

СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТА ЇХ ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ

УДК 621.398

О.В. Івахів, Ю.П. Мочернюк, І.Ю. Шигера

РІЗНИЦЕВО-АДАПТИВНА СИСТЕМА З КОДУВАННЯМ ТРИВАЛОСТІ ЗАТРИМКИ ТА ПОДВІЙНИМ ПЕРЕДАВАННЯМ ПРИРОСТІВ

© Івахів О.В., Мочернюк Ю.П., Шигера І.Ю., 2001

The difference adaptive system with coding time-delay is investigated. The data rate estimation expression is found.

Зростання складності об'єктів вимірювань призводить до збільшення обсягів інформації, що надходить від об'єкта дослідження до споживача. При цьому, поряд із необхідними для споживача повідомленнями передається значна кількість надлишкових. Одна з причин – нестационарність неперервних сигналів, що передаються.

У багатоточкових системах з циклічним опитуванням дачивів крок опитування останніх вибирається, зважаючи на максимальне значення частоти найінтенсивнішого процесу [1], що призводить до появи надлишкових повідомлень при менших частотах інших процесів.

Адаптивні системи усувають надмірність відліків та дають змогу зменшити вимоги до пропускної здатності каналу зв'язку, яка внаслідок нестационарності процесів є змінною [2].

Подальшого зменшення інформаційної надлишковості суттєвих повідомлень дозволяють досягти різницево-адаптивні системи їх різницевим поданням, а саме: замість повного вибіркового значення (ПВЗ) i -го джерела ($i=1, \dots, n_c$, n_c – кількість досліджуваних процесів) передається приріст – різниця між даним та найближчим попереднім ПВЗ цього ж джерела. При цьому, для усунення похибки, що накопичується внаслідок дії завад у каналі зв'язку, необхідно передавати ПВЗ з деяким постійним періодом T_n – так звані коригуючі вибірки КВ. Інтервал коригування може бути постійним або змінним [3].

Можна зафіксувати інтервал коригування, а замість чергового ПВЗ i -го джерела передавати різницю між опрацьовуваним у даний момент часу та найближчим попереднім відліками цього ж джерела. Для усунення похибки накопичення після ν переданих різниць необхідне передавання коригуючого ПВЗ i -го джерела. На відміну від описаної в [3] системи тут присутні відліки трьох типів: прирости, різницево-коригуючі відліки РКВ та повні коригуючі відліки ПКВ.

Структурну схему запропонованої різницево-адаптивної системи наведено на рис. 1. Відліки досліджуваних процесів джерел D_1, \dots, D_{n_c} надходять на прогнозер нульового порядку ПНП. За допомогою кодуєчого пристрою КП в кожне ненадлишкове повідомлення, що передається, крім адресної та інформаційної частин, включається код часової затримки повідомлень в буферний запам'ятовуючий пристрій БЗП обсягом N комірок (наприклад, кількість зайнятих комірок БЗП в момент запису в нього повідомлення). Таймер

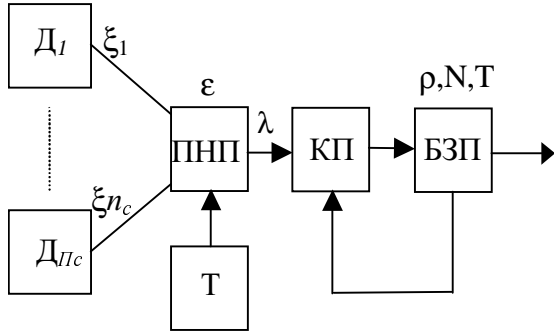


Рис. 1. Структурна схема різницево-адаптивної системи з кодуванням тривалості затримки та фіксованим періодом коригуючих вибірок

Т задає фіксоване значення періоду коригування. При цьому часове положення відліків, що передаються, відновлюється з деякою похибкою, величина якої залежить від розрядності коду часової затримки m_b . Оскільки максимально можливе значення затримки дорівнює NT , а кількість рівнів квантування часової затримки – 2^{m_b} , то крок квантування становить [2]

$$\Delta_\tau = \frac{N \times T}{2^{m_b}}. \quad (1)$$

Середньоквадратична сумарна відносна похибка з врахуванням виразів [2]

$$\delta_i^2 = \frac{\varepsilon^2}{12} \times \left[a_i \times A + b \times B + C + \frac{N^2 \times \rho^2}{4^{m_b} \times n_{ef}^2} \right], \quad (2)$$

