

Державний університет "Львівська політехніка"

На правах рукопису

УДК 621.391, 681.372

Петришин Любомир Богданович

**ФОРМУВАННЯ, ПЕРЕТВОРЕННЯ ТА ОБРОБКА
ЦИФРОВИХ ПОВІДОМЛЕНЬ В БАЗИСІ ГАЛУА
(ТЕОРІЯ ТА ПРИСТРОЇ)**

05.13.08 - обчислювальні машини, системи та мережі,
елементи і пристрої обчислювальної техніки
та систем керування

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня

доктора технічних наук

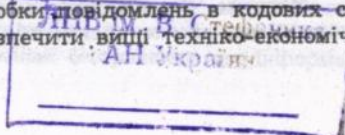
Львів - 1997

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Значний якісний стрибок у розвитку сучасних інформаційних технологій зумовлений переходом від аналогових до цифрових систем, які забезпечують значно вищі техніко-економічні показники. Важливу роль в таких системах виконують процедури перетворення форми інформації (ПФІ) та цифрової обробки повідомлень (ЦОП). Світовий досвід показує, що перспективним для реалізації інформаційних технологій є використання єдиного базису дискретних перетворень. Ефективними, зокрема, є теоретико-числові перетворення (ТЧП), що достатньо глибоко використовують можливості дискретних базисних перетворень та більш повно враховують специфіку цифрового представлення сигналу. Останнім часом набули розповсюдження математичні моделі ТЧП, побудовані із застосуванням апарату теорії груп, кілець та полів Галуа завдяки ряду переваг:

- наявності єдиної методологічної основи реалізації інформаційної технології;
- більш повного врахування структури цифрового сигналу та дискретної форми представлення інформації;
- спрощення процедури моделювання обчислювальними системами та зменшення апаратних затрат на реалізацію спеціалізованих задач пристроїв;
- однозначного вирішення задач ПФІ та ЦОП в комплексі проектування спеціалізованих технічних засобів.

При реалізації системних функцій інформаційних технологій, які включають формування, передачу та ЦОП, актуальними є ряд фундаментальних задач, які охоплюють вибір кодової системи та її базисних функцій. Світовою практикою побудови сучасних інформаційних систем та результатами новітніх наукових досліджень показано, що застосування найбільш поширених базисів (наприклад, Радемахера, Уолша та інших) не задовільняє більшої вимоги внаслідок виродженості системних властивостей базису. Крім того, неповнота теоретичного обґрунтування відомих базисів, їх перехідних та проміжних форм істотно обмежують галузі застосування та породжують непродуктивні надлишкові процедури кодування та обробки даних, що в цілому призводить до зниження швидкодії, рівня завадозахищеності та значного зростання вартості реалізації інформаційної технології. Отже, проблема вибору та реалізації інформаційної технології в складних інформаційних системах полягає у виборі ефективного базису кодової системи. Все це зумовило актуальність проведення досліджень у вказаному напрямку, що полягали в здійсненні математичного узагальнення методів міжбазисних ТЧП і реалізації на їх основі вискоелективних засобів взаємоперетворень та обробки повідомлень в кодових системах Галуа, що дозволило забезпечити вищі техніко-економічні



показники інформаційних систем в цілому.

Метою роботи є вирішення наукової проблеми розвитку вертикальної інформаційної технології на основі розробки узагальненої теорії, методів та технічних засобів формування, перетворення і обробки цифрових повідомлень в базисі Галуа.

Вирішення наукової проблеми у відповідності до поставленої мети включає наступні *основні завдання наукового дослідження*:

1. Розробку математичного апарату міжбазисних трансформацій, що дозволяє визначити місце, властивості та ефективність кодових систем Галуа порівняно з відомими кодами з врахуванням специфіки представлення цифрових повідомлень.

2. Розробку ефективних процедур кодування, цифрової модуляції, ущільнення та декодування інформації, алгоритмічного і схемотехнічного проектування технічних засобів цифрової обробки повідомлень, систем та мереж, що забезпечують високу оперативність, достовірність та ефективність обробки інформації.

3. Створення теоретичних основ ідентифікації стану імпульсних джерел повідомлень на базі число-імпульсних методів кодування, а також засобів формування послідовностей Галуа, що забезпечують високу швидкість та завадозахист передачі повідомлень.

4. Розробку методів побудови кодових шкал та засобів аналого-цифрового (АЦ) перетворення на основі методів цифрового представлення неперервних сигналів, що забезпечують високі показники по оперативності та точності цифрового перетворення в широкому частотному діапазоні, підвищення регулярності, спрощення та зменшення вартості структур перетворювачів.

5. Створення комплексів технічного забезпечення низових обчислювальних мереж розподілених промислових об'єктів та технологічних установок і їх впровадження в промисловість, що забезпечують високу живучість та ефективність інформаційних систем, а також підвищення достовірності та зменшення кількості повідомлень, що циркулюють в мережі.

Вирішення вказаної проблеми здійснюється з врахуванням розвитку наступних *перспективних напрямів*:

- застосування та повний перехід до вертикальної інформаційної технології і ТЧП в базисі кодових систем Галуа;
- розпаралелювання формування та обробки інформації;
- регуляризації та підвищення однорідності операційних і алгоритмічних середовищ.

Очевидно, що методологія вирішення наведених завдань вимагає узагальнення, перегляду, розвитку та вдосконалення традиційних підходів щодо реалізації інформаційних технологій.

Методи досліджень. Загальною методологією вирішення основних завдань та досягнення мети дисертаційної роботи є си-

стемний аналіз та застосування експериментально-аналітичного комплексу методик теоретичних та прикладних досліджень.

При дослідженні теоретико-числових основ кодових систем Галуа використано математичний апарат теорії інформації і кодування, дискретного функціонального аналізу, абстрактних алгебричних систем, міжбазисних ТЧП, матричних операцій та теорії кодових систем.

При розробці засобів ПФІ використано методи міжбазисних трансформацій, розрідженого та кодонного формування повідомлень, послідовних та паралельних рекурсивних упорядкувань, імовірностей та завадостійкого кодування інформації.

При розробці засобів прийому, декодування і ЦОП застосовано теорію сигналів, алгоритмів, зв'язку та кореляційного аналізу, основні положення теорії розпізнавання образів, методи статистики та оцінки статистичних зв'язків, теорію функціональних перетворень та цифрових автоматів, стискування повідомлень. На базі теорії графів розроблений і застосований метод декодування вузлів сітки.

Наукова новизна визначається системним підходом до реалізації сукупності процедур формування, АЦ перетворення, передачі-прийому, декодування, цифрової обробки, архівування, відображення та організації процесу інформаційного обміну, що підпорядковуються єдиним вимогам вертикальної інформаційної технології при реалізації кожної із процедур у комплексі.

Основними науковими результатами створення вертикальної інформаційної технології в базисі Галуа, що отримані вперше і виносяться на запис, є:

1. Методологія перетворень дискретних базисних функцій, на основі якої узагальнено взаємозалежність базисів із породженими ними кодовими системами, що дозволило систематизувати застосування кодів та визначити їхню ефективність щодо реалізації системних функцій цифрових інформаційних технологій.

2. Визначення базисних функцій, матриць ТЧП, кодових систем Галуа та їхніх властивостей, що полягало в розробці та дослідженні характеристик кодонної і розрідженої кодових систем Галуа і дозволило обґрунтувати ефективність їх застосування.

3. Математичний апарат цифрової обробки даних в полі Галуа, на основі якого виконані дискретні перетворення, що забезпечили розробку вискоефективних методів синхронізації, завадозахищеної передачі-прийому та декодування інформаційних кодових послідовностей. Процедури виконання арифметичних операцій над даними, представленими в кодах Галуа, дозволили ліквідувати міжрозрядні переноси, внаслідок чого забезпечили підвищення швидкодії реалізації операцій. Методи зменшення надлишковості повідомлень та їх архівування на основі біторієнтованих інформа-

ційних потоків, хронованих мітками Галуа, дозволили зменшити кількість службової інформації та забезпечили більшу ефективність використання запам'ятовуючих пристроїв.

4. Методика інтегрально-імпульсної ідентифікації дискретних джерел повідомлень, на основі якої проведено структурне та схемотехнічне проектування рекурсивних та кодонних формувачів послідовностей Галуа, що дозволила підвищити заводозахищеність, зменшити час ідентифікації стану джерел та кількість повідомлень, що циркулюють в мережі.

5. Загальні методи перетворення форми інформації з виходом в кодах Галуа, на основі яких розроблені засоби нових класів скануючого, слідкуючого та імовірного АЦ перетворення, що дозволило підвищити регулярність і швидкодію перетворення, спростити структуру, зменшити кількість вихідних шин перетворювачів та реалізувати послідовний вихід. На основі запропонованих методів зчитування з однонаправленим і реверсивним, пропорційним і ноніусним, паралельним і послідовним скануванням розроблені рекурсивні кодові шкали Галуа, комбіновані шкали з кількох реверсивних, а також шкали з ознаками напряду зчитування, що дозволили зменшити габарити та час перетворення, підвищити точність інформаційної системи та степінь заводозахищеності. Принципи лінійного перетворення дозволили створити математичний апарат та запропонувати методику позиціонування та керування рухом мобільних об'єктів в двомірному дискретному просторі на основі кодових послідовностей Галуа, що забезпечило зменшення розрядності слів кодової прив'язки.

6. Створення теоретичних та методологічних основ, на основі яких реалізовано засоби та системи вертикальної інформаційної технології в базисі Галуа, що забезпечили підвищення продуктивності та ефективності процедур перетворення форми і цифрової обробки інформації, а також зменшення вартості їх реалізації.

Практична значимість. Отримані наукові результати дозволили розробити засоби реалізації основних системних функцій формування, перетворення форми та цифрової обробки інформації в кодах Галуа, що забезпечили можливість контролю в реальному часі інтегральної та миттєвої характеристик стану об'єктів, високу швидкодію та точність перетворення, високий ступінь заводозахисту та достовірності передачі-прийому інформації, зменшення обсягів повідомлень в мережі і вартості систем, на основі яких реалізовано методи та засоби побудови вертикальної інформаційної технології.

Використання розроблених засобів реалізації вертикальної інформаційної технології забезпечує можливість побудови цифрових систем автоматизованого керування складними об'єктами та процесами, випробовування об'єктів нової техніки та автоматиза-

цію наукових експериментів з високими показниками надійності та достовірності при низькій вартості засобів, а також прогрес в розвитку цих областей науки та техніки.

Реалізація і впровадження наукових розробок. Дослідження, результати яких захищаються в дисертаційній роботі, здійснювались згідно з завданнями Державного комітету по науці і техніці (ДКНТ) СРСР, постановами РМ колишнього Союзу, Комнафтогазпрому, АТ "Укрнафта" та Мінпромисловості згідно Програми Державного комітету енергозбереження України, галузевими завданнями, координаційними планами та науково-технічними програмами і госпдоговорами, в яких автор приймав безпосередню участь як керівник, відповідальний виконавець або співвиконавець.

