

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

Ованченко Євген Леонідович

Синтез алгоритмів комбінаторного кодування на основі
багатозначних біноміальних систем числення.

05.13.04 - АСУ та системи обробки інформації

Автореферат дисертації на здобуття ступеня
кандидата технічних наук

Суми - 1996



00759661 (Y)

Дисертація є рукопис.

Роботу виконано на кафедрі "Підприємства економіки"
Сумського державного університету (СумДУ).

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Борисенко Олексій Андрійович.

Офіційні опоненти: 1. Доктор технічних наук, професор
Кривуля Геннадій Федорович.
2. Кандидат технічних наук, доцент
Самойленко Микола Іванович.

Провідна установа: Акціонерне товариство "СЕЛМТ", м. Суми

Захист відбудеться 18 квітня 1996 р. о 14 год. на засіданні
спеціалізованої вченої ради К02.13.02 по присудженню вченого
ступеня кандидата технічних наук у Харківській державній
академії міського господарства за адресою:

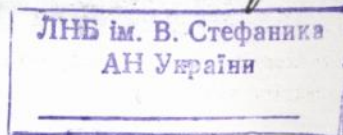
310002 м. Харків, вул. Революції, 12.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Харківської
державної академії міського господарства.

Автореферат розіслано "15" березня 1996 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради, к.т.н., доц.

Дядюн С. В.



ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Інформаційні процеси проходять в часі та мають в собі ряд етапів - отримання; збору, переробки, стискування, передачі, приймання, зберігання, обробки та видавання інформації споживачу. Для реалізації цих етапів використовуються різноманітні технічні засоби. Вони складають інформаційні системи, під якими розуміються всілякі системи, призначені для реалізації інформаційних процесів або їх етапів. Синтез інформаційних систем в загальному випадку являє складну задачу і потребує додаткових досліджень. Це стосується перш за все тих інформаційних систем, для яких необхідно отримання екстремальних характеристик по надійності або продуктивності. Такі системи особливо часто потрібні в системах керування та зв'язку. В них часто вирішується не одна інформаційна задача, а декілька. Все це приводить до проблематичності рішення задач синтезу інформаційних систем та ставить її на порядок денний технічного прогресу.

Знайти рішення цієї задачі набагато легше, якщо будуть вирішені дві інформаційні задачі - стискування інформації та введення надлишковості для збільшення надійності при передачі або при зберіганні інформації. Вони доповнюють одна одну, складаючи разом єдиний інформаційний процес. До них відносять задачу нумерації, пошуку, завадостійкого кодування. Останнє має особливе значення тому, що вимоги до достовірності інформації, що передається, стають все більш жорсткими в зв'язку з зростанням інформатизації виробництва та суспільства. Але при цьому важливим є підвищення швидкості передачі інформації, що суперечить першій задачі. Розв'язати цю суперечність можливо шляхом побудови гнучких кодів, спроможних пристосовуватися до мінливого рівня перешкод. На основі таких кодів будуються адаптивні системи зв'язку.

Метою дисертаційної роботи є розробка алгоритмів кодування, що оптимізують надійність та швидкість передачі інформації.

В основі передачі інформації лежать задачі ефективного кодування, зокрема, завадостійкого.

Завданням роботи є розробка методів синтезу алгоритмів завадостійкого комбінаторного кодування на основі багатозначних біноміальних систем числення.

Біноміальні системи числення також є комбінаторними, тому розв'язанням цього завдання є сукупність реалізації наступних етапів:

розробки математичної моделі системи передачі інформації на основі комбінаторного кодування;

розробки засобів оцінки ефективності комбінаторних кодів;

синтезу комбінаторних кодів на основі біноміальних чисел з багатозначною структурою;

реалізації отриманих алгоритмів у вигляді ефективних апаратурних рішень.

Оснoву рішення поставленої задачі складає принцип структурної відповідності, згідно з яким перетворення інформації спочатку відбувається на числовому рівні, а потім, при введенні в ці послідовності додаткової (ап'юріорної) інформації, на більш високому рівні, що відповідає максимальній їх надмірності.

Наукова новизна. Розроблені:

математична модель передачі інформації на основі комбінаторних кодів;

алгоритми формування комбінаторних кодів на основі багатозначних біноміальних чисел;

методи оцінки завадостійкості комбінаторних кодів.

