

ВІННИЦЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

На правах рукопису

МАЙДАНЮК Володимир Павлович



РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ І АПАРАТУРНИХ
ЗАСОБІВ СИСТЕМ СТИСКАННЯ ТЕЛЕВІЗІЙ-
НИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Спеціальність 05.11.16 - інформаційно-вимірювальні
системи (в науці і промисловості)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Вінниця - 1993



00778936 (1)

Робота виконана в СІСБ "Інститут"
і машинної графіки Вінницького політехнічного інституту

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
КОЖЕМ'ЯКО В.П.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
КОВАЛЕНКО М.В.
кандидат технічних наук
ТХОР В.В.

Провідна організація: Український науково-дослідний інститут
зв'язку (УНДІЗ), м. Київ

Захист відбудеться " 25 " червня 1993 р. в " 10 " го-
дин на засіданні спеціалізованої вченої ради К 06Б.34.01 у
Вінницькому політехнічному інституті за адресою: 266021,
м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВПІ.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці ВПІ.

Автореферат розісланий " 21 " травня 1993 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради  С.В. Духимчук

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Зображення являються найбільш універсальною формою представлення інформації про оточуючий світ. Вони використовуються при вирішенні різних народно-господарських задач в таких областях, як дослідження природних ресурсів, картографії, медицині, біології, технічних системах, космічних дослідженнях і інших. Це призвело до виникнення нового класу інформаційно-вимірювальних систем (ІВС) – інформаційно-вимірювальних систем аналізу зображень (ІВСАЗ). В багатьох випадках, найбільш складні задачі обробки зображень не вирішуються повністю автоматично, в зв'язку з чим їх вирішення покладається на людину. Такі системи створюють особливий клас ергатичних ІВСАЗ. Необхідна ефективність таких ІВСАЗ досягається за рахунок оптимізації інформаційної взаємодії між технічними засобами і людиною на основі врахування психофізіологічних характеристик людини як приймача і аналізатора зображення.

Одною з найважливіших задач, яка вирішується в ергатичних ІВСАЗ є передача вимірювальної інформації в формі телевізійних зображень по каналам зв'язку. Найбільшу достовірність передачі телевізійних зображень забезпечують цифрові методи. Застосування цифрових методів передачі телевізійних зображень є також важливим кроком по створенню єдиної автоматизованої системи зв'язку (САЗ), в якій операції обробки і передачі інформації будуть виконуватись в цифровій формі.

Однак, застосування цифрових методів для передачі телевізійних зображень стикається з рядом труднощів, основна з яких – великі цифрові потоки інформації, які підлягають перетворенню і передачі. Так при представленні телевізійного сигналу в цифровій формі в форматі 4:2:2, цифровий потік в лінії зв'язку складає 216 Мбіт/с.

В зв'язку з чим актуальним являється вирішення задачі скорочення цифрового потоку для передачі телевізійних зображень цифровими методами по каналах зв'язку в ІВСАЗ, або їх зберігання на різних видах носіїв (дисконва пам'ять, магнітні стрічки та ін.).

Робота виконувалась відповідно з координаційним планом Мінвуза УРСР "Роботи та робототехнічні системи" і постановою ЦК КПРС і Ради Міністрів СРСР № 134-45 від 21.09.1986 р.

Ціль роботи заключається в розробці алгоритмів і апаратурних засобів систем стискання телевізійних зображень, призначених для виконання стискання в масштабі реального часу.

Відповідно з поставленою ціллю в роботі вирішуються наступні завдання:

1. Аналіз джерел надмірності телевізійного зображення, його інформаційної ємкості і критеріїв вірності відновлення зображень після кодування з ціллю визначення основних напрямків вирішення завдань стискання телевізійних зображень.
2. Аналіз відомих методів кодування зображень з ціллю вибору методу кодування, який дозволяв би вирішувати завдання стискання телевізійних зображень в масштабі реального часу з прийнятною технічною складністю.
3. Розробка на основі вибраного методу нових алгоритмів стискання телевізійних зображень, орієнтованих на виконання стискання в масштабі реального часу і забезпечуючих ефективну технічну реалізацію на базі ВІС і НВІС.
4. Розробка макроелементного базису систем стискання телевізійних зображень.
5. Експериментальні дослідження, розроблених алгоритмів стискання телевізійних зображень, в масштабі реального часу.

Методи досліджень. Проведені в роботі дослідження базуються

на теорії інформації, теорії систем, теорії телебачення, математичному аналізі, дискретній математиці, біофізиці зору. При перевірці теоретичних результатів роботи визначальним було натурне моделювання розроблених алгоритмів стискання.