Результати робіт по формуванні протоколів з кодовою синхронізацією Галуа, прийому, декодуванню та обробці цифрових повідомлень впроваджені в Прилуцькому УБР ВО "Укрнафта". Роботи проводились згідно постанови РМ СРСР №808 від 28.08.85 р., а також координаційного плану Міннафтопрому на 1984-85 рр., (п. Б1.09 "Створення і удосконалення інформаційно-обчислювальної мережі на базі комплексів міні- та мікро-ЕОМ для обробки і відображення технологічної та техніко-економічної інформації"), координаційного плану Міннафтопрому та його рішення "Про питання створення комплексів технічних засобів АСУ ОТ буріння" від 01.02.85 р., наказу Міннафтопрому, Мінприладу, Міннафтомашбуду ВИ № 2901 від 29.04.85 р. "Про заходи з питань розвитку автоматизації нафтової промисловості на період 1986-90 рр. та до 2000р."

Запропоновані в дисертації методи та засоби перетворення, формування, маніпуляції, прийому, декодування та цифрової обробки повідомлень використані при розробці електронних модулів систем глибинного контролю технологічних процесів буріння, що проводилась по госпдоговорах № 580/88 "Створити та освоїти виробництво блока перетворення сигналів (БПС-М) та пристрою наземного (УН-М) телеметричної системи глибинного контролю (ТСГК)" і № 594/88 "Створити і освоїти виробництво електронного модуля вибіної автономної інформаційно-вимірювальної системи (АІВС) на базі спецпроцесора та наземного пристрою узгодження з мікро-ЕОМ". Розробки проводились згідно Постанови ДКНТ СРСР № 555 від 30 жовтня 1985 р. по науково-технічній програмі на 1986-1990 рр. № 0.04.03 "Розробити та впровадити прогресивні технології та технічні засоби видобутку нафти і газу на континентальному шельфі", шифр 07.02.02И, завдання "Створити і освоїти у виробництві телеметричну систему контролю вибіних параметрів з використанням гідравлічного каналу зв'язку" та шифр 07.02.04И, завдання "Створити та освоїти у виробництві автономну інформаційно-вимірювальну систему контролю вибіних технологічних па-

раметрів буріння", а також у відповідності з цільовою комплексною науково-технічною програмою 0.Ц.007, затвердженою Постановою ДКНТ і Держпланом СРСР 29 грудня 1981 р. № 515/271, і замовленням-нарядом № 1225110 "Створити та освоїти у виробництві систему контролю і керування процесами буріння морських свердлових по наземних та вибійних параметрах. Розробка телеметричної системи вибійних параметрів при бурінні морських свердловин з використанням гідравлічного каналу зв'язку". Зразки електронних модулів глибинної апаратури ТСКГ та АІВС виготовлені в СКТБ "Надра" Івано-Франківського державного технічного університету нафти і газу (ІФДТУНГ), випробувані в промислових умовах і передані в промислове виробництво інституту ВНДПІморнафтогаз.

Розробки інтегрально-імпульсних перетворювачів, методів маніпулювання, прийому, декодування використані при виконанні робіт по госпдоговору № 626/89 "Розробка низової обчислювальної мережі контролю та керування електроспоживанням" (впроваджені на Тлумацькому РЕМ з метою дослідної експлуатації в складі АІВСЕ) та по госпдоговорах № 9/91 "Розробка, виготовлення і впровадження автоматизованої системи контролю і обліку енергосусів ЦШК", № 11/95 "Монтаж і пуско-наладка комп'ютерної системи контролю та обліку енергоспоживання" (впроваджені на КП "Івано-Франківський ЦШК"), "Автоматизована система дослідження інформаційно-енергетичних моделей" (аванпроект Відділення інформаційних засобів і технологій ОНПГ АН України та Інституту кібернетики ім. В.М.Глушкова АН України). Всі ці роботи проводились згідно Постанови РМ УРСР № 580 від 28 жовтня 1980 р. та "Закону України про енергозберігання" від 01.07.94. У 1995 р. за участю автора до Міжвідомчої ради з питань інформатизації при Кабінеті Міністрів України подані пропозиції по створенню та реалізації вертикальної інформаційної технології в кодових системах Галуа в рамках "Національної програми інформатизації України".

Теоретичні, методологічні і технічні рішення формування, перетворення та ЦОП в базисі Галуа, що розроблені в дисертації, використовуються при читанні курсів "Обчислювальні машини, системи і мережі", "Автоматизоване проектування систем та засобів керування", "Інформаційні технології і системи" на кафедрі автоматизованого управління в технічних та організаційних системах ІФДТУНГ, при дипломному проектуванні, а також в лекціях курсів підвищення кваліфікації. Окремі розділи дисертації викладено в двох навчальних посібниках, що рекомендовані та видані Інститутом змісту і методів навчання Міністерства України.

Особистий внесок дисертанта у виконання перелічених робіт полягає в аналізі проблеми, постановці задач, розробці мето-

дики досліджень, основних ідей, структурних та принципових рішеннях, організації експерименту, участі у виготовленні, випробуваннях, впровадженні пристроїв та систем в промисловість. Окремі результати, що належать співавторам, але необхідні для розкриття змісту системних рішень, використані в роботі з посиланнями, всі інші результати в роботу не включені.

Апробація роботи. Основні результати роботи доповідалися і отримали схвалення на Міжреспубліканській науковій конференції "Мікропроцесори і мікро-ЕОМ в інформаційно-вимрювальній техніці, автоматичі та управлінні" (Баку, 1985); семінарі науково-технічної ради нафтової та газової промисловості "Досвід впровадження методів регулювання та оперативного контролю гідравлічних характеристик бурових і тампонажних розчинів" (Івано-Франківськ, 1986); Всесоюзній конференції "Шляхи розвитку НТП в нафтовій та газовій промисловості" (Москва, 1986); Республіканській науково-технічній конференції (НТК) "Прискорення створення, освоєння та впровадження ресурсозаощаджуючих технологій" (Київ, 1986); науково-практичній конференції "Стан і перспективи геолого-геофізичних та технологічних досліджень, що проводяться в процесі буріння свердловин" (Нижньовартовськ, 1987); 6-й та 7-й Всесоюзних школах-семінарах "Розпаралелювання обробки інформації" (Львів, 1987, 1989); школі-семінарі "Досвід розробки розподілених мікропроцесорних систем реального часу" (Івано-Франківськ, 1988); науково-технічному семінарі "Методи і засоби вимірювання механічних параметрів в системах контролю та керування" (Пенза, 1988); 3-й Всесоюзній конференції "Локальні обчислювальні мережі /Локсеть-88/" (Рига, 1988); 6-му Всесоюзному симпозиумі "Проблеми створення перетворювачів форми інформації" (Київ, 1988); школі-семінарі "Мережі розподіленого керування технологічними об'єктами на базі мікро-ЕОМ та ПЕОМ" (Івано-Франківськ, 1989); Міжвузівській НТК, секція "Автоматика і телемеханіка" (Івано-Франківськ, 1989); 4-й Республіканській, школі-семінарі "Електромеханічні та напівпровідникові перетворювачі" (Київ, 1989); Всесоюзному науковому симпозиумі "Перспективи розвитку обчислювальних систем" (Рига, 1989); НТК молодих вчених та спеціалістів УкрНДІгазу (Харків, 1989); Всесоюзній конференції "Методи і мікроелектронні засоби цифрової обробки та перетворення сигналів /SIAP-89/" (Рига, 1989); школі-семінарі "Завадостійкі низові розподілені системи керування" (Івано-Франківськ, 1990); 5-й Республіканській школі-семінарі "Перетворення параметрів електричної енергії в енергетичних і технологічних установках" (Київ, 1990); 1-й Міжнародній науково-практичній конференції в галузі приладобудування "Інтерприлад-90" (Москва, 1990); школі-семінарі "Методи і засоби побудови інформаційно-обчислювальних мереж на основі радіока-

налу" (Івано-Франківськ, 1990); віадній сесії Ради по науковому приладобудуванню при Президії АН УРСР (Київ - Івано-Франківськ, 1990); 3-й Міжреспубліканській школі-семінарі "Наукаприлад-90" (Київ - Морське, 1990); 1-й Міжнародній конференції "Інформаційні технології в аналізі зображень та розпізнаванні образів /ГТІАР-90/" (Львів, 1990); школі-семінарі "Радіомережі ЕОМ" (Київ, 1991); 7-й Республіканській школі-семінарі "Перетворення і стабілізація параметрів електричної енергії" (Київ - Алушта, 1992); 2-й та 3-й Міжнародних НТК "Контроль і управління в технічних системах /КУТС-93/" (Вінниця, 1993, 1995); 1-й Міжнародній конференції "Інформаційні технології і системи" /ГТІС-93/ (Львів, 1993); Міжнародній науково-практичній конференції "Проблеми і шляхи енергозабезпечення України" (Івано-Франківськ, 1993); школі-семінарі "Проблеми енергозбереження в законодавстві і стандартах" (Київ-Севастополь, 1993); Координаційній науково-технічній нараді "Автоматизація нафтогазовидобувної галузі та підвищення довговічності нафтового обладнання" (Київ - Івано-Франківськ, 1995); 2-й та 3-й Українських конференціях з автоматичного керування "Автоматика-95" та "Автоматика-96" (Львів, 1995; Севастополь, 1996); 12-й Міжнародній міжвузівській школі-семінарі "Методи і засоби технічної діагностики /МіЗТД - 95/" (Івано-Франківськ, 1995); 3-й Міжнародній виставці-конференції "Енергозберігаюча техніка і технології /ЕТТ - 96/" (Київ, 1996); НТК "Сучасні прилади, матеріали та технології для технічної діагностики та неруйнівного контролю НГХЕО" (Івано-Франківськ, 1996); наукових семінарах Інституту кібернетики ім. В.М.Глушкова НАН України; наукових семінарах, НТК професорсько-викладацького складу, студентів і молодих вчених ІФДТУНГ (1983 - 1996).

Публікації. Теоретичні та практичні результати досліджень автора опубліковані в 69 роботах, в тому числі п'яти монографіях, двох навчальних посібників, отримано три авторських свідоцтва на винаходи, 35 наукових праць опубліковано автором особисто.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з вступу, шести розділів, висновків, списку літератури та додатків. Робота містить 424 сторінки, з яких 265 сторінок - основного тексту, 171 рисунок на 159 сторінках, 8 таблиць на 9 сторінках, перелік літератури - 297 найменувань на 25 сторінках та додатки на 10 сторінках

З М І С Т Р О Б О Т И

У вступі визначена актуальність проблеми, проаналізований її стан, обґрунтована мета та основні завдання проведених наукових досліджень, охарактеризовані відомі методи, обґрунтовані наукова новизна і положення, що виносяться на захист, теоретична та

практична значимість, зазначено рівень реалізації та впровадження розробок, кодана інформація про апробацію та публікації результатів і розглянута загальна характеристика роботи.