Практична цінність. Розроблені алгоритми синтезу комбінаторних кодів на основі біноміальних чисел та оцінка їх ефективності, а також на базі цих алгоритмів розроблені кодуючі та декодуючі пристрої, які використовувались при побудові спеціалізованих інформаційно - керуючих систем роботизованих комплексів та систем автоматизованого контролю виробничими процесами при виконанні таких робіт:

1. Розробка експериментального зразка системи автоматичного керування гнучким виробничим модулем вертикально - фрезерної обробки;

2. Розробка автомата контролю поршневих кілець;

3. Розробка спеціалізованого контролера агрегата на прикладі тягової електропередачі тепловоза;

4. Проведена розробка інтегральної мікросхеми відмовостійкого розподільника імпульсів. Мікросхема виготовлена на базовому матричному кристалі КР 1545 ХМ1.

Апробація роботи. Наукові результати доповідались, обговорювались та були схвалені на таких конференціях: республіканська науково-технічна конференція "Функціонально орієнтовані обчислювальні системи." - Харків. 1986 р., всесоюзний науково-практичний семінар "Гнучке автоматизоване виробництво, його проектування, технологія та впровадження." - Москва. 1986 р.; науково-технічна конференція викладачів, співробітників та студентів Фізико-технічного інституту. - Суми. 1993 р.; міжнародна науково-методична конференція "Автоматизація конструювання виробів та проектування технологічних процесів в машинобудуванні." - Суми. 1994 р.; науково-технічна конференція "Техніка та фізика електронних систем та пристроїв." - Суми. 1995 р., а також на наукових семінарах Сумського державного університету.

Публікації. За матеріалами роботи опубліковано 18 друкованих робіт, серед яких 4 статті, 5 тез доповідей на всесоюзних та республіканських конференціях, 5 авторських свідоцтв, 4 звіти по науково-дослідних роботах, 1 стаття знаходиться у друку.

Структура та об'єм роботи. Дисертаційна робота складається з вступу, п'яти глав, висновків, списку використаної літератури, який містить 59 праць, додатка. Робота містить 128 сторінок основного тексту, 31 рисунок, 8 таблиць та 27 сторінок додатка.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі стисло висвітлено предмет дослідження, обґрунтовано актуальність теми, дано загальну характеристику роботи. Викладено: задачі, що розв'язуються; загальні положення, які виносяться на зхист; наукову новизну та практичну цінність результатів.

У першому розділі зроблено літературний огляд та аналіз систем передачі інформації з точки зору підвищення їх ефективності при роботі в умовах рівня завад, що змінюється. Із завадостійких кодів виділено і розглянуто більш докладно комбінаторні коди, розглянуто спосіб підвищення ефективності систем передачі інформації шляхом адаптації, а також їх можливі структури.

Сформульовано задачу досліджень, що містить в собі наступне: необхідно розробити алгоритми і пристрої комбінаторного кодування для передачі повідомлень на основі багатозначних біноміальних чисел, що забезпечують:

$$V^* = \max_{a \in A; y \in Y; p \in P_{\text{доп.}}} V(a, y, p)$$

при обмеженнях: $Q(a, y, p) \geq Q_{\text{доп.}}$; $C(a, y, p) \leq C_{\text{доп.}}$.

де: $V(a, y, p)$ - швидкість передачі інформації в залежності від застосованих алгоритмів - a , пристроїв - y , ймовірності p помилок, що виникли у каналі зв'язку.

A, Y - множина ймовірних алгоритмів і пристроїв передачі інформації.

$Q(a, y, p), C(a, y, p)$ - достовірність та вартість передачі інформації по каналах зв'язку у залежності від застосованих алгоритмів, пристроїв і вірогідності помилок.

$Q_{\text{доп.}}, C_{\text{доп.}}, P_{\text{доп.}}$ - допустимі значення достовірності і вартості алгоритмів та пристроїв передачі інформації, а також ймовірності помилок у каналах зв'язку.

Сформульовано задачу передачі, виявлення і виправлення помилок на основі комбінаторних кодів, що вирішується таким чином. На основі багатозначних біноміальних систем числення розробляються методи і алгоритми перетворення заданих двійкових слів у комбінаторні коди, які виправляють чи виявляють помилки у випадку наявності завад, що змінюються за інтенсивністю. При цьому вирішується задача самоконтролю кодуєчих і декодуєчих пристроїв.

В результаті досягається максимальна швидкість передачі інформації при обмеженнях на допустиму ймовірність помилок при мінливих зовнішніх умовах, що діють на систему зв'язку.

У другому розділі запропоновано математичну модель і оцінки ефективності комбінаторних систем передачі інформації з кінцевим бернуллівським джерелом.