Наукова новизна роботи заключається в наступному:

1. На основі адаптивного до контурів двомірного аналізу і синтезу розроблені нові алгоритми стискання телевізійних зображень, які враховують нелінійний характер зображень і їх трьохмірну природу.
2. Розроблено шкали квантування різницевої компонент з нерівномірним розташуванням порогів квантування і запропонована стратегія змінення параметрів квантування відповідно з рівнем різницевого сигналу.
3. Обгрунтований висновок про необхідність глибокої фільтрації по третьому виміру вихідного зображення, так як без цього неможливо сформувати сигнали управління необхідної якості.
4. Визначений базовий набір макрооперацій, характерних для кодування зображень, і розроблені схемотехнічні принципи їх реалізації, в тому числі, розроблено лінійні інтерполятори, які дозволяють в одному інтерполяційному такті відновлювати два і більше відліків зображення, а також досліджена правомірність використання оптоелектронного базису логіко-часового типу.

Практична цінність роботи заключається в наступному:

1. Розроблені вимоги до методів стискання телевізійних зображень, які дозволяють виконувати ефективний відбір алгоритмів кодування, придатних для застосування в цифрових системах передачі телевізійних зображень.
2. Розроблені алгоритми стискання характеризуються простотою

технічної реалізації, відповідають вимогам, які ставляться до алгоритмів, призначених для реалізації на базі ВІС і НВІС, що дозволяє створити системи стискання з високими техніко-економічними параметрами.

3. Розроблені пристрої, які складають макроелементний базис систем стискання зображень характеризуються високою точністю і швидкістю обробки зображень, що дозволяє застосовувати їх не тільки при вирішенні завдань стискання телевізійних зображень, але й в інших областях обробки сигналів.
4. Розроблена архітектура систем стискання телевізійних зображень забезпечує високу надійність роботи таких систем.

Реалізація результатів роботи. Результати, одержані в процесі виконання роботи використовувались при виконанні госпрозрахункових робіт 6718,6726,6740,5205 у Вінницькому політехнічному інституті. Розроблені пристрої знайшли застосування в серійних графічних терміналах ВТА 2000-15М і УВК-17. Загальний економічний ефект від впровадження результатів дисертаційної роботи склав 86 тис. крб. (в цінах 1990 р.)

Апробація роботи. Основні результати роботи доповідались і получили позитивну оцінку на наступних науково-технічних конференціях:

- 1-я Всесоюзної конференції "Функциональная оптоэлектроника в вычислительной технике и устройствах управления", Тбилиси, 1986;
- 2-я Всесоюзної конференції "Оптоэлектронные методы и средства обработки изображений", Вінниця, 1987;
- Республіканської науково-технічної конференції "Оптоэлектронные методы и средства обработки информации", Вінниця, 1988;
- 6-й Всесоюзном симпозиумі "Проблемы создания преобразователей

- форми інформації", Київ, 1986;
- міжотраслевої научно-промислової конференції "Розвиток і удосконалення телевізійної техніки", Львів, 1990;
- міжнародному симпозіумі "Супутникова зв'язь: реальність і перспективи", Одеса, 1990;
- регіональної конференції "Актуальні проблеми моделювання на ЕВМ систем передачі інформації", Новосибірськ, 1990;
- Республіканської научно-технічної конференції "Проблеми автоматизації контролю електронних пристроїв", Київ, 1990;
- I-ої Всесоюзної конференції "Впізнавання образів і аналіз зображень: нові інформаційні технології", Мінськ, 1991;
- Всесоюзної конференції "Телевізійні методи і засоби в науці і техніці", Київ, 1991;
- научно-технічної конференції країн СНД "Контроль і управління в технічних системах", Вінниця, 1992;
- научно-технічної конференції з міжнародним участям "Приборостроєння-92", Керч, 1992.

Публікації. По темі дисертаційної роботи опубліковано 18 наукових праць, в тому числі 5 винаходів, захищених авторськими свідоцтвами.

Структура і обсяг роботи. Дисертація містить 170 сторінок машинописного тексту, 49 рисунків і складається із вступу, чотирьох глав, закінчення, списку літератури (161 найм.) і додатків.

КОРОТКИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність тематики досліджень, сформульовані цілі і завдання досліджень, визначені методи досліджень, наукова новизна та практична цінність отриманих резуль-

татів; висвітлені питання реалізації і впровадження отриманих результатів.

У першій главі показано місце і роль кодування зображень в ІВСАЗ; розроблені вимоги до методів кодування телевізійних зображень; обґрунтований висновок про необхідність натурального моделювання алгоритмів стискання телевізійних зображень; визначені і проаналізовані джерела надмірності телевізійних зображень; визначений метод, який в найбільшій мірі відповідає особливостям вирішення завдань кодування телевізійних зображень; уточнені задачі досліджень.