У першому розділі класифіковано найбільш поширені коди та кодові системи, включаючи системи базису Галуа, ефективні для реалізації системних функцій інформаційних технологій. На рис. 1 приведена запропонована класифікація базисів ТЧП за функціональними ознаками в групах, що послужило підставою для визначення властивостей базису Галуа.

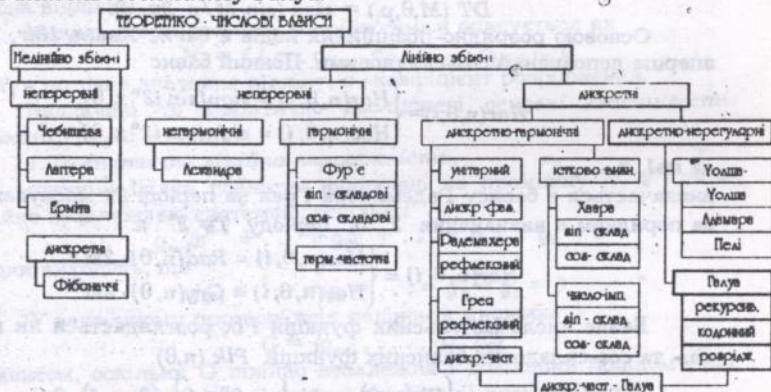


Рис. 1 Класифікація теоретико-числових базисів

Розвинуті основи базисів ТЧП, що дозволило теоретично обґрунтувати необхідність введення ряду запропонованих проміжних базисів, встановити їхню наскрізну аналітичну взаємозалежність та визначити повну взаємовідповідність між основними дискретними базисами та породжуваними ними кодовими системами.

З метою математичного опису нормальних одиничних кодів та реалізації спрощених міжбазисних трансформацій вперше досліджено базис унітарних функцій Uni , подані виразом

$$Uni(n, \theta, i) = \text{sign}[\sin(2^{n-1} - i)\pi, \theta],$$

де $i=0, 1, 2, \dots, n-1$ - порядковий номер функції, θ - параметр часу, $\theta = t/T$, де t - текуче значення часу, T - період визначення базисних функцій, $n = \log_2 N$ - порядок набору базисних функцій, N - модуль цілочислених значень базису.

Період базису унітарних функцій 2π порядку $n-1$ визначений на половині періоду π базису дискретно-фазових функцій DF порядку n , які є основою кодів Лібова-Крейга та Ліпелла:

$$DF(n, \theta, 2i) = Uni(n-1, \theta, i),$$

та описуються узагальненим аналітичним виразом

$$DF(n, \theta, i) = \text{sign}[\sin(2^{n-1} - i)\pi, \theta].$$

Дискретно-фазові функції DF є основою базисів Радемахера Rad і Грея Gry , які відповідно породжують двійкові та коди Грея.

$$Rad(n, \theta) = DF(n, \theta, 0) = \text{sign}[\sin 2^n \pi, \theta],$$

$$Gry(n, \theta) = DF(n, \theta, i) = \text{sign}[\cos 2^n \pi, \theta].$$

Базиси є взаємодоповнюючими, бо Rad -базис містить тільки непарні функції $f(t) = -f(-t)$, а Gry -базис - парні $f(t) = f(-t)$.

Коди залишкових класів породжені дискретно-частотним базисом, функції якого на періоді $T = M = 2\pi$ синтезуються із виразу

$$DT(M, \theta, p_i) = \text{sign}[\sin M/p_i, 2\pi, \theta].$$

Основою розрядно-позиційних кодів є базис Хаара Har , який вперше доповнений \cos -складовими. Повний базис

$$Har(n, \theta, i) = \begin{cases} Has(n, \theta, i) = \text{sign}[\sin i 2^n \pi, \theta] \\ Hac(n, \theta, i) = \text{sign}[\cos i 2^n \pi, \theta] \end{cases}$$

де $i=1, 2, \dots, 2^n$

визначається в базису Радемахера-Грея на періоді 2π маскуванням за порядком n визначення $2^{n+1}\pi$ періоду $T = 2^{n+1}\pi$.

$$Har(n, \theta, i) = \begin{cases} Has(n, \theta, i) = Rad(n, \theta) \cdot 2\pi \\ Hac(n, \theta, i) = Gry(n, \theta) \cdot 2\pi \end{cases}$$

Базис число-імпульсних функцій Plk розглядається як набір \sin - та \cos -складових базисних функцій $Plk(n, \theta)$

$$Plk(n, \theta) = \begin{cases} Pls(n, \theta) = \text{sign}[\sin 2^n \pi, \theta] \cdot (2n-1) \cdot 2\pi \\ Plc(n, \theta) = \text{sign}[\cos 2^n \pi, \theta] \cdot (2n-1) \cdot 2\pi \end{cases}$$

Виражаючи базис $Plk(n, \theta)$ через $Har(n, \theta, i)$ отримуємо

$$Plk(n, \theta) = \begin{cases} Pls(n, \theta) = Rad(n, \theta) \cdot (2n-1) \cdot 2\pi = \sum_n Has(n, \theta, i) \\ Plc(n, \theta) = Gry(n, \theta) \cdot (2n-1) \cdot 2\pi = \sum_n Hac(n, \theta, i) \end{cases}$$

Відомі алгоритми впорядкування функцій Уолша по Уолшу, Пелі, Адамару, що характеризуються обмеженими можливостями міжбазисних трансформацій. В роботі математично обґрунтовано закон рекурсивного впорядкування та перехід з базису Уолша в Галуа, який описується матричною операцією

$$|G| = |W_G| |A|,$$

де G - матриця розмірності $n \times N$ базису Галуа; W_G - рекурсивно впорядкована матриця ($N \times N$) Уолша; A - матриця ($n \times N$) вагової екстракції розрядних стовпців

Рекурсивне впорядкування кодових елементів в породжуючій матриці в векторній формі математично описується як

$$N_j = f(c_{j-n+1}, \dots, c_{j-1}, c_j),$$

де $c_j = \sum_{i=0}^{n-1} c_{j-1} \cdot a \pmod{2}$, c_j - найменші додатні залишки кільця

$GR(2^n)$ по $\text{mod } 2$; a - логічний вектор кодового ключа кільця $GR(2^n)$.

Вперше запропонована, розроблена та досліджена кодонна кодова система Галуа, математична модель котрої векторно визначається як

$$N_j = f(c_{j0}, c_{j1}, \dots, c_{jn}, \dots, c_{j(n-1)})$$

де c_{jn} - синхронізовані по знакомісцю відліки коду Галуа, j - номер кодона відліків.

Модель з дискретним розрідженням описується як

$$N_j = f(c_j, c_{j+v}, c_{j+2v}, \dots, c_{j+(r-1)v}),$$

де N_j - поточне значення відліку; v - коефіцієнт розрідження.

Визначені та аналітично досліджені основні властивості функцій Галуа:

1. Повнота та лінійна незалежність.

Функції Галуа повністю визначені на проміжку $[0, 2^n)$ та є лінійно незалежною системою, оскільки

$$g_{n-1}x^{n-1} + \dots + g_1x + g_0 = 0$$

звідки виходить, що

$$g_{n-1} = \dots = g_1 = g_0 = 0.$$

У векторному просторі всіх поліномів множина

$$G = \{g_{n-1}, \dots, g_1, g_0\}$$

є базисом, оскільки G лінійно незалежна і довільний поліном $P(x)$ можна записати у вигляді лінійної комбінації елементів із G

$$P(x) = \sum_{i=0}^{n-1} g_i x^i.$$

2. Скінченність ряду розкладу.

Нехай $\Phi(\theta)$ - кусочно-постійна функція n аргументів на проміжку $[0, 2^n)$, для якої

$$\Phi(\theta) = \sum_{\omega=0}^{2^n-1} S(\omega) \cdot G_{\omega}(\theta),$$

де $S(\omega) = 2^{-n} \sum_{\theta=0}^{2^n-1} \Phi(\theta) \cdot G_{\omega}(\theta)$.

Спектр $S(\omega)$ по Галуа містить 2^n значущих членів.

3. Симетрія індекса та аргумента.

Для довільних $i, \theta \in \{0, 1, \dots, 2^n-1\}$ $G_i(\theta) = G_{\theta}(i)$.

4. Зсув аргументу.

Для $i, \theta, \tau \in \{0, 1, \dots, 2^n-1\}$ $G_i(\theta) = G_i(\theta \oplus_q \tau)$,

де q - довільне.

5. Ізоморфізм лінійних Булевих функцій та Галуа.

$$f(x^{n-1}, \dots, x^1, x^0) = c_{n-1} x^{n-1} \oplus \dots \oplus c_1 x^1 \oplus c_0 x^0 \pmod{2},$$

де $s, x \in \{0,1\}$, $i=0, 1, \dots, n-1$.

Ефективність кодової системи характеризується потужністю, що визначається породжуючою матрицею розмірності $N \times m$

$$P = N m,$$

де N - модуль кодової системи; m - мінімальна кількість розрядів базису, що однозначно ідентифікують повідомлення.

Проведені аналітико-графічні дослідження оцінки потужності кодових систем різних дискретних базисів (рис. 2), на основі яких встановлено, що кодові системи Галуа внаслідок рекурсивного послідовного формування повідомлень забезпечують найменшу потужність P , а тому і більшу ефективність представлення цифрових повідомлень порівняно з відомими кодами.

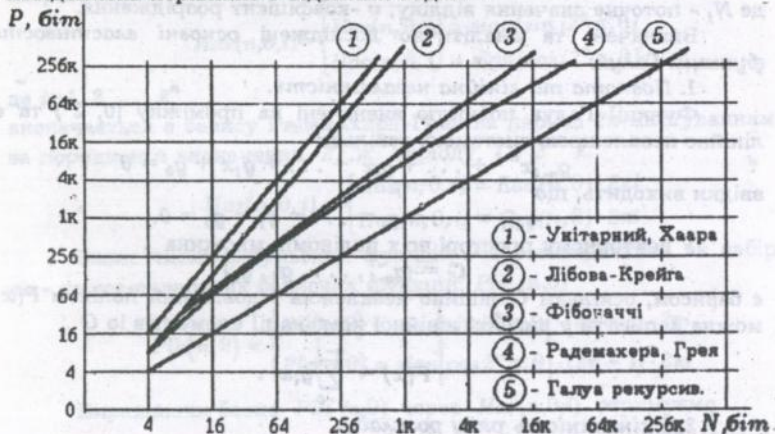


Рис. 2 Залежності потужності основних кодів і кодових систем від модуля кодової системи

Обмеженням, що зумовлює специфіку застосування кодів Галуа є початкове завантаження значень перших n ознак Галуа, після чого для визначення повідомлення є достатнім формування або визначення одного інформаційного біта.