Для кода на одне сполучення (з постійною вагою) довжиною n і вагою k кількість дозволених слів $M = C_n^k$. Тому кількість інформації, що передається одним словом, при векторному способі передачі інформації, тобто у вигляді двійкових послідовностей $-J_B = \log_2 M = \log_2 C_n^k$, а надмірність $-I_B = n - \log_2 C_n^k$.

Коефіцієнт стискання у цьому випадку $-\mu_s = \frac{J_B}{n} = \frac{\log_2 C_n^k}{n}$.

При адресному способі передачі, тобто при кодуванні двійкових слів адресами одиниць або нулів, що містяться в них,

$$J_n = J_n, \text{ а довжина слова: } I_n^* = k \log_2 n.$$

Тому

$$I_a = k \log_2 n - \log_2 C_n^k; \quad \mu_n = \frac{\log_2 C_n^k}{k \log_2 n}.$$

Оцінки ефективності коду на одне сполучення мають вигляд:

$$\frac{n}{\log_2 n} \geq K \geq \frac{n}{\log_2 n} \log_2 n - 1.$$

При виконанні цієї умови надмірність адресного засобу передачі менше векторного.

Комбінаторне джерело, яке генерує слова довжиною n з заданим числом одиниць k , у залежності від способу кодування - векторного чи адресного, має різну величину надмірності i , відповідно, різний коефіцієнт зтискання інформації. На практиці цю властивість треба враховувати чи з метою зменшення часу передачі або місткості пам'яті при її збереженні, чи з метою підвищення завадостійкості слів, що передаються.

Кінцеве комбінаторне джерело, окрім сполучень, може генерувати й інші комбінаторні конфігурації, такі як сполучення з повтореннями, композиції. Оцінки ефективності їх передачі мають наступний вигляд:

Для сполучення з повторенням

$$\frac{n}{\log_2 m} \geq K_{\text{сп}} \geq \frac{n}{\log_2 m} (\log_2 m - 1).$$

Для композицій

$$\frac{n}{\log_2 m} - 1 \geq K_{\text{км}} \geq 1 + \frac{n}{\log_2 m} (\log_2 m - 1).$$

Традиційна оцінка завадостійкості кодів, яка використовує мінімальну кодову відстань, малоефективна для комбінаторних кодів, що є неподільними. Більш ефективним є підхід, який дозволяє вираховувати частку помилкових комбінацій, що можуть бути виявлені та не можуть бути виявлені, з урахуванням ймовірності P_i генерування слів джерелом інформації та ймовірностей переходу

дозволеного слова в заборонене p_i^* , переходу дозволеного слова в інше дозволене p_i^* та переходу дозволеного слова в само себе p_i^i .

Частина помилкових комбінацій, що може бути виявлена

$$Z = \sum_{i=1}^M \mathcal{P}_i P_i^3 = \sum_{i=1}^M \sum_{j=M+1}^N \mathcal{P}_i P_{ij}^3;$$

де P_{ij}^3 - ймовірність переходу i -го слова в j -те заборонене.

Частина помилкових комбінацій, що не можуть бути виявлені

$$V = \sum_{i=1}^M \mathcal{P}_i P_i^H = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1, j \neq i}^M \mathcal{P}_i P_{ij}^3;$$

де P_{ij}^H - ймовірність переходу i -го слова в j -те дозволене.

Для двійкових комбінаторних кодів:

$$Z = \sum_{i=1}^{C_n^k} \sum_{j=C_n^{k+1}}^{2^n} \mathcal{P}_i P_{ij}^3; \quad V = \sum_{i=1}^{C_n^k} \sum_{j=1, j \neq i}^{C_n^k} \mathcal{P}_i P_{ij}^H.$$

Розроблені алгоритми оптимізації комбінаторних кодів по одному з показників - Z_{\max} або V_{\min} . Для одержання Z_{\max} і V_{\min} необхідно знайти умови максимізації чи мінімізації відповідний виразів. Для цього сформульовано і доведено наступне твердження.

Якщо надані дві послідовності позитивних чисел

$(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$; $(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$; $i = 1, 2, \dots, n$, то сума їх добутків

$$S = \sum_{i=1}^n \alpha_i \beta_i = S_{\max} \text{ при умові, що}$$

$$\alpha_1 \geq \alpha_2 \geq \dots \geq \alpha_n; \quad \beta_1 \geq \beta_2 \geq \dots \geq \beta_n \text{ та } S' = \sum_{i=1}^n \alpha_i \beta_i = S_{\min}$$

у випадку, коли $\alpha_1 \geq \alpha_2 \geq \dots \geq \alpha_n$; $\beta_1 \leq \beta_2 \leq \dots \leq \beta_n$.

