

УДК 621.391

Лісковський І.О., к.т.н. (Державний університет інформаційно-комунікаційних технологій)

ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕРЕЖІ ТАКТОВОЇ СИНХРОНІЗАЦІЇ

Лісковський І.О. Дослідження надійності функціонування мережі тактової синхронізації. Розглядається питання визначення надійності типових топологічних фрагментів мережі тактової синхронізації, розроблено методику визначення надійності функціонування мережі тактової синхронізації з врахуванням інтенсивностей потоків відмов і відновлень.

Ключові слова: ТАКТОВА СИНХРОНІЗАЦІЯ, МЕРЕЖА, ПОТІК ВІДМОВ, ПОТІК ВІДМОВЛЕНЬ

Лисковский И.О. Исследование надежности функционирования сети тактовой синхронизации. Рассматривается вопрос определения надежности типовых топологических фрагментов сети тактовой синхронизации, разработана методика определения надежности функционирования сети тактовой синхронизации с учетом интенсивностей потоков отказов и возобновлений.

Ключевые слова: ТАКТОВАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ, СЕТЬ, ПОТОК ОТКАЗОВ, ПОТОК ВОССТАНОВЛЕНИЙ

Liskovs'kyi I.O. Research of reliability of functioning of network of time synchronization. The question of determination of reliability of model topological fragments of network of time synchronization is examined, the method of determination of reliability of functioning of network of time synchronization is developed taking into account intensities of threads of refuses and renewals.

Keywords: TIME SYNCHRONIZATION, NETWORK, REFUSES STREAM, RENEWALS STREAM

Вимоги до надійності мережі тактової синхронізації (МТС) залежать від вимог до транспортної мережі. МТС є накладеною на фізичну топологію мережі передачі даних. Надійність МТС має бути, як мінімум, не гірше, ніж надійність самої транспортної мережі. МТС може бути представлена як сукупність фрагментів різної топології. Це дозволяє отримати чіткі аналітичні вирази, що характеризують алгоритм функціонування досліджуваного фрагмента, його надійність і відмовостійкість. Використовуючи теорію графів і теорію поглинання будь-яку складну мережу синхронізації можна представити у вигляді набору простих типових фрагментів. Провівши аналіз топології існуючих діючих мереж синхронізації, можна зробити висновок про те, що основними топологічними фрагментами, на які може бути розбита будь-яка мережа, є кільцева, деревовидна і трикутна топології. Інакше кажучи, поєднання в тому або іншому вигляді запропонованих фрагментів дає повне уявлення про топологію МТС в цілому.

На рис. 1 одну з ділянок МТС представлено у вигляді типового еквівалентного фрагмента, що має трикутну топологію. Аналіз типових топологічних структур МТС із застосуванням математичного апарату теорії марковських випадкових процесів з дискретними станами і безперервним часом надає можливість визначити надійність МТС з врахуванням інтенсивностей потоків відмов і відновлень, топології мережі і алгоритмів функціонування мережних елементів, а також отримати узагальнений функціонал надійності, який визначає залежність надійності МТС від функціональних залежностей між інтенсивностями потоків відмов і відновлень, топології мережі, ефективності планування, алгоритмів функціонування мережних елементів.

Фрагмент МТС, що складається з мережних вузлів і ліній зв'язку, вважається працездатним, якщо він здатний функціонувати із заздалегідь заданою якістю сигналу синхронізації протягом певного проміжку часу.

Методика визначення надійності топологічного фрагмента МТС може бути представлена у вигляді послідовності ряду процедур:

1) *Процедура нумерації графа* включає операції по привласненню порядкових номерів елементам (вершинам і ребрам) досліджуваної топології [1].