Таким чином, проведені систематизація, аналіз можливостей застосування та теоретичні дослідження взаємоперетворень дискретних базисів і їх властивостей дозволили встановити, що реалізація інформаційної технології в базисі Галуа є достатньо ефективною і перспективною. Це підтверджує актуальність глибокого і всебічного дослідження базису Галуа для побудови сучасних інформаційних технологій та створення засобів і автоматизованих систем на їх основі.

У другому розділі викладені результати узагальнення математичних основ цифрової обробки дискретних повідомлень та виз-

начені процедури дискретних перетворень над полями Галуа, що дозволило підвищити ефективність ТЧП, які реалізують швидкі алгоритми цифрової обробки і ґрунтуються на перетвореннях Ганкелевих та Тоепліцевих матриць.

Дискретне перетворення Ганкеля-Тоепліца (ДПГТ) задане в довільному полі Галуа. Ядро $n \times n$ цього перетворення є примітивним елементом поля $GF(2^n)$, а ДПГТ здійснюється на основі циркулянтних матриць G_c та T_c . Породжуюча матриця-циркулянт розмірності $N \times (N+n)$ у повній векторній розортці представляється в вигляді

$$G = \begin{bmatrix} g_0 & g_1 & \dots & g_{N-1} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & g_0 & g_1 & \dots & g_{N-1} & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & g_0 & g_1 & \dots & g_{N-1} \end{bmatrix}$$

Для перевірки будується матриця H , ортогональна породжуючій G , для яких $GH^t = 0$; $HG^t = 0$.

Перемноженням матриць на вектор вхідного повідомлення Q $QG^t = 0$, або на вектор Q^t $Q^tG^tH = 0$ отримуємо контрольну матрицю помилок H

$$H = \begin{bmatrix} 0 & \dots & 0 & 0 & h_0 & h_1 & \dots & h_{N-1} \\ 0 & \dots & 0 & h_0 & h_1 & \dots & h_{N-1} & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ h_0 & h_1 & \dots & h_{N-1} & 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

Для визначення помилок достатньо є перевірка умови $QH^t = 0$.

Нехай D - підмножина інформаційних векторів $D = QG$.

При наявності помилок у кодовому слові $D^* \quad D^*H^t \neq 0$.

Якщо $D^*H^t = P$, то вектор помилок $p = p_{n-1}, p_{n-2}, \dots, p_1, p_0$. Вектор P є синдромом матриці перетворення, а p_i - локатор, що визначає місце помилки та її вагу

$$D^*H^t = (D + p)H^t = DH^t + pH^t = pH^t = P.$$

Якщо $P(z) = P_{n-1}z^{n-1} + \dots + P_2z^2 + P_1z + P_0$, то поліном $l(z)$ має корені, протилежні локатору помилок, а поліном $m(z)$ характеризує вагу помилок, для яких

$$P(z)l(z) = m(z) \bmod z^n.$$

Проведений аналіз дозволяє поставити та ефективно вирішити задачі завадозахищених передачі-прийому, декодування і цифрової обробки даних в базисі Галуа, важливою процедурою яких є реалізація цифрових згорток. При цьому фазове положення визначається максимальним значенням кореляційної функції еталонного та прийнятого сигналів.

Процедура синхронізації передбачає обчислення вектора

$$D = QG = (d_{N-1}, \dots, d_1, d_0),$$

де $Q = (q_{N-1}, \dots, q_1, q_0)$ - вектор-стовбець вхідного інформаційного повідомлення, G - матриця-циркулянт розмірності N .

В результаті обробки визначається номер k компоненти d_k , для якої $d_k = \max_{i=0}^{N-1} d_i$. Класичні методи при цьому потребують виконання N^2 арифметичних операцій. У повному наборі кодонів Галуа синхронізація по фазі зчитаних повідомлень здійснюється на інтервалі $r \geq n$ символів за умови рівномірного розподілу фаз за період $N=2^n-1$. Вирішення даної задачі потребує виконання $N(n-1)$ арифметичних операцій, що значно менше N^2 .

При виникненні пакетів помилок зі зривом синхронізації проводиться циклічна підгонка фази згортаючих послідовностей по максимуму ВКФ у ковзкому режимі. Глибина обчислення двовірної згортки визначає кількість детектованих помилок у пакеті, а розмірність згортки, пропорційна розрядності кореляційних регістрів, визначає достовірність прийому та співвідношення кількості помилкових і достовірних повідомлень.

Одним з найбільш швидких методів декодування послідовностей Галуа є метод прямого відображення між полями, який ґрунтується на адресній вибірці із запам'ятовуючого пристрою відповідного коду іншого поля. Метод послідовного обрахунку ґрунтується на сумуванні тактових імпульсів, за допомогою яких проводиться розгортка регістра кода Галуа до його нульового значення. Синхронно-тактова послідовна розгортка вхідних векторів повідомлень Галуа на двох регістрах асузу в зустрічному напрямі дозволяє підвищити, як мінімум, у два рази, а в середньому - в чотири рази швидкість декодування.

Вперше розроблений метод реалізації основних арифметичних операцій в полі Галуа на базі безпосередньої паралельної обробки операндів на основі порозрядного сумування по $\text{mod } 2$.

Нехай для двох заданих операндів

$$A(x) = \sum_{i=0}^{n-1} a_i x^i \text{ mod } p \quad \text{та} \quad D(x) = \sum_{i=0}^{n-1} d_i x^i \text{ mod } p$$

результатом сумування буде поліном

$$\begin{aligned} C(x) &= (a_{n-1}d_{n-1}^{n-1} + a_{n-2}d_{n-2}^{n-1} + \dots + a_1d_1^{n-1} + a_0d_0^{n-1}) x^{n-1} \text{ mod } p + \\ &+ (a_{n-1}d_{n-1}^{n-2} + a_{n-2}d_{n-2}^{n-2} + \dots + a_1d_1^{n-2} + a_0d_0^{n-2}) x^{n-2} \text{ mod } p + \\ &+ (a_{n-1}d_{n-1}^{n-1} + a_{n-2}d_{n-2}^{n-1} + \dots + a_1d_1^{n-1} + a_0d_0^{n-1}) x^{n-1} \text{ mod } p + \\ &+ (a_{n-1}d_{n-1}^{n-2} + a_{n-2}d_{n-2}^{n-2} + \dots + a_1d_1^{n-2} + a_0d_0^{n-2}) \text{ mod } p = \\ &= \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} a_i d_j^i x^i \text{ mod } p = \sum_{i=0}^{n-1} c_i x^i \text{ mod } p, \end{aligned}$$

де d_j^i - проміжні значення перемноження коефіцієнтів a , полінома $A(x)$, отримані після перетворення коефіцієнтів d_i полінома $D(x)$ для синтезу коефіцієнта $c(x)$ j -го степеня x результату $C(x)$.

Перемноження операндів в полі Галуа зводиться до сумування значення $A(x)$ кількість разів, визначену десятковим еквівалентом іншого значення $D(x)$, для яких $d_j^i = f(d_i, a_i)$.

Реалізація арифметичних операцій над кодами безпосередньо в базисі Галуа дозволяє ліквідувати недоліки двійкової арифметики (міжрозрядні переноси, розрядну позиційність) та підвищити швидкодію за рахунок виконання векторних операцій, проте не долік доданого методу є необхідність значних обсягів пам'яті для відображення елементів поля Галуа.

Одним з ефективних методів зменшення об'ємів службових даних є представлення та відновлення кодованих повідомлень векторами в лінійних багатомірних просторах. Кожен відлік є координатою n -мірного вектора даних $x(t)$. Проводиться ортогональне перетворення в полі Галуа $y(t) = G x(t)$, де $y(t)$ - вектор коефіцієнтів перетворення, G - матриця векторного перетворення в базисі Галуа, при якому відбувається вибір підмножини m координат вектора $y(t)$, де m менше N . Решту $N - m$ координат можна відкинути, не допускаючи істотної помилки при відтворенні сигналу по m координатах вектора $y(t)$.

Нехай T - довільне перетворення, задане в вигляді

$$T = [\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_N],$$

де ϕ_i - вектори, що задовільняють вимогам дійснозначимості.

Для кожного вектора $x(t)$ трансформованих повідомлень

$$y(t) = T x(t), \text{ де } x(t) = [x_1, x_2, \dots, x_N], y(t) = [y_1, y_2, \dots, y_N].$$

$$x(t) = T^{-1} y(t) = [\phi_1^{-1}, \phi_2^{-1}, \dots, \phi_N^{-1}] y(t) =$$

$$= y_1 \phi_1^{-1} + y_2 \phi_2^{-1} + \dots + y_N \phi_N^{-1} = \sum_{i=1}^N y_i \phi_i^{-1}$$

де $T^{-1} = [\phi_1^{-1}, \phi_2^{-1}, \dots, \phi_N^{-1}]$ - зворотнє перетворення.

По збережених значеннях підмножини $\{y_1, y_2, \dots, y_m\}$ синтезуємо значення оцінки $x^{-}(t)$ процесу $x(t)$, що здійснюється заміною $N-m$ координат $y(t)$ заданими b_i і призводить до визначення

$$x^{-}(t) = \sum_{i=1}^m y_i \phi_i^{-1} + \sum_{i=m+1}^N b_i \phi_i^{-1}$$

Помилка відкидання $N-m$ координат $\Delta x(t) = x(t) - x^{-}(t)$, де вектор помилки визначається різницею

$$\Delta x = x - \sum_{i=1}^m y_i \phi_i^{-1} + \sum_{i=m+1}^N b_i \phi_i^{-1} = \sum_{i=m+1}^N (y_i - b_i) \phi_i^{-1}$$

Використання базисних перетворень Галуа $T := G$ дозволяє зменшити об'єми декодованих службових даних до n ($n = \log_2 N$), здійснюючи ідентифікацію $x(t)_i$ по вектору n_i повідомлень.

Ефективність методу стискування визначається виразом

$$k = m / n = \sum_{i=1}^m y_i \phi^i / \sum_{i=1}^n y_i g_i,$$

де g_i - базисні вектори $GF(2^n)$ ($G = [g_1, g_2, \dots, g_n]$).

По залежностях відносного коефіцієнта стискування

$$k_b = k_C / k_G = (E^*[\log_2 A]m + 2l) / (E^*[\log_2 A] + E^*[\log_2 l] + E^*[\log_2 k])m,$$

де A - діапазон квантування; k - кількість каналів; m - кількість істотних відліків у вибірці l (рис. 3), встановлено, що метод Галуа ефективніший від відомих методів адаптивного стискування при кількості істотних відліків $m \geq 4$ у вибірці l , розрядності відліків $E^*[\log_2 A] \geq 8$ та кількості каналів $k \geq 4$.

