

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ”**

ГОРЮШКІНА АЛЛА ЕРНЕСТІВНА



УДК 621.35

**МЕТОД УПРАВЛІННЯ ІНФОРМАЦІЙНИМИ ПОТОКАМИ В
КОМП'ЮТЕРИЗОВАНІЙ СИСТЕМІ НА ОСНОВІ ПЕРЕТВОРЕННЯ
ХАРТЛІ**

Спеціальність 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків–2016

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано на кафедрі систем інформації Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, старший науковий співробітник
Семенов Сергій Геннадійович,
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»,
завідувач кафедри обчислювальної техніки та
програмування

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Кривуля Геннадій Федорович,
Харківський національний університет радіоелектроніки,
м. Харків,
професор кафедри автоматизації проектування
обчислювальної техніки

доктор технічних наук, професор
Швачич Геннадій Григорович,
Національна металургійна академія України ,
м. Дніпропетровськ,
професор кафедри прикладної математики та
обчислювальної техніки.

Захист відбудеться 20 жовтня 2016 р. о 14³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.14 в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21.

Автореферат розісланий ____ вересня 2016 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



Ліберг І.Г.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Сучасний рівень розвитку комп'ютерних мережевих технологій вимагає розширення спектра послуг, що надаються, використання мультимедійних, геоінформаційних та інших технологій реального часу, а так само підвищення працездатності функціонування комп'ютерних систем (КС). Особливо важливими ці питання представляються у системах критичного застосування, в яких кількість специфічних задач реального часу, вимоги до якості наданої інформації, швидкодії передачі даних, ефективності використовуваних обчислювальних ресурсів, безпеки, надзвичайно високі.

Теоретичні основи сучасних методів підвищення швидкодії передачі даних закладені в роботах Д. Бертсекаса, Р. Галлагера, Л. Клейнрока, Я. Петерса, Т. Сааті, К. Шенона, Р. Хартлі, Ш. Фур'є та ін. в теорії інформації і кодування, масового обслуговування. Визначено принципи побудови, функціонування та управління інформаційними потоками і чергами в комп'ютерних мережах (КМ), обґрунтовані підходи вирішення широкого кола задач оптимізації комп'ютеризованих структур, обробки і стиснення даних. Подальший розвиток даного напрямку отримано в роботах К. Вегешні, О. Вишневського, П. Кучерявого, В. Назарова, та ін. в яких розроблені методи розрахунку основних ймовірно-часових характеристик КМ, досліджено мережеві моделі управління інформаційними потоками і мережевими ресурсами, що дозволило розробити механізми, алгоритми і протоколи, які забезпечують необхідну якість обслуговування для окремих програм та послуг комп'ютерної мережі.

Перспективними є дослідження, спрямовані на розробку нових або вдосконалення існуючих способів організації і управління комп'ютеризованою інфраструктурою систем критичного застосування, методів і засобів обробки та передачі мультимедійних даних. Однак конструктивні методи управління мережевими комп'ютерними ресурсами систем критичного застосування з урахуванням фактора передачі мультимедійного контенту, критеріями та обмеженнями потребують подальшого вдосконалення, враховуючи особливості обробки і стиснення даних, особливо для авіатранспортного комплексу (АТК).

Таким чином, розробка методу управління інформаційними потоками в комп'ютеризованій системі з урахуванням структурних особливостей мультимедійного контенту є актуальною науково-практичною задачею, яка визначила напрямок досліджень дисертаційної роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано на кафедрі систем інформації НТУ «ХПІ» за планами науково-дослідних робіт відповідно до завдань держбюджетних Х/Д МОН України: «Технології статистичної обробки даних в комп'ютерних системах загального та спеціального призначення» (Х/Д 60566 № гр. 0116V005269), в яких здобувач була виконавцем окремих етапів.

Мета і задачі дослідження. *Мета дослідження* полягає в підвищенні швидкодії передачі даних на основі використання структурних особливостей мульти-

медійного контенту, прогнозування та динамічного управління мережевими комп'ютерними ресурсами.

Для досягнення зазначеної мети поставлені наступні задачі:

- проаналізувати методи прогнозування та динамічного управління інформаційними потоками в комп'ютеризованих системах, математичні моделі технології стиснення даних, обґрунтувати вибір напрямку дослідження та формалізувати постановку науково – практичної задачі;
- розробити математичну модель технології стиснення даних на основі перетворення Хартлі;
- вдосконалити метод динамічного управління ресурсами комп'ютерної системи авіатранспортного комплексу на основі моделей прогнозування короткострокової навантаженості і розподілу ресурсів;
- визначити метод прогнозування короткострокового навантаження, заснований на фрактальній екстраполяції;
- розробити модель управління та розподілу комп'ютерних мережових засобів при передачі мультимедійних даних;
- визначити практичні рекомендації щодо застосування методу управління інформаційними потоками в комп'ютеризованій системі.

Об'єктом дослідження є процеси обробки і передачі даних в комп'ютерних мережах авіатранспортного комплексу.

Предмет дослідження – розробка методу управління інформаційними потоками в комп'ютеризованій системі на основі перетворення Хартлі.

Методи дослідження. Обґрунтування вибору напрямку дослідження розробки методу управління інформаційними потоками в комп'ютеризованих мережах здійснювалося на основі системного підходу. При вдосконаленні методу дискретного перетворення Хартлі для подальшого його застосування в методах стиснення мультимедійних даних використовувалися основні положення теорії моментів і спектрального аналізу, а також методи дискретних ортогональних перетворень. При удосконаленні методу прогнозування інтенсивності потоку даних в комп'ютерних мережах були розглянуті методи фрактальної інтерполяції і екстраполяції, аналіз самоподібності інтенсивності потоку даних і параметри Херста на основі вейвлет – методу. При побудові динамічної моделі управління комп'ютерними ресурсами застосовано метод Парето - оптимального розподілу і функціонал Беллмана. Оцінка ефективності теоретичних і практичних результатів проведена на основі методів математичної статистики.

Наукова новизна отриманих результатів обумовлена теоретичним узагальненням методу управління інформаційними потоками в комп'ютеризованій системі на основі перетворення Хартлі:

- вперше розроблено метод динамічного управління ресурсами комп'ютерної системи авіатранспортного комплексу, в основу якого покладено моделі прогнозування короткострокового навантаження і розподілу комп'ютерних ресурсів, що дозволило врахувати властивості фрактальності комп'ютерних мережових струк-

тур авіатранспортного комплексу і підвищити швидкодію передачі мультимедійних даних;

- вдосконалено метод обчислення дискретного перетворення Хартлі, який відрізняється від відомих використанням модульного зіставлення функцій для формування систолічної системи, що дозволить знизити обчислювальну складність перетворення.

Практичне значення отриманих результатів для систем критичного застосування полягає в адаптації процесу управління комп'ютерними ресурсами до змін інтенсивності інформаційного потоку даних для підвищення швидкодії передачі мультимедійного контенту, а також у можливості застосування запропонованого методу для розробки протоколів управління і інформаційного обміну з пунктами управління:

- розроблено автоматизований програмний засіб управління інформаційними потоками в КМ з урахуванням особливостей мультимедійного контенту, що дозволило підвищити швидкодію передачі даних до 1.4 раз.