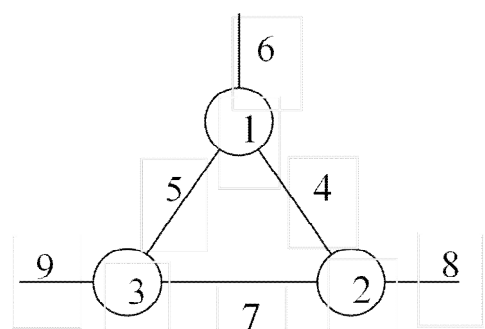


Рис. 1. Граф фрагмента МТС з трикутною топологією

2) При побудові розміченого графа станів топологічного фрагмента визначаються всі можливі стани (S), в яких може знаходитися топологічний фрагмент мережі. Наприклад, для фрагмента мережі трикутної топології (рис. 3):

$$S_1 - M_4 \cdot M_5 \cdot M_6 \cdot M_7 \cdot M_8 \cdot M_9 \text{ (усі елементи фрагмента в робочому стані);}$$

$$S_2 - \bar{M}_4 \cdot M_5 \cdot M_6 \cdot M_7 \cdot M_8 \cdot M_9;$$

$$S_3 - M_4 \cdot \bar{M}_5 \cdot M_6 \cdot M_7 \cdot M_8 \cdot M_9;$$

$$\dots\dots\dots$$

$$S_{58} - \bar{M}_4 \cdot \bar{M}_5 \cdot \bar{M}_6 \cdot \bar{M}_7 \cdot \bar{M}_8 \cdot M_9;$$

$$\dots\dots\dots$$

$$S_{64} - \bar{M}_4 \cdot \bar{M}_5 \cdot \bar{M}_6 \cdot \bar{M}_7 \cdot \bar{M}_8 \cdot \bar{M}_9. \text{ (усі елементи фрагмента несправні), де}$$

M_n ($n = 4,5,..,9$) – подія, яка полягає в тому, що елемент n знаходиться в робочому стані; \bar{M}_n – подія зворотна M_n , яка полягає в тому, що елемент n знаходиться в неробочому стані.

3) Визначення імовірності знаходження топологічного фрагмента мережі тактової синхронізації в кожному з можливих станів. Для вирішення даного завдання скористаємося методом аналізу марковських процесів з дискретними станами і безперервним часом. Приймається, що всі потоки, що переводять структуру з одного стану в інший – пуассонівські і незалежні. Тоді випадковий процес переходів з одного стану досліджуваної структури в інший під дією потоків відмов і відновлення, є марковським процесом з дискретними станами та безперервним часом. Фрагмент мережі має кінцеву кількість дискретних станів, в яких він може знаходитися, а відмови в мережі синхронізації відбуваються у випадкові моменти часу [2]. Імовірність станів, в яких може знаходитися фрагмент мережі при дії на нього потоку відмов і відновлень визначається за таких умов:

– кожен елемент фрагмента мережі, представленої на рис. 1 у вигляді графа, виходить з ладу незалежно від інших елементів фрагмента мережі;

– потоки відмов елементів фрагмента мережі – пуассонівські, постійні, незалежні з інтенсивностями, рівними відповідно $\lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9$ (індекси відповідають номерам елементів в графі на рис. 1);

– після відмови кожен елемент відновлюється;

– потоки відновлення – пуассонівські, постійні і незалежні з інтенсивностями, рівними відповідно $\mu_4, \mu_5, \mu_6, \mu_7, \mu_8, \mu_9$ (індекси відповідають номерам елементів в графові, представленою на рис. 1);

– працездатність елементів 1, 2, 3 є достовірною подією.