Найбільш складним завданням первинної обробки зображень в ІВСАЗ є ефективно кодування (стискання) телевізійних зображень, так як в даному випадку обов'язковою є необхідність виконання процедур стискання в реальному часі. Із-за цього вирішення завдань стискання зображень на програмному рівні утруднено, а апаратна реалізація вимагає значних витрат. Подолати ці труднощі можливо за рахунок застосування ВІС(НВІС), але це вимагає розробки нових алгоритмів стискання, орієнтованих на можливості апаратної реалізації. Таким чином, методи кодування, призначені для стискання телевізійних зображень, повинні забезпечувати виконання наступних основних вимог: 1) висока швидкодія; 2) простота технічної реалізації з врахуванням вимоги локальності (коротких ліній зв'язку), так як ресурс трасировок ВІС обмежений; 3) формати даних після виконання двомірного стискання повинні забезпечувати виконання інших завдань обробки зображень на скороченому обсязі даних, в тому числі кодування телевізійних зображень міжкадровими методами; 4) можливість застосування при технічній реалізації макрозлементної бази, яка знаходить застосування при вирішенні інших завдань обробки зображень; 5) симетрію технічних засобів при кодуванні і декодуванні без значного збільшення вартості.

Результати аналізу критеріїв вірності відновлення зображень після виконання стискання показали недостатність аналітичних засобів, які опираються на середньоквадратичний критерій при аналізі і виборі алгоритмів стискання телевізійних зображень, призначених для візуального сприйняття. Найбільш надійним методом визначення якості зображення після виконання стискання є метод суб'єктивних експертних оцінок. Звідси слідує необхідність досліджень алгоритмів стискання в реальному часі з візуальним контролем на телевізійному моніторі процедур аналізу і синтезу зображень.

Аналіз джерел надмірності телевізійних зображень показав, що особливості сприйняття зображень зоровим аналізатором людини в значній мірі узгоджені з статистикою зображень. Зменшення фізіологічної надмірності приводить також до зменшення статистичної надмірності, тому при виборі методу кодування необхідно враховувати те, як цей метод узгоджений з особливостями зору людини.

Аналіз методів кодування, виконаний з врахуванням цих моментів показав, що перспективним для кодування телевізійних зображень є адаптивний до контурів двомірний аналіз і синтез, розроблений Брауде-Золотарьовим Ю.М. під керівництвом академіка Харкевича А.А. Особливістю цього методу є формування декількох двомірних сигналів, які несуть інформацію про деталі зображення різних розмірів. Цей метод у значній мірі відповідає моделі зорового сприймання, відкритій пізніше Камбелом і Робсоном.

Однак, в цілому, метод не знайшов широкого застосування в області кодування телевізійних зображень. Внаслідок чого, недостатньо висвітлені питання апаратної реалізації даного методу стосовно телевізійних зображень. Крім того, мало досліджені методи формування двомірних компонент з врахуванням нелінійної природи телевізійного зображення, а також не проводились дослідження сумісності цього методу з міжкадровим кодуванням.

У другій главі розглядаються алгоритми формування двовірних низькочастотних і різницевих компонент зображення; досліджені похибки при формуванні цих компонент; розглянуті питання квантування різницевих компонент; досліджені можливості скорочення цифрового потоку за рахунок особливостей сприймання зоровим аналізатором людини рухомих зображень; розроблений новий алгоритм стискування телевізійних зображень і виконаний аналіз його обчислювальної ефективності.

Показано, що найбільш прийнятним з точки зору мінімізації апаратних затрат є формування двовірних низькочастотних компонент зображення згладжуючими апертурами з розмірами сторін кратними 2^k і з наближенням по лінійному закону. При цьому в ліву зв'язку передаються проріджені відліки найбільш згладженої компоненти і грубо квантовані і відповідно проріджені відліки різницевих компонент ("крупні" і "дрібні" деталі зображення). Передаточна функція двовірного згладжуючого фільтру представляється наступним виразом

$$H_{\sigma}(Z_1, Z_2) = \frac{1}{2}(1+Z_2^{-1}) \frac{1}{2}(1+Z_1^{-1}) \frac{1}{2}(1+Z_2^{-2}) \frac{1}{2}(1+Z_1^{-2}) \dots \frac{1}{2}(1+Z_2^{-2^{k_1-1}}) \frac{1}{2}(1+Z_1^{-2^{k_1-1}}), \quad (1)$$

де Z_1^{-1} - трансформоване представлення затримки на рядок зображення, Z_2^{-1} - затримки на такт дискретизації, $k_1 = \log_2 N$, $k_2 = \log_2 M$, N, M - розміри сторін найбільшої із аналізуючих апертур. А його амплітудно-частотна характеристика (АЧХ)

$$|H_{\sigma}(e^{j\omega_x}, e^{j\omega_y})| = \prod_{\alpha=1}^{k_1} \cos(\omega_x r_{\alpha} 2^{\alpha-2}) \prod_{\alpha=1}^{k_2} \cos(\omega_y r_{\alpha} 2^{\alpha-2}), \quad (2)$$

де ω_x, ω_y - кругові просторові частоти.