- на основі методу обчислення дискретного перетворення Хартлі сформована систолічна система обчислення дискретного перетворення Хартлі, що дозволило знизити обчислювальну складність перетворення до 7% – 10 %.

- отримані результати впроваджені запропонованим способом обробки інформації, реалізованого в патенті України (№8337), при проектуванні комп'ютеризованої системи управління авіатранспортним підприємством ТОВ «Майстер-АВІА» (м. Київ, Міжнародний аеропорт «Жуляни») та у навчальному процесі кафебри систем інформацій НТУ «ХП».

Особистий внесок здобувача. Положення і результати, що виносяться на захист дисертаційної роботи, отримані здобувачем особисто. Проведено дослідження інформаційних технологій з виявлення траєкторій літальних об'єктів; досліджено передачу ортогональних сигналів відносно інформаційних сигналів, обґрунтовано доцільність застосування систолічної системи на основі методу моментів для вдосконалення дискретного перетворення Хартлі; досліджено модель процесу безпечного тестування програмного забезпечення; запропоновано модель динамічного управління телекомунікаційними та комп'ютерними ресурсами.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати роботи доповідались на: II Всеукраїнській науково-технічній конференції «Практичні аспекти електромагнітної сумісності та блискавкозахисту» (Харків, 2012); Міжнародній науково-технічній конференції «Перспективи розвитку телекомунікаційних і інформаційно-вимірювальних технологій» (Харків, 2013); XXI Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (Харків, 2013); VIII Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми інформатики і моделювання» (Кароліно-Бугаз, 2015); Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні проблеми радіотехніки, зв'язку та інформатики» (Славське, 2016); I Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми науково-технічного і правового забезпечення кібербезпеки в сучасному світі» (Харків, 2016).

Публікації. Основний зміст дисертації відображено у 13 наукових публікаціях, з них: 5 – у наукових фахових виданнях України, 1 – у закордонному періодичному фаховому виданні, 1 патент України, 6 – у матеріалах конференцій.

Структура й обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг дисертації становить 160 сторінок; з них 29 рисунків по тексту; 9 таблиць по тексту; списку використаних джерел з 136 найменувань на 12 сторінках, 3 додатків на 32 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано науково-прикладну задачу, мету та завдання дисертації, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, наукову новизну та практичну значущість роботи.

У **першому розділі** проведено аналіз методів управління інформаційними потоками та порівняльне дослідження перспективних напрямків розвитку передачі даних в комп'ютерних мережах (КМ) АТК. Систематизовано вимоги до якості обслуговування при передачі даних, обґрунтуванні критерії та показники ефективності. Визначена доцільність постановки задачі підвищення швидкодії передачі даних в КМ АТК на основі:

- оцінки і визначення умов підвищення швидкодії передачі даних в КМ АТК;
- вдосконалення методу обчислення дискретного перетворення Хартлі для підвищення швидкодії передачі даних;
- розробки методу прогнозування, що заснований на фрактальній екстраполяції для підвищення показників точності прогнозу інформаційного трафіку;
- розробки математичної моделі розподілу комп'ютерних засобів на різні об'єкти застосування структури авіатранспортного комплексу;
- проведення математичного аналізу отриманих результатів.

Проаналізована структурна та функціональна побудова систем критичного застосування, наведені порівняльні дослідження існуючих підходів стиснення даних. Виявлена тенденція збільшення об'ємів даних, які обробляються та передаються в КМ. Показано, що це є причиною перевантажень в мережі і зниження швидкодії передачі даних. Обґрунтована наявність протиріччя між кількісними та якісними вимогами передачі даних.

Визначено, що існуючі методи підвищення швидкодії передачі даних ґрунтуються на алгоритмах та протоколах управління КМ, які дозволяють поліпшити працездатність мереж. Тому, методи управління ресурсами КМ та методи стиснення даних дозволяють вирішувати ряд питань оцінки та підвищення швидкодії функціонування КС.

Відомо, що найбільш доцільними за ступенем стиснення та забезпечення потрібного рівня якості є методи, засновані на дискретних ортогональних перетвореннях, які визначаються високою обчислювальною складністю. Тому, визначено

доцільність вдосконалення дискретного перетворення Хартлі, що полягло в основі одного із етапів вирішення задачі підвищення швидкодії передачі даних в КМ.

Аналіз моделей управління інформаційними потоками показав, що при вирішенні завдань в КС в даний час використовується цілий ряд підходів, найбільш результативні з яких є управління інформаційними потоками в рамках динамічних моделей, що використовують у своєму рішенні Парето - оптимізацію, а також принцип оптимальності Беллмана.

Другий розділ присвячено вдосконаленню дискретного перетворення Хартлі для стиснення даних, шляхом застосування модульного зіставлення функцій.

На основі методу швидкого обчислення моментів, представлений одновимірний систолічний масив, а так само обчислювання та аналіз розрахунків. Для вирішення основної задачі, застосовано комплекс методів, що складається з методів попередньої обробки та стиснення даних, основою якого є математична модель технології стиснення даних на основі дискретного перетворення Хартлі та методу динамічного управління ресурсами комп'ютерної системи АТК.

В цілому послідовність етапів вдосконалення дискретного перетворення Хартлі має вид:

1. Формула дискретного перетворення Хартлі;
2. Розкладання складних функцій перетворення Хартлі на прості;
3. Визначення точності функцій;
4. Розробка обчислення одновимірного моменту;
5. Розробка алгоритму обчислення одновимірного дискретного перетворення Хартлі;
6. Аналіз обробки одновимірного лінійного масиву;
7. Побудова систолічного масиву одновимірного перетворення Хартлі;
8. Швидка реалізація розрахунків одновимірного дискретного перетворення Хартлі.

Для підвищення швидкості обчислення математичних операцій застосовується метод моментів, який дозволяє шляхом заміни більш складних функцій на ідентичні по функціональності прості функції спростити математичні розрахунки.

Визначено взаємозв'язок між дискретним перетворенням Хартлі і методом моментів. Принцип заснований на модульному зіставленні і розкладанні функцій в нескінченну суму степеневих функцій.

Процес спрощення формули дискретного перетворення Хартлі та його взаємозв'язок із методом моментів представлено на рис. 1.

Дискретне перетворення Хартлі визначає речову довжину N послідовності $x(n)$ ($0 \leq n \leq N-1$), наступним виразом

$$x(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) \cos(2\pi nk / N) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) (\cos(2\pi nk / N) + \sin(2\pi nk / N)) \quad (1)$$

при $0 \leq k \leq N-1$.