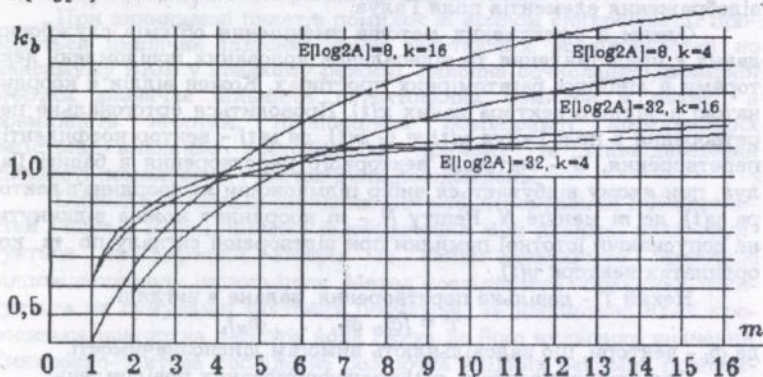


Рис. 3 Залежності коефіцієнтів стискування

Таким чином, теоретично обґрунтовано, досліджено та практично показано, що кодові системи Галуа дозволяють більш ефективно здійснювати синхронізацію при завадозахищеному передачі-прийомі, цифрову обробку інформації та зменшують надлишковість повідомлень, внаслідок чого забезпечується підвищення достовірності кодування, оперативності, ефективності і точності цифрового представлення повідомлень.

У *третьому* розділі розроблені основи методології інтегрально-імпульсної ідентифікації джерел повідомлень, як бази реалізації вертикальної інформаційної технології, на підставі чого з метою підвищення достовірності інформації запропоновані алгоритми і спроектовані засоби формування кодових послідовностей з рекурсивним та кодонним впорядкуванням, з початковим завантаженням вихідного вектора генерування та без нього.

Засоби ідентифікації джерел повідомлень структурно узагальнюють власне джерело повідомлення та кодер, або міжбазисний перетворювач з кінцевим вихідним кодом трансформації. Ефективність методу перетворення визначається кількістю кодових

символів, що приходить на одиницю інформації.

З метою ефективного використання апаратних ресурсів кодових формувачів виникає питання про отримання рекурсивних послідовностей з максимальним періодом N . Найбільше значення N для основи базису p та порядку n становить $N=p^n-1$ при рекурсивному упорядкуванні векторів, або $N=p^n$ при штучному вкладанні додаткового нуля у фрагмент із $n-1$ нулів. Послідовні n -розрядні блоки (кодони) на одному періоді $N=p^n-1$ ($N=p^n$) складають множину всіх можливих n -розрядних кодів. Це зумовлює ізоморфність повної кодової системи Галуа повному довільному числовому полю відповідної розмірності.

Методи рекурсивного кодування імпульсних джерел повідомлень дозволяють реалізувати нові функціональні можливості:

- самокорекцію помилок та завад у каналах зв'язку, що забезпечує підвищення достовірності прийому інформації;
- скорочення часу ідентифікації стану джерела, що забезпечує зменшення об'ємів інформаційних потоків у мережі;
- комутацію каналів розгалуженої інформаційної мережі, що забезпечує розподілений в часі та засобах доступ до джерел та відбір даних про стан джерела в довільний момент часу.

Стан інтегрально-імпульсного джерела повідомлень характеризується періодом τ_j слідування імпульсів бітозначеної послідовності Галуа, що визначає активність джерела $A_j = f(\tau_j)$ в j -й момент часу, та сумою всіх імпульсів до j -го останнього, що є

інтегральною характеристикою джерела повідомлень $N_j = \sum_{i=0}^j \delta_i$ на

j -й момент часу. На відміну від відомих методів число-імпульсної модуляції, для яких максимальний час ідентифікації стану джере-

ла становить $t_T^* = \sum_{j=1}^N \tau_j$, при синхронно-тактовому формуванні

інформативних імпульсів ознаками одиниці та нуля згідно з рекурсивним законом об'єм вибірки зменшується до n останніх інформаційних ознак на j -й момент часу, де $n = \log_2 N$, N - діапазон дискретизації періоду вибірки. Рекурсивний логічний зв'язок кожного з прийнятих повідомлень з n попередніми дозволяє прогнозувати характер наступного повідомлення, заобігати виникненню помилкових відліків, внаслідок чого підвищується достовірність та швидкість порівняно з типовими системами до N/n разів (у граничному випадку).

Формування послідовностей здійснюється згідно залежності

$$N_j = b_{j-n+1}, \dots, b_{j-2}, b_{j-1}, b_j,$$

де $b_{j+1} = \sum_{i=j}^{j-n+1} b_i \cdot g(\text{mod } p)$, b_j - найменші невід'ємні відліки рекурсивної послідовності за модулем простого числа p ; g - логічний вектор кодового ключа.

На рис. 4 зображено структуру рекурсивного генератора.

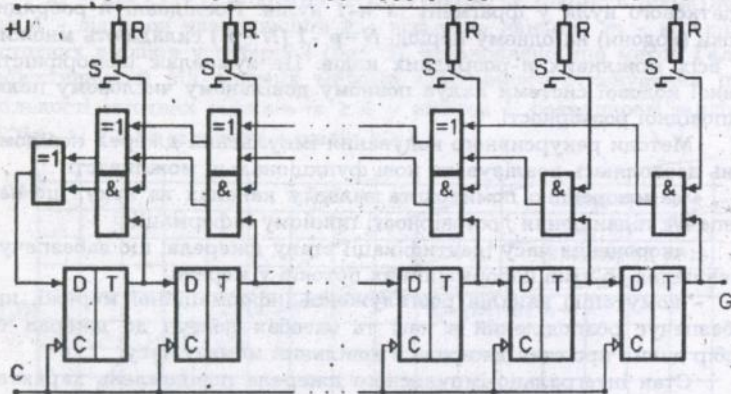


Рис. 4 Генератор рекурсивних послідовностей

При кодонному методі ідентифікації стану джерела дискретних повідомлень використано властивість неповторюваності n -розрядних кодових фрагментів (кодонів) у повній абстрактній спіралі, замкнутій в тор з мультиперіодом $M = N n = (2^n - 1) n$.

Кожне повідомлення кодується одним кодоном, тобто одним витком абстрактної повної спіралі $(n-1) n$ -розрядних кілець Галуа

$$N_j = f(b_{j0}, b_{j1}, \dots, b_{j,i}, \dots, b_{j,n-1}),$$

де j - номер кодона відліків, b_{ji} - синхронізовані по j ознаки Галуа.

Синхронно кожному такту входу C генератором формується послідовне посилення із n імпульсів, яке одозначно визначає інтегральну характеристику джерела повідомлень. При цьому період слідування посилення характеризує активність джерела.

Отже, запропоновані на основі число-імпульсної модуляції методи інтегрально-імпульсної кодової ідентифікації імпульсних джерел повідомлень дозволили розробити засоби передачі характеристик миттєвої активності та інтегрального значення параметра, що забезпечує підвищення достовірності та швидкодії.

У четвертому розділі проаналізовано проблематику та визначено комплекс задач, що підлягав вирішенню в результаті розробки засобів ПФІ на базі кодових шкал Галуа та реалізації на їх основі вискоєфективних перетворювачів переміщень.

При вирішенні задач одностороннього зчитування з метою підвищення достовірності перетворення проводиться маніпуляція

унітарних послідовностей ознаками Галуа, що дозволило здійснювати ідентифікацію просторового положення кодової шкали та зчитувача по n останніх послідовно зчитаних кодових ознаках. Паралельне зчитування послідовної кодової шкали реалізується внаслідок розширення кількості зчитувачів шкали від одного до n та дозволяє здійснювати перетворення в реальному часі.

При виготовленні шкал з високою дозволяючою здатністю виникають технологічні складності реалізації системи поряд розташованих зчитувачів, тому для вирішення вказаної проблеми розроблено метод розрідженого зчитування послідовних кодових шкал. Рекурсивне лінійне впорядкування кодових елементів дозволяє використовувати апарат ноніусного зчитування дискретних повідомлень та підняти в n разів точність однонаправленого та двонаправленого позиціонування. Системи кодування переміщень з розрідженим ноніусним зчитуванням дозволяють проводити високоточне ноніусне перетворення зі зменшеними вимогами щодо технології виготовлення блоку зчитувачів.

Розроблені методика та засоби завадозахищеного перетворення з послідовною комутацією чутливих елементів по однотипних кодових ознаках у малорозрядні паралельні шини.

Для розширення функціональних можливостей та розробки двонаправлених послідовних кодових шкал розроблена методика вкладання додаткових ознак однозначного подання напряму переміщення, яка полягає в дублюванні вихідних шин 1, С, 0 суміжними 1", С", 0" з відповідною розділеною комутацією за правилом 1, 1", С", 0, 0". Кодові комбінації двосторонньої невизначеності типу 1 с 1, 0 с 0, с 0 с, с 1 с трансформуються в однозначно ідентифіковані триплети

$$1\text{С}''1'', 1''\text{С}1, 0''\text{С}''0, 0\text{С}0'', \text{С}''0\text{С}, \text{С}0''\text{С}'', \text{С}''1''\text{С}, \text{С}1\text{С}''.$$

На основі квазітрійкових розріджених послідовностей Галуа розроблені слідуючі реверсивні шкали з вкладаннями, які дозволили зменшити кількість вихідних шин до чотирьох.

Ефективним методом підвищення швидкодії процесу перетворення переміщення є комбінування базисів. Застосування апарату модульної арифметики залишкових класів дозволяє значно розширити період визначеності базисного набору i , відповідно, період визначеності процедури ПФІ. При цьому необхідно виконати умови прямого перетворення залишкових класів

$$N_k = \text{res} \sum_{i=1}^k b_i B_i \pmod{P},$$

де $P = \prod_{i=1}^k p_i$ - період визначеності, $0 \leq N_k < P$; $p_1, p_2, \dots, p_i, \dots, p_k$ - набір взаємoprостих модулів, які задовільняють умові $p_i = 2^i - 1$;

$l = 1, 2, \dots, k$; $i = 1, 2, \dots, k$; k - число модулів розширення; b_i - найменші невід'ємні залишки ($0 \leq b_i < p_i$); B_i - бази перетворення залишкових класів.

При вирішенні задачі автоматизації процесів керування транспортними засобами процедура позиціонування зводиться до послідовного зчитування розташованих вздовж транспортної мережі кодових ознак Галуа, n - розрядний код яких однозначно визначає позицію на траєкторії руху. Здійснити реверсивне позиціонування дозволяє модель, яка передбачає додаткове введення ознаки зворотного руху. Розширюючи кількість значень ознак, будується тримірна модель маршрутизації рухомих об'єктів.