Пр. цьому показано, що $P_{\text{ош. min}}$ досягається тільки при $V = V_{\min}$.

Таким чином, комбінаторні коди з точки зору вірогідності інформації, що передається, можна оцінити ймовірностями переходів у заборонені, дозволені та у вихідні кодові комбінації. Одер-

жано співвідношення, які дозволяють обчислити ці ймовірності на основі даних щодо вірогідності генерування повідомлень та появи помилок при їх передачі.

Для зменшення обсягів обчислювання зазначених ймовірних характеристик їх пропонується виконувати з застосуванням алгебри матриць.

Алгоритм обчислення ймовірності виявлених помилок Z , помилок, що не можуть бути виявлені V та правильних переходів Π з використанням алгебри матриць є таким. Складається канална матриця A_{MN} , за елементи якої використовуються ймовірності P_{ij} переходів M дозволених кодових комбінацій в N можливих, з яких $N - M$ комбінацій - заборонені.

$$A = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1M} & P_{1M+1} & \dots & P_{1N} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2M} & P_{2M+1} & \dots & P_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{M1} & P_{M2} & \dots & P_{MM} & P_{MM+1} & \dots & P_{MN} \end{bmatrix}$$

Проводиться розділення матриці $A = (G : F)$, на дві, де $G = [M \times M]$, а $F = [M \times (N - M)]$, які вміщують відповідно ймовірності переходів дозволених кодових комбінацій в дозволених і дозволених в недозволені кодові слова. Для знаходження ймовірностей виявлених помилок Z попередньо необхідно визначити P^3 , для чого матриця F помножується на вектор - стовпець e_{N-M} , що вміщує $(M-N)$ одиниць. Добутком є матриця-стовпець, яка вміщує M значень P_i^3 .

$$P^3 = F e_{N-M} = \begin{bmatrix} P_{1M+1} & P_{1M+2} & \dots & P_{1N} \\ P_{2M+1} & P_{2M+2} & \dots & P_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{MM+1} & P_{MM+2} & \dots & P_{MN} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1_1 \\ 1_2 \\ \dots \\ 1_{N-M} \end{bmatrix}$$

Для знаходження Z необхідно обчислити суму добутків $P_i P_i^3$.

Для цього представляється P_i у вигляді вектора - рядка

$$P = [P_1 \ P_2 \ \dots \ P_M] \quad \text{Тоді } Z = P \times P^3$$

Для знаходження V необхідно попередньо визначити p_i^H , для чого матриця G відображається у вигляді суми двох матриць C та D так, що $G = D + C$, де

$$D = \begin{bmatrix} P_{11} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & P_{22} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & P_{MM} \end{bmatrix}; \quad C = \begin{bmatrix} 0 & P_{12} & \dots & P_{1M} \\ P_{21} & 0 & \dots & P_{2M} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{M1} & P_{M2} & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

Потім матриця C множить на вектор-стовпець e_M , що вміщує M одиниць: $p^H = C \times e_M$. Добутком буде матриця-стовпець p^H , яка вміщує M елементів p_i^H . Після перемноження матриці P на матрицю p^H , добутком буде значення $V = P p^H$. Величина ймовірності правильної передачі Π знаходиться відповідно до розглянутих раніш алгоритмів шляхом перемноження матриць: $\Pi = P \times D \times e_M$.

Для знаходження V_{\min} необхідно, щоб у матриці p^H елементи p_i^H були розміщені у напрямку зростання, а елементи матриці P - у напрямку зменшення. Для цього необхідно провести перекодування повідомлень - проводиться перестановка кодових комбінацій таким чином, щоб відповідні їм p_i^H монотонно зростали. В результаті цього можна знайти V_{\min} . Для знаходження Z_{\max} перекодування повідомлень необхідно провести таким чином, щоб елементи матриці p_i^3 монотонно зменшувалися.

Розроблено алгоритми та відповідні програми, що реалізують їх з застосуванням стандартних операцій матричної алгебри. Це дозволяє прискорити складання програм та спростити їх налагодження.

У третьому розділі розроблено алгоритми виявлення помилок в комбінаторних кодах типу сполучень, сполучень з повторен-

нями, композицій. Для останніх розроблено алгоритми виправлення помилок. Ці алгоритми побудовані на таких твердженнях.

Твердження 1. Якщо $B = \beta_1\beta_2\text{--}\beta_i\text{--}\beta_K$ - сполучення з повтореннями, де q - максимальна цифра використаної багатозначної біноміальної системи числення, тоді при виконанні умов $\beta_i \leq \beta_{i+1}$ та $D_i \leq m = q + 1$, помилка в ньому не виявлена.

