

Gdansk '98", Sept.15-18, 1998. Tom 3. P. 84-88. 36. Ivakhiv O., Kowalczyk A., Velgan R.: *Intelligent Programmable Measurement System // Proceeding of the 16-th World IMEKO Congress, Vol.IX, topic 30 Artificial Intelligence in Measurement Techniques, Sept.25-28, 2000, Vienna, Austria. P.341 345.* 37. Cover T., Thomas J. *Elements of Information Theory. John Wiley & Sons.Inc. New York/Chichester/Brisbane/Toronto/Singapore. 1991. 542 p.* 38. Ivakhiv O., Kowalczyk A., Viblii R.: *Intelligent Measuring System Simulation// Book of Abstracts. The 16-th IMACS World Congress on Scientific Computation, Applied Mathematics and Simulation, Lausanne Switzerland, August 21-*

25, 2000. P.460. 39. Быков В.В. *Цифровое моделирование в статистической радиотехнике.* М., 1971. 40. Калашиников И.Д., Степанов В.С., Чуркин А.В. *Адаптивные системы сбора и передачи информации.* М., 1975. 41. Карлов А.А., Калашиников М.Д., Комов В.Л. *Проектирование устройств систем передачи информации на автоматизированных моделях.* М., 1985. 42. Kleirock L.: *Queueing Systems. Volume I. Theory. A Wiley Interscience Publications, John Wiley & Sons, New-York Sydney Toronto. 1975.* 43. Kleirock L.: *Queueing Systems. Volume II: Computer Applications, John Wiley & Sons, New-York Sydney Toronto. 1976.*

УДК 621.398

РІЗНИЦЕВО-АДАПТИВНА БАГАТОТОЧКОВА СИСТЕМА З КОМБІНОВАНИМ ПЕРЕДАВАННЯМ ВІДЛІКІВ

© Ігор Шигера, 2000

Національний університет "Львівська політехніка", кафедра "Інформаційно-вимірювальна техніка",
вул. С.Бандери, 12, 79013, Львів, Україна

*Описано різницево-адаптивну систему з комбінованим передаванням відліків. Отримано вирази
для оцінки необхідної швидкості передавання інформації.*

*Описана разностно-адаптивная система с комбинированной передачей базового отсчета.
Получены выражения для оценки требуемой скорости передачи информации.*

*The difference adaptive system with combination transmission markings is investigated in this paper.
The data rate estimation expression for is found.*

Зростання складності об'єктів вимірювань неминує призводить до збільшення обсягів інформації, яка надходить від об'єкта до споживача через канал зв'язку. Водночас із суттєвими для одержувача повідомленнями по каналу зв'язку передається значна кількість надлишкових. Однією з основних причин наявності надлишковості під час передавання неперервних сигналів є їх нестационарність.

У багатоточкових системах, побудованих за принципом рівномірного (циклічного) опитування давачів, крок опитування вибирають, виходячи з максимально можливого значення частоти найбільш інтенсивного процесу сукупності [1]. Це значно зменшує ефективність використання каналу зв'язку.

Адаптивні системи дають змогу усунути передавання надлишкових повідомлень, що дозволяє зменшити вимоги до необхідної пропускної здатності каналу зв'язку, об'єми пам'яті та швидкодію периферійних пристроїв на приймальній стороні [2,3]. Пропускна здатність каналу зв'язку має узгоджуватися зі

смугою частот процесу і, внаслідок нестационарності останнього, є змінною.

Різницево-адаптивні системи не лише усувають надлишкові повідомлення, але й зменшують обсяг суттєвих через передавання після повного вибіркового значення (ПВЗ) приростів – інформації про досягнення процесом певних рівнів, на які поділений весь діапазон можливих значень процесу, та його поведінку (збільшення, зменшення чи незмінність).

Для обнулення похибки накопичення, що постійно наростає внаслідок дії завад у каналі зв'язку, фіксується період коригування [4], кількість приростів, однакова для кожного джерела сукупності [5] або застосовується подвійне передавання приростів [6].

У роботі [7] описано різницево-адаптивну систему з передаванням базового відліку, яка поєднує переваги різницево-адаптивної і адаптивної систем: зменшення обсягів суттєвих повідомлень та відсутність похибки накопичення відповідно.

