

УДК 004.627:004.772

О.А. Смірнов, О.М. Дресев, О.П. Доренський

Кіровоградський національний технічний університет, Кіровоград

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СТУПЕНЯ СТИСНЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОПЕРАТИВНІСТЬ ЇХ ДОСТАВКИ У ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ

У статті наведено результати дослідження впливу ступеня стиснення зображень на оперативність їх доставки у телекомунікаційній системі. Отримано залежність середнього статистичного часу доставки даних від їх об'єму, оцінено дисперсію і довірчий інтервал часу доставки. Теоретично та експериментально доведено, що час доставки стиснених даних та ступінь компресії є прямо пропорційними величинами. Показано, що стиснення даних в k разів у скільки ж разів зменшує середній час їх передачі по каналам зв'язку, а також в k разів зменшує дисперсію часу доставки.

Ключові слова: графічні дані, передача стиснених зображень, ступінь стиснення, час доставки, дисперсія часу доставки, телекомунікаційна система.

Вступ

На теперішній час у телекомунікаційних системах циркулюють величезні об'єми даних. При цьому переважна більшість інформації, що обробляється і передається, є графічною: цифрові статичні зображення й відео, які характеризуються надвеликими об'ємами. Це призводить до перевантаження каналів передачі даних та, як наслідок, збільшення часу, необхідного для доставки інформації до приймача. Тож, на даний час завданням є не тільки збільшення пропускну здатності сучасних засобів телекомунікації, але й зменшення (стиснення) даних, які ними передаються, особливо графічних.

Постановка проблеми. Для зменшення об'єму цифрових зображень застосовують методи стиснення (компресію), завдяки чому значно скорочується об'єм дискового простору, необхідний для зберігання, та ресурси середовища передачі даних. Одним з визначальних показників ефективності компресії є ступінь стиснення – відношення довжини нестиснених даних до стиснених [1]. Тобто після стиснення цифрового зображення, наприклад, удвічі, у скільки ж разів зменшується його довжина та, відповідно, необхідний для зберігання об'єм пам'яті носіїв. Проте виникає питання, чи зберігається ця закономірність щодо швидкості передачі телекомунікаційною системою. Таким чином постає необхідність оцінювання впливу ступеня стиснення (об'єму) даних, які передаються, на оперативність їх доставки. Адже останнє є однією з найважливіших характеристик будь-якої системи передачі даних. Крім цього, розв'язок поставленої задачі має практичну значимість щодо застосування й ефективного функціонування системи забезпечення якості обслуговування (QoS) в телекомунікаційних системах [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій [3 – 10] показав, що переважна більшість даних, які обробляються і передаються у телекомунікаційних

системах, є графічними (до 60 – 70 відсотків [8]). При цьому їх обсяг постійно зростає [9]. Саме тому значна кількість сучасних досліджень спрямована на розв'язок задачі якнайкомпактнішого представлення цифрових зображень, відеоінформації: вдосконалення існуючих та розробки нових методів і засобів стиснення графічних даних. У роботах [3 – 10] наголошується на необхідності застосування компресії для підвищення швидкості передачі даних. При цьому не є дослідженим вплив розміру стиснених даних (ступеня стиснення) на оперативність їх передачі (доставки) каналами зв'язку телекомунікаційної системи. Хоча саме це дає об'єктивну й обґрунтовану оцінку доцільності застосування компресії, а також перспективності цього напрямку досліджень загалом.

Постановка задачі. Виходячи з того, що на даний час відсутні дослідження впливу ступеня стиснення графічних даних, які передаються телекомунікаційною системою, на зміну оперативності їх доставки, є актуальним та доцільним розв'язання цієї науково-практичної задачі.

Мета роботи полягає у дослідженні впливу ступеня стиснення цифрового зображення на час його доставки телекомунікаційною системою. Поставлена мета досягається шляхом розробки математичної моделі процесу доставки масиву даних каналами зв'язку, отримання залежності середнього статистичного часу доставки від ступеня стиснення (довжини даних), оцінювання дисперсії і довірчого інтервалу часу доставки.