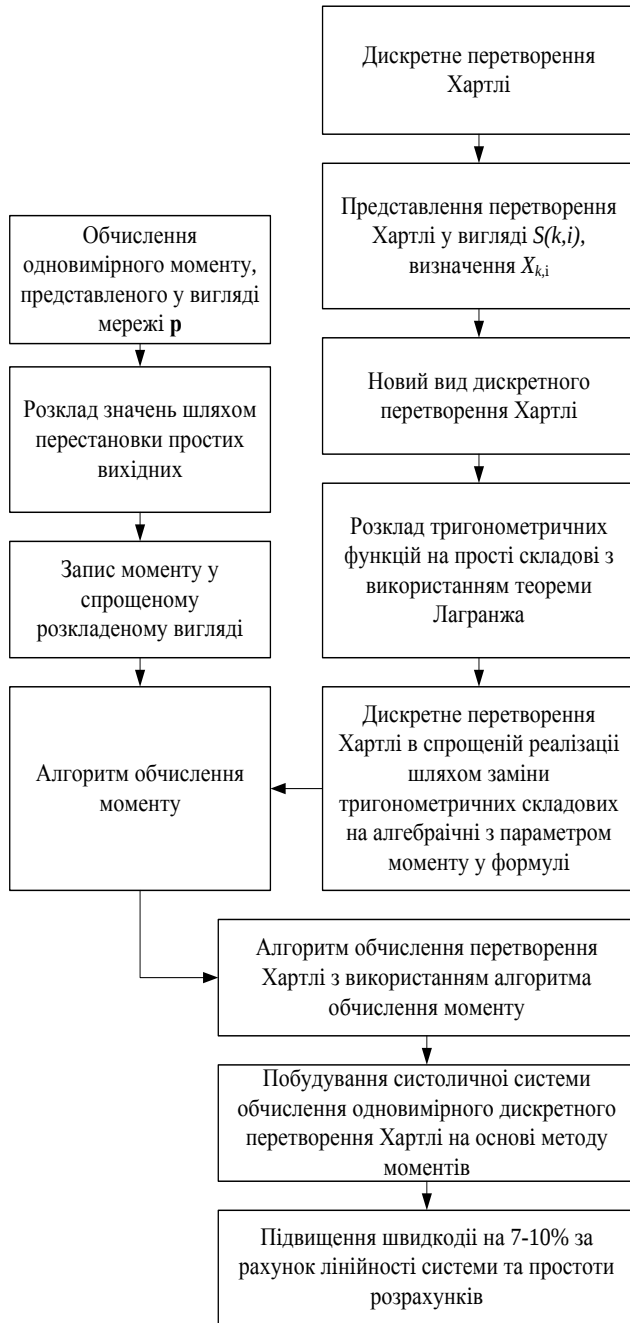


Рисунок 1 – Аналіз методу моментів при обчисленні дискретного перетворення Хартлі

Вираз (1) визначається наступним чином: для кожної пари k та i ($i, k = 0, 1, 2, \dots, N-1$) визначимо вираз $S(k, i)$ таким чином: $S(k, i) = \{n | kn \bmod N \equiv i, 0 \leq n \leq N-1\}$, потім $x_{k,i}$ ($i, k = 0, 1, 2, \dots, N-1$)

$$x_{k,i} = \begin{cases} \sum_{f \in (k,i)} x(f) \\ 0, \text{при } S(k,i) \neq \emptyset \end{cases} \quad (2)$$

інакше $i, k = 0, 1, 2, \dots, N-1$. Тому використання періодичних властивостей синуса та косинуса при $0 \leq k \leq N-1$ записуються таким чином

$$X(k) = \sum_{i=0}^{N-1} x_{k,i} (\cos(2\pi i / N) + \sin(2\pi i / N)) \quad (3)$$

Для $0 \leq i \leq N-1$:

$$\begin{aligned} \cos(2\pi i / N) &= 1 - (2\pi i / N)^2 / 2! + \dots \\ &+ (-1)^p (2\pi i / N)^{2p} / (2p)! + R_{i\cos} = \\ &= \cos \frac{(\xi_{i\cos} + (2p+1)\pi/2)(2\pi i / N)^{2p+1}}{(2p+1)!}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sin(2\pi i / N) &= (2\pi i / N) / 1! - (2\pi i / N)^3 / 3! + \dots \\ &+ (-1)^p (2\pi i / N)^{2p+1} / (2p+1)! + R_{i\sin} = \\ &= \sin \frac{(\xi_{i\sin} + (p+1)\pi)(2\pi i / N)^{2p+2}}{(2p+2)!}, \end{aligned} \quad (4)$$

де $0 \leq \xi_{i\sin} \leq 2\pi i / N$, $0 \leq \xi_{i\cos} \leq 2\pi i / N$;

Застосовуючи теорему великих чисел до косинусу $\cos(2\pi i / N)$ та синусу $\sin(2\pi i / N)$, $R_{i\cos}$ та $R_{i\sin}$ на основі квадратичної форми Лагранжа.

При $0 \leq k \leq N-1$ отримується співвідношення:

При $0 \leq q \leq p$:

$$\begin{aligned} x(k) &= x_{k,0} + \sum_{n=0}^{N-1} x_{k,i} \sum_{r=0}^p \left[\frac{(-1)^p (2\pi i / N)^{2r}}{(2r)!} + (-1)^r \frac{(2\pi i / N)^{2r+1}}{(2r+1)!} \right] + R_{k,p} = \\ &= x_{k,0} + \sum_{n=0}^p (-1)^p (2\pi)^{2r} / N^{2r} (2r)! * \sum_{i=1}^{N-1} x_{k,i}^{2r} + \sum_{n=0}^p (-1)^r \frac{(2\pi)^{2r+1}}{N^{2r} (2r+1)!} * \sum_{i=1}^{N-1} x_{k,i}^{2r+1} + R_{k,p}; \end{aligned} \quad (5)$$

$$m_{k,j} = \sum_{j=1}^{N-1} x_{k,i} i^r, \quad (6)$$

$$R_{k,p} = \sum_{i=1}^{N-1} x_{k,i} \frac{(\cos(\xi_{i\cos} + (2p+1)\pi/2)(2\pi i / N)^{2p+1}}{(2p+1)!} + \frac{\sin(\xi_{i\sin} + (p+1)\pi)(2\pi i / N)^{2p+2}}{(2p+2)!}, \quad (7)$$

де $0 < \xi_{i\sin}, \xi_{i\cos} < 2\pi i / N$.

Враховуючі, що параметр $R_{k,p}$ прагне до нуля прямо пропорційно рівномірному збільшенню p , тому вираз (5) приймає вид:

$$x_{k,0} + \sum_{r=0}^{2p+1} a_r m_{k,i}, \quad 0 \leq k \leq N-1, \quad (8)$$

Що значно зменшує обчислювальну складність дискретного перетворення Хартлі, при оцінці моментів a_r .

Алгоритм обчислення одновимірних моментів a_r завдяки заміні складних функцій на прості, який дозволив підвищити швидкодію одновимірного дискретного перетворення Хартлі, представлено на рис.2.

ALGORITHM MOMENT $p \begin{pmatrix} a_n, a_{n-1}, a_{n-2}, \dots, a_2, a_1 \end{pmatrix}$

Input: initial $p, a_1, a_2, a_3, \dots, a_{n-1}, a_n$

Moment = a_n

For $i=1$ *to* $n-1$

call $F_p(\text{Moment})$

Moment = $F_p(\text{Moment}) + a_{n-1}$

end for

End MOMENT p

Рисунок 2 – Алгоритм обчислення одновимірних моментів.

Таким чином, запропоновано алгоритм швидкого дискретного перетворення Хартлі, який складається з наступних кроків: 1. Обчислення послідовності розмірного вектора $x_{k,i}$ ($i, k = 0, 1, 2, \dots, N-1$) та a_r ($r=0, 1, 2, \dots, 2p+1$); 2. Обчислення тактів систолічного масиву $m_{k,r}$ ($r=0, 1, 2, \dots, 2p+1$; $k=0, 1, 2, \dots, N-1$); 3. Обчислення кінцевої послідовності вектора $X(k)$, ($k = 0, 1, 2, \dots, N-1$):

ALGORITHM FHT ($p, N, x(0), x(1), \dots, x(N-1)$)

Input: initial $p, N, x(0), x(1), \dots, x(N-1)$

Call Processing

For $k=0$ *to* $N-1$

call *Moment2p-1* ($x_{k,N-1}, x_{k,N-2}, \dots, x_{k,1}$)

$X(k)=0$

For $r=0$ *to* $p+1$

$X(k)=X(k)+a_r m_{k,r}$

end for

End FHT

Рисунок 3 – Алгоритм обчислення дискретного перетворення Хартлі з урахуванням обчислення моментів.