Можливе подальше зменшення обсягів суттєвих повідомлень при використанні такого алгоритму: для кожного i -го джерела ($i=1, \dots, n_c$, де n_c - кількість процесів (джерел) сукупності) спочатку передається ПВЗ-базовий відлік, після чого виводяться різницеві відліки-різниця між черговим ПВЗ цього джерела, що підлягає передаванню в даний момент часу, та його базовим відліком. Після досягнення модулем різниці заданого значення передається фіксована кількість приростів a цього джерела, відтак передається ПВЗ-новий базовий відлік і далі робота системи повторюється. Часові діаграми та структура кадру повідомлення для i -го джерела зображені на рис.1, а структурна схема системи – на рис.2.

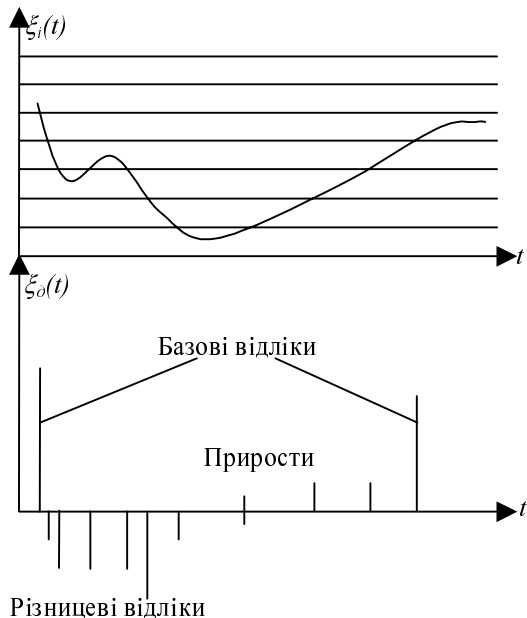


Рис.1. Часові діаграми роботи системи з комбінованим передаванням відліків

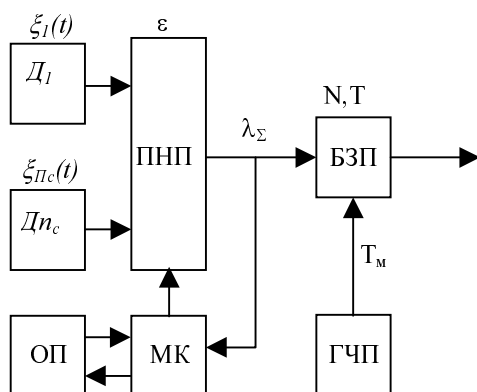


Рис.2. Структурна схема системи з комбінованим передаванням відліків

З давачів D_1, \dots, D_{n_c} на прогнозер нульового порядку ПНП надходять неперервні процеси $\xi_1(t), \dots, \xi_{n_c}(t)$. На виході ПНП утворюються суттєві відліки лише при перетині i -м процесом будь-якого рівня квантування з шириною Δ . Суттєві відліки, що з'являються на виході ПНП у випадкові моменти часу, записуються в N комірок буферного запам'ятовуючого пристрою БЗП, куди також записуються позначки часу, які з регулярним періодом T_m надходять з генератора часових позначок ГЧП. Із БЗП повідомлення, вже записані в його комітках (базові і різницеві відліки, позначки часу та прирости) виводяться на передавання в канал зв'язку з регулярним періодом T . Мікроконтролер МК, керуючи роботою ПНП, проводить необхідні обчислення (визначення модуля різницевого відліку та підрахунок кількості переданих приростів для кожного джерела). В оперативній пам'яті ОП зберігаються та поновлюються значення базових та різницевих відліків і кількості приростів для кожного джерела.

Значення середньоквадратичної сумарної похибки з урахуванням виразів для окремих складових [5, 7]

$$\delta_i^2 = \frac{\varepsilon^2}{12} \times \left[a \times A + B + C + \frac{2(K_m \rho - 1)}{n_{ef}^2} \right], \quad (1)$$