Складається система диференціальних рівнянь Колмогорова для імовірності знаходження топологічного фрагмента мережі в одному з можливих станів.

$$\left\{ \begin{array}{l} \dot{p}_1 = -(\lambda_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 + \lambda_8 + \lambda_9)p_1 + \mu_4 p_2 + \mu_5 p_3 + \mu_6 p_4 + \mu_8 p_6 + \mu_9 p_7 + \mu_7 p_5; \\ \dot{p}_2 = \lambda_4 p_1 - (\mu_4 + \lambda_5 + \lambda_6 + \lambda_7 + \lambda_8 + \lambda_9)p_2 + \mu_5 p_8 + \mu_6 p_9 + \mu_7 p_{10} + \mu_8 p_{11} + \mu_9 p_{12}; \\ \dot{p}_3 = \mu_6 p_{13} + \mu_7 p_{14} + \mu_8 p_{15} + \mu_9 p_{16} + \lambda_5 p_1 - (\mu_5 + \lambda_4 + \lambda_6 + \lambda_7 + \lambda_8 + \lambda_9)p_3 + \mu_4 p_8; \\ \dots\dots\dots \\ \dot{p}_{58} = \lambda_6 p_{46} + \lambda_5 p_{49} + \lambda_4 p_{53} - (\mu_8 + \mu_7 + \mu_6 + \mu_5 + \mu_4 + \lambda_9)p_{58} + \mu_9 p_{64} + \lambda_7 p_{44} + \lambda_8 p_{43}; \\ \dots\dots\dots \\ \dot{p}_{64} = \lambda_4 p_{63} - (\mu_9 + \mu_8 + \mu_7 + \mu_6 + \mu_5 + \mu_4)p_{64} + \lambda_5 p_{62} + \lambda_6 p_{61} + \lambda_8 p_{59} + \lambda_9 p_{58} + \lambda_7 p_{60}, \end{array} \right. \quad (1)$$

В (1) $\dot{p} = \frac{dp_i}{dt}$. Розв'язання в чисельному вигляді даної системи лінійних диференціальних рівнянь представлено на рис. 2 у вигляді залежностей імовірності знаходження в одному із станів, згрупованих за кількістю можливих аварійних ситуацій.

Рішення отримано за допомогою пакету символьних обчислень програми MATLAB для заданих початкових умов: інтенсивність відмов $\lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9=2$, інтенсивність відновлення $\mu_4, \mu_5, \mu_6, \mu_7, \mu_8, \mu_9=1$, імовірність того, що система знаходилася в стані S_1 в початковий момент часу $p(S_1)=1$.