Припустимо, що $k_{11} = \log_2 N_1$, $k_{21} = \log_2 M_1$, $k_{12} = \log_2 N_2$, $k_{22} = \log_2 M_2$, де M_1, N_1 і M_2, N_2 - розміри аналізуючих апертур, причому $N_2 > N_1$, $M_2 > M_1$, то передаточна функція фільтру, який формує різницеві сигнали

$$H_p(Z_1, Z_2) = \frac{1}{2}(1+Z_2^{-1}) \frac{1}{2}(1+Z_1^{-1}) \dots \frac{1}{2}(1+Z_2^{-2^{k_{11}-1}}) \frac{1}{2}(1+Z_1^{-2^{k_{11}-1}}) \left[1 - \frac{1}{2}(1+Z_2^{-2^{k_{21}}}) \frac{1}{2}(1+Z_1^{-2^{k_{21}}}) \dots \frac{1}{2}(1+Z_2^{-2^{k_{22}-1}}) \frac{1}{2}(1+Z_1^{-2^{k_{22}-1}}) \right], \quad (3)$$

а його АЧХ, відповідно

$$|H_p(e^{j\omega_x}, e^{j\omega_y})| = \prod_{\alpha=1}^{k_{11}} \cos(2^{\alpha-2} \omega_x r_{\alpha}) \prod_{\alpha=1}^{k_{21}} \cos(2^{\alpha-2} \omega_y r_{\alpha})$$

$$\sqrt{\left[(1 - \cos((2^{k_2} - 2^{k_1} - 1)\omega_x) n_2 + (2^{k_2} - 2^{k_1} - 1)\omega_y) n_1 \right] \prod_{m_2=k_2+1}^{k_2} \cos 2^{m_2} \omega_x n_2 \prod_{m_1=k_1+1}^{k_1} \cos 2^{m_1} \omega_y n_1 + \left[n_1 ((2^{k_2} - 2^{k_1} - 1)\omega_x) n_2 + (2^{k_2} - 2^{k_1} - 1)\omega_y) n_1 \right] \prod_{m_2=k_2+1}^{k_2} \cos 2^{m_2} \omega_x n_2 \prod_{m_1=k_1+1}^{k_1} \cos 2^{m_1} \omega_y n_1 \right]^2} \quad (4)$$

Реалізація пристроїв формування двовірних компонент зображення відповідно з виразами (1,3) дозволяє отримати з відводів цих фільтрів $\log_2 NM$ згладжених і $\log_2 NM \log_2 2NM/2$ різницевих компонент, а також забезпечує ефективну реалізацію на базі ВІС (НВІС), так як виконується вимога локальності.

З ціллю скорочення обсягів запоминаючих пристроїв (ЗП), а також зменшення вимог до їх швидкодії запропоновано формувати тільки проріджені відліки згладжених компонент зображення за рахунок зниження частоти дискретизації в кожному каскаді в 2^{ℓ_1} раз в вертикальному і в 2^{ℓ_2} раз в горизонтальному напрямках, ℓ_1 - число попередніх каскадів з елементами затримки на рядок зображення, ℓ_2 - число попередніх каскадів з елементами затримки на такт.

Розроблено алгоритм відновлення відліків проріджених компонент. На ділянках зображення з плавним змінням значень яскравості відліки відновлюються білінійною інтерполяцією

$$y(n_1, n_2) = \frac{(M-n_2)(N-n_1)X(0,0) + n_2(M-n_2)X(1,0) + n_1(N-n_1)X(0,1) + n_1n_2X(1,1)}{MN}, \quad (5)$$

де $X(0,0)$, $X(0,1)$, $X(1,0)$, $X(1,1)$ - опорні відліки. А на ділянках з стрибкоподібним змінням значень яскравості - передбаченням по контуру (наприклад, для 0 рядка)

$$y(0, n_2) = \begin{cases} X(0,0) - \text{до контуру} \\ X(0,1) - \text{після контуру} \end{cases} \quad (6)$$

При аналізі зображень квадратними аналізуючими апертурами з розмірами сторін кратними 2^K для формування різниці двох сусідніх компонент достатньо відновити п'ять відліків більш низькочастотної компоненти.

Досліджені похибки, які виникають при формуванні двовірних

компонент зображення за рахунок усічення розрядності суматорів. Показано, що при реалізації фільтру відповідно виразу (1) абсолютна похибка округлення і середньоквадратичне відхилення визначаються наступними виразами

$$\Delta y = \frac{1}{2} \log_{10} NM, \quad \sigma_{\Delta y} = \frac{\sqrt{3}}{12} \log_{10} NM. \quad (7)$$

Це забезпечує для аналізуючої апертури 8x8 (застосування апертур з більшими розмірами не дає адекватного збільшення коефіцієнту стиснення) відношення сигнал-шум 49 дБ, тому нема необхідності збільшувати розрядність суматорів в наступних каскадах фільтру.