де $A = 12 \left[D + P \times (M_a + M_{inp} + 1) + \frac{M_a \times P \times (n_{ef} - 1)}{n_c - 1 + M_a \times P \times (n_{ef} - 1)} \right];$

$$B = 1 + 12 [D + P \times (M_a + M_i + 2)];$$

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

$$D = \frac{P_a \times (1 + P_a)}{(1 - P_a)^2}; \quad P_b, P - \text{ймовірності від втрат внаслідок переповнення БЗП [2] та збою двійкового символу у каналі зв'язку, відповідно; } M_a, M_i, M_{inp} - \text{розрядність адресної та інформаційних частин базового і різницевого відліків, відповідно; } n_{ef} = \frac{\lambda_\Sigma}{\lambda_i} - \text{ефективна кількість джерел сукупності; } K_m = \frac{T_m}{T} - \text{відносний період позначок часу; } \rho - \text{коефіцієнт завантаження каналу зв'язку; } \varepsilon - \text{відносна апертура [2]; } \lambda_\Sigma, \lambda_i - \text{інтенсивності потоку відліків від всіх джерел сукупності та від } i\text{-го джерела, відповідно.}$$

літок переповнення БЗП [2] та збою двійкового символу у каналі зв'язку, відповідно; M_a, M_i, M_{inp} – розрядність адресної та інформаційних частин базового і різницевого відліків, відповідно; $n_{ef} = \frac{\lambda_\Sigma}{\lambda_i}$ – ефективна кількість джерел сукупності; $K_m = \frac{T_m}{T}$ – відносний період позначок часу; ρ – коефіцієнт завантаження каналу зв'язку; ε – відносна апертура [2]; $\lambda_\Sigma, \lambda_i$ – інтенсивності потоку відліків від всіх джерел сукупності та від i -го джерела, відповідно.

Вираз для пропускної здатності каналу зв'язку

$$\frac{R}{\omega_{\Sigma}} = \frac{(M_a + 2) \times a + (M_a + M_{imp} + 2) \times \nu + M_a + M_i + 2}{\sqrt{6\pi} \times \delta_{\text{дон}} \times (K_M \times \rho - 1) \times (a + \nu + 1)} \times K_M \times \left[a \times A + B + C + \frac{2(K_M \rho - 1)}{n_{\text{эф}}^2} \right] \quad (2)$$

де ν – кількість різницевих відліків i -го джерела між його двома найближчими базовими відліками.

Оптимальні значення K_M та a

$$K_{M_{\text{опт}}} = \frac{1}{\rho} \times \left\{ 1,5 + \sqrt{0,25 + n_{\text{эф}}^2 \times (a \times A + B + C)} \right\}, \quad (3)$$

$$a_{\text{опт}} = E + \sqrt{E^2 + F}, \quad (4)$$

де $E = \frac{(M_{imp} - 1) \times \nu + M_i - 2(M_a + 2) \times (\nu + 1)}{2(M_a + 2)}$;

$$F = \frac{2((M_{imp} - 1) \times \nu + M_i) \times \left(B + C + 2 \times \frac{K_M \times \rho - 1}{n_{\text{эф}}^2} \right)}{A \times (M_a + 2)} - \frac{A \times (\nu + 1) \times ((M_a + M_{imp} + 1) \times \nu + M_a + M_i + 2)}{A \times (M_a + 2)}$$

Оскільки значення ν є випадковим, що ускладнює аналіз параметрів описаної системи, то можна, штучно погіршивши її умови роботи, прийняти ν фіксованим [7], вважаючи, що i -й досліджуваний процес є монотонно зростаючим або спадаючим:

$$\nu = 2^{M_{imp} - 1} \quad (5)$$

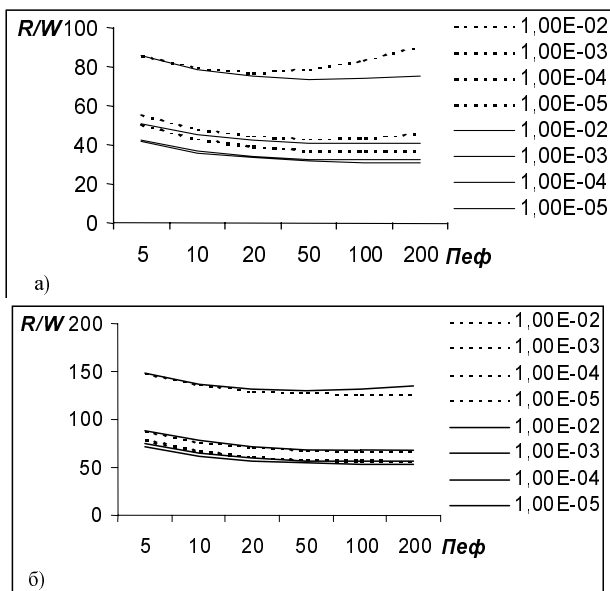
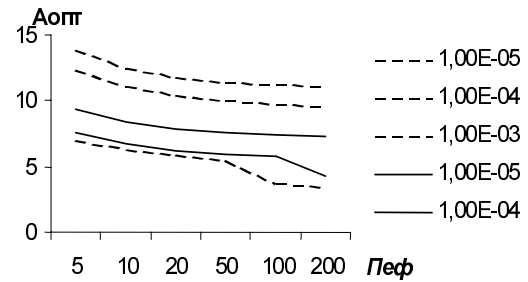
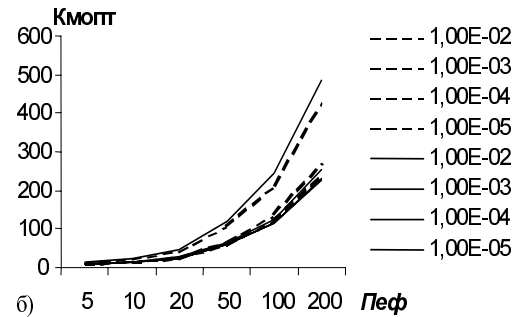


Рис. 3. Залежності мінімуму пропускної здатності каналу зв'язку для різницево-адаптивних систем з комбінованим передаванням та передаванням базового відліку



а)



б)

Рис. 4. Залежності оптимальних параметрів різницево-адаптивної системи з комбінованим передаванням відліків

На рис. 3 побудовано графіки для $\left(\frac{R}{\omega_{\Sigma}}\right)_{\text{мін}} = f(n_{\text{эф}}, P)$ при $M_a=4$ (а) та $M_a=9$ (б) для розглянутої системи з комбінованим передаванням (суцільна лінія) та описаної в [7] (штрихова лінія), а на рис.4,а), б) – графіки, відповідно, для $a_{\text{опт}} = \phi(n_{\text{эф}}, P)$, $K_{M_{\text{опт}}} = \gamma(n_{\text{эф}}, P)$ при $M_a=4$ (штрихова лінія) та $M_a=9$ (суцільна лінія).

Висновки

Різницево-адаптивна система з комбінованим передаванням відліків ефективніша за критерієм мінімуму пропускної здатності каналу зв'язку від описаної в [7] при невеликій кількості джерел сукупності (не більше ніж 20) для значень $P=10^{-2}$ - 10^{-5} , причому із зростанням P ця ефективність знижується. Проте для $P=10^{-2}$ та $n_{\text{эф}} \geq 15$ переваги розглянутої системи зростають із зростанням $n_{\text{эф}}$, внаслідок збільшення інтенсивності хибних відліків, що істотніше для різницевих відліків, ніж для приростів. Із зростанням кількості опрацьовуваних джерел (25-100) ефективність системи зменшується, при $n_c > 100$ для $P=10^{-2}$ - 10^{-3} система [7] переважає описану за критерієм мінімуму пропускної здатності каналу зв'язку, а при

$n_c > 500$ застосування розглянутої системи недоцільне для $P = 10^{-2} - 10^{-5}$.

1. Орнатский П.П. Теоретические основы информационно-измерительной техники. К., 1983. 2. Калашников И.Д., Степанов В.С., Чуркин А.В. Адаптивные системы сбора и передачи информации. М., 1975. 3. Пилипчук Н.И., Яковлев В.П. Адаптивная импульсно-кодовая модуляция. М., 1986. 4. Ивахив О.В., Пучинский Б.В., Шигера И.Ю. Разностно-адаптивная измерительная система // "Изв. ВУЗов. Приборостроение". 1988. Т.31. С. 25-29. 5. Ивахив О.В., Шигера И.Ю.

Різницево-адаптивна система з фіксованою кількістю приростів // Вісник ДУ "Львівська політехніка", 1996. №305. С.3-8. 6. Ивахив О.В., Шигера И.Ю. Різницево-адаптивна система з передаванням базового відліку // Вісник ДУ "Львівська політехніка", 1995. №292. С.14-20. 7. Шигера И. Різницево-адаптивна система з передаванням базового відліку // Вимірювальна техніка та метрологія, 2000. №56. С.148-150.