Збільшити кількість степенів вільності дозволяє кодова розмітка Галуа вузлів координатно-мережної розбивки площини або простору позиціонування на базі полярно-спіральної форми кодових послідовностей Галуа, що описується моделлю

$$N_{ij} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1j} & \dots & b_{1m} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2j} & \dots & b_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nj} & \dots & b_{nm} \end{bmatrix},$$

де $b_{ij} = \text{res}(b_{ij} + b_{i,j+n}) \bmod p$, $b_{ij} = \text{res}(b_{ij} + b_{i+n,j}) \bmod p$.

Характерною особливістю даного перетворення є одночасне існування рекурсії по спіралі та по твірних абстрактного кодового циліндра. При цьому отримують нове вирішення задачі координатної прив'язки в мережі двомірного простору ознаками Галуа, а також прив'язки координат чорно-білих зображень, внаслідок чого досягається зменшення об'ємів повідомлень, що формуються.

Отже, застосування методів високоточного ноніусного та розрідженого зчитування, вкладання ознак, завадозахищеного кодування та їх поєднання дозволило підвищити точність перетворення, технологічність та зменшити вартість апаратури.

У **п'ятому** розділі проаналізовано концепції розвитку та визначено основні напрями покращення техніко-економічних характеристик АЦП, виходячи з чого розроблені ефективні методи АЦ перетворення при переході до кодових систем Галуа.

Комбінування рекурсивного зчитування коду перетворення за методом сканування дозволяє підвищити швидкість, регулярність структури, степінь завадозахисту, та зменшити кількість виводів порівняно з інтегруючими АЦП. Властивості неповторимості довільних n -розрядних кодових фрагментів у повному кільці Галуа вперше дозволили розробити новий клас паралельних скануючих методів та звузити діапазон розгортки від N для інтегруючих АЦП до n для скануючих АЦП Галуа, де $n = \log_2 N$.

Динамічний діапазон вхідної величини $U_{x \min} \text{ :- } U_{x \max}$ кван-

тується на $N-1$ рівнів (рис. 5), кожному з яких присвоюється кодова ознака $g_0, g_1, \dots, g_{i-1}, \dots, g_{N-1}$ послідовності Галуа.

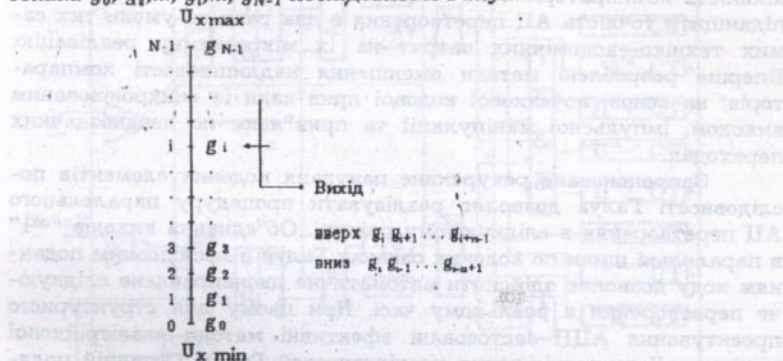


Рис. 5 Приклад сканування послідовності Галуа

Для АЦ перетворення i -го значення U_{xi} достатньо здійснити вольтажну з розгорткою n квантів вхідної величини (рис. 6).

№	G	вверх	0		вниз				
			0	0					
15	1		1	1	1	1	1		
14	1			1	1	1	1	1	
13	1				1	1	1	1	1
12	1					1	1	1	1
11	0		0	0	0		0	0	0
10	1			1	1	1	1	1	1
9	0		0	0	0		0	0	0
8	1			1	1	1	1	1	1
7	1			1	1	1			
6	0		0	0	0		0	0	0
5	0		0	0	0		0	0	0
4	1			1	1	1			
3	0		0	0	0		0	0	0
2	0		0	0	0				
1	0		0						
0	0		0						
14	1						1	1	1
13	1							1	1
12	1								1

Рис. 6 Формування кодових відліків перетворення

Розроблені методи та засоби перетворення зі скануванням по опорному U_{om} та вимірювальному U_x сигналах.

Оскільки розгортка скануючого значення здійснюється в одному напрямі, то достатньо зафіксувати тільки першу кодову ознаку в однозначному фрагменті послідовності Галуа і тактовано видавати її на вихід до чергової зміни значення ознаки Галуа. У повній рекурсивній послідовності Галуа кількість однозначних суміжних

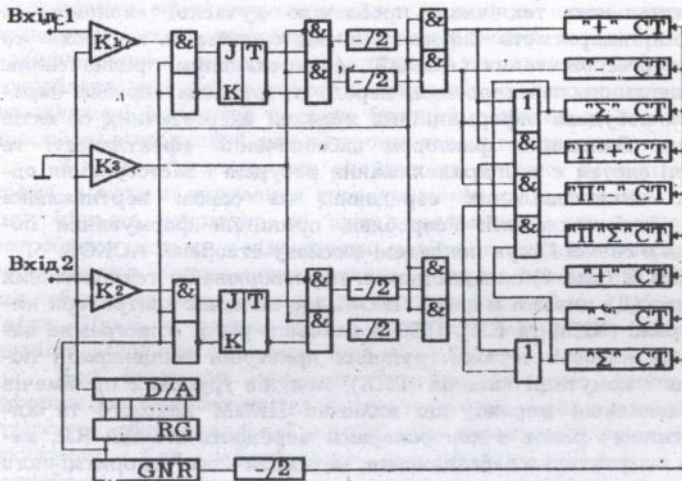


Рис. 7 ЧотириквADRантний АЦП Монте-Карло

На основі методу Монте-Карло розроблені структури засобів АЦ перетворення з відображенням форми сигналів (типу осцилоскопів) та багатоканальні АЦП.

Полікритеріальна оцінка областей ефективного застосування ПФІ в інформаційних системах визначається як

$$K = Z_i \Phi_i H_i L_i / T_i \delta_i N_i C_i,$$

де Z_i - точність перетворення; Φ_i - функціональність; H_i - надійність ПФІ; L_i - технологічність виробництва; T - час; δ - похибка перетворення; N - кількість вводів-виводів; C - вартість.

Дана оцінка ґрунтується на виборі оптимальної архітектури з множини альтернативних рішень $S = \{S_1, S_2, \dots, S_j, \dots, S_j, \dots, S_l\}$, що задовільняє умовам:

$$Z_i \leq 1/2^r; \Phi_i = \max; H(S_i) \geq H_{\text{дон}}; L_i = \max; T(S_i) \leq T_{\text{дон}}$$

$$\delta(S_i) \leq \delta_{\text{дон}}; N(S_i) = \min; C(S_i) \leq C(S_j), i \neq j; i, j \in \{1, l\}.$$

Запропоновані методи комутування вихідних шин АЦП за законами послідовностей Галуа і модифіковані методи АЦ перетворення Монте-Карло дозволили реалізувати дешеві швидкодіючі АЦП зі зменшеною кількістю вихідних шин, послідовним виходом, більш регулярною структурою та розширеними функціональними можливостями.

У шостому розділі приведені результати розробки алгоритмів, структур, принципових схем засобів формування, перетворення і ЦОП в базисі Галуа, створені з метою експериментальних досліджень та впровадження в дослідне і промислове виробництво автоматизованих систем на основі вертикальної інформаційної технології.

Актуальною технічною проблемою сучасної економіки є оснащення підприємств інформаційними системами контролю та обліку енергоспоживання (АСКОЕ), функціональним призначенням яких є первинне перетворення, передача, цифрова обробка параметрів та побудова інформаційних моделей енергетичних об'єктів керування. Важливим фактором забезпечення ефективності та надійності систем є розпаралелювання ресурсів і застосування однорідних обчислювальних середовищ на основі вертикальної інформаційної технології. Розроблені принципи формування повідомлень в базисі Галуа покладені в основу створеної АСКОЕ.

АСКОЕ (рис. 8) складається з: перетворювачів технологічних параметрів (Д); низової мережі ПЕОМ, що включає контролери низової мережі (КНМ та КН), ПЕОМ цехового рівня і програми забезпечення низової мережі; групових пристроїв концентрації повідомлень і комутації каналів (ГПК); модулів групових приймачів (ПГМ); локальної мережі, що включає ПЕОМ цехового та адміністративного рівнів з контролерами мережних станцій КЛ; кабельного комутуючого забезпечення; математичного, алгоритмічного та програмного системного забезпечення.

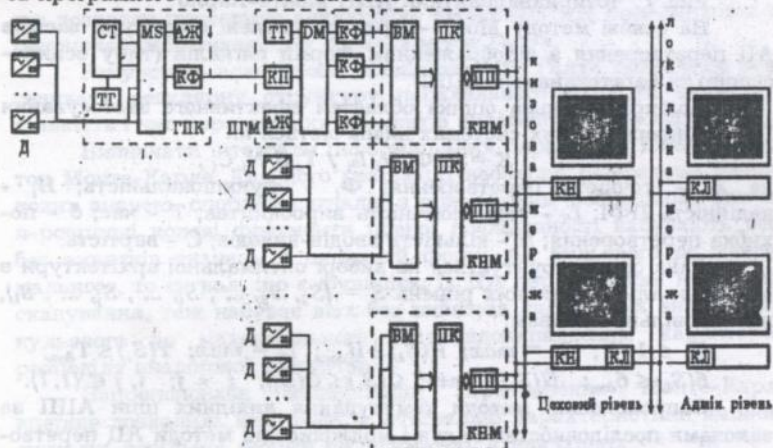


Рис. 8 Мережна організація АСКОЕ

Реалізація давачів енергетичних параметрів з інтегрально-імпульсним виходом Галуа вигідно відрізняє АСКОЕ від аналогічних систем. Підвищення надійності функціонування АСКОЕ досягається реалізацією мережної архітектури на основі моноканалу з довільним доступом і розподіленою мережною базою даних, що забезпечує також широкі можливості поетапного впровадження, реорганізації структури, нарощування обчислювальних потужностей і розширення функціональних можливостей системи.

В техніці АЦ перетворення часто виникає необхідність вимірювання ефективного значення сигналу зі статистичним усередненням завад, що мають псевдовипадковий характер. На базі модифікованого методу статистичних досліджень Монте-Карло розроблено ряд вимірювальних пристроїв, з яких реалізовані та впроваджені індикатор густини бурових розчинів та електронний лічильник електричної енергії промислового призначення.

З метою перетворення лінійних та кутових переміщень, зокрема, в системі керування впорскуванням та запаленням двигуна внутрішнього згоряння по куту положення колінчастого валу розроблено систему з підвищеною надійністю кодового перетворення координат. Кодова шкала давача кутового положення представляє собою диск із нанесеними по вінцю зубцями 0 та 1 згідно ознак Галуа. Шкала з числом $2^8 = 256$ кодових елементів забезпечує точність $1/256$, що становить 0,4% або $1,5^\circ$.

