

УДК 002.6:681.06:638.253.231

І.Скатков

Сімферопольський державний технічний університет

АНАЛІЗ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ ОБРОБКИ ДИСКРЕТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Запропоновано метод підвищення якості передачі даних у дискретних каналах зв'язку, орієнтований на використання в автоматизованих системах виробництва і керування. Досліджено властивості відповідних алгоритмів адаптації і подано структуру адаптивної системи передачі даних.

На сьогодні нагромаджено значний досвід проектування та експлуатації автоматизованих систем виробництва і керування у різних сферах діяльності, який показує, що ефективність таких систем визначається якістю передачі даних, а саме їхньою швидкістю, заводо захищеністю, своєчасністю [1,2]. Тому цікавими є дослідження перспективних методів реалізації систем передачі даних, до яких, на наш погляд, у першу чергу, належить адаптивний підхід [3].

Постановка задачі

Метою даної статті є дослідження системи передачі дискретної інформації каналом зв'язку із шумами, вироблення методики розв'язку задачі пошуку оптимальних параметрів системи та створення процедур, що реалізують цю методику. Досліджувана система містить набір пов'язаних між собою компонентів і процесів, які схематично подано на рис. 1.

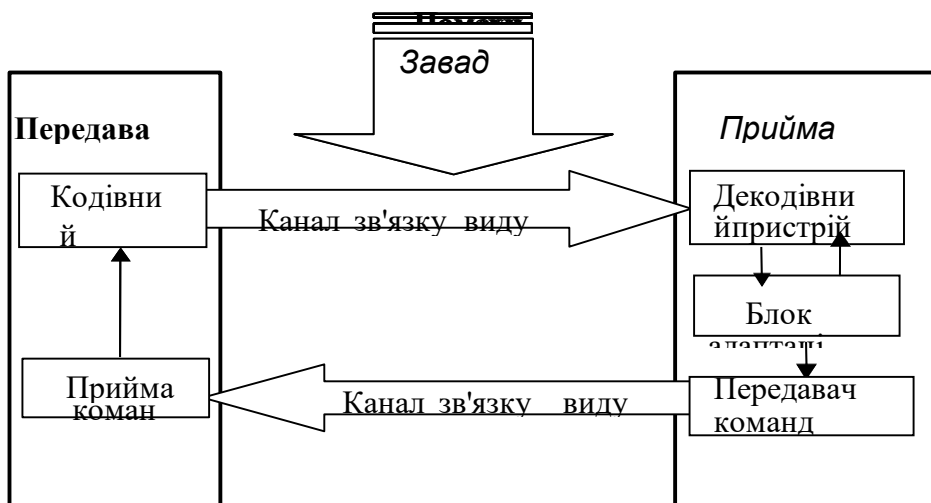


Рис. 1. Структура досліджуваної

Призначення системи. Задачі адаптації

Система призначена для передачі дискретної інформації каналом зв'язку. Передавач та приймач при передачі даних можуть спільно використовувати різні корективні коди для виправлення помилок внаслідок завод у каналі зв'язку виводу А. Різні коди мають різні корективні здібності для кожного виводу помилок. Вони також мають різну швидкістю, і, як правило, із збільшенням корективних можливостей коду його швидкістю зменшується.

При передачі інформації каналом зв'язку, символи, що мають корисну інформацію, чергуються з тестовими символами, що розподіляють інформаційні символи на

кадри. Довжина кадру відома і не змінюється з часом. При прийомі тестового символу приймач може правильно діагностувати стан каналу зв'язку за характером спотворень символу та у такий спосіб визначити види завад у каналі зв'язку в даний момент. Приймач містить адаптивний блок, що може визначити оптимальний код для виправлення виявленого виду помилок. Команда про використання цього коду передається передавачеві каналом виду В. Передбачається, що інформація, що передається каналом виду В, не спотворюється за рахунок зниження швидкості передачі, використання потужних кодів та в силу інших обставин. Після прийому команди передавач починає використовувати відповідний корективний код для передачі наступного кадру інформації.

Задачею адаптивного блоку є максимізація ефективності системи передачі даних (СПД).

Опис компонентів системи

Система складається з таких основних компонентів: приймач, канали зв'язку видів А та В, передавач.