Основна частина

Розвиток обчислювальних потужностей сучасних комп'ютерів значно перевищує можливості систем зберігання й передачі даних [10]. Для скорочення часу обробки і передачі даних каналами зв'язку, зменшення їх об'єму, особливо цифрових зображень, застосовують методи їх компактного предста-

влення – стиснення [1, 4]. Схему передачі стисненого зображення наведено на рис. 1, де τ_c – час процесу стиснення (компресії) вхідного зображення, τ_b – час процесу відновлення (декомпресії), τ_d – час процесу доставки стиснутого зображення через середовище передачі даних. Час процесів стиснення і

відновлення цифрового зображення залежить як від обчислювальної техніки відправника та отримувача даних, так і від застосованих методів компресії. Дослідимо вплив ступеня стиснення зображення (довжини масиву даних) на час його доставки τ_d телекомунікаційною системою.

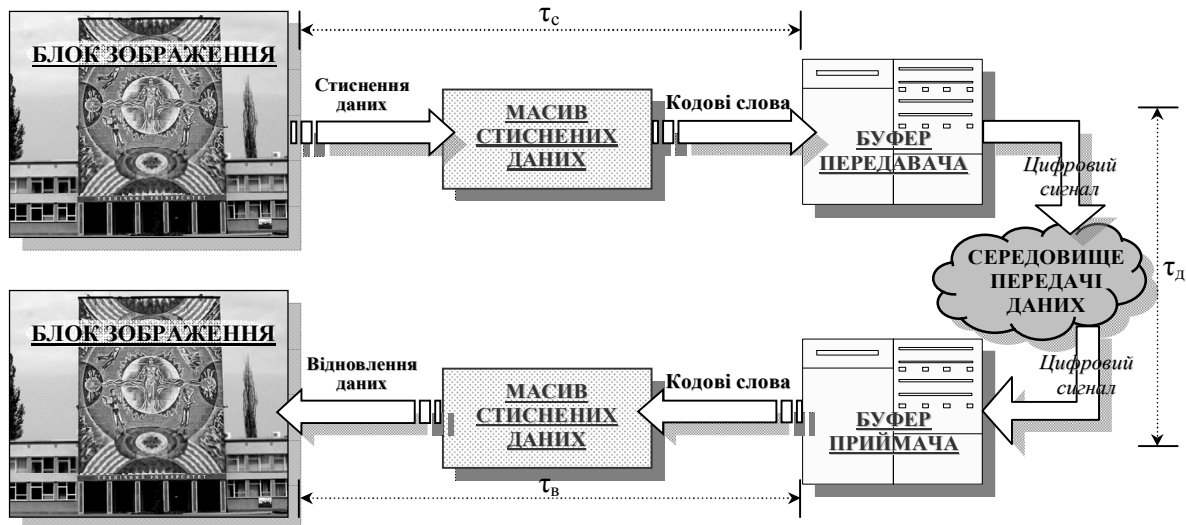


Рис. 1. Схема процесів стиснення і передачі цифрового зображення

Розробка математичної моделі доставки даних телекомунікаційною системою

Нехай телекомунікаційною системою, яка умовно складається з одного сегмента, передається масив даних, що є результатом стиснення цифрового зображення (рис. 1). Процес передачі складається з встановлення каналу зв'язку за час τ_k та передачі пакетів даних. Ймовірність успішного прийняття пакету p залежить від якості й виду каналу зв'язку. У той же час існує ймовірність втрати пакету $q=1-p$, після чого здійснюється повторна передача втраченого пакету. Також виникають ситуації, коли пакет може передаватись кілька разів. У випадку передачі багатьох пакетів, передавач надсилає наступний пакет, не очікуючи отримання підтвердження про успішне отримання попереднього. Тому за неуспішної передачі пакету загальний час збільшується тільки на час повторного відправлення одного пакету. Цей механізм відображено у формулі (1) як послідовність незалежних спроб до першої успішної.

$$p_1(i) = pq^{i-1}, \quad T(i) = iT_p, \quad \text{для } i \geq 1, \quad (1)$$

де $p_1(i)$ – ймовірність доставки пакету з i -ї спроби; час зайнятості каналу передачі під час доставки пакету за i спроб.