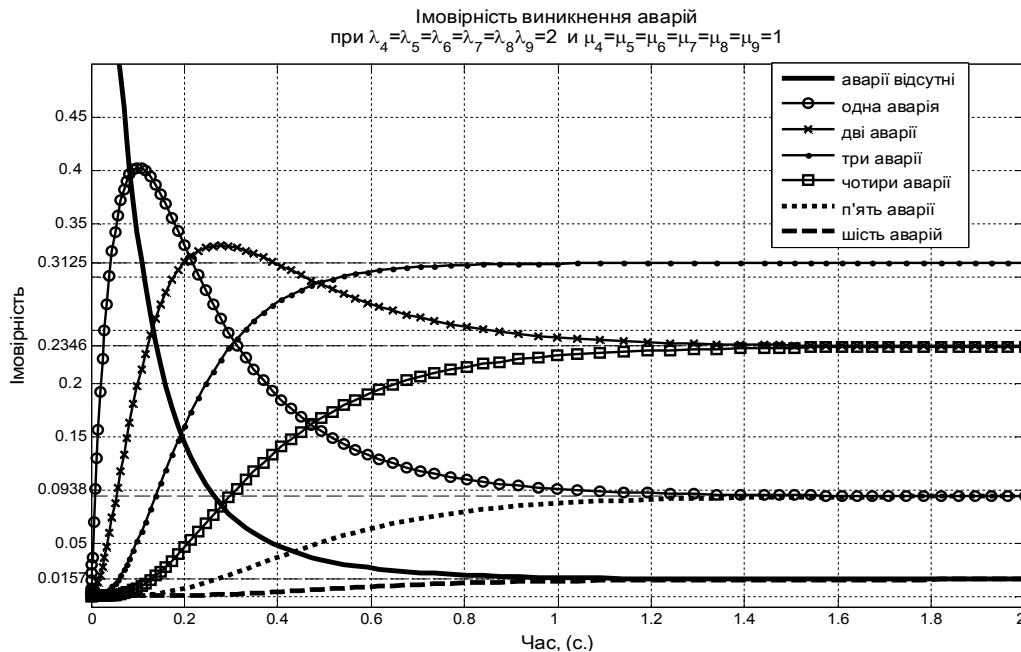


Рис. 2. Залежність імовірності виникнення аварій від часу

4) *Формування умов працездатності топологічного фрагмента* – полягає у визначенні сукупності подій, які приводять до втрати працездатності топологічного фрагмента (рис.1) на базі методу аналізу структурної надійності.

Всі можливі стани фрагмента S , що представляють повну групу несумісних подій розбиваються на дві групи. Перша група станів включає ті події, які не мають істотного впливу на якість функціонування мережі. Друга група станів включає ті події, кожна з яких наводить до втрати працездатності мережі. Попадання тієї або іншої події в одну з груп залежить від алгоритму функціонування вузла синхронізації, способу розстановки пріоритетів вхідним інтерфейсам (портам) синхронізації, встановлення рівнів якості сигналів синхронізації і топології фрагмента мережі.

Припускається, що працездатність фрагмента мережі залежить лише від топології, і не залежить від реалізації алгоритму функціонування, способу розставляння пріоритетів вхідним інтерфейсам, встановлення рівнів якості сигналів синхронізації. Таким чином вище перелічені параметри не впливають на якість функціонування мережі, тобто є ідеальними.

Розв'язання задачі за даних умов дозволяє отримати значення теоретичного межі для якості функціонування даного фрагмента. Отримане значення межі є максимальним з точки зору якості функціонування мережі. Ця межа називається верхньою і саме до неї буде наближатися функціонал працездатності фрагмента мережі.

Здійснення події \bar{M}_{Tp} , що приводить до втрати працездатності фрагмента трикутної топології (рис.1) має такий вигляд:

$$\begin{aligned} \bar{M}_{Tp} = & M_{Tp1} \bar{M}_{Tp2} \bar{M}_{Tp3} + \bar{M}_{Tp1} M_{Tp2} \bar{M}_{Tp3} + \bar{M}_{Tp1} \bar{M}_{Tp2} M_{Tp3} + M_{Tp1} M_{Tp2} \bar{M}_{Tp3} + \\ & M_{Tp1} \bar{M}_{Tp2} M_{Tp3} + \bar{M}_{Tp1} M_{Tp2} M_{Tp3} + \bar{M}_{Tp1} \bar{M}_{Tp2} \bar{M}_{Tp3}, \end{aligned} \quad (2)$$

де $\bar{M}_{Tp1}, \bar{M}_{Tp2}, \bar{M}_{Tp3}$ – події за якими сигнал синхронізації відповідної якості буде відсутній на вихідному інтерфейсі (порту) мережного елементу, позначеного на рис. 1 цифрами 1, 2 і 3, відповідно.

Складемо можливі маршрути проходження сигналу від вершин A, B, C до точки y для фрагмента мережі, представлено на рис.1. Можливі маршрути можна представити у вигляді простих ланцюгів. Тоді маршрути проходження сигналу між вершинами A, B, C і точкою y можна представити таким чином:

$$A_{1y} \rightarrow y - \{8 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 1\}; \quad A_{2y} \rightarrow y - \{8 \cdot 2 \cdot 7 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 1\}; \quad B_{1y} \rightarrow y - \{9 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 1\}; \\ B_{2y} \rightarrow y - \{9 \cdot 3 \cdot 7 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 1\}; \quad C_{1y} \rightarrow y - \{6 \cdot 1\}.$$