Твердження 2. Якщо $G = \gamma_1\gamma_2\text{--}\gamma_i\text{--}\gamma_K$ - сполучення, то при виконанні умов $\gamma_i < \gamma_{i+1}$ та $\gamma_i \leq m = q + k - 1$, помилка в ньому не виявлена.

Твердження 3. Якщо $D = \delta_1\delta_2\text{--}\delta_i\text{--}\delta_K$ - композиція, де P - параметр композиції, тоді при виконанні умов $1 \leq \delta_i \leq m = q + 1$ та $P = S = \sum_{i=1}^{k+1} \delta_i$, помилка в ній не виявлена.

Твердження 4. Виправлення помилок в композиціях.

Якщо $D = \delta_1\delta_2\text{--}\delta_i\text{--}\delta_K$ - композиція, $\delta_{i \text{ шт}}$ - її дійсні багатозначні цифри, δ_i^* - хибна цифра, тоді дійсне значення хибної цифри

$$\delta_i^{**} = P - \sum_{i=1}^K \delta_{i \text{ шт}}$$

Сформульовано і доведено теореми, що зв'язують багатозначні біноміальні числа та комбінаторні коди, які розглядаються.

Теорема 1. Якщо $A = \alpha_1\alpha_2\text{--}\alpha_i\text{--}\alpha_K$ - багатозначне біноміальне число, тоді $\beta_i = \alpha_i + \sum_{j=1}^{i-1} \alpha_j$ - елемент сполучення з повторюваннями.

$$B = \beta_1\beta_2\text{--}\beta_i\text{--}\beta_K$$

Теорема 2. Якщо $A = \alpha_1\alpha_2\text{--}\alpha_i\text{--}\alpha_K$ - багатозначне біноміальне число, тоді $\gamma_i = \alpha_i + i - 1 + \sum_{j=1}^{i-1} \alpha_j$ - елемент сполучення $G = \gamma_1\gamma_2\text{--}\gamma_i\text{--}\gamma_K$

Теорема 3. Якщо $A = \alpha_1\alpha_2\text{--}\alpha_i\text{--}\alpha_K$ - багатозначне біноміальне число, тоді $\delta_i = \alpha_i + 1$ і $\delta_{k+1} = P - \sum_{j=1}^k \delta_j$ - елемент композиції

$$D = \delta_1\delta_2\text{--}\delta_i\text{--}\delta_K$$

Теорема 4. Якщо $B = \beta_1\beta_2\text{--}\beta_i\text{--}\beta_K$ - сполучення з повторюваннями, тоді $\gamma_i = \beta_i + i - 1$ - елемент сполучення $G = \gamma_1\gamma_2\text{--}\gamma_i\text{--}\gamma_K$

Теорема 5. Якщо $B = \beta_1\beta_2\text{--}\beta_i\text{--}\beta_K$ - сполучення з повторюваннями, тоді $\alpha_i = \beta_i - \beta_{i-1}$; $\beta_0 = 0$ - елемент багатозначного біноміального числа $A = \alpha_1\alpha_2\text{--}\alpha_i\text{--}\alpha_K$

Розроблено алгоритми перетворення багатозначних біноміальних чисел в комбінаторні коди та зворотно, які засновані на доведених теоремах. Використання наведених алгоритмів дозволяє за допомогою відносно невеликих апаратних витрат та машинному часі здійснити перехід від багатозначних біноміальних чисел до комбінаторних кодів та зворотні переходи.

Розглянуто системи числення з біноміальною основою - двійкові, багатозначні, біноміально-четверичні.

Числа в багатозначній біноміальній системі числення мають досить складну структуру:

$$A = \sum_{i=0}^{x_{k-1}-1} C_{n-i-1-x_{k-0}}^{p-1} + \sum_{i=0}^{x_{k-2}-1} C_{n-i-2-x_{k-0}-x_{k-1}+\dots}^{p-2} + \dots + \sum_{i=0}^{x_{k-j}-1} C_{n-i-j-q_j}^{p-j} + \dots + \sum_{i=0}^{x_0-1} C_{n-i-k-q_2}^{p-k},$$

де $q_j = \sum_{\gamma=0}^{j-1} x_{k-\gamma}$; $x_{k-0} = 0$, $j = 1, 2, \dots, k$;

$$x_{k-j} \text{ - цифра } (k-j)\text{-го розряду. } \sum_{i=0}^{0-1} C_{n-i-j-q_j}^{p-2} = 0,$$

при таких обмеженнях:

$$0 \leq x_0 \leq n - p - \sum_{\gamma=0}^{k-1} x_{k-\gamma}; \quad x_{k-0} = 0; \quad p-k \geq 0.$$

Якщо q - контрольне число, тоді $q = n-p$.