Знаючи значення часу i його ймовірності (1), можна оцінити загальний середньостатистичний час [11] доставки даних:

$$T = T_k + N \cdot \sum_{i=1}^{\infty} pq^{i-1} T_p i, \quad (2)$$

де N – кількість пакетів відправлених даних, яка пропорційна кількості інформації у них. Внаслідок того, що $\tau_k, \sum_{i=1}^{\infty} pq^{i-1} T_p i$ є постійними для конкретного шляху в телекомунікаційній системі (мережі), то час доставки даних пропорційний сумі кількості інформації у повідомленні та постійним встановлення каналу зв'язку і маршрутизації:

$$T(S) = S \cdot A + B, \quad (3)$$

де S – кількість байтів відправлених даних; A, B – постійні характеристики телекомунікаційного з'єднання, які шукаються.

Здійснимо перевірку та доповнення гіпотези (3).

Теоретична побудова розподілу ймовірності доставки даних із N пакетів

Використовуючи формулу (1), можна побудувати розподіл ймовірності доставки одного пакету даних (рис. 2). Для побудови розподілу ймовірності двох пакетів необхідно об'єднати розподіл [11].

Два пакети вимагають вже почергової передачі, тому ймовірність того, що обидва пакети надійдуть за i квантів часу τ_p є сумою добутку всіх варіантів $p(j)p(k)$ при $j + k = i$. Тоді для двох пакетів з розподілом (1) отримаємо:

$$p_2(i) = \sum_{j=1}^{i-1} p_1(j) \cdot p_1(i-j) \rightarrow p_2(i) = \sum_{j=1}^{i-1} pq^{j-1} \cdot pq^{i-j-1} \rightarrow p_2(i) = p^2 \sum_{j=1}^{i-1} q^{j-2},$$

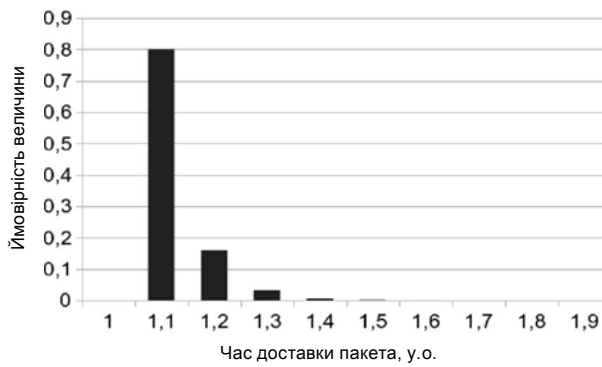


Рис. 2. Розподіл щільності ймовірності доставки одного пакету при $p=0,8$; $\tau_k=1$ у.о.; $\tau_p=0,1$ у.о.

де p_2 – ймовірність того, що два пакети будуть доставлені за час $i\tau_p$. Відповідно

$$p_2(i) = p^2 q^{i-2} (i-1), \quad i \geq 1. \quad (4)$$

Аналогічно можна отримати розподіл для передачі трьох пакетів:

$$p_3(i) = \sum_{j=1}^{i-1} p_2(j) \cdot p(i-j) \rightarrow p_3(i) = p^3 \sum_{j=1}^{i-1} (j-1) q^{i-3} \rightarrow p_3(i) = p^3 q^{i-3} \sum_{j=1}^{i-1} (j-1).$$

Сума є арифметичною прогресією, сума якої дорівнює:

$$S_1 = \sum_{j=1}^{i-1} (j-1) \rightarrow S_1 = \frac{(i-1)(i-2)}{2}.$$

Звідси отримуємо загальний вираз, придатний для використання без сумування:

$$p_3 = p^3 q^{i-3} \frac{(i-1)(i-2)}{2}. \quad (5)$$

З метою полегшення припущення про вид загальної формули, для знаходження ймовірності передачі N пакетів за i спроб, знайдемо $p_4(i)$. Для цього використаємо згортку розподілів ймовірностей:

$$\begin{aligned} p_4(i) &= \sum_{j=1}^{i-1} p_3(j) p_1(i-j) \rightarrow \\ &\rightarrow p_4(i) = \sum_{j=1}^{i-1} p^3 q^{j-3} \frac{(j-1)(j-2)}{2} p q^{i-j-1}, \\ &\rightarrow p_4(i) = p^4 \sum_{j=1}^{i-1} q^{j-3+i-j-1} \frac{(j-1)(j-2)}{2} \rightarrow \\ &\rightarrow p_4(i) = \frac{p^4 q^{i-4}}{2} \sum_{j=1}^{i-1} (j-1)(j-2). \end{aligned}$$

Знайдемо значення суми $S_4(i) = \sum_{j=0}^{i-2} j(j-1)$ зі зміненими границями для більш простих викладів.