Відсутність сигналу в точці y (подія \bar{M}_{Tp1}), станеться лише в тому випадку, якщо жоден з сигналів, що виходить з вершин A, B, C , не досягне y . Тоді дану подію можна представити таким чином:

$$\bar{M}_{Tp1} = \bar{A}_y \cdot \bar{B}_y \cdot \bar{C}_y, \quad (3)$$

де $\bar{A}_y, \bar{B}_y, \bar{C}_y$ – події, що полягають в тому, що сигнали з вершин A, B, C не досягнуть точки y . Сигнал з вершини A досягне точки y лише в тому випадку, якщо одночасно відмовлять два маршрути, за якими поширюється сигнал синхронізації $A_{1y} \{8 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 1\}$ і $A_{2y} \{8 \cdot 2 \cdot 7 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 1\}$.

Тоді цю подію можна представити як $\bar{A}_y = \bar{A}_{1y} \cdot \bar{A}_{2y}$, де \bar{A}_y – подія, яка полягає в тому, що сигнал з вершини A не досягне точки, y \bar{A}_{1y} – подія, при якій відбувається відмова маршруту $\{8 \cdot 2 \cdot 4 \cdot 1\}$; подія \bar{A}_{2y} – відмова маршруту $\{8 \cdot 2 \cdot 7 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 1\}$.

Подія \bar{A}_{1y} станеться лише в тому випадку, якщо відмовить хоч би один з елементів 8, 2, 4 або 1, тому:

$$\bar{A}_{1y} = \bar{a}_8 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_1 + a_8 \cdot \bar{a}_2 \cdot a_4 \cdot a_1 + a_8 \cdot a_2 \cdot \bar{a}_4 \cdot a_1 + a_8 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot \bar{a}_1 + \bar{a}_8 \cdot \bar{a}_2 \cdot a_4 \cdot a_1 + \\ + \bar{a}_8 \cdot a_2 \cdot \bar{a}_4 \cdot a_1 + \bar{a}_8 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot \bar{a}_1 + a_8 \cdot \bar{a}_2 \cdot \bar{a}_4 \cdot a_1 + a_8 \cdot \bar{a}_2 \cdot a_4 \cdot \bar{a}_1 + a_8 \cdot a_2 \cdot \bar{a}_4 \cdot \bar{a}_1 + \\ + \bar{a}_8 \cdot \bar{a}_2 \cdot \bar{a}_4 \cdot a_1 + \bar{a}_8 \cdot \bar{a}_2 \cdot a_4 \cdot \bar{a}_1 + a_8 \cdot \bar{a}_2 \cdot \bar{a}_4 \cdot \bar{a}_1 + \bar{a}_8 \cdot a_2 \cdot \bar{a}_4 \cdot \bar{a}_1 + \bar{a}_8 \cdot \bar{a}_2 \cdot \bar{a}_4 \cdot \bar{a}_1,$$

де a – подія, при якій елемент знаходиться у робочому стані; \bar{a} – подія, при якій елемент знаходиться в неробочому стані; індекс при a – порядковий номер елемента.

Аналогічно розраховуючи інші події і використовуючи метод поглинання, запишемо подію \bar{M}_{Tp1} :

$$\bar{M}_{Tp1} = \bar{a}_6 \cdot [\bar{a}_8 + \bar{a}_4 \cdot a_8 \cdot a_5 \cdot a_7] \cdot [\bar{a}_9 + \bar{a}_5 \cdot a_9 \cdot a_4 \cdot a_7]. \quad (4)$$