Розроблено шкали квантування різницевої компоненти з нерівномірним розташуванням порогів квантування і запропонована стратегія змінення параметрів квантування відповідно з рівнем різницевого сигналу. Оцінкою рівня різницевої компоненти являється різниця сусідніх відліків більш низькочастотної компоненти. Досліджена шкала квантування, розташування порогів і рівней квантування, в якій визначається як 2^k , де $k=0,1,2,\dots$. Шум квантування на k -ому інтервалі квантування визначається наступним виразом

$$\sigma_x = \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{C e^{-\lambda x}}{\lambda^2} (2 - e^{-\lambda x} ((\lambda x^2 + 1)^2 + 1))}. \quad (8)$$

де λ, C - параметри розподілу Лапласа.

Розроблений алгоритм скорочення цифрового потоку за рахунок передачі тільки частини відліків високочастотної компоненти з кожного кадру. Основною задачею при цьому є селекція областей зображення на рухомі і нерухомі. Розроблено детектор руху, АЧХ якого визначається наступним виразом

$$|H(e^{j\omega})| = 2\sqrt{2(1 - \cos \omega t) / (5(1 - 0.8 \cos \omega t))}. \quad (9)$$

А перехідна характеристика

$$y(t) = -(1/2)^t. \quad (10)$$

Така характеристика забезпечує ознаку руху впродовж декількох наступних кадрів після виникнення руху, що необхідно для усу-

нення невірних контурів на рухомих ділянках зображення, так як поточний кадр для високочастотної компоненти, сформований із відліків попередніх кадрів.

На основі цих теоретичних, а також експериментальних досліджень розроблений алгоритм стискання зображень при аналізі зображення апертурами з розмірами сторін 2×2 , 4×4 , 8×8 , в якому з ціллю зменшення похибок на приймальній стороні вхідною для посліду-ючого каскаду кодування є компонента, відліки якої визначаються як сума значень відліків більш низькочастотної компоненти і квантова-них значень відповідної різницевої компоненти. При виконанні цього алгоритму застосовуються тільки операції додавання і віднімання. Число арифметичних операцій визначається сліду-ючим виразом

$$n = \frac{13}{3} (2^{\log_2 NM} - 1). \quad (14)$$

Проведений порівняльний аналіз показав, що даний принцип розкладу на компоненти є найбільш економічним.

У третій главі запропоновано модульний принцип створення макроелементної бази систем цифрового кодування телевізійних зображень; визначений базовий набір основних функцій, реалізація яких з застосуванням ВІС (НВІС) дозволить значно прискорити дослідження нових алгоритмів стискання зображень як в масштабі реально-го часу, так і при програмно-апаратурній технічній реалізації; розроблені варіанти технічної реалізації деяких з них, досліджені особливості проектування вузлів і блоків на основі матричних ВІС; розглянуті можливості застосування перспективної оптоелектрон-ної елементної бази в системах стискання зображень.

Установлено, що при технічній реалізації більшості алгорит-мів стискання телевізійних зображень і інших пристроїв обробки зображень необхідно виконання сліду-ючих основних функцій: аналого-цифрового перетворення; затримки на елемент зображення, декілька

елементів, рядок зображення, декілька рядків, кадр, декілька кадрів; згладжування і інтерполяції; виділення контуру зображення і його стискання; субквантування і субдискретизація цифрових даних. Розроблено ряд пристроїв, які реалізують виділені функції, причому, при їх розробці враховувались вимоги до технічної реалізації вузлів і блоків з застосуванням ВІС і НВІС.

Розроблено цифровий двомірний лінійний інтерполятор, в якому з ціллю збільшення швидкодії і точності формуються подвійні кроки приросту в одному інтерполяційному такті, які визначаються в результаті одночасного і незалежного обчислення двох значень оціночної функції і аналізу їх знаку

$$OF1_0 = \text{ent} \frac{БП}{2} + МП$$

$$OF2_0 = \text{ent} \frac{БП}{2}$$

$$\left. \begin{aligned} OF1_{i+1} &= OF1_i - 2МП \\ OF2_{i+1} &= OF2_i - 2МП \end{aligned} \right\} \begin{aligned} OF1_i &\geq 0 \\ OF2_i &\geq 0 \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned} OF1_{i+1} &= OF1_i + (БП - 2МП) \\ OF2_{i+1} &= OF2_i + (БП - 2МП) \end{aligned} \right\} \begin{aligned} OF1_i &< 0 \\ OF2_i &< 0 \end{aligned} \quad (12)$$

де БП - більший координатний приріст, МП - менший координатний приріст, OF - оціночна функція.