Для цього вважатимемо, що $f(j) = j^2 - j$ і $S_4(i) = f(0) + f(1) + f(2) + \dots + f(i-2)$. Щоб знайти суму, побудуємо $F(j) = Fj^3 + Bj^2 + Cj$ таке, що

$f(j) = F(j+1) - F(j)$. Тоді $f(j) = A(j+1)^3 + B(j+1)^2 + C(j+1) - Aj^3 - Bj^2 - Cj$. Розкривши дужки, отримаємо $f(j) = j^2(3A) + j(3A + 2B) + (A + B + C)$. З останньої рівності отримуємо:

$$j^2 - j = j^2(3A) + j(3A + 2B) + (A + B + C).$$

Тепер можна записати систему рівнянь для визначення коефіцієнтів, які шукаємо:

$$\begin{cases} 3A = 1 \\ 3A + 2B = -1 \\ A + B + C = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} A = 1/3 \\ B = -1 \\ C = 2/3 \end{cases},$$

звідкіль $F(j) = j(j-1)(j-2)/3$. Замінімо суму $f(j)$ різницями $F(j+1) - F(j)$:

$$S_4(i) = (F(1) - F(0)) + (F(2) - F(1)) + \dots + (F(i-1) - F(i-2)).$$

Скорочуючи $F(i)$ однаковими аргументами, отримаємо вираз для пошуку суми:

$$S_4(i) = F(i-1) - F(0) \rightarrow S_4(i) = \frac{(i-1)(i-2)(i-3)}{3}.$$

На основі отриманого виразу для пошуку суми $S_4(i)$, запишемо загальну формулу для пошуку ймовірності відправлення чотирьох пакетів за i квантів часу:

$$p_4(i) = p^4 q^{i-4} \frac{(i-1)(i-2)(i-3)}{2 \cdot 3}. \quad (6)$$

З виразів (4), (5) та (6) впливає загальний вигляд формули:

$$p_N(i) = p^N q^{i-N} \frac{(i-1)(i-2)\dots(i-(N-1))}{(N-1)!}. \quad (7)$$

Теорема. Ймовірність відправлення N пакетів даних за i квантів часу $p_N(i)$ дорівнює

$$p_N(i) = p^N q^{i-N} \frac{(i-1)(i-2)\dots(i-(N-1))}{(N-1)!}.$$

Доведення. Справедливість (4), (5) та (6) вже відомі, тому теорему можна довести методом математичної індукції, встановивши справедливість рівності:

$$p_{N+1}(i) = \sum_{j=1}^{i-1} p_N(j) p_1(i-j).$$

Проведемо підстановки та винесемо константи за знак суми:

$$p_{N+1}(i) = \sum_{j=1}^{i-1} p^N q^{j-N} \frac{(j-1)(j-2)\dots(j-(N-1))}{(N-1)!} p q^{i-j-1} \rightarrow$$

$$p_{N+1}(i) = \frac{p^{N+1} q^{i-(N+1)}}{(N-1)!} \sum_{j=1}^{i-1} (j-1)(j-2)\dots(j-(N-1)).$$