де $a_i = F \times n_c / n_{ef}$; b – кількість РКВ на періоді T_n ; $F = K_n \times \rho - 1$; ρ – завантаженість каналу зв'язку; $K_n = T_n / T$ – відносний період коригування.

$$A = 12 \times \left[\frac{P_{emp} \times (1 + P_{emp})}{(1 - P_{emp})^2} + P \times (M_a + M_b + 2) + \frac{M_a \times P \times (n_{ef} - 1)}{n_c - 1 + M_a \times P \times (n_{ef} - 1)} \right];$$

$$B = 12 \times \left[\frac{P_e \times (1 + P_e)}{(1 - P_e)^2} + P \times (M_{inp} + M_b + 1) + \frac{2^{M_{inp}} - 1}{M_{inp}} \times \frac{M_a \times P \times (n_{ef} - 1)}{n_c - 1 + M_a \times P \times (n_{ef} - 1)} \right];$$

$$C = 1 + 12 \times \left[\frac{P_{emp} \times (1 + P_{emp})}{(1 - P_{emp})^2} + P \times (M_i + M_b + 2) \right].$$

Еквівалентна кількість символів на один відлік

$$M_c = \frac{(M_a + M_b + 2) \times a_i \times (b + 1) + (M_{inp} + M_b + 1) \times b + M_i + M_b + 2}{(a_i + 1) \times (b + 1)}, \quad (3)$$

де M_a, M_i, M_{inp} – розрядності адресної частини (приросту, РКВ та ПКВ), інформаційної ПКВ та інформаційної РКВ, відповідно; P_e, P – ймовірності втрат відліків у БЗП та збою одиничного символу відліку, відповідно; n_{ef}, n_c – ефективна кількість джерел сукупності та загальна кількість опрацьовуваних джерел, відповідно.

Значення для пропускної здатності каналу зв'язку

$$\frac{R}{\omega_\Sigma} = \frac{(M_a + M_b + 2) \times (b + 1) \times n_c \times F + ((M_{inp} + M_b + 1) \times b + M_i + M_b + 2) \times n_{ef}}{\sqrt{6\pi} \times \delta_{don} \times (b + 1) \times \rho \times (F \times n_c + n_{ef})} \times \sqrt{\frac{F}{n_{ef}} \times n_c \times A + b \times B + C + \frac{N^2 \times \rho^2}{4^{m_b} \times n_{ef}^2}}. \quad (4)$$

Можна розглянути найгірший випадок, коли $F n_c = (2^{M_{inp}} - 1) n_{ef}$, тобто досліджуваний процес є монотонним.

Оптимальні значення періоду K_n та кількості РКВ ν при цьому

$$K_{nonm} = \frac{1}{\rho} \times \left(\left(2^{M_{inp}} - 1 \right) \times \frac{n_{ef}}{n_c} + 1 \right); \quad (5)$$

$$b_{onm} = d + \sqrt{d^2 + \frac{4d \times \left(a \times A + C - B + \frac{N^2 \times \rho^2}{4^{m_b} \times n_{ef}^2} \right)}{B}} - 1, \quad (6)$$

$$\text{де } d = \frac{m_i - m_{inp} + 1}{2((m_a + m_b + 2) \times a + m_{inp} + m_b + 1)}.$$

Вираз (4) матиме також часткові оптимуми по m_b та m_{inp} , оскільки оптимальні значення останніх можуть не бути цілими числами, а реальні значення повинні бути лише цілими.

На рис. 2 побудовані графічні залежності $(R/\omega_\Sigma)_{min} = f(n_{ef}, P)$ для $\delta_{don} = 0,06$ (1%), $M_a = 4,9$ та $N = 100$ як для адаптивної системи (штрихова лінія), так і для вищерозглянутої з подвійним передаванням приростів (суцільна) та постійним періодом коригування.