При створенні сучасних багатопроцесорних розподілених інформаційних систем однією з перспективних є радіально-кільцева структура обчислювальної мережі, що характеризується високою живучістю. Для забезпечення функціонування таких мереж розроблені нові схемотехнічні рішення та технічні засоби, що дозволяють на фізичному рівні об'єднувати системні ресурси у високопродуктивні надійні мережі, не створюючи конфліктів при одночасному звертанні до загальносистемних ресурсів. Практична реалізація радіально-кільцевих мереж пов'язана з використанням колективної пам'яті одночасного багатопроцесорного послідовного доступу з адресуванням в кодах Галуа.

Інформація про хід технологічного процесу буріння є необхідною при будівництві глибоких та надглибоких вертикальних і під нахилом спрямованих експлуатаційних та опорно-технологічних свердловин. Оскільки процес буріння є надзвичайно енергоємним, то його оптимальне ведення дозволяє заощаджувати значні кошти. З метою вирішення поставленої проблеми розроблені інформаційні системи обробки, стискання, архівування та передачі технологічних параметрів на базі кодових систем Галуа.

Автономна багатоканальна інформаційно-вимірювальна система призначена для перетворення вимірювальної інформації від давачів вибійних технологічних і геофізичних параметрів в цифровий код, реалізацію циклу опитування вимірювальних каналів, статистичної обробки цифрових повідомлень, стискання та реєстрації вимірювальної інформації з часом формування в кодах Галуа. Телеметрична система з гідравлічним інформаційним каналом призначена для обробки та кодування вимірювальної інформації, організації циклу опитування каналів у відповідності з встановленими режимами роботи, усереднення вимірювальної інформації за час між черговими опитуваннями, керування електрогідроперетво-

рювачем передавача гідравлічних імпульсів глибинного пристрою та передачі повідомлень в обчислювальну систему бурильної установки по гідравлічному каналу. При цьому в системі передачі інформації вирішуються задачі розпізнавання переданих двійкових символів (біт-синхронізація) та визначення старшого розряду переданого коду з ідентифікацією номера параметра, що відповідає прийнятому коду (байт-синхронізація), для чого використано маніпуляцію кожного біта шумоподібним сигналом та протокол Галуа для синхронізації інформаційних відліків.

На основі розробленої теорії та методів реалізований комплекс ефективних алгоритмічних і технічних засобів ПФІ та ЦОП, що функціонують в кодових системах Галуа, реалізують основні системні функції вертикальної інформаційної технології та мають покращені техніко-економічні показники порівняно із інформаційними системами, що використовують відомі системи кодування.

У висновках сформульовані основні результати та підсумки дисертаційної роботи.

У додатках подані документи, що підтверджують впровадження результатів наукових досліджень по темі дисертації.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

Сформульована, досліджена та вирішена наукова проблема створення інформаційної технології в базисі Галуа полягає в узагальненні існуючих і розробці нових теоретичних положень, науково обґрунтованих методів та засобів формування, перетворення і цифрової обробки повідомлень, реалізація яких має важливе народногосподарське значення.

Основними науковими результатами є:

1. Розробка теоретичних основ взаємоперетворення основних базисних функцій, яка полягала в узагальненні існуючих, встановленні нових базисів ТЧП та їх класифікації, що дозволило встановити повну взаємовідповідність теоретико-числових базисів з кодовими системами, що ними породжуються, визначити їх властивості та обґрунтувати ефективність переходу до кодових систем Галуа і в результаті забезпечити реалізацію ефективних процедур ПФІ і ЦОП.

2. На базі узагальнення теорії цифрових згорток в полях Галуа та дискретних перетворень Ганкеля-Тоепліца розроблені методи кореляційного прийому з виправленням одиничних та пакетів помилок, що дозволили підвищити достовірність прийому повідомлень і реалізувати алгоритми та засоби синхронізації і швидкого декодування послідовностей Галуа.

3. На підставі закону рекурсивного формування послідовностей запропоновано метод паралельного виконання арифметичних операцій безпосередньо в кодах Галуа, який дозволяє ліквідувати

міжрозрядні переноси, що забезпечує підвищення швидкодії процесу обробки та регулярності обчислювального середовища. Процедура зменшення кількості службової інформації є основою методики скорочення надлишковості формованих потоків та архівування повідомлень в одно- та багатоканальних системах, на базі якої запропоновано схемотехніку кодування і алгоритми декодування даних, реалізація яких забезпечує підвищення ефективності використання ресурсів каналів та системної пам'яті.

4. На основі число-імпульсних методів розроблені ефективні інтегрально-імпульсні методи та засоби ідентифікації імпульсних джерел повідомлень з цифровою модуляцією кодами Галуа, які дозволили визначити в реальному часі інтегральну характеристику та миттєву активність джерела, що забезпечило підвищення достовірності та завадозахищеності відтворення інформації.

5. Розроблені методики аналого-цифрового перетворення, що ґрунтуються на єдиному підході до перетворення форми інформації, що передбачає деталізацію первинного перетворювача на перетворювач фізичного параметру в електричний та міжбазисний перетворювач, виходячи з чого запропоновано:

- методи рекурсивного, реверсивного, ноніусного, розрідженого та комбінованого зчитування, що дозволили розробити перетворювачі переміщень на кодових шкалах Галуа, використання яких забезпечило підвищення точності, завадозахищеності, достовірності перетворення, зменшення часу позиціонування та габаритів кодівих шкал;

- методи скануючого, слідкуючого, паралельного та імовірнісного аналого-цифрового перетворення з вихідними кодами Галуа, що дозволили розробити перетворювачі підвищеної точності і швидкодії з більш простою та регулярною архітектурою. Використання методу Монте-Карло дозволило здійснити розділене вимірювання "+" та "-" складових змінних сигналів, а також векторне перемноження кількох величин.

6. Розроблена методика розділеного індивідуального багатопроцесорного доступу до системних ресурсів, на основі якої запропоновано пам'ять з адресацією в кодах Галуа, як центральний елемент радіально-кільцевої мережі, використання якої дозволило підвищити живучість та пропускну здатність інформаційної системи, кількість користувачів ресурсами якої є не обмеженою.

7. З метою високоефективної реалізації основних системних функцій вертикальної інформаційної технології формування, перетворення, цифрової модуляції, руху, декодування, цифрової обробки повідомлень і багатопроцесорного доступу до системної пам'яті розроблено комплекс технічних та алгоритмічних засобів з використанням кодових систем Галуа, а на їх основі - інформаційні системи, що володіють за рядом показників покращеними техніко-

економічними характеристиками порівняно з системами, що функціонують з використанням відомих кодів.

Економічний ефект від впровадження результатів дисертаційної роботи складає 1, 986 84 млн. руб. (в цінах 1988 р.) та 0,6 -:- 60 тис. USD (в цінах 1995 р.).

В навчальний процес впроваджені результати теоретичних розробок та методики перетворення форми і цифрової обробки інформації в кодових системах Галуа, на підставі яких запропоновано методологію реалізації вертикальної інформаційної технології.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ ВІДОБРАЖЕНІ В НАСТУПНИХ ПУБЛІКАЦІЯХ

1. Петришин Л.Б. Перетворення форми та цифрова обробка інформації в кодових системах базису Галуа. - Івано-Франківськ: ІФДТУНГ МОУ, 1997. - 236 с.

2. Петришин Л.Б. Теоретико-числові основи кодових систем Галуа / ІФДТУНГ. -Івано-Франківськ, 1995. - 101 с. Моногр. деп. в ДНТБ України 20. 12. 95. № 57 - Ук 96.

3. Петришин Л.Б. Перетворювачі геометричних координат в кодових системах Галуа / ІФДТУНГ. -Івано-Франківськ, 1996. - 74 с. Моногр. деп. в ДНТБ України 01. 02. 96. № 422 - Ук 96.

4. Петришин Л.Б. Методи і засоби ПФІ в базисі кодових систем Галуа / ІФДТУНГ. -Івано-Франківськ, 1996. - 199 с. Моногр. деп. в ДНТБ України 06.05.96. № 1138 - Ук 96.

5. Петришин Л.Б. Цифрова обробка повідомлень в базисі Галуа / ІФДТУНГ. -Івано-Франківськ, 1996. - 89 с. Моногр. деп. в ДНТБ України 06.05.96. № 1140 - Ук 96.

6. Петришин Л.Б. Теоретичні основи перетворення форми та цифрової обробки інформації в базисі Галуа: Навч. посібник. - Київ: ІЗІМН МОУ, 1997. - 237 с.

7. Николайчук Я.Н., Ширмовский Г.Я., Петришин Л.Б. Кодирование сообщений для создания локальной базы данных по разведочным скважинам // НТИС "Нефтегазовая геология, геофизика и бурение". - М.: ВНИИОЭНГ, 1984. № 7. - С. 63 - 65.

8. А.С. 1580552 СССР, МКИ Н 03 М 1 / 26. Преобразователь перемещения в код / Петришин Л.Б. и Николайчук Я.Н. - Опубл. *23.07.90, Бюл. № 27.

9. АС № 1649529 СССР, МКИ G06F/05 Устройство для ввода информации / Б.М.Шевчук, Я.Н.Николайчук, Л.Б.Петришин. - Опубл. 1991. Бюл. №18.

10. А.С. 1709368 СССР, МКИ G06F/05 Устройство сжатия аналоговой информации / Я.Н.Николайчук, Л.Б.Петришин, Б.М.Шевчук. - Опубл. 30.01.92, Бюл. № 4.

11. Петришин Л.Б., Николайчук Я.М. Система команд та елементи програмування мікропроцесора K5801K80: Навч. посібник. -

Київ: НМК ВО, 1990. - 80 с.

12. Петришин Л.Б., Калявін В.В. Інформаційні технології аналого-цифрового перетворення, // Праці XII міжнар. міжвуз. шк.-сем. "Методи і засоби технічної діагностики" - Івано-Франківськ: ІФДТУНГ, 1995. - С. 45 - 47.

13. Петришин Л.Б., Дожджанюк В.В. Методи швидкодійного аналого-цифрового перетворення і АЦП з вихідними КІП // Збірник наук. праць ІФІНГ. - Київ: НМК ВО, 1991. - С. 80 - 82.

14. Петришин Л.Б. Теорія арифметичних операцій над кодами в полі Галуа // Збірник наук. праць ІФІНГ. - Київ: НМКВО, 1991. - С. 82 - 85

15. Петришин Л.Б. Ідентифікація стану джерел повідомлень в базисі Галуа // Праці XII міжнар. міжвуз. шк.-сем. "Методи і засоби технічної діагностики" - Івано-Франківськ: ІФДТУНГ, 1995. - С. 94 - 97.