Виконавши аналогічні розрахунки для події \bar{M}_{Tp2} , яка полягає у відсутності сигналу в точці z і події \bar{M}_{Tp3} , що полягає у відсутності сигналу в точці x , визначаємо умови знаходження фрагмента трикутної топології в непрацездатному стані:

$$\bar{M}_{Tp} = 1 - M_{Tp} = 1 - M_{Tp1} \cdot M_{Tp2} \cdot M_{Tp3} = 1 - \overline{\bar{a}_6 \cdot [\bar{a}_8 + \bar{a}_4 \cdot a_8 \cdot a_5 \cdot a_7] \cdot [\bar{a}_9 + \bar{a}_5 \cdot a_9 \cdot a_4 \cdot a_7]} \times \\ \overline{\bar{a}_8 \cdot [\bar{a}_9 + \bar{a}_7 \cdot a_9 \cdot a_4 \cdot a_5] \cdot [\bar{a}_6 + \bar{a}_4 \cdot a_6 \cdot a_5 \cdot a_7]} \times \\ \times [\bar{a}_9 \cdot a_3 + a_9 \cdot \bar{a}_3 + \bar{a}_9 \cdot \bar{a}_3] \cdot [\bar{a}_8 + \bar{a}_7 \cdot a_8 \cdot a_4 \cdot a_5] \cdot [\bar{a}_6 + \bar{a}_5 \cdot a_6 \cdot a_4 \cdot a_7] = \\ = \overline{\bar{a}_6 \cdot [\bar{a}_8 + \bar{a}_4 \cdot a_8 \cdot a_5 \cdot a_7] \cdot [\bar{a}_9 + \bar{a}_5 \cdot a_9 \cdot a_4 \cdot a_7]} \cdot \overline{\bar{a}_8 \cdot [\bar{a}_9 + \bar{a}_7 \cdot a_9 \cdot a_4 \cdot a_5]} \times [\bar{a}_6 + \bar{a}_4 \cdot a_6 \cdot a_5 \cdot a_7] \\ \times [\bar{a}_9 \cdot a_3 + a_9 \cdot \bar{a}_3 + \bar{a}_9 \cdot \bar{a}_3] \cdot [\bar{a}_8 + \bar{a}_7 \cdot a_8 \cdot a_4 \cdot a_5] \cdot [\bar{a}_6 + \bar{a}_5 \cdot a_6 \cdot a_4 \cdot a_7]. \quad (5)$$

5) *Визначення імовірності знаходження топологічного фрагмента мережі в працездатному стані.* Вираз (5) є умовою розмежування повної групи станів мережі на дві групи: перша група включає стани, що не приводять до втрати працездатності досліджуваного фрагмента, друга група – стани, які приводять до втрати працездатності досліджуваного фрагмента. Якщо в результаті обчислень $M_{Tp} = 1$, то стан відноситься до першої групи, тобто фрагмент ідентифікується як працездатний. Якщо ж $M_{Tp} = 0$, то стан

відноситься до другої групи, тобто фрагмент ідентифікується як непрацездатний. Обчислення проводяться таким чином:

- якщо n -й елемент фрагмента мережі знаходиться в працездатному стані, то $M_n = a_n$ приймає значення "істина" або логічна одиниця;
- якщо n -й елемент фрагмента мережі знаходиться в непрацездатному стані, то $M_n = \bar{a}_n$ набуває значення "неправда" або логічний нуль.

Так наприклад, стан S_5 визначається як:

$$S_5 = M_4 \cdot M_5 \cdot M_6 \cdot \bar{M}_7 \cdot M_8 \cdot M_9 = a_4 \cdot a_5 \cdot a_6 \cdot \bar{a}_7 \cdot a_8 \cdot a_9 = 111011$$

Підставляючи значення для a_i отримуємо

$$\bar{M}_{Tp} = 1 \cdot [0 + 0 \cdot 1 \cdot \bar{1} \cdot 0] \cdot [0 + 0 \cdot 1 \cdot \bar{1} \cdot 0] \cdot 0 \cdot [0 + 1 \cdot 1 \cdot \bar{1} \cdot 1] \cdot [0 + 0 \cdot 1 \cdot \bar{1} \cdot 0] \times \\ \times 0 \cdot [0 + 1 \cdot 1 \cdot \bar{1} \cdot 1] \cdot [0 + 0 \cdot 1 \cdot \bar{1} \cdot 0] = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0$$

Отже, $M_{Tp} = 1$, значить, фрагмент мережі не втратив працездатності, а S_5 відноситься до першої групи станів.