З обмежень виходить, що максимальна довжина нерівномірного багатозначного біноміального числа дорівнює p , а сума цифр числа A повинна знаходитись в межах між 0 та q .

Максимальне число, наведене в багатозначній біноміальній системі числення $A = C_n^p - 1$.

Тому що цифра в старшому розряді біноміального багатозначного числа володіє найбільшою вагою, діапазон чисел в біноміальній системі числення дорівнюватиме $N_{\text{бин}} = C_k^n$.

В основу біноміально - четверичної системи числення покладена четверична система числення, цифри якої наведені в біноміальному коді, зокрема, якщо $K=3$ і $q=1$: 000, 001, 010, 100.

В цілому числова функція БЧ системи обчислення має наступний вигляд:

$$A = X_{n-1}4^{n-1} + X_{n-2}4^{n-2} + \dots + X_i4^i + \dots + X_04^0,$$

де $0 \leq X_i \leq 3$; $X_0=000$; $X_1=001$; $X_2=010$; $X_3=100$; $i=0,1,2,3$.

Якщо до одержаних триад застосувати перевірку на непарність та доповнити їх четвертим розрядом, в якому розміщено результат такої перевірки, тоді матимемо рівноважний чотирирозрядний код:

$$00 = 0001; \quad 01 = 0010; \quad 10 = 0100; \quad 11 = 1000.$$

Таким чином, маємо два класи біноміальних систем числення - з двійковим алфавітом та з багатозначним. Двійкові біноміальні системи числення дозволяють генерувати комбінаторні конфігурації з двійковим алфавітом, наприклад, рівноважні. Багатозначні - комбінаторні конфігурації з багатозначним алфавітом, як виняток - з двійковим. Для подальших досліджень вибрано багатозначні біноміальні системи числення.

Розглянуто методи перетворення двійкових кодів в багатозначні біноміальні та навпаки. Зокрема, розроблено алгоритм прискореного перекладу із двійкового числа в багатозначне біноміальне при порозрядному зрівнюванні чисел.

Розглянуто алгоритми перебору (рахунку) багатозначних біноміальних чисел у порядку їх зростання та зменшення.

Таким чином, у цій главі розглянуто питання використання багатозначних біноміальних систем числення для ефективного отримання комбінаторних конфігурацій як у порядку їх зростання, так і у порядку зменшення, а також вирішення задачі перетворення двійкових чисел в комбінаторні конфігурації та навпаки. У порівнянні з існуючими методами отримання комбінаторних кодів запропоновані є більш ефективними при апаратній реалізації.

У розділі 4 розглянуто підсумовуючі багатозначні біноміальні лічильники, їх структура, розглянуто діапазон рахунку в залежності від розрядності лічильника та величини контрольного числа q , помилковиявляючу спроможність лічильника. Приведено структуру лічильника з діапазоном рахунку, що змінюється. Розглянуто зменшувачий та реверсивний лічильники, описано роботу схем реалізації цих лічильників. Проведено оцінки ефективності схемної реалізації багатозначних біноміальних лічильників. Використання

багатозначних біноміальних систем числення для побудови багатозначних лічильників дозволяє одержати на основі алгоритмів біноміального рахунку нові варіанти завадостійких лічильників з структурами, що можуть перебудовуватись та відрізняються можливістю самоконтролю.

У розділі 5 розглянуто структури приладів комбінаторного кодування в системах передачі інформації, зокрема в адаптивних системах. Для системи передачі інформації при інтенсивності завад, що змінюється, має сенс будувати адаптивні кодувачі та декодувачі пристрої, які дозволяють змінювати залишковість, що введено, з метою адаптації завадостійкості коду при зміні рівня завад. Для досягнення цієї мети до системи уведено пристрій керування, який при досягненні інтенсивності помилок певного рівня, здійснює змінення завадостійкого кода, наприклад, при малій інтенсивності завад передача ведеться з використанням двійкового коду, а контроль здійснюється за допомогою контрольної суми для блоку слів. При збільшенні інтенсивності завад вводиться комбінаторне кодування двійкових слів. При цьому перепитування ведеться вже тільки для окремих слів, а не всього блоку. При подальшому збільшенні інтенсивності завад вводиться кодування, яке дозволяє виправляти частину помилок, що знизить кількість перепитувань. Така адаптація до рівня завад дозволяє зберігати працездатність системи передачі інформації при значному зростанні рівня завад.

