійність ЗП по збоям}$$

$$P_3(t) \rightarrow \left[e^{-6.48e-8 \cdot t} + -85320.0 \cdot e^{-6.24e-8 \cdot t} \cdot \left(e^{-8.0e-10 \cdot t} - 1.0 \right)^3 + 3240.0 \cdot e^{-6.32e-8 \cdot t} \cdot \left(e^{-8.0e-10 \cdot t} - 1.0 \right)^2 \right]^N$$

A1.3. Вірогідність безвідмовної роботи за 1, 2, 3, 4 і 5 років

$$\text{hoursInYear} \equiv 24 \cdot 356$$

$$P_B(\text{hoursInYear}) \rightarrow 1.0 \quad - \text{безвідмовна робота за 1 рік}$$

$$P_B(2 \cdot \text{hoursInYear}) \rightarrow 1.0 \quad - \text{безвідмовна робота за 2 роки}$$

$$P_B(3 \cdot \text{hoursInYear}) \rightarrow 1.00000000000000000001 \quad - \text{безвідмовна робота за 3 роки}$$

$$P_B(4 \cdot \text{hoursInYear}) \rightarrow 1.0 \quad - \text{безвідмовна робота за 4 роки}$$

$$P_B(5 \cdot \text{hoursInYear}) \rightarrow 1.0 \quad - \text{безвідмовна робота за 5 років}$$

A2.3. Вірогідність беззбійної роботи за 1, 5 і 10 год.

$$P_3(1) \rightarrow 1.00000000000000000000 \quad - \text{беззбійна робота за 1 год.}$$

$$P_3(5) \rightarrow 0.99999999999999999999 \quad - \text{беззбійна робота за 5 год.}$$

$$P_3(10) \rightarrow 0.99999999999999999998 \quad - \text{беззбійна робота за 10 год.}$$

A3.3. Напрацювання на відмову

$$\inf \equiv 10^{12}$$

$$T_{0B} := \int_0^{\inf} P_B(t) dt = 49269848818.768936$$

A4.3. Напрацювання на збій

$$\inf \equiv 10^8$$

$$T_{03} := \int_0^{\inf} P_3(t) dt = 431111.17716583965$$

Завдання 2:

$$r := 1 + \text{mod}(N_{3K}, 3) = 1$$

- кількість помилок

$$T_P := 1 + \text{mod}(N_{3K}, 9) = 1$$

- технічний ресурс ЗП

$$T_3 := 0.5(1 + \text{mod}(N_{3K}, 4)) = 1.5$$

- період збереження результатів роботи

$$\sigma_0 := 0.01(1 + \text{mod}(N_{3K}, 5)) = 0.02$$

$$\sigma(S_0) := S_0 \cdot \sigma_0 \rightarrow 0.02 \cdot S_0$$

- вартість 1 год. роботи оператора

$$k := \text{ceil} \left(\log \left(\sum_{i=0}^r \text{combin}(n+k, i), 2 \right) \right)$$

- кількість контрольних бітів

$$k = 7$$

$$P_{0B}(t) := \left[\sum_{i=n+k-r}^{n+k} \left[\text{combin}(n+k, i) \cdot P_{0B}(t)^i \cdot (1 - P_{0B}(t))^{n+k-i} \right] \right]^N$$

- надійність ЗП по відмовам з КК

$$P_B(t) \rightarrow \left[e^{-4.97e-13 \cdot t} + -71.0 \cdot e^{-4.9e-13 \cdot t} \cdot (e^{-7.0e-15 \cdot t} - 1.0) \right]^{29360128}$$

$$P_3(t) := \left[\sum_{i=n+k-r}^{n+k} \left[\text{combin}(n+k, i) \cdot P_{03}(t)^i \cdot (1 - P_{03}(t))^{n+k-i} \right] \right]^N$$

- надійність ЗП по збоям з КК

$$P_3(t) \rightarrow \left[e^{-5.68e-8 \cdot t} + -71.0 \cdot e^{-5.6e-8 \cdot t} \cdot (e^{-8.0e-10 \cdot t} - 1.0) \right]^{29360128}$$

$$P_{B_0}(t) := (P_{0B}(t)^n)^N$$

- надійність ЗП по відмовам без КК

$$P_{B_0}(t) \rightarrow e^{-0.000013153337344 \cdot t}$$

$$P_{3_0}(t) := (P_{03}(t)^n)^N$$

- надійність ЗП по збоям без КК

$$P_{3_0}(t) \rightarrow e^{-1.5032385536 \cdot t}$$

$$\frac{n+k}{n} = 1.109375 \quad - \text{надлишковість}$$

$$S_1(S_0) := \left(\frac{n+k}{n}\right) \cdot S_0 \quad - \text{вартість заміни ЗП з КК}$$