Канал зв'язку виду А зашумлений, у ньому можуть бути дії деякої множини завад. Поділ завад за видами відбувається за обсягом спотворень, які вносяться в один переданий символ. Таким чином, під дією завад закодований символ a' може перетворитися на символ b' .

Кожен вид завади описується двома параметрами: ймовірністю виникнення e_j та середньою тривалістю $t_j \pm \Delta t_j$.

Множина цих параметрів для всіх видів завад характеризує стан каналу зв'язку. Якщо цей стан зберігається протягом певного проміжку часу, то він називається стійким.

При дослідженні алгоритмів адаптації передбачається, що з часом стійкі стани каналу зв'язку змінюють один одного у випадковому порядку. Приймач містить декодувальний пристрій, блок адаптації і передавач команд.

Декодувальний пристрій може використовувати той самий набір кодів, що й кодуєчий пристрій передавача. Роботу декодувального пристрою можна формально подати як перетворення отриманого закодованого i , можливо, спотвореного символу b' у розкодований символ b . Оскільки саме цей пристрій використовує корективні здібності кодів, опишемо тут і самі коди.

Корективною здатністю коду c_i для помилки виду e_j називається ймовірність p_{ij} успішного виправлення символу, спотвореного даною помилкою. Корективний код має ймовірність p^{ij} виявлення помилки, якої він виправити не може, та ймовірність p_e^{ij} того, що при використанні коду c_i помилка не буде виявлена, тобто

$$p_{ij} + p^{ij} + p_e^{ij} = 1. \quad (1)$$

Корективні здібності кодів та їхньої швидкодії подано у таблиці 1

Таблиця 1

Корективна здатність та швидкодія кодів

	e_1	...	e_m	W
C_1	$p_{11}; p^{11}$...	$p_{1m}; p^{1m}$	w_1
...
C_n	$p_{n1}; p^{n1}$...	$p_{nm}; p^{nm}$	w_n

де $w_n (i \in 1..n)$ – відносна швидкодія корективних кодів.

Завади поділяються на види за обсягом внесених спотворень, тому варто мати набір кодів із зростаючими корективними здібностями.

Декодувальний пристрій виконує такі функції: декодування прийнятого символу і визначення успішності передачі символу.

Задача блоку адаптації полягає у зборі статистики появи видів завад та виборі оптимального коду для передачі наступного кадру. Оптимальним кодом вважається код максимальної ефективності.

Спосіб адаптації з обчисленням ймовірностей завад

Впровадимо поняття контексту як певну кількість послідовних кадрів інформації. Кількість кадрів у контексті назвемо глибиною контексту N_c . Розглянутий адаптивний алгоритм має базуватися на ймовірності завад, отриманих з контексту. Наприклад, ймовірність j -го виду завади визначатиметься як відношення кількості реєстрацій цього виду завади до глибини контексту, тобто

$$e'_j = \frac{n_j}{N_c}. \quad (2)$$

В ідеальному випадку контекст повинен складатися лише із спостережень останніх N_c кадрів. Але в цьому випадку процедура нагромадження статистики буде досить складною, оскільки при прийомі наступного кадру передбачено знищувати застарілі події і додавати нові, а це в свою чергу призведе до необхідності збереження моментів часу подій [3].

Як альтернатива пропонується такий підхід.

Припустимо, що апіорі відомо деякі ймовірності завад. На підставі стану каналу зв'язку заповнюється поточний контекст, тобто підраховуються лише випадки спостереження завад кожного виду. Поточні ймовірності завад обчислюються як відношення випадків спостереження завади даного виду до кількості зроблених спостережень. При розрахунку очікуваних ймовірностей завад апіорні і поточні дані враховуються з різними ваговими категоріями, причому, із заповненням поточного контексту, його вага лінійно змінюється від 0 до 1, а вага апіорних даних від 1 до 0, тобто

$$e'_j = \frac{n_j}{N_{CUR}}, \quad (3)$$

$$e_j^* = (1-\eta)e_j + \eta e'_j, \quad (4)$$

$$\eta = \frac{N_{CUR}}{N_c}, \quad (5)$$

де N_c – глибина заповнюваного контексту;
 N_{CUR} – кількість спостережень, які зроблено для заповнюваного контексту (кількість кадрів);
 e_j^* – очікувана ймовірність j -го виду завади;
 e_j – апіорна ймовірність j -го виду завади;
 e'_j – поточна ймовірність j -го виду завади.