Комбінаторні кодувачі пристрої запропоновано будувати за схемою послідовного з'єднання перетворювача вхідних двійкових кодів в багатозначні біноміальні числа та перетворювача багатозначних біноміальних чисел в комбінаторний код. Ці пристрої відзначаються універсальністю та можливістю самоконтролю. Крім того, вони більш пристосовані внаслідок однорідності структури для реалізації в вигляді апаратних засобів, які спроможні вирішувати задачі адаптивного кодування.

Комбінаторні декодувачі пристрої запропоновано будувати за схемою, що реалізує слідувачий алгоритм. Комбінаторний код з каналу зв'язку надходить до пристрою, що виявляє помилки. Якщо помилки не знайдено, то комбінаторний код перетворюється в багатозначне біноміальне число, яке потім перетворюється в вихідне двійкове слово. Якщо в прийнятому коді виявлено помилку, яка мо-

же бути виправлена, то вона виправляється пристроєм виправлення помилок.

Для кодуючих і декодуючих пристроїв розроблено комбінаційні перетворювачі багатозначних біноміальних чисел в комбінаторні коди, які використовують алгоритми, розроблені в розділі 3.

Розроблено та описано перебірні комбінаторні пристрої, які використовують в якості основи багатозначні біноміальні лічильники. Ці пристрої можуть також бути використані для побудови кодуючих та декодуючих пристроїв, що самоконтролюють і ефективні при схемній реалізації.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ ТА ВИСНОВКИ

1. Розроблено математичну модель системи передачі інформації на основі комбінаторних кодів, розроблено методи оцінок завадостійкості нерозподільних кодів та алгоритми обчислення ймовірносних характеристик комбінаторних кодів на основі алгебри матриць.

2. Розроблено алгоритми виявлення помилок в сполученнях, сполученнях з повторюваннями, композиціях. Для останніх розроблено алгоритми виявлення помилок.

3. Сформульовано та доведено твердження, а потім на їх основі розроблено алгоритми переходів від багатозначних біноміальних чисел до комбінаторних кодів та зворотніх переходів.

4. Розглянуто системи числення з біноміальними основами. На основі їх аналізу проведено вибір багатозначних біноміальних систем числення. Розроблено алгоритми переходів від двійкової системи числення до багатозначних біноміальних та зворотніх переходів, а також удосконалено алгоритми перебору багатозначних біноміальних чисел у порядку їх зростання та зменшення.

5. Розроблено багатозначні біноміальні лічильники імпульсів - підсумовуючі, віднімаючі та реверсивні, а також проведено оцінку ефективності схемної реалізації лічильників.

6. Розроблено пристрої та системи комбінаторного кодування в системах передачі інформації, схеми комбінаційних пристроїв перетворення багатозначних біноміальних чисел в комбінаторні коди та зворотніх переходів, а також комбінаторних пристроїв на основі багатозначних біноміальних лічильників.

Основний зміст дисертації опубліковано в таких роботах:

- 1 Борисенко А. А., Губарев С. И., Дуброва Л. Д., Онанченко Е.Л. Генерирование сочетаний на основе биномиальных чисел. - АСУ и приборы автоматики: Респ. межвед. науч.-техн. сб. - Харьков: Вища школа, ХГУ, 1985, вып. 73, с. 78-80.
- 2 Борисенко А. А., Онанченко Е. Л., Кобяков А. И. Системы счисления с биномиальным основанием. Наук. журнал Вісник СумДУ №1. 1994. С. 96-101.
- 3 Борисенко А. А., Онанченко Е. Л. Оценка помехоустойчивости неразделимых кодов. Наук. журнал Вісник СумДУ №2. 1994. С. 64 - 68.
- 4 Калашникова Н. И., Онанченко Е. Л., Протасова Т. А. Алгоритмы вычисления вероятностных характеристик систем связи на основе алгебры матриц. Наук. журнал Вісник СумДУ №2. 1994. С. 80 - 83.
- 5 А.с. 1051731 СССР. Счетчик импульсов. А. А. Борисенко, А. Д. Ловля, Е.Л. Онанченко. 1983. Бюл 40.
- 6 А.с. 1163474 СССР. Счетчик импульсов. А. А. Борисенко, Г. С. Володченко, Н. Я. Какурин, Е.Л. Онанченко. 1985. Бюл 23.
- 7 А.с. 1187262 СССР. Счетчик импульсов. А. А. Борисенко, Г. С. Володченко, В. Н. Кузнецов, Е.Л. Онанченко. 1985. Бюл 39.
- 8 А.с.1398090 СССР. Счетчик импульсов. А. А. Борисенко, Е.Л. Онанченко, А. И. Плескач, Г. И. Худоков. 1988. Бюл 19.
- 9 А.с.1497744 СССР. Счетчик импульсов. А. А. Борисенко, Г.В. Куно, Е.Л. Онанченко, В. Н. Кузнецов, В.Е. Мельников. 1989. Бюл 28.
- 10 Онанченко Е. Л., Куно Г. В., Рябиченко С. В. Об эффективном методе хранения и передачи информации на основе биномиальных многозначных кодов. В кн. Тез. докл. научно-технической конференции преподавателей, сотрудников и студентов. Сумы, 1993, с. 161.
- 11 Борисенко А. А., Онанченко Е. Л. Комбинаторное кодирование на основе многозначных биномиальных чисел. В кн. Тез. докл. Научно-технической конференции: "Техника и физика электронных систем и устройств." Сумы, 1995, с. 145.