В1. Економічна доцільність застосування КК, виправляючих збої

$$C_{3_0}(S) := 0.5 \cdot T_3 \cdot \sigma(S) \cdot (1 - P_{3_0}(T_3)) \cdot \left(\frac{T_p}{T_3}\right) \quad - \text{збитки від збоїв для ЗП без КК}$$

$$C_{3_0}(S_0) \rightarrow 0.00895111545374037045224 \cdot S_0$$

$$C_{3_1}(S) := 0.5 \cdot T_3 \cdot \sigma(S) \cdot (1 - P_3(T_3)) \cdot \left(\frac{T_p}{T_3}\right) \quad - \text{збитки від збоїв для ЗП з КК}$$

$$C_{3_1}(S_1(S_0)) \rightarrow 1.16553456436502343751e-9 \cdot S_0$$

$$\frac{C_{3_1}(S_1(S_0)) + (S_1(S_0) - S_0)}{C_{3_0}(S_0)} \rightarrow 12.2191476281126980241633$$

Отже, застосування КК, виправляючих збої, **НЕДОЦІЛЬНЕ**

В2. Економічна доцільність застосування КК, виправляючих відмови

$$C_{B_0}(S) := S \cdot (1 - P_{B_0}(T_p)) \quad - \text{збитки від відмов для ЗП без КК}$$

$$C_{B_0}(S_0) \rightarrow 0.00001315325083923771 \cdot S_0$$

$$C_{B_1}(S) := S \cdot (1 - P_B(T_p)) \quad - \text{збитки від відмов для ЗП з КК}$$

$$C_{B_1}(S_1(S_0)) \rightarrow 3.91609375000905791172e-18 \cdot S_0$$

$$\frac{C_{B_1}(S_1(S_0))}{C_{B_0}(S_0)} \rightarrow 2.97728204067004103785e-13$$

Отже, застосування КК, виправляючих відмови, **ДОЦІЛЬНЕ**

В3. Доцільність застосування КК

$$\sigma(S, \sigma_0) := S \cdot \sigma_0$$

- вартість 1 год. роботи оператора

$$C_{3_0}(S, T_p, T_3, \sigma_0) := 0.5 \cdot T_3 \cdot \sigma(S, \sigma_0) \cdot (1 - P_{3_0}(T_3)) \cdot \left(\frac{T_p}{T_3}\right) \quad - \text{збитки від збоїв для ЗП без КК}$$

$$C_{3_1}(S, T_p, T_3, \sigma_0) := 0.5 \cdot T_3 \cdot \sigma(S, \sigma_0) \cdot (1 - P_3(T_3)) \cdot \left(\frac{T_p}{T_3}\right) \quad - \text{збитки від збоїв для ЗП з КК}$$

$$C_{B_0}(S, T_p) := S \cdot (1 - P_{B_0}(T_p)) \quad - \text{збитки від відмов для ЗП без КК}$$

$$C_{B_1}(S, T_p) := S \cdot (1 - P_B(T_p)) \quad - \text{збитки від відмов для ЗП з КК}$$

$$T_p := 1$$

$$T_3 := 1$$

$$\sigma_0 := 0.01$$

$$S_0 := 10$$

Given

$$\frac{C_{3_1}(S_1(S_0), T_p, T_3, \sigma_0) + (S_1(S_0) - S_0)}{C_{3_0}(S_0, T_p, T_3, \sigma_0)} < 1$$

$$\frac{C_{B_1}(S_1(S_0), T_p)}{C_{B_0}(S_0, T_p)} < 1$$

Find(T_p, T_3, σ_0) →

В3. Недоцільність застосування КК

Given

$$\frac{C_{3_1}(S_1(S_0), T_p, T_3, \sigma_0) + (S_1(S_0) - S_0)}{C_{3_0}(S_0, T_p, T_3, \sigma_0)} \geq 1$$

$$\frac{C_{B_1}(S_1(S_0), T_p)}{C_{B_0}(S_0, T_p)} \geq 1$$

Find(T_p, T_3, σ_0) →

Висновок: у цій лабораторній роботі були досліджені відмови і збої в запам'ятовуючому пристрої, в якому використовується метод корегуючих кодів. Були обраховані ймовірність безвідмовної/беззбійної роботи та напрацювання на відмову/збій. Була визначена доцільність використання КК для даного пристрою.