Абсолютна похибка інтерполяції при цьому не більша половини кроку дискретизації. Розроблений також лінійний інтерполятор з розширеними функціональними можливостями який дозволяє оперативно змінювати частоту дискретизації відновлених відліків. Крокові прирости в ньому формуються також за рахунок аналізу знаку оціночної функції. В найбільшій мірі відповідає завданням стискання телевізійних зображень, розроблений інтерполятор, який дозволяє визначити 2^{M-N} крокових приростів за один інтерполяційний такт, M - найбільша розрядність координатного приросту, N - кількість молодших розрядів координатних приростів, які поступають на входи двоїчних помножувачів. Такий інтерполятор дозволяє відновлювати відліки низькочастотних компонент при будь яких розмірах аналізуючих апертур без значного

збільшення апаратурних затрат.

На базі МВІС ІБІБ ХМІ розроблено багатофункціональну ВІС, яка дозволяє виконувати лінійне згладжування вихідного зображення, обчислювати деякі оператори знаходження контуру зображення, а також виконувати відновлення пропущених відліків низькочастотних компонент методом лінійної інтерполяції. Дослідження особливостей реалізації вузлів і блоків на основі КМДП ВІС показали, що паралельні методи не завжди приводять до збільшення швидкодії.

Розроблено пристрій введення інформації, який характеризується багатофункціональністю і може знайти застосування при введенні контурних зображень в ЕОМ з стисканням програмно-апаратурними методами. Крім того, передавач цього пристрою може застосовуватись в системах стискання зображень в масштабі реального часу.

Розглянуті можливості застосування оптоелектронної елементної бази при технічній реалізації систем стискання зображень. Розроблено оптоелектронний аналого-цифровий перетворювач з новими логіко-часовими принципами представлення інформації, які являються перспективними для застосування в системах обробки зображень. Перевагою такого АЦП є простота технічної реалізації, широкі функціональні можливості, висока захищеність перед перешкодами.

У четвертій главі на прикладі технічної реалізації, розроблених алгоритмів стискання зображень, показана їх відповідність завданням кодування телевізійних зображень; розроблена архітектура систем стискання зображень; розроблена апаратура, яка дозволяє виконувати дослідження запропонованих алгоритмів стискання зображень в масштабі реального часу; приведені результати експериментальних досліджень.

При розробці архітектури систем стискання телевізійних зо-

ображень розглядались різні варіанти технічних рішень. Вибрана архітектура з модульним принципом побудови системи. Кожний модуль виконаний на окремій платі з своїм блоком управління і операційною частиною. Дані послідовно рухаються від модуля до модуля, причому, вхідні дані кожного модуля можуть поступати з однією швидкістю, а вихідні дані формуватись з іншою. Кожний модуль в свою чергу розподілений на підмодулі. Така архітектура може бути класифікована, як багатшвидкісна систолічна система.

Розроблена апаратура побудована по модульному принципу, з конвеєрною організацією обчислювального процесу, що дозволяє моделювати в масштабі реального часу базовий алгоритм і ряд його модифікацій. При цьому, аналіз і синтез зображення може виконуватись апертурами з розмірами сторін кратними 2^k , але не більше, чим 8×8 елементів зображення. Крім власне стискаючого кодека даний комплект апаратури містить ряд додаткових модулів, що дозволяє класифікувати цей комплект апаратури як органічну інформаційно-вимірвальну систему. Узагальнена структурна схема цієї системи приведена на рис. 1. Вона містить декодер СЕКАМ I, блок аналого-цифрового перетворення 2, модуль пам'яті на кадр зображення 3, модулі формування двовірних компонент зображення 4, модуль передачі високочастотної компоненти з перемежуванням 5, модуль пам'яті на кадр для високочастотної компоненти 6, детектор руху 7, модулі відновлення зображення 8, модулі мультиплексорів 9, блок цифро-аналогового перетворення 10, кодер СЕКАМ II, телевізійний монітор 12, пульт управління 13. Формат представлення вихідного телевізійного сигналу відповідає стандарту МСРР 4:4:4.

Проведені експериментальні дослідження розроблених алгоритмів стискання телевізійних зображень, виконані в реальному масштабі часу і на реальних сюжетах мережі віщального телебачення свідчать про наступне:

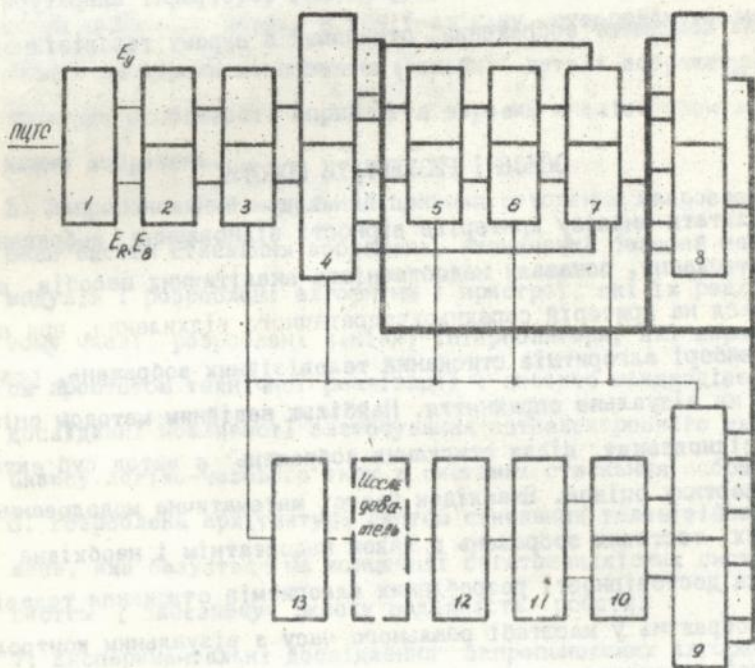


Рис. 1.

- встановлена необхідність глибокої фільтрації по третьому виміру вихідного телевізійного зображення, так як без цього неможливо сформувати сигнали управління необхідної якості;
- розроблені алгоритми стиснення телевізійних зображень забезпечують стиснення до 2 біт/рел в каналі яскравості, при експертних оцінках якості зображення більше 4-х балів, при оцінці якості зображення 3,5 - 3,9 бала.

У додатку представлені програми моделювання запропонованих алгоритмів стискання на ЕОМ; програма моделювання схеми електричної принципіальної ВІС згладжуючого фільтру, яка виконана в базисі бібліотеки елементів МВІС ІБІХМІ; АЧХ фільтрів, які формують двомірні компоненти зображення; фотографії апаратури і деяких компонент зображення, отриманих з екрану телевізійного монітора.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

1. Результати аналізу критеріїв вірності відновлення зображень після стискання, показали недостатність аналітичних засобів, які спираються на критерій середньоквадратичного відхилення, при аналізі і виборі алгоритмів стискання телевізійних зображень, розрахованих на візуальне сприйняття. Найбільш надійним методом оцінки якості відновлених після стискання зображень є метод суб'єктивних експертних оцінок. Внаслідок цього, математичне моделювання нерухомих тестових зображень є також недостатнім і необхідна перевірка достовірності розроблених алгоритмів стискання телевізійних зображень у масштабі реального часу з візуальним контролем на моніторі процедур аналізу і синтезу зображень.
2. Розроблені вимоги до методів кодування телевізійних зображень, які дозволяють здійснювати ефективний відбір методів, придатних для стискання зображень в масштабі реального часу.
3. На основі адаптивного до контурів двомірного аналізу і синтезу розроблений алгоритм стискання телевізійних зображень в границях кадру, який відрізняється тим, що формування двомірних низькочастотних компонент виконуються лінійним згладжуванням двомірними апертурами з розмірами сторін, кратними 2^k , а відновлення пропущених відліків здійснюється або лінійною інтерполяцією на ділянках зображення з певним змінням значень яскравості, або

передбаченням по контуру, в місцях стрибкоподібних змін значень яскравості.

4. Обґрунтована сумісність розробленого алгоритму стискання з мішкадровими методами. Розроблений і досліджений алгоритм скорочення цифрового потоку в лінії зв'язку, створюваного високочастотною двомірною компонентом ("дрібні" деталі зображення), який враховує особливості сприйняття зоровим аналізатором людини рухомих зображень.

5. Запропонований модульний принцип створення макроелементної бази систем стискання зображень, визначений базовий набір таких модулів і розроблені алгоритми і пристрої, які їх реалізують. В тому числі, розроблені лінійні інтерполятори, які характеризуються простотою технічної реалізації і високою швидкістю, а також досліджені можливості застосування оптоелектронного елементного базису логіко-часового типу в системах стискання зображень.

6. Розроблена архітектура систем стискання телевізійних зображень, яка базується на концепції багатошвидкісних систолічних систем і забезпечує високу надійність роботи.

7. Експериментальні дослідження запропонованих алгоритмів стискання, виконані в масштабі реального часу на розробленій апаратурі, побудованій по модульному принципу, показали, що розроблені алгоритми забезпечують достатньо великі коефіцієнти стискання при прийнятних апаратурних затратах і високій якості зображення.

Основні положення дисертації відображені в наступних роботах:

1. А.с. 1319015 СССР, МИИ С 06 Р 3/02. Устройство для ввода информации / Тютюнник И.А., Козлов В.И., Майданюк В.П. (СССР) . -

6 с., ил. 3.