- 12 Ованченко Е. Л., Протасова Т. А., Решетник Р. В. Обобщенная оценка помехоустойчивости неразделимых кодов. В кн. Тез. докл. научно-технической конференции преподавателей, сотрудников и студентов. Сумы, 1993, с. 153.
- 13 Ованченко Е. Л. Алгоритм синтеза комбинаторных конфигураций на основе многозначных биномиальных чисел. В кн. Тез. докл. Научно-технической конференции: "Техника и физика электронных систем и устройств." Сумы, 1995, с. 147.
- 14 Ованченко Е. Л., Арбузов В. В., Бондарев С. Н. О некоторых вопросах оценки системы передачи данных с векторным переспросом. В кн. Тез. докл. Научно-технической конференции: "Техника и физика электронных систем и устройств." Сумы, 1995, с. 180.

Особиста участь автора в отриманні наукових результатів.

Дисертаційна робота є підсумком роботи автора. В роботах, написаних у співавторстві, особисто автором розроблено: математичну модель передачі інформації на основі комбінаційних кодів, алгоритми формування комбінаторних кодів на основі багатозначних біноміальних чисел, методи оцінки завадостійкості комбінаторних кодів за застосуванням алгебри матриць, алгоритми переходу від багатозначних біноміальних кодів та зворотних переходів.

АННОТАЦІЯ

Ованченко Е.Л. Синтез алгоритмов комбинаторного кодирования на основе многозначных биномиальных систем счисления. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.04 - АСУ и системы обработки информации, Сумский государственный университет, Сумы, 1996г.

Защищаются 14 научных работ, из них 5 авторских свидетельства, которые содержат результаты исследований и разработки алгоритмов комбинаторного кодирования на основе многозначных биномиальных чисел для систем передачи информации, способных адаптироваться к уровню и характеру помех. Разработана математическая модель такой системы передачи, методы оценки помехоустойчивости комбинаторных кодов, в частности, с применением алгебры матриц. Разработаны алгоритмы переходов от многозначных биномиальных чисел к комбинаторным кодам и обратно. Полученные результаты были использованы при построении специализированных информационно - управляющих систем.

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

Epitome.

Onanchenko E.L. Synthesis of combined coding algorithms on the base multiciphered binary system of numeration. Candidate dissertation in technical sciences - 05.13.04 - ACS and systems of information processing, Kharkov State Academy of Municipal Economy, Kharkov, 1996.

Defended on the basis of 14 scientific works among them 5 author's certificates reflecting the research data of algorithms of combined coding on the base of multiciphered binary numbers for transmission information systems, which are adapted for level and noise character. Mathematical model of the transmission system is developed with the help of matrix algebra. Algorithms of transmissions from multiciphered binary numbers to combined codes. The inverse problem is solved. Algorithms and results were made the most of construction of specialized informational-operate systems.

Ключові слова: система передачі інформації, адаптація, математична модель, оцінка завадостійкості кода, алгебра матриць, алгоритми переходів, біноміальні лічильники, багатозначна біноміальна система числення, комбінаційні перетворювачі кодів, кодуючі пристрої, декодуючі пристрої, комбінаторні коди.



Підписано до друку 11.03.96.

Тираж 100 пр.

Заказ № 102

"Різоцентр" СумДУ, 244007, Суми, вул Римського - Корсакова, 2.

200. HE 2A

444820