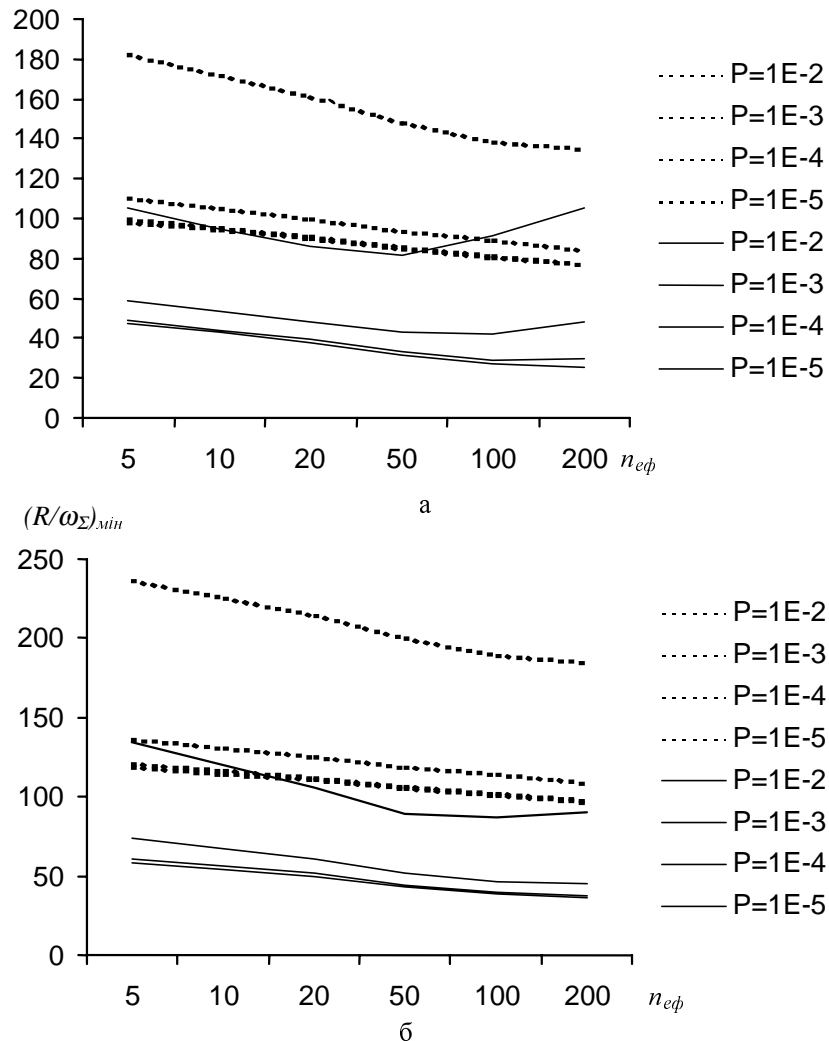


Рис. 2. Залежності мінімуму пропускної здатності каналу зв'язку для адаптивної системи та різницево-адаптивної з подвійним передаванням приростів ($T_k = const$)

Аналіз наведених залежностей показує, що різницево-адаптивна система ефективна від адаптивної для $M_a = 4;9$ та $P = 10^{-2}-10^{-5}$ в 1,5–2,5 рази, причому ефективність зменшується з ростом P та незначно зі зменшенням M_a .

Найбільший внесок у сумарну похибку відновлення для $M_a = 4$ та $P = 10^{-5}-10^{-3}$ дає похибка квантування, змінюючись у межах 65–73 %, 58–65 % та 35–43 %, відповідно.

При $P = 10^{-5}$ другою за значущістю є похибка зсуву, що змінюється в межах 10–20 %.

При $P = 10^{-2}$ домінуючими є похибки збою приростів 21–25 %, від появи хибних відліків, яка зростає зі збільшенням n_{ef} від 8 % ($n_{ef} = 5$) до 45 % ($n_{ef} = 200$) та збою ПВЗ, що при аналогічному зростанні n_{ef} зменшується від 30 до 16 %.

Для $M_a = 9$ та $P = 10^{-5}-10^{-3}$ домінує вплив похибки квантування – 67–72 %, 61–65 % та 41–45 %, відповідно. Внесок другої за значущістю похибки збою ПВЗ для $P = 10^{-3}$ становить 22–24 %.

При $P = 10^{-2}$ домінуючими є похибки збою ПВЗ – 28–32 %, приростів – 27–33 % та квантування – 15–18 %.

1. Авдеев Б.Я., Антонюк Е.М., Долинов С.Н. и др. *Адаптивные телеизмерительные системы* / Под ред. А.В. Фремке. – М., 1981. 2. Калашиников И.Д., Степанов В.С., Чуркин А.В. *Адаптивные системы сбора и передачи информации*. – М., 1975. 3. Івахів О., Мочернюк Ю., Пучинський Б., Шигера І. *Багатоканальна різницево-адаптивна система з кодуванням тривалості затримки. Materiały 8 międzynarodowego seminarium metrologów*. – Rzeszów, 2000. – S. 93–98.