Проаналізувавши таким чином всі можливі 64 стани S_n , отримаємо повне уявлення про розподіл станів за групами [3]. Імовірність виходу з ладу фрагмента мережі тактової синхронізації, яка визначена через інтенсивність відмов і відновлень з урахуванням результатів розв'язання диференціального рівняння (1), буде:

$$P(M_{Tp}) = \sum_{i=1}^{22} p_i + \sum_{i=24}^{29} p_i + \sum_{i=31}^{36} p_i + \sum_{i=38}^{40} p_i + p_{42} \quad (6)$$

Чисельне рішення при $\lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8, \lambda_9 = 2$, $\mu_4, \mu_5, \mu_6, \mu_7, \mu_8, \mu_9 = 1$ для імовірності знаходження досліджуваного фрагмента в працездатному стані наведено на рис.3.

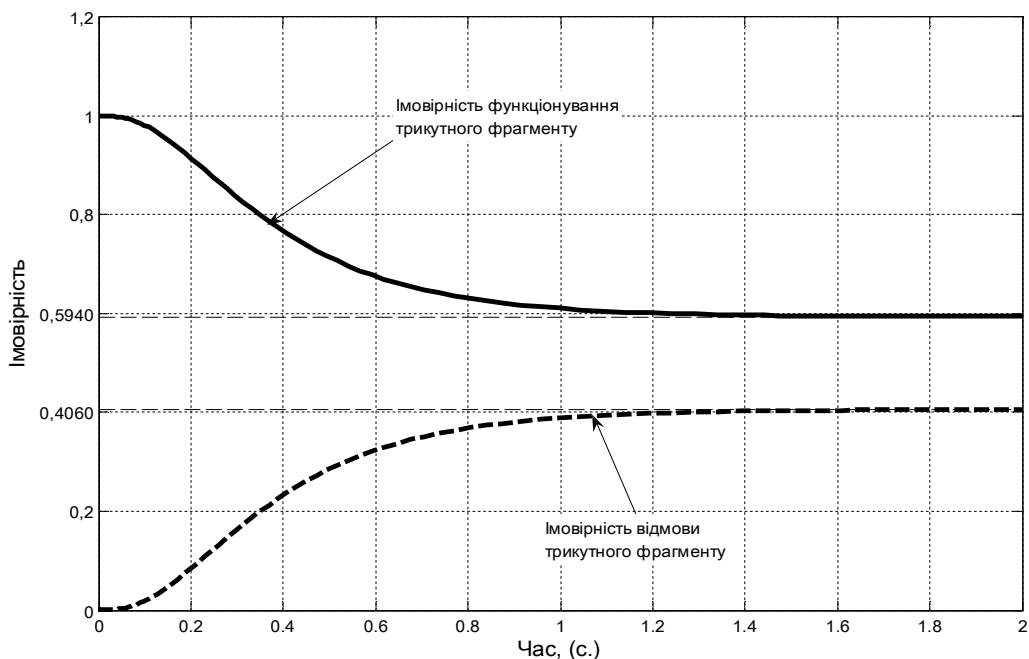


Рис. 3. Функціональна залежність імовірностей функціонування і відмов для трикутного фрагмента мережі тактової синхронізації

Приведена методика є узагальненою методикою, що дозволяє розраховувати працездатність фрагментів мережі тактової синхронізації будь-якої топології.

Узагальнений функціонал надійності мережі тактової синхронізації визначає залежність надійності МТС від функціональних залежностей між інтенсивностями потоків відмов і відновлень, топології мережі, ефективності планування, алгоритмів функціонування мережних елементів.