Аналогічно до висновку формули (6) прийемо за $f(j) = f(j-1)(j-2)\dots(j-(N-2))$, тоді $F(j) = j(j-1)(j-2)\dots(j-(N-1))/N$. Перевіримо правильність припущення про вигляд $F(j)$, яке є антирідницею узагальненої степені у різницево-му численні:

$$\begin{aligned}
 f(j) &= F(j+1) - F(j) \rightarrow \\
 \prod_{k=0}^{N-2} (j-k) &= \frac{1}{N} (j+1) \prod_{k=0}^{N-2} (j-k) - \frac{1}{N} \prod_{k=0}^{N-1} (j-k), \\
 \prod_{k=0}^{N-2} (j-k) &= ((j+1) - (j - (N-1))) \cdot \frac{1}{N} \prod_{k=0}^{N-2} (j-k), \\
 \prod_{k=0}^{N-2} (j-k) &= (j+1 - j + N - 1) \cdot \frac{1}{N} \prod_{k=0}^{N-2} (j-k), \\
 \prod_{k=0}^{N-2} (j-k) &= N \frac{1}{N} \prod_{k=0}^{N-2} (j-k),
 \end{aligned}$$

що підтверджує правильність припущення про вигляд $F(j)$. Отже, маємо можливість замінити сумування виразом $F(i-1)-F(0)$:

$$\begin{aligned}
 p_{N+1}(i) &= \frac{p^{N+1} q^{i-(N+1)}}{(N-1)!} \sum_{j=1}^{i-1} f(j-1), \\
 \sum_{j=1}^{i-1} f(j-1) &= \sum_{j=1}^{i-1} (F(j+1-1) - F(j-1)), \\
 \sum_{j=1}^{i-1} f(j-1) &= F(i-1) - F(0), \\
 \sum_{j=1}^{i-1} f(j-1) &= \frac{(i-1)(i-2)\dots(i-N)}{N}, \\
 p_{N+1}(i) &= \frac{p^{N+1} q^{i-(N+1)}}{(N-1)!} \cdot \frac{(i-1)(i-2)\dots(i-N)}{N}
 \end{aligned}$$

та, остаточно спрощуючи, отримуємо

$$p_{N+1}(i) = p^{N+1} q^{i-(N+1)} \cdot \frac{(i-1)(i-2)\dots(i-N)}{N!},$$

що відповідає формулі (7) при підстановці $N:=N+1$.

Теорему доведено.

Використовуючи розподіл ймовірності (7), побудуємо математичне сподівання і дисперсію кількості квантів часу за доставку N пакетів даних.

Визначення середнього статистичного часу і дисперсії доставки даних із N пакетів

Вище зроблено припущення про лінійну залежність часу доставки даних від кількості пакетів, які ці дані займають. Для повної впевненості потрібно отримати математичне сподівання часу доставки пакетів аналітично з розподілу ймовірності (7).

Вже показано, що ймовірність доставки даних з одного пакету за i спроб (1) $p_1(i) = pq^{i-1}$. Математичне сподівання кількості спроб для успішної передачі пакету буде $M(p_1) = \sum_{i=1}^{\infty} pq^{i-1}i$. Для знаходження аналітичного представлення значення суми ряду приймемо за $f(i) = q^i i$ вираз під знаком суми та знайдемо таке $F(i)$, що $F(i+1) - F(i) = f(i)$. Шу-

кати $F(i)$ будемо у вигляді $F(i) = (Ai+B)q^i$. Тоді:

$$\begin{aligned}
 F(i+1) - F(i) &= (Ai + A + B)q^{i+1} - (Ai + B)q^i \rightarrow \\
 f(i) &= q^i (iA(q-1) + q(A+B) - B).
 \end{aligned}$$

Для рівності необхідно, щоб:

$$\begin{cases} A(q-1) = 1 \\ q(A+B) - B = 0 \end{cases}$$

звідкіля: $A = -1/(1-q)$, $B = -q/(1-q)^2$.

Підставляючи та зводячи подібні, отримуємо:

$$\begin{aligned}
 \sum_{i=1}^{\infty} f(i) &= F(\infty+1) - F(1) \rightarrow \sum_{i=1}^{\infty} f(i) = \\
 &= 0 - (-1/(1-q) - q/(1-q)^2)q,
 \end{aligned}$$

$$M(p_1) = \frac{p}{q} \sum_{i=1}^{\infty} f(i), \quad M(p_1) = \frac{p}{q} \left(\frac{1}{1-q} + \frac{q}{(1-q)^2} \right) q,$$

$$M(p_1) = (1-q) \left(1/(1-q) + q/(1-q)^2 \right) q.$$

Спростивши останній вираз, отримуємо середню математичну кількість спроб для передачі одного пакету даних без врахування часу на встановлення каналу зв'язку та маршрутизації:

$$M(p_1) = 1/(1-q). \quad (8)$$

Враховуючи той факт, що під час отримання розподілів p_N використано додавання незалежних випадкових величин, математичне сподівання та дисперсії підсумовуються:

$$M(p_N) = N/(1-q), \quad (9)$$

що співпадає з раніше отриманим (2). Для дисперсії аналогічно можна отримати $D(p_N) = \sum_{n=1}^N D(p_1) \rightarrow$

$$D(p_N) = N \cdot D(p_1).$$

Визначимо значення дисперсії для доставки одного пакету інформації:

$$D(p_1) = \sum_{i=1}^{\infty} p \cdot q^{i-1} i^2 - M^2(p_1) \rightarrow$$

$$D(p_1) = \frac{p}{q} \sum_{i=1}^{\infty} q^i i^2 - M^2(p_1).$$

Далі необхідно для $n=1$ знайти значення суми ряду $\sum_{i=1}^{\infty} q^i i^2$. Приймемо, що $f(i) = q^i i^2$. Будемо шукати $F(i)$ таке, що $f(i) = F(i+1) - F(i)$. Антиривніця $F(i)$ має вигляд $F(i) = (Ai^2 + Bi + C)q^i$, звідки отримуємо:

$$\begin{aligned}
 F(i+1) - F(i) &= q \left(A(i+1)^2 + B(i+1) + C \right) q^i - \\
 &\quad - \left(Ai^2 + Bi + C \right) q^i.
 \end{aligned}$$

Спростивши

$$f(i) = \left(q \left(Ai^2 + 2Ai + A + Bi + B + C \right) - \left(Ai^2 + Bi + C \right) \right) q^i,$$

$$f(i) = \left((q-1)Ai^2 + (2Aq + B(q-1))i + (qA + qB + C(q-1)) \right) q^i,$$

отримуємо систему рівнянь для знаходження коефіцієнтів, які шукаємо:

$$\begin{cases} (q-1)A = 1, \\ 2Aq + B(q-1) = 0, \\ qA + qB + C(q-1) = 0, \end{cases} \begin{cases} A = -1/(1-q), \\ B = -2q/(1-q)^2, \\ C = -q(1+q)/(1-q)^3. \end{cases}$$

Тоді:

$$\sum_{i=1}^{\infty} f(i) = F(\infty+1) - F(1),$$

$$\sum_{i=1}^{\infty} f(i) = 0 - \left(\frac{-1}{1-q} - \frac{2q}{(1-q)^2} - \frac{q(1+q)}{(1-q)^3} \right) q,$$

$$\sum_{i=1}^{\infty} f(i) = \left(\frac{-1}{1-q} + \frac{2q}{(1-q)^2} + \frac{q(1+q)}{(1-q)^3} \right) q.$$

Після цього запишемо та спростимо вираз для обчислення дисперсії:

$$D(p_1) = (1-q) \left(\frac{-1}{1-q} + \frac{2q}{(1-q)^2} + \frac{q(1+q)}{(1-q)^3} \right) - \frac{1}{(1-q)^2},$$

$$D(p_1) = 1 + \frac{2q}{1-q} + \frac{q(1+q)-1}{(1-q)^2}, \quad D(p_1) = \frac{q}{(1-q)^2}.$$

Відповідно до властивості сумування дисперсії, для передачі N пакетів даних отримуємо дисперсію:

$$D(p_N) = N \cdot q / (1-q)^2, \quad (10)$$

де q – ймовірність відкладеної передачі пакету з причини ненадійності каналу передачі або очікування у черзі.