Як тільки контекст заповнено, його дані запам'ятовуються як апіорні, а довжина поточного контексту встановлюється рівною нулю. Після прийому наступного кадру поточні ймовірності підлягають переобрахунку.

Таким чином, система динамічно переходить від одного контексту до іншого.

Модифікований спосіб адаптації з обчисленням оцінок ймовірностей завад

Другий запропонований метод адаптації побудований на основі першого, але містить ряд модифікацій, а саме:

- якщо вид поточної завади дорівнює видові попередньої завади, то лічильник завад цього виду збільшується не на 1, а на 2;
- під час прийому кадру реєструються помилки, не виправлені кодом, і якщо такі помилки були, лічильник останньої виявленої зменшується на 1, замість цього реєструється завада наступного за потужністю виду шляхом збільшення відповідного лічильника на 1;

- за тими ж формулами обчислюються тепер не самі ймовірності, а оцінки ймовірностей, і код вибивається на основі оцінювання ймовірностей тим самим методом.

Цей метод з великою вагою враховує продовжувані у часі завади, і тому орієнтований на канали зв'язку, стан яких змінюється рідше і на триваліший період.

Алгоритм функціонування блоку адаптації

Через несуттєві для реалізації відмінності двох описаних вище способів їхні алгоритми подаються разом. У круглих дужках вказано номер способу адаптації, для якого реалізовується даний крок.

1. Ініціалізація.

1.1.(1,2) Перед початком роботи системи з усіма видами завад порівнюється однакова ймовірність $1/m$ (для m видів завад), біжучий контекст зменшується до довжини 0.

2. Процес прийняття кадру.

2.1. (2) Реєструються не виправлені помилки.

3. Прийнято тестовий символ.

3.1. (2) Якщо зареєстровано не виправлені помилки, то лічильник останньої виявленої зменшується на 1, замість цього реєструється завада наступного за потужністю виду шляхом збільшення відповідного лічильника на 1.

3.2. (1,2) За характером спотворень тестового символу визначається вид завади, лічильник виявлень цього виду завади збільшується на 1, довжина поточного контексту також збільшується на 1.

3.3. (1) Перераховуються поточні та очікувані ймовірності завад.

3.4. (2) Перераховуються поточні та очікувані оцінки ймовірностей завад.

3.5. (1,2) Якщо є вид завад з більш сильними спотвореннями і при цьому з більш високою ймовірністю (оцінкою), тоді оптимальний код визначається для цього виду завади, інакше для останньої виявленої. Оптимальний код – це код з ймовірністю виправлення даного виду помилки, що дорівнює 1, і мінімальною вартістю.

3.6. (1,2) Якщо довжина поточного контексту досягла його глибини (контекст заповнився), тоді його ймовірності (оцінки) переносяться в попередній контекст, а сам він зменшується до довжини 0. Керування переходить на крок II.

Блок адаптації після вибору оптимального коду повідомляє його декодувальному пристроєві та передавачеві команд.

Оцінка якості системи

Якість системи оцінюватимемо за спеціально побудованою цільовою функцією, що виглядає так:

$$C = c_a \frac{\sum_{k=1}^N \psi_k(\omega)}{N} \frac{d}{d+1} - c_b \frac{d \sum_{i=1}^n n_i w_i}{N}, \quad (6)$$

$$d \sum_{i=1}^n n_i = N, \quad (7)$$

де $\psi_k(\omega)$ - функція вірогідності передачі k -го символу;

$$\psi(\omega) = \begin{cases} 0, & a \neq b, \\ 1, & a = b \end{cases}$$

ω - елементарний результат,

ПРИЛАДОБУДУВАННЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ

k - порядковий номер інформаційного символу ($k \in 1..N$),
 N - кількість переданих інформаційних символів,
 d - довжина кадру,
 n_i - кількість кадрів, при передачі яких було використано i - корективний код,
 c_a, c_b - вагові коефіцієнти вартостей.

Перший доданок функції якості відповідає поданому прибуткові від передачі одного символу. Другий доданок - подані вартості передачі одного символу.

Дослідимо перший доданок функції прибутку з метою визначення довжини кадру для робочої точки.