Таким чином, надійність МТС можна представити в такому вигляді:

$$P = f[\lambda_i(t), \mu_i(t), R_j(t), F_k], \quad (7)$$

де $\lambda_i(t)$ – функція інтенсивності потоку відмов фрагмента мережі, який впливає на i -й елемент; $\mu_i(t)$ – інтенсивність потоку відмов фрагмента мережі, який впливає на i -й елемент; $R_j(t)$ – топологія досліджуваного фрагмента ($j=1\dots 3$, де $j=1$ відповідає трикутному фрагменту, $j=2$ – деревовидному фрагменту, $j=3$ – кільцевому фрагменту); F_k – тип використаного алгоритму, де $k=1\dots 3$, причому $k=1$ відповідає алгоритму функціонування вузлів тактової синхронізації на основі таблиць пріоритетів, $k=2$ відповідає алгоритму функціонування вузлів тактової синхронізації на основі повідомлень про статус синхронізації, $k=3$ відповідає алгоритму функціонування вузлів синхронізації з можливістю формування динамічної зміни дерева синхронізації і внесенням програмованої затримки.

Висновки. Узагальнена методика визначення надійності функціонування для фрагмента МТС будь-якої топології дозволяє: *визначити* можливість використання даних фрагментів як основних для побудови дерева синхронізації, що динамічно адаптується; *визначити* значення параметрів, на основі яких можливий вибір оптимальної топології; *визначити* варіанти використання перспективних топологічних структур. Узагальнений функціонал надійності МТС визначає залежність надійності мережі тактової синхронізації від функціональних залежностей між інтенсивностями потоків відмов і відновлень, топології мережі, ефективності планування, алгоритмів функціонування мережних елементів.

Література

1. Вентцель Е.С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения / Е.С. Вентцель, Л.А.Овчаров. – М.: Наука, 1991. – 384 С.
2. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1969. – 576 с.
3. Филин Б.П. Методы анализа структурной надежности сетей связи / Б.П. Филин. – М.: Радио и связь, 1988. – 208 с.

УДК 004.932

Загребнюк В.И. к.т.н. (Одесская национальная академия связи им. О.С. Попова)

АДАПТИВНОЕ КОДИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ СО СВЕРХШИРОКИМ ДИНАМИЧЕСКИМ ДИАПАЗОНОМ В cBX2X3.

Загребнюк В.И. Адаптивне кодування зображень з надшироким динамічним діапазоном у cBX2X3. Запропоновано метод адаптивного кодування зображень з надшироким динамічним діапазоном, що мають глибину кольору 30 біт. Показано, що у запропонованому підході довжину рівномірного адаптивного коду хроматичних компонент, який завжди менший 10 біт, можна обирати в залежності від якості візуального сприйняття змінюючи коефіцієнт стискуючого перетворення.

Ключові слова: КОДУВАННЯ, ПЕРЕТВОРЕННЯ cBX2X3, АДАПТИВНИЙ КОД

Загребнюк В.И. Адаптивное кодирование изображений со сверхшироким динамическим диапазоном в cBX2X3. Предложен метод адаптивного кодирования изображений со сверхшироким динамическим диапазоном и глубиной цвета 30 бит. Показано, в предложенном подходе длину адаптивного равномерного кода хроматических компонент, который всегда меньше 10 бит, можно выбирать в зависимости от качества визуального восприятия, изменяя коэффициент сжимающего преобразования.

Ключевые слова: КОДИРОВАНИЕ, ПРЕОБРАЗОВАНИЕ cBX2X3, АДАПТИВНИЙ КОД

Zahrebniuk V.I. Adaptive high dynamic range image encoding using cBX2X3 transform. The method of high dynamic range image (colordepth states 30 bits) encoding by adaptive uniform code is proposed. It is shown the length of chromatic components adaptive uniform code can be specified depending on perception quality by change of coefficients of transform. The length of chromatic components adaptive uniform code is always less then 10 bits.

Keywords: ENCODING, cBX2X3 TRANSFORM, ADAPTIVE CODE