його в масив. В лінійний масив дані передаються на один елемент за один раз. Елементи акумулюються один з одним, поки не досягнуть елемента в масиві, позиція якої збігається з їх рангом. Далі значення накопичуються в елементі

$$|S(k,i)| > 1. \quad (5)$$

Рисунок 4 ілюструє приклад процедури накопичення вхідних даних у елементі відповідно з умовою (5).

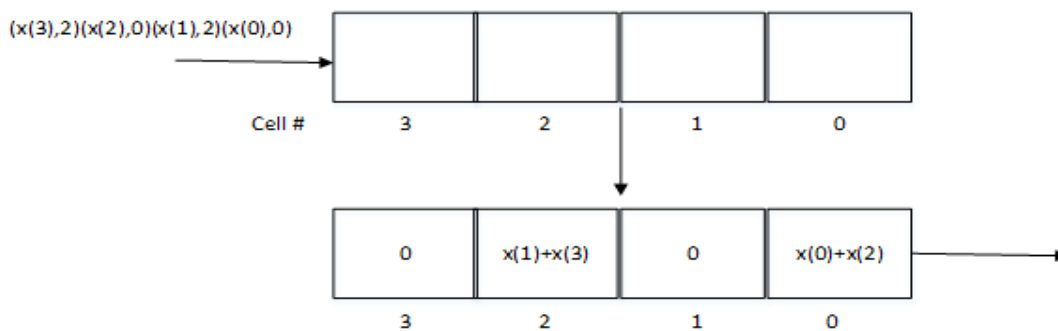


Рисунок 4 - Приклад процедури накопичення вхідних даних у елементі лінійного масиву

Е
 елемент в лінійному масиві буде сумувати елементи лише в тому випадку, якщо відповідний елемент $S(k,i)$ істотніше у розмірі ніж попередня.

Визначено, що $x_{k,i}$ це перестановка $x(r)$ кожен раз, коли $k \neq \emptyset$. Інакше,

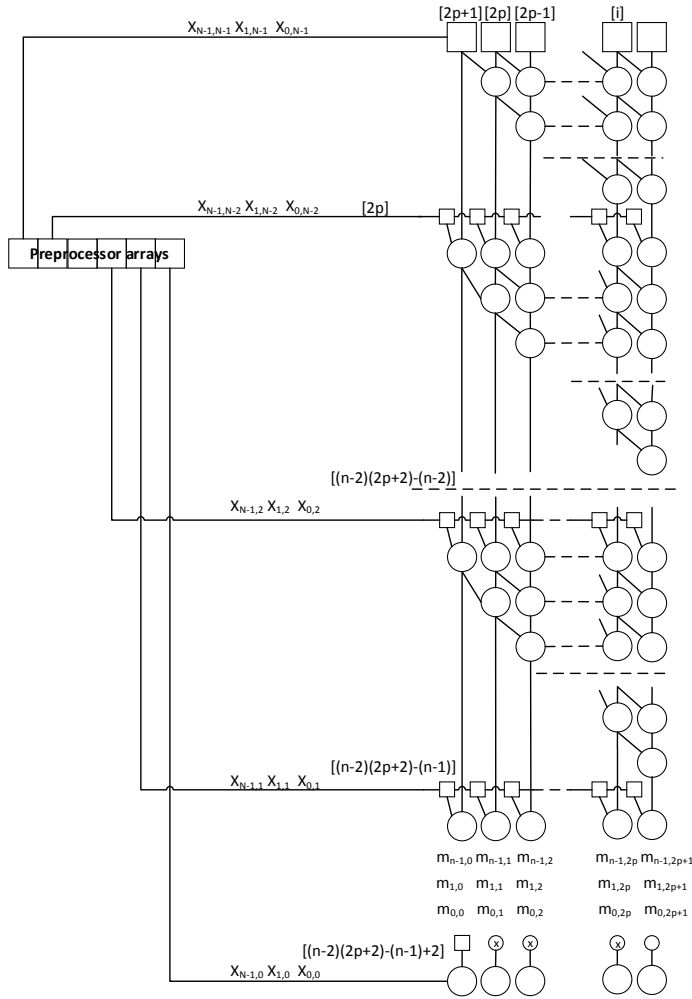


Рисунок 5 – Систолічна система одновимірного дискретного перетворення Хартлі

$$x_{k,i} = \sum_{r=0}^{N-1} x(r), \quad (6)$$

Та $x_0, f=0$ для $j \neq \emptyset$. Тому, коли розмір виборки просте число, первинна обробка використовується для отримання $x_{k,i}$; через перестановку з відібраних послідовностей $x(r)$, після отримання виразу (6).

На основі процесу швидкого обчислення моментів, розроблений одновимірний систолічний масив для реалізації дискретного перетворення Хартлі, а також обчислення та аналіз результатів.

Систолічний масив складається з генератора моментів, обробки масивів та скалярного множення масиву.

Генератор моменту формується з $N-2(2p+1)$ - мереж з рядка суматора - ключа та може використовуватися для створення одновимірного моменту. Генератор моментів приймає на вхід $x_{k,i}$

який вже перетворений первинною обробкою, а скалярне множення масиву проводить вихідну послідовність $X(k)$. Час затримки синхронізації потоку даних відображені послідовністю цифр, укладених в квадратних дужках (рис.5). Послідовність потоку даних є такою, що елементи систолічного масиву $m_{k(0)} * a_0$ рухаються зліва направо, акумулюючи один з одним для отримання часткової суми. Дана операція повторюється, поки кінцева послідовність вектора $X(k)$ не виникне на кінцевому етапі виведення даних. Як тільки елемент систолічного масиву $m_{k(i)}$ буде проведений на один такт раніше, ніж елемент $m_{k(i+1)}$, тоді час виконання елемента $m_{k(2p+1)}$ займе два повних циклу і в підсумку об'єднається в кінцеву послідовність $X(k)$.

Застосування систолічної системи для обчислення дискретних моментів до дискретного перетворення Хартлі, дозволяє знизити обчислювальну складність використовуваного алгоритму. Оцінка кількості операцій дозволяє зробити висновок про зниження обчислювальної складності запропонованого алгоритму до 7-10% (в залежності від об'єму вхідних даних) в порівнянні зі швидким перетво-

ренням Хартлі. Оскільки пряме і зворотне перетворення Хартлі повністю взаємосиметричні, такий підхід застосовується до зворотного дискретного перетворення Хартлі та для багатовимірних дискретних перетворень Хартлі та їх інверсій.

Третій розділ присвячується розробці метода динамічного управління ресурсами комп'ютеризованої системи, в основу якого покладено моделі прогнозування короткострокової навантаження і розподілу комп'ютерних ресурсів, що дозволило врахувати властивості фрактальності комп'ютерних мережових структур авіатранспортного комплексу і підвищити швидкодію передачі мультимедійних даних до 1.4 раз.