Також існує можливість відновити ймовірність втрати пакету або його затримки в черзі на проміжних вузлах мережі за експериментально визначеною дисперсією доставки визначеної кількості пакетів даних, виразивши цю ймовірність із (10):

$$q = 1 + \frac{N - \sqrt{N(4D_N + N)}}{2D_N}. \quad (11)$$

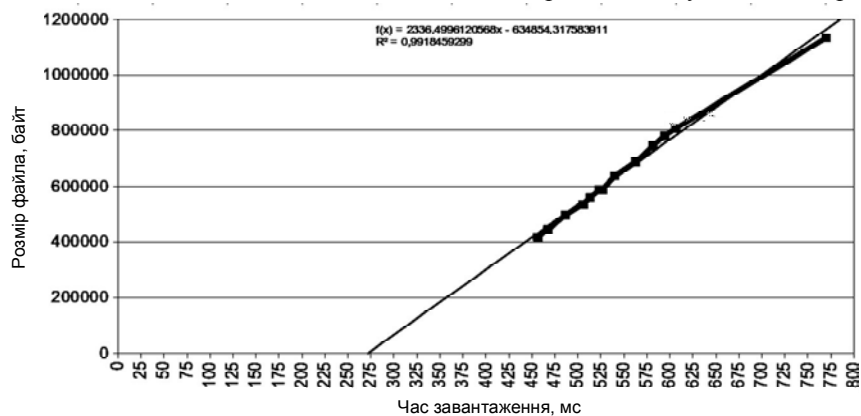


Рис. 3. Експериментально отриманий середньостатистичний час доставки цифрових зображень телекомунікаційною системою в залежності від ступеня їх стиснення (довжини масиву даних)

Отримавши середній статистичний час та дисперсію доставки даних із N пакетів, необхідно встановити факт їх відповідності експериментальним характеристикам інформаційно-телекомунікаційної системи під час багаторазової доставки даних – стиснених з різним ступенем компресії цифрових зображень.

Експериментальна перевірка отриманих результатів

Експериментальна перевірка теоретично отриманих середньостатистичного часу доставки в залежності від довжини коду, що передається, та дисперсії часу доставки даних від їх об'єму здійснювалась завантаженням понад 300 разів 12 цифрових зображень, стиснених з різним ступенем компресії. При цьому визначався час їх доставки. Експериментально одержані дані середнього статистичного часу доставки інформації наведено на рис. 3.

На рис. 4 подано графік зміни дисперсії часу передачі масивів даних телекомунікаційною системою в залежності від їх довжини. Обидві залежності, визначені експериментально, вказують на значну близькість до лінійного закону, що співпадає з теоретично отриманими результатами (9) і (10).

Висновки

Проведені у статті експериментальні дослідження підтвердили теоретичні припущення й дозволили отримати емпіричні чисельні дані. Таким чином зроблено такі висновки.

1. Час доставки даних телекомунікаційною системою має лінійну залежність від довжини масиву даних, що передаються.

2. Час доставки стиснених даних телекомунікаційною системою та ступінь стиснення є прямо пропорційними величинами; відповідно коефіцієнт стиснення і час доставки – обернено пропорційними.

3. Ступінь стиснення є прямо пропорційним дисперсії часу доставки стиснених даних телекомунікаційною системою.

4. Експериментальне знаходження дисперсії часу доставки дозволяє оцінити ймовірність відкладеної передачі пакету даних за виразом (11).

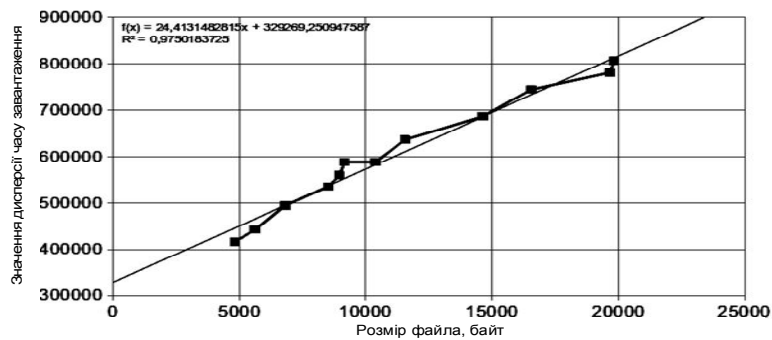


Рис. 4. Залежність дисперсії часу доставки цифрових зображень телекомунікаційною системою в залежності від ступеня їх стиснення (довжини масиву даних)

5. Застосування стиснення графічних даних не тільки скорочує час їх доставки та навантаження на канали зв'язку, але й за рахунок зменшення дисперсії знижує відхилення від середнього часу