2. А.с. 1378060 СССР, МИИ Н 03М 1/50. Преобразователь напряжения

- в код / Кожемяко В.П., Филинюк И.А.; Кармалита М.В., Майданюк В.П. (СССР) . - 4 с., ил. 2.
- 3.А.с. I434406 СССР, МКИ G 05 B 19/18. Цифровой линейный интерполятор / Петух А.М., Романюк А.Н., Майданюк В.П., Ободник Д.Т. (СССР) . - 8 с., ил. 5.
- 4.А.с. I439532 СССР, МКИ G 05 B 19/18. Линейный интерполятор / Петух А.М., Романюк А.Н., Майданюк В.П., Дрейзис Д.Л., Ободник Д.Т. (СССР) . - 12 с., ил. 7.
- 5.А.с. I596346, МКИ G 06 F 15/353. Интерполятор / Петух А.М., Сачанюк В.И., Верховой В.П., Ободник Д.Т., Романюк А.Н., Майданюк В.П., Сокол М.Л., Тьютин А.М., Шапов В.Н. (СССР). - 5 с., ил. 1.
- 6.Кожемяко В.П., Майданюк В.П., Кармалита М.В. Оптоэлектронные преобразователи информации // П Всесоюзная конференция "Функциональная оптоэлектроника в вычислительной технике": Тез.докл. - Тбилиси, 1987. - С.243-248.
- 7.Майданюк В.П., Глинянко Н.Я., Цымбалюк А.И. Оптоэлектронные АЦП // Научно-техническая конференция "Оптоэлектронные методы и средства обработки информации": Тез.докл. - Винница, 1988 - С. 96-97.
- 8.Кожемяко В.П., Майданюк В.П. Оптоэлектронные квантовые АЦП // УІ Всесоюзный симпозиум "Проблемы создания преобразователей формы информации": Тез.докл. - Киев, 1988. - С. 185-186.
- 9.Брауде-Золотарев Ю.М., Кожемяко В.П., Майданюк В.П. Сокращение избыточности телевизионного сигнала посредством интерполяции // Научно-производственная конференция "Развитие и совершенствование телевизионной техники": Тез.докл. - Львов, 1990. - С. 39-40.
- 10.Майданюк В.П., Кожемяко В.П., Бабий Т.Н., Зубов В.Н. Многовходовый сумматор для устройств обработки изображений //

Научно-производственная конференция "Развитие и совершенствование телевизионной техники": Тез. докл. - Львов, 1990. - С. 77-78.

11. Брауде-Золотарев Ю.М., Майданюк В.П.. Некоторые особенности оптимального цифрового кодирования телевизионных сигналов // Региональная конференция "Актуальные проблемы моделирования на ЭВМ систем передачи информации": Тез. докл. - Новосибирск, 1990. - С. 20-21.
12. Брауде-Золотарев Ю.М., Майданюк В.П. Особенности разработки полузаказных БИС для цифровых систем спутниковой связи четвертого поколения // Международный симпозиум "Спутниковая связь: реальность и перспективы": Труды - Одесса, 1990 - С. В18.1 - В18.10.
13. Майданюк В.П. Кодирование телевизионных сигналов вещательного телевидения // Научно-техническая конференция "Телевизионные методы и средства в науке и технике": Тез. докл. - Киев, 1991. - С. 10 - 12.
14. Брауде-Золотарев Ю.М., Кожемяко В.П., Майданюк В.П. Особенности кодирования телевизионных сигналов вещательного телевидения // I Всесоюзная конференция "Распознавание образов и анализ изображений: новые информационные технологии" : Тез. докл. - Минск, 1991. - Ч1, С. 32-36.
15. Майданюк В.П., Ободник А.А., Марцев Н.М., Кожемяко К.В., Марков С.М. Передача изображений в системах управления и контроля. // Научно-техническая конференция стран СНГ "Контроль и управление в технических системах": Тез. докл. - Винница, 1992. - С. 158 - 159.
16. Майданюк В.П. Перспективы развития РСА сжимающего кодирования цифровых телевизионных изображений // Научно-техническая конференция с международным участием "Приборостроение-92":

Тез. докл. - Керчь, 1992. - С. 23.

17. Брауде-Золотарев Ю.М., Майданюк В.П., Кожемяко К.В., Бабий Т.Н., Трачук О.В. Быстродействующий восьмиразрядный сумматор для систем цифровой обработки сигналов. - К., 1989. - 8 с. - Деп. в УкрНИИТИ 01.12.89, № 2708-Ук 89.
18. Кожемяко В.П., Майданюк В.П., Кожемяко К.В., Герасимов В.В., Глинянко Н.Я. Оптоэлектронные методы создания быстродействующих АЦП. - К., 1989. - 17 с. - Деп. в УкрНИИТИ 10.07.89, № 1368 - Ук 89.

Подписано в печать 17.05.93 г.

Печать офсетная.

Бумага типографская.

Тираж 100 экз., Зак. № 16

СКТБ "Модуль" ВПИ, Хмельницкое шоссе, 97

465-149

AB 27.445

AB 27.445