Проведено аналіз самоподібності фактичних даних інтенсивності потоку. Визначені основні етапи прогнозування інтенсивності потоку даних шляхом фрактальної екстраполяції:

1. Вибір початкової точки і подібних значень.

2. Визначення набору даних інтерполяції. Вибір основних точок, які концентрується в початковій точці, кінцевій точці та екстремумах. Ці точки розділяються на сегменти прогнозування. При виконанні етапу 2 для встановлення ІФС, отримуються необхідні параметри, яким задаються певні значення, при цьому обчислюється середнє значення, після чого статистична ІФС буде успішно встановлено.

3. Побудова повторної функціональної системи на основі методу аналізу самоподібності для дослідження інтенсивності потоку даних, вибраних з вихідних значень, а потім проводиться обчислення коефіцієнта масштабування шляхом застосування показника Херста.

4. Отримання кривої прогнозу, заснованої на фрактальній екстраполяції. При

виконанні етапів 1-3, генерується прогноз кривої інтенсивності потоку даних. За необхідності розраховується середня відносна похибка між прогнозованим значенням і початковими вихідними величинами. У разі, якщо така відносна похибка не відповідає заданій похибки, фрактальна екстраполяція буде продовжена для подальшого уточнення.

Застосовуючи показник Херста, теорію самоподібності та фрактальної екстраполяції до прогнозування інтенсивності потоку даних суттєво підвищується фактична оперативність в комп'ютерних мережах систем критичного застосування.

Проведений аналіз показав, що відносна похибка мала, тому даний метод, використовуваний для прогнозування інтенсивності потоку даних є доцільним, оскільки має високу точність (до 1.4 рази) розрахунків.

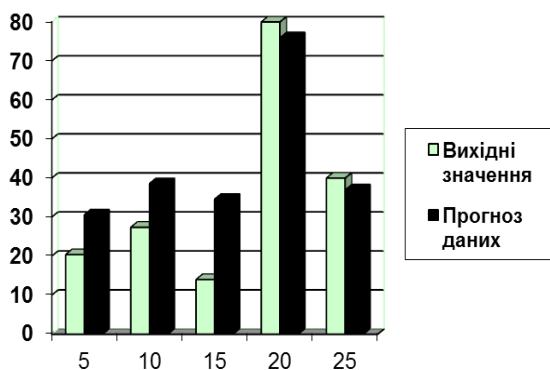


Рисунок 6 – Прогнозування даних методом фрактальної екстраполяції

Таблиця 1 - Прогнозування інтенсивності потоку даних між вихідними даними і прогнозуванням, заснованої на фрактальній екстраполяції

Час, год	2	3	6	7	13	15	18	19	21
Фактичне навантаження	106.3	101.6	120.1	145.2	173.7	169.9	221.2	213.4	194.2
Прогнозування	106.4	102.0	116.4	132.4	179.8	168.7	223.1	215.0	196.2
Похибка	0.103	0.416	3.046	8.771	3.483	0.729	0.852	0.762	0.994

Розроблено модель управління та розподілу комп'ютерних засобів ресурсів КМ систем критичного застосування, за критерієм мінімального часу доставки інформаційних пакетів. При цьому виникають основні задачі оптимального розподілу комп'ютерних ресурсів. У відповідності з постановкою завдання, в цілому модель управління представляється наступним чином:

1. Об'єми задач для n напрямлень з'єднання $V = \langle v_j, j = \overline{1, n} \rangle$,
2. Необхідний обсяг завдань для 1 ресурсної одиниці i ($i = \overline{1, m}$) типу коштів та j ($j = \overline{1, n}$) напрямлення $A = |a_{ij}|_{m \times n}$,
3. Необхідні затрати (грошові одиниці) на виконану задачу i коштів для j напрямлення $C = |c_{ij}|_{m \times n}$
4. Планом розподілу комп'ютерних засобів є матриця $X = |x_{ij}|_{m \times n}$.

Поставлена задача розподілу ресурсів на об'єкти застосування з функціями «ефект - витрати» експоненціального типу. При цьому:

1. Максимальна кількість одиниць ресурсів $NS_{\max} = n * x_{\max}$,
2. Максимальний загальний ефект складе $WS_{\max} = \sum_{j=1}^n w_j(x_{\max j})$,
3. Допустимим планом розподілу коштів є вектор $X(NS) = \langle x_j, j = \overline{1, n} \rangle$,
4. Обмеження $(0 \leq x_j \leq x_{\max j}), j = \overline{1, n}, \sum_{j=1}^n x_j = NS, (0 \leq NS \leq NS_{\max})$,
5. Системний ефект задається функцією часткових ефектів $WS\{X(NS)\} = \sum_{j=1}^n w_j(x_j)$.

Для підвищення ефективності розподілу ресурсів в КМ застосовуємо функцію Парето, яка розбивається на ряд областей. Повний перебір множини допустимих планів розподілу дає певну область на координатній площині. Кожному плану розподілу відповідають його координати, витрати і ефект. В цих умовах виникає основне завдання з умовами:

1. Задовольняє обмеженням необхідного рівню ефекту $WS(X) = \sum_{j=1}^n w_j(x_j) \geq WS^{nomp}$,

2. Знайти план, який мінімізує загальні витрати $NS(X^0) = \min_{\{X\}} NS(X) = \sum_{j=1}^n x_j^0$. (*)

При наявності інших обмежень вирішується другорядне «пряме» завдання оптимального розподілу коштів: виконання обмеження на припустимі витрати

$NS(X) = \sum_{j=1}^n (x_j) \leq NS^{npun}$, при цьому оптимальний план-вектор буде дорівнювати

$X^0 = \langle x_j^0, j=1, n \rangle$, який максимізує загальний ефект екстремальної задачі

$WS(X^0) = \max_{\{X\}} WS(X) = \sum_{j=1}^n w_j(x_j^0)$. (**)

Наведені задачі (*), (**) є задачами динамічного програмування, які вирішуються методом «пірамідальних таблиць» рис.7.

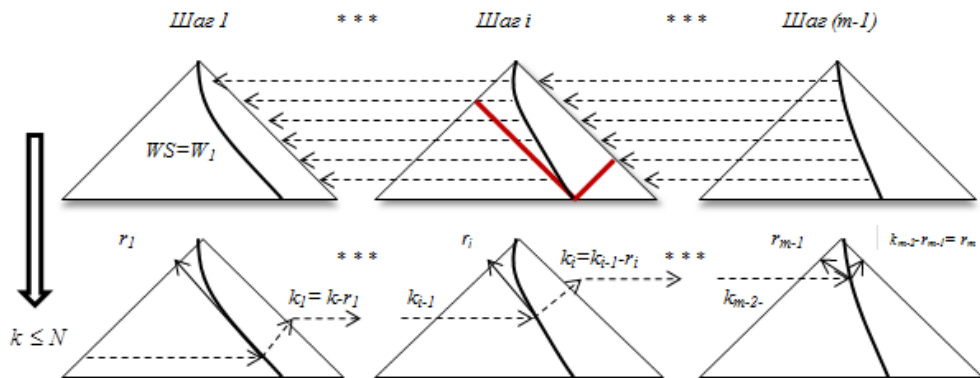


Рисунок 7 - Схема процедур для етапів умовної і безумовної оптимізації до задачі динамічного програмування

На кожному кроці використовується «пірамідальна» інтерпретація несучої координатної площини з числовим рельєфом функції Беллмана. На етапі умовної оптимізації визначається Парето - функція групи об'єктів зворотного покрокової процедури обчислення потенціалів і відповідних їм умовних оптимальних розподілів ресурсу між об'єктами, починаючи з останнього і закінчуючи першим. На етапі безумовної оптимізації визначається план розподілу для фактичної кількості одиниць ресурсу прямий покрокової процедури визначення безумовного оптимального розподілу ресурсу між об'єктами, починаючи з 1-го і закінчуючи останнім.