16. Петришин Л.Б. Базиси теоретико-числових перетворень як основа кодових систем в технічній діагностиці // Праці XII міжнар. міжвуз. шк.-сем. "Методи і засоби технічної діагностики" - Івано-Франківськ: ІФДТУНГ, 1995. - С. 48 - 51.

17. Петришин Л.Б., Шевчук Б.М., Николайчук Я.Н., Ищеряков С.М. Методы реализации протоколов малых вычислительных сетей на основе кодов поля Галуа // "Локальные вычислительные сети", т.1, - Рига: ИЭВТ АН ЛатвССР, 1988. - С. 182 - 185.

18. Николайчук Я.Н., Петришин Л.Б. Принципы построения и параметры АЦП на основе кодов поля Галуа // "Проблемы создания преобразователей формы информации" - Киев: ИК АН УССР, 1988. - С. 16 - 17.

19. Николайчук Я.Н., Петришин Л.Б., Шевчук Б.М. Сжатие данных на основе кодов поля Галуа // "Проблемы создания преобразователей формы информации" - Киев: ИК АН УССР, 1988. - С. 18 - 19.

20. Петришин Л.Б. Архитектура АЦП Галуа на основе регулярной вычислительной среды // "Распараллеливание обработки информации", т. 1, - Львов: ФМИ АН УССР, 1989. - С. 130 - 131.

21. Волошинов С.Д., Николайчук Я.Н., Петришин Л.Б. Структура и организация оперативной памяти с параллельным многопроцессорным доступом // "Распараллеливание обработки информации", т. 1, - Львов: ФМИ АН УССР, 1989. - С. 173 - 174

22. Николайчук Я.Н., Петришин Л.Б., Турчанинов Ю.Н., Волошинов С.Д. Звездно-кольцевая вычислительная система с коллективной памятью многопроцессорного доступа // "Перспективы развития вычислительных систем" - Рига: РПИ, 1989. - С. 22.

23. Петришин Л.Б. Сокращение избыточности сообщений на базе кодов поля Галуа // "Методы и микрорелектронные средства цифрового преобразования и обработки сигналов", т. 1, - Рига:

ІЗВТ АН ЛатвССР, 1989. - С. 127 - 129.

24. Петришин Л.Б., Николайчук Я.Н., Ищеряков С.М. Цифровая обработка сигналов на основе преобразования кодов поля Галуа // "Методы и микроэлектронные средства цифрового преобразования и обработки сигналов", т. 1, - Рига: ІЗВТ АН ЛатвССР, 1989. - С. 130 - 132.

25. Petryshyn L., Stus S. Two-Dimensional Image Coding and Vertical Programming of Data Processing on the Base of the Galua Field Codes // Proc. the First Internat. Conf. "Information Technologies for Image Analysis and Pattern Recognition", vol. 1, - Lviv: IPM AS UkrSSR, 1990. - S. 371 - 373.

26. Zhugan L., Ishcherjakov S., Nikolajchuk J., Petryshyn L. Recognition of Complicated Passive Objekt Models in Terms of High-Duty Parallel Processors // Proc. the First Internat. Conf. "Information Technologies for Image Analysis and Pattern Recognition", vol. 2, - Lviv: IPM AS UkrSSR, 1990. - S. 224 - 227.

27. Петришин Л.Б., Жуган Л.И., Николук О.М. Применение ТЧП Галуа в устройствах вычислительной техники // Материалы III-й межреспубл. шк.-сем. "Научприбор - 90" - Судак: ТЦ АН УССР, 1990. - С. 86 - 87.

28. Петришин Л.Б., Николук О.М. Синтез структур импульсных источников информации в базисе Галуа // "Интерприбор - 90", т.3, - М.: Информприбор, 1990. - С. 41 - 42.

29. Петришин Л.Б. Шкали датчиків квантованих переміщень на базі КІП // 36. наук. праць НТК проф.-викл. складу ІФІНГ. - Івано-Франківськ: ІФІНГ, 1994. - С. 167 - 168.

30. Михайливі Н.И., Петришин Л.Б. Контроль энергетических объектов с импульсными источниками сообщений // "Контроль и управление в технических системах" - Винница: ВПИ, 1993. - С. 152 - 153.

31. Петришин Л.Б., Николайчук Я.М. Одномірні та багатомірні структурні моделі енергетичних джерел інформації // "Проблеми і шляхи енергозабезпечення України" - Івано-Франківськ: ІФІНГ, 1993. - С. 41.

32. Петришин Л.Б. Теоретико-числові основи цифрової обробки сигналів // Матеріали НТК проф.-викл. складу, ч. 2, - Івано-Франківськ: ІФДТУНГ, 1995. - С. 68.

33. Петришин Л.Б. Забойная автономная информационно-измерительная система // Материалы Всесоюз. конф. мол. ученых и спец. - Небит-Даг: ТуркменНИПИнефть, 1989. - С. 44 - 47.

34. Ищеряков С.М., Петришин Л.Б. Многоканальная система передачи глубинной измерительной информации на основе кодов поля Галуа // Материалы Всесоюз. конф. мол. ученых и спец. - Небит-Даг: ТуркменНИПИнефть, 1989. - С. 48 - 50.

35. Петришин Л.Б., Николайчук Я.М. Вертикальні інформа-

ційні технології в кодових системах Галуа // Праці 2-ї Української конф. з автоматичного керування "Автоматика - 95", т. 2, - Львів: НВЦ "ІТІС", 1995. - С. 131 - 132.

36. Петришин Л.Б. Технічні засоби обліку енергоспоживання // Праці 2-ї Української конф. з автоматичного керування "Автоматика - 95", т. 4, - Львів: НВЦ "ІТІС", 1995. - С. 124 - 125.

37. Петришин Л.Б. Керування рухомими засобами в двомірній метриці Галуа // Праці 2-ї Української конф. з автоматичного керування "Автоматика - 95", т. 1, - Львів: НВЦ "ІТІС", 1995. - С. 39.

38. Петришин Л.Б. Ймовірісно-статистичні методи обробки сигналів. // "Інформаційні технології і системи" - Львів: ФМІ АН Укр., 1993. - С. 73 - 75.

39. Петришин Л.Б. Адаптивне ущільнення даних в базисі Галуа // Праці НТК проф.-викл. складу ІФДТУНГ. - т. III. - Івано-Франківськ: ІФДТУНГ, 1996. - С. 103.

40. Петришин Л.Б. Перетворення Ганкеля-Тоепліца над полем Галуа // Праці НТК проф.-викл. складу ІФДТУНГ. - т. III. - Івано-Франківськ: ІФДТУНГ, 1996. - С. 104.

41. Петришин Л.Б., Николайчук М.Я. Згорткові методи синхронізації та прийому цифрових повідомлень в базисі Галуа // "Автоматика-96", - т. 1. - Севастополь: СДТУ, УААУ, 1996. - С. 76 - 77.

42. Петришин Л.Б. Методи АЦП в кодових системах Галуа // "Автоматика-96". - т. 1 - Севастополь: СДТУ, УААУ, 1986. - С. 217.

43. Петришин Л.Б. Методичне забезпечення цифрової обробки даних при неруйнуючому контролі та технічній діагностиці // Матеріали наук. - техн. конф. "Сучасні прилади, матеріали та технології для технічної діагностики та неруйнівного контролю НГХЕО". - К.: НВФ "Ультракон", 1996. - С. 52 - 55.

44. Петришин Л.Б. Функціональні перетворювачі інформації // "Контроль і управління в технічних системах", - ч. 2, - Вінниця: ВДТУ, 1995. - С. 439 - 440.

45. Петришин Л.Б., Николайчук Я.М. Теоретико-числові основи перетворення форми інформації // "Контроль і управління в технічних системах", - ч. 2, - Вінниця: ВДТУ, 1995. - С. 437 - 438.

46. Николайчук Я.Н., Петришин Л.Б., Романюк Ю.Ф. и др. Формирование и дистанционный контроль скорости вращения счетчиков электрической энергии с использованием кода Галуа / ИФИИИГ. - Ив.-Франковск, 1989. - 19 с. Деп. в УкрНИИТИ 10.04.89, №1092 Ук 89.

47. Петришин Л.Б. Методи і засоби формування кодових послідовностей Галуа /ІФДТУНГ. -Івано-Франківськ, 1995. - 44 с. Стаття деп. в ДНТБ України 01. 02. 96. № 423 - Ук 96.

Аннотация

Петришин Л.Б. Формирование, преобразование и обработка цифровых сообщений в базисе Галуа (теория и устройства).

Диссертация в виде рукописи на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.08 - вычислительные машины, системы и сети, элементы и устройства вычислительной техники и систем управления, Государственный университет "Львівська політехніка", Львов, 1997.

Защищается 69 научных работ и 3 авторских свидетельства, которые содержат результаты исследований по разработке обобщенной теории межбазисных теоретико-числовых трансформаций, а также современных методов и средств преобразования формы и цифровой обработки информации в базисе Галуа. Разработан комплекс технических средств формирования, преобразования, цифровой модуляции, передачи-приема, синхронизации, цифровой обработки сообщений и многопроцессорного доступа в сети с применением кодовых систем Галуа. Установлено, что переход в базис Галуа позволяет реализовать датчики с сетевым интеллектом, повысить помехоустойчивость, быстродействие и регулярность вычислительных сред, реализовать коммутацию каналов и уменьшить объемы информационных потоков в сети. Осуществлено промышленное внедрение разработанных элементов, устройств вычислительной техники и информационной сети, функционирующих в базисе Галуа. Приводятся данные об эффективности предложенных разработок.

Abstract

Petryshyn L.B. Shaping, transformation and processing the numerical reporting in the Galois base (theory and device).

Thesis as manuskript for obtaining of the Doctor's Degree (Technical Sciences), speciality 05.13.08 - computing machines, systems and network, elements and devices of computing machinery and managing systems. State university "Lviv Polytechnic", Lviv, 1997.

Protect 69 scientific papers and 3 author certificates containing results of studying the development of a generalized theory of interbase number-theoretic transformations as well as modern methods and facilities of transformation of the form and numerical information handling in the Galois base. A complex of technical shaping facilities, transformations, numerical inflexions, issues-acceptance, synchronizing, numerical processing the reporting and multiprocessor access in network with using of code Galois system, is designed. It is proved that the transition in the Galois base allows us to realize sensors with the network mentality, raise noise-immunity, speed and regularity computing ambiances, realize a switching of channels and reduce amounts of information flows in network. Industrial realize introducing the developing elements, devices of computing machinery and information network, functioning in the Galois base. Bring data on efficiency of offered developments.

Ключові слова:

базис, код, перетворення форми інформації, поліе Галуа.

Підписано до друку 08. 05. 97 р.
Др. арк. 2,1, накл. 100 прим., зам. 85
ДОП, ІФДТУНГ, Карпатська, 15

AB 38.167