Прийmemo

$$\Psi = \frac{\sum_{k=1}^N \Psi_k(\omega)}{N}. \tag{8}$$

Тоді перший доданок без вагового коефіцієнта виглядатиме так $\Psi \frac{d}{d+1}$.

Протабулюємо отриману функцію

$$y(\Psi) = \Psi \frac{d}{d+1} \tag{9}$$

за ψ з різними d . Результати подані в таблиці 1. Аналіз її вмісту показує, що, починаючи з довжини кадру, що дорівнює 106, збільшення все зменшує значення функції $y(\psi)$. Тому як довжину кадру робочої точки можна вибрати його довжину, що дорівнює 106.

Таблиця 1

Залежність функції (Ψ) від надійності передачі даних Ψ для різних довжин кадрів d

	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1
Довжина кадру 7	0,6125	0,65625	0,7	0,74375	0,7875	0,83125	0,875
Довжина кадру 14	0,653333333	0,7	0,746666667	0,793333333	0,84	0,886666667	0,933333333
Довжина кадру 28	0,675862069	0,724137931	0,772413793	0,820689655	0,868965517	0,917241379	0,965517241
Довжина кадру 55	0,6875	0,736607143	0,785714286	0,834821429	0,883928571	0,933035714	0,982142857
Довжина кадру 106	0,693457944	0,742990654	0,792523364	0,842056075	0,891588785	0,941121495	0,990654206
Довжина кадру 207	0,696634615	0,746394231	0,796153846	0,845913462	0,895673077	0,945432692	0,995192308
Довжина кадру 403	0,698267327	0,748143564	0,798019802	0,84789604	0,897772277	0,947648515	0,997524752
Довжина кадру 786	0,699110546	0,749047014	0,798983482	0,848919949	0,898856417	0,948792884	0,998729352

Запропонований підхід досліджено для різних реальних каналів передачі дискретної інформації, причому він показав свою значно вищу ефективність порівняно з каналами без адаптації. Подамо на закінчення типову таблицю з апріорною інформацією для реалізації запропонованого способу.

Таблиця 2

Вихідні дані для реалізації адаптивних алгоритмів

Параметр	Значення
Коректуючі здібності кодів	$P = \begin{pmatrix} 1 & 0.2 & 0.05 \\ 1 & 1 & 0.2 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$, $P^{\wedge} = \begin{pmatrix} 0 & 0.3 & 0.2 \\ 0 & 0 & 0.3 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$
Вартості кодів	$W=(1, 2, 4)$
Стійкі стани каналу зв'язку	$E_1=(0.9, 0.05, 0.05)$ $T_1=(40, 5, 5)$ $\Delta T_1=(10, 2, 2)$
	$E_2=(0.3, 0.6, 0.1)$ $T_2=(10, 40, 5)$ $\Delta T_2=(5, 10, 2)$
	$E_3=(0.25, 0.25, 0.5)$ $T_3=(6, 10, 10)$ $\Delta T_3=(3, 9, 5)$
Тривалість стійкого стану каналу зв'язку (у символах)	$20 \pm 20\%$, $403 \pm 20\%$, $1097 \pm 20\%$, $2981 \pm 20\%$, $8103 \pm 20\%$, $22026 \pm 20\%$, $59874 \pm 20\%$
Робоча точка - Довжина кадру - Глибина контексту - Тривалість стійкого стану каналу зв'язку	106 символів 52 кадри $8103 \pm 20\%$ символів
Вагові коефіцієнти C_a C_b	10 1

Method of increasing quality of data transmit in discrete communication channel for using in automatic control system, is presented. Properties of adaptation algorithms are investigated, and structure of adaptive systems for data transmit is showed.

Література

1. Меньшин Г.Г., Кирпич С.В. Обеспечение качества функционирования автоматизированных систем. – Минск: Наука и техника, 1986. - 222 с.
2. Янбых Г.Ф., Столяров Б.А. Оптимизация информационно-вычислительных сетей. – М.: Радио и связь, 1987. – 232 с.
3. Дурандин К.П., Ефремов В.Д. и др. Моделирование сложных систем с использованием сетей массового обслуживания. – Л.: ЛПИ, 1981. – 83 с.

Одержано 11.01.2002 р.