Даний етап дозволяє безпосередньо вирішувати будь-які «вкладені» прямі або зворотні задачі оптимального розподілу Парето - функції за рахунок вирішення (*), (**) алгоритмом процедурою динамічного програмування для комп'ютерних мереж, отримано в результаті скорочення області пошуку умовних оптимальних управлінь по Беллману для всіх об'єктів на всіх етапах.

У четвертому розділі оцінюється ефективність вдосконаленого методу обчислення дискретного перетворення Хартлі для швидкого стиснення даних, вдосконаленого методу прогнозування інтенсивності потоку даних на основі

фрактальної екстраполяції, динамічного керування комп'ютерними ресурсами в структурі авіатранспортного комплексу. Обґрунтовуються практичні рекомендації щодо використання розроблених методів для підвищення швидкодії передачі мультимедійних даних в комп'ютерних мережах авіатранспортного комплексу.

Таблиця 2 - Порівняння даних класичного дискретного перетворення Хартлі та вдосконаленого дискретного перетворення Хартлі

	Класичне дискретне перетворення Хартлі		Вдосконалене дискретне перетворення Хартлі	
	Швидкість обробки даних $t, \text{мс}$	Сумарний об'єм даних $L_{\text{об}}, \text{Мбит/с}$	Швидкість обробки даних $t, \text{мс}$	Сумарний об'єм даних, $L_{\text{об}}, \text{Мбит/с}$
1	0	0	13	900
2	22	700	22	1 800
3	33	1 200	30	2 300
4	37	2 000	36	3 100
5	40	2 500	40	3 500
6	47	3 900	47	4 300
7	51	5 000	51	5 000
8	55	6 200	59	6 000
9	56	6 850	62	6 850
10	57	7 300	64	7 800
11	63	10 000	70	10 250
12	70	12 400	75	13 600

Виконана оцінка продуктивності розробленого методу підвищення швидкодії

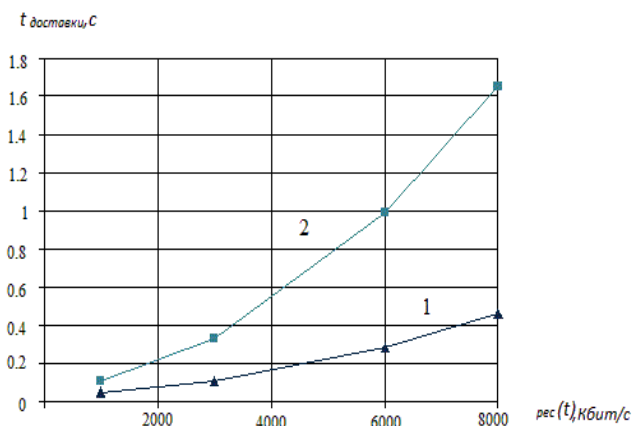


Рисунок 8 - Залежність часу розподілу ресурсів в комп'ютерних мережах від сумарної інтенсивності інформаційного потоку

передачі даних в КМ АТК. Для підтвердження швидкодії вдосконаленого методу дискретного перетворення Хартлі порівняно з традиційними дискретним перетворенням Хартлі, знайдено залежність швидкості обробки даних у КМ від їх обсягу. Представлена таблиця 2 порівняння даних класичного дискретного перетворення Хартлі та вдосконаленого дискретного перетворення Хартлі. Виходячи з наведених даних порівняння «класичного» дискретного перетворення Хартлі і вдосконаленого методу дискретного перетворення

Хартлі впливає, що використання розробленого методу дозволяє до 9.3 % підвищити обсяг оброблюваних даних в умовах високої (більш 5000 Мбіт/с) інтенсивності інформаційних потоків.

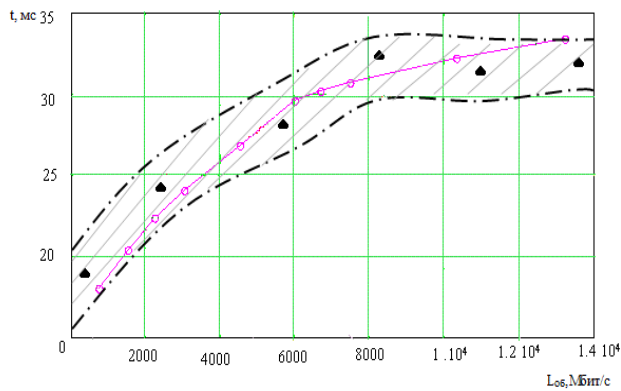


Рисунок 9 - Графік середнього значення швидкості обробки даних у комп'ютерних мережах від загального обсягу переданих даних і відповідні межі довірчого інтервалу

інформаційного пакета в КМ при використанні статичного методу управління ресурсами та розробленого методу. Залежність часу доставки даних в КМ від сумарної інтенсивності потоку даних представлена на рис. 8.

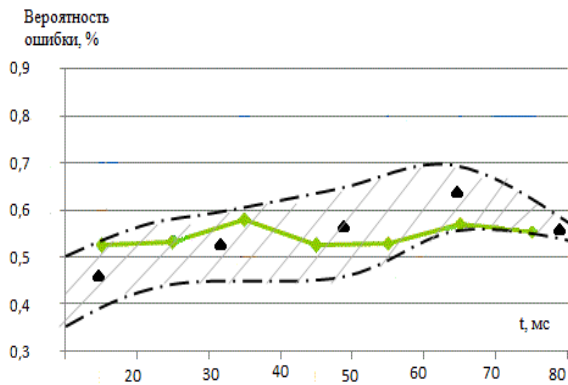


Рисунок 10 - Графік значення помилки прогнозу даних в комп'ютерних мережах від часу переданих даних і відповідні межі довірчого інтервалу

На рис. 9 наведено графік залежності оцінки математичного сподівання величини t середнього значення швидкості обробки даних у КМ від загального обсягу переданих даних і відповідні межі довірчого інтервалу з $\gamma = 0.95 \div 0.98$.

На рис. 10 наведено графік залежності оцінки математичного сподівання величини середнього значення помилки прогнозу даних в КМ від часу переданих даних і відповідні межі довірчого інтервалу.

Отримано результати експерименту оцінки ефективності запропонованого вдосконаленого методу прогнозування інтенсивності потоку даних, заснованого на фрактальній екстраполяції. Визначено, що при збільшенні часу передачі даних використання розробленого методу дозволяє зменшити ймовірність помилки прогнозу до 1.4 рази.

Отримано результати експерименту оцінки ефективності запропонованого методу динамічного управління комп'ютерними ресурсами. Для цього знайдено відношення часу доставки

В умовах високої інтенсивності потоку даних в КМ визначено, що при низькій інтенсивності потоку даних (що відповідає практично відсутності вхідного трафіку) ефективність даного методу порівнянна зі стандартними методами статичного управління ресурсами.

Проведено імітаційне моделювання системи попередньої обробки даних і системи управління ресурсами для різних значень пропускної здатності підсистеми управління КМ. Отримані результати у вигляді кривих залежності середнього значення часу обробки інформаційного потоку в КМ від сумарної інтенсивності інформаційного потоку.

Показано, що в більшості запропонованих тестових ситуацій «розрахункові» криві, які в більшості практичних випадків потрапляють в «усереднений» довірчий інтервал. Ступінь збігу результатів імітаційного та математичного моделювання підтверджують достовірність розробленої математичної моделі підсистеми стиснення даних, прогнозування і управління в комп'ютерних мережах.

У **додатках** наведено акти впровадження у вигляді алгоритмів та засобів для рішення завдань стиснення даних, управління комп'ютерними ресурсами та підвищення швидкодії передачі мультимедійних даних в комп'ютерних мережах авіатранспортного комплексу:

- при проектуванні комп'ютеризованої системи управління авіатранспортним підприємством ТОВ «Майстер-АВІА» (Міжнародний аеропорт «Жуляни»);
- у навчальному процесі НТУ «ХПІ».

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено науково-практичну задачу підвищення швидкодії передачі даних в комп'ютерних мережах систем критичного застосування на основі вдосконаленого методу обчислення дискретного перетворення Хартлі.

1. Аналіз вимог якості обслуговування і методів забезпечення показників якості при передачі даних у комп'ютерних системах, математичних моделей технологій стиснення даних, прогнозування і динамічного керування комп'ютерними мережевими ресурсами показали, що в умовах підвищеної інтенсивності великого об'єму потоку даних, використовувані в даний час методи стиснення і управління комп'ютерними ресурсами не дозволяють забезпечити оперативність при передачі даних в комп'ютерних мережах систем критичного застосування. Дослідження основних методів управління інформаційними потоками, алгоритмів стиснення і керування комп'ютерними ресурсами дозволили визначити основні напрямки дисертаційного дослідження і сформулювати задачу підвищення швидкодії передачі даних в комп'ютерних мережах систем критичного застосування.

2. Розроблено математичну модель технології стиснення даних на основі перетворення Хартлі, яка відрізняється від відомих використанням модульного зіставлення функцій для формування систолічної системи, що дозволяє знизити обчислювальну складність перетворення до 7-10%.

3. Вдосконалено метод динамічного управління ресурсами комп'ютерної системи АТК на основі моделей прогнозування короткострокової навантаження і розподілу комп'ютерних ресурсів, що дозволило врахувати властивості фрактальності комплексу і підвищити швидкість передачі мультимедійних даних до 1.4 раз а так само розробити автоматизоване програмне засіб управління інформаційними потоками в КМ з урахуванням особливостей мультимедійного контенту.

4. Запропоновано метод прогнозування короткострокової навантаження, заснований на фрактальній екстраполяції. Показано, що при збільшенні часу пере-

дачі даних використання розробленого методу дозволяє зменшити ймовірність помилки прогнозу до 1.4 рази.

5. Розроблено модель управління і розподілу комп'ютерних мережесовбів при передачі даних, при побудові якої застосовані метод Парето - оптимального множин і функціонал Беллмана, що значно скорочує область пошуку умовних оптимальних управлінь.

6. Визначено практичні рекомендації щодо застосування методу управління інформаційними потоками в комп'ютеризованій системі на основі перетворення Хартлі, що дозволяють адаптувати наведені в дисертаційній роботі розробки до умов та можливостей сучасних КМ АТК.

7. Результати дисертаційного дослідження впроваджені

- при проектуванні комп'ютеризованої системи управління авіатранспортним підприємством ТОВ «Майстер-АВІА» (Міжнародний аеропорт «Жуляни»);
- у навчальному процесі кафедри систем інформацій НТУ «ХП».

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Горюшкіна А.Е. Обґрунтування вибору методу моделювання систем зв'язку // Системи обробки інформації. – Харків: ХУПС, 2011.-Вип.8 (98), С.194-196.

2. Горюшкіна А.Е. Інформаційні технології виявлення траєкторії повітряних об'єктів при багато оглядовому некогерентному накопиченні сигналів / Горюшкіна А.Е., Обод І.І. Заволодько Г.Е.// Системи обробки інформації. – Харків : ХУПС - 2012, Вип. № 5(103), С.-57-59.

Здобувачем досліджено інформаційні технології з виявлення траєкторій літальних об'єктів;

3. Горюшкіна А.Е. Усовершенствование дискретного преобразования Хартли на основе метода моментов// Системи обробки інформації. – Харків: ХУПС, 2015.- Вип.12(137), С.15-17.

4. Горюшкина А.Э. Применение систолической системы на основе метода моментов для усовершенствования дискретного преобразования Хартли /Горюшкина А.Э., Семенов С.Г.// Системи обробки інформації. – Харків: ХУПС, 2016.- Вип.1(46), С. 89-92

Здобувачем досліджено та обґрунтовано доцільність застосування систолическої системи на основі методу моментів для удосконалення дискретного перетворення Хартлі;

5. Горюшкина А.Э. GERT – модель процесса безопасного тестирования программного обеспечения / Горюшкина А.Э., Кассем Халифе , Змиевская В.Н. // Системи обробки інформації. – Харків: ХУПС - 2016, - Вип.3(140), С. 21-24.

Здобувачем досліджено модель процесу безпечного тестування програмного забезпечення;

6. Goryushkina A., Gavrylenko S., Model of dynamic management of telecommunication and computer resources. / Goryushkina A., Gavrylenko S., //European Researcher. - Russian Federation: 2016, Vol. (102), Is. 1 - P. 21-31.

Здобувачем досліджено та запропоновано модель динамічного управління телекомунікаційними та комп'ютерними ресурсами.

7. Горюшкіна А.Е. Спосіб передачі інформації / Обод І.І., Свид І.В. // Пат. №83375 Україна, МПК (2013.01) H04L 12/00. - №201301286; Заяв. 04.02.2013; Опубл. 10.09.2013; Бюл. №17

Здобувачем досліджено передачу ортогональних сигналів відносно інформаційних сигналів, експериментальні дослідження.

8. Горюшкіна А.Е. Особливості застосування перетворення Хартлі в системах передачі інформації/ Збірка тез доп. Міжнародної наукової конференції ПАСЕБ з інфо - комунікаційних технологій 26-28 квітня 2012 ., м. Харків/ укл. Палієнко Т.І. - НТУ "ХПИ", 2012. – С.26.

9. Горюшкіна А.Э. Системы передачи информации на основе преобразования Хартли / Чурюмов Г.И., Горюшкіна А.Э. / Сборник тезисов с док. Международной научной конференции MicroCAD по информационным технологиям и математическим методам 7 марта 2013., г. Харьков / укл. Носков Г.Ю. – НТУ «ХПИ», 2013. - С.185.

Здобувачем досліджено особливості застосування перетворення Хартлі у системах передачі інформації.

10. Горюшкіна А. Э. Сравнительный анализ методов множественного доступа в мобильных информационных сетях/ Арус К., Горюшкіна А.Э./ Сборник тезисов док. Тематической конференции Перспективы развития телекоммуникационных и информационно-измерительных технологий 29 января 2013., г. Харьков/ укл. Кудь А.А. – ХНУРЕ, 2013. – С.88

Здобувачем досліджено методи множинного доступу в мобільних мережах.

11. Горюшкіна А.Э. Анализ эффективности применения преобразования Хартли в фильтрации и передаче данных/ Г.И. Чурюмов, А.Э. Горюшкіна/ Сборник тезисов док. Международной научно-технической конференции проблем информатики и моделирования 12 – 15 сентября 2015., г. Каролино - Бугаз/ укл. Леонов С.Ю. - НТУ"ХПИ", 2015. – С. 85.

Здобувачем досліджено аналіз ефективності застосування перетворення Хартлі при фільтрації та передачі даних.

12 A. Goryushkina. Model of dynamic management of telecommunication and computer resources/S.Semenov, S.Globa/ Collection of abstracts Proceedings of the XIII-th international conference TCSET'2016 february 23-26, 2016., Lviv-Slavsko / comp by. Prudius I.N – LPU, 2016. – P. – 872.

Здобувачем досліджено та запропоновано модель динамічного управління комп'ютерними ресурсами.

13. Горюшкіна А.Э. Метод прогнозирования при передаче мультимедийных данных в системах связи/ Горюшкіна И.Н. Горюшкіна А.Э./ Сборник тезисов докл. I Международной научно-практической конференции «Проблемы научно-технического и правового обеспечения кибербезопасности в современном мире» 30.03 – 1.04 2016., г. Харьков, укл. Шипова Т.М. - НТУ «ХПИ», 2016. С. – 21.

Здобувачем запропоновано метод прогнозування при передачі даних.

АНОТАЦІЇ

Горюшкіна А.Е. Метод управління інформаційними потоками в комп'ютеризованій системі на основі перетворення Хартлі. На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.05 – комп'ютерні системи та компоненти. – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, 2016 р.

Дисертацію присвячено підвищенню швидкодії передачі мультимедійних даних в комп'ютерних мережах авіатранспортного комплексу.

На підставі вивчення сучасних методів передачі даних встановлено, що в умовах підвищеної інтенсивності великого об'єму потоку даних, використовувані в даний час методи стиснення і управління комп'ютерними ресурсами не дозволяють забезпечити оперативність при передачі мультимедійних даних в комп'ютерних мережах авіатранспортного комплексу. Обґрунтовано вибір дискретного перетворення Хартлі в якості основного при розробці моделі стиснення мультимедійних даних. Визначено взаємозв'язок між дискретним перетворенням Хартлі та методом Хартлі. Встановлено, що розроблена систолічна система обчислювання одновимірного дискретного перетворення Хартлі дозволяє знизити обчислювальну важкість алгоритму до 7 %. Розроблено метод динамічного управління ресурсами комп'ютерної системи авіатранспортного комплексу на основі моделей прогнозування короткострокової навантаження і розподілу комп'ютерних ресурсів, що дозволило врахувати властивості фрактальності комп'ютерних мережових структур авіатранспортного комплексу і підвищити швидкість передачі мультимедійних даних до 1.4 раз а так само розробити автоматизоване програмне засіб управління інформаційними потоками в комп'ютерних мережах з урахуванням особливостей мультимедійного контенту

Ключові слова: якість передачі даних, дискретне перетворення Хартлі, метод моментів, систолічна система, прогнозування даних, фрактальна екстраполяція, розподіл комп'ютерних ресурсів.

Горюшкина А.Э. Метод управления информационными потоками в компьютеризированной системе на основе преобразования Хартли. На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 – компьютерные системы и компоненты. – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», 2016 г.

Диссертация посвящена разработке научных подходов к повышению быстродействия передачи мультимедийных данных в компьютерных сетях авиатранспортного комплекса.

На основании изучения современных методов передачи данных установлено, что в условиях повышенной интенсивности большого объема потока данных, используемые в настоящее время методы сжатия и управления компьютерными ресурсами не позволяют обеспечить быстродействие при передаче мультимедийных данных в компьютерных сетях авиатранспортного комплекса. Исследование основных методов сжатия и алгоритмов управления компьютерными ресурсами позволили определить основные направления научного исследования и сформулировать задачу повышения быстродействия передачи мультимедийных данных в компьютерных сетях авиатранспортного комплекса.

Обоснован выбор дискретного преобразования Хартли в качестве основного при разработке модели сжатия данных. Определена взаимосвязь между дискретным преобразованием Хартли и методом моментов. Решается задача усовершенствования дискретного преобразования Хартли для сжатия данных, путем применения новой системы расчета, в основу которой положен метод моментов, а именно модульное сопоставление функций. Разработанная систолическая система вычисления одномерного дискретного преобразования Хартли позволяет снизить вычислительную сложность алгоритма до 7-10 %.

Предложенный в работе метод динамического управления ресурсами компьютерной системы систем критического применения, основанный на модели прогнозирования краткосрочной нагрузки и распределения компьютерных ресурсов позволяет учесть свойства фрактальности компьютерных сетевых структур авиатранспортного комплекса и повысить быстродействие передачи данных до 1.4 раз.

Для обоснования достоверности полученных результатов проведено имитационное моделирование процесса сжатия данных и управления ресурсами в компьютерных сетях систем критического применения. Показано, что большинству предложенных тестовых ситуаций «расчетные» кривые, полученные в соответствии с разработанной в работе математической моделью, в большинстве практических случаев попадают в «усредненный» доверительный интервал. Высокая степень совпадения результатов имитационного и математического моделирования подтверждают достоверность разработанной математической модели подсистемы сжатия данных, прогнозирования и управления в компьютерных сетях авиатранспортного комплекса.

Ключевые слова: качество передачи данных, дискретное преобразование Хар-тли, метод моментов, систолическая система, прогнозирование данных, фрактальная экстраполяция, распределение компьютерных ресурсов.

Goriushkina A. E. Method of information management in a computerized system based on Hartley transform. A manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of candidate of technical Sciences in specialty 05.13.05 – computer systems and components. – National technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkov, 2016

The thesis is devoted to improve performance of multimedia data transfer in computer networks, air transport infrastructure.

Based on the study of modern methods of transmitting data is established that in conditions of high intensity large volume of data flow, the currently used compression techniques and management of computer resources do not allow to provide efficiency in the transmission of multimedia data in computer networks, air transport infrastructure. The choice of the discrete Hartley transform as the core in developing the model statku multimedia data. Establishes the relationship between the discrete Hartley transform and Hartley method. It is determined that the systolic system for the computation of one-dimensional discrete Hartley transform allows to reduce the computational complexity of the algorithm to 7 -10%. The developed method of dynamic resource management computer system aviation complex model-based forecasting of short term loads and the distribution of computing resources, which allowed us to consider the properties of fractal network structures in the air transport sector and to improve performance of multimedia data transfer in 1.4 times and develop automated software tool for information management in computer networks with the features of multimedia content.

Key words: quality of data transmission, the discrete Hartley transform, method of moments, a systolic system, data prediction, fractal extrapolation, allocation of computer resources.

Підписано до друку 14.09.2016 р. Формат 60х84/16.

Папір офсетн. Друк – різнографічний. Умовн. друк. арк. 0,9

Гарнітура Times New Roman. Наклад 100 прим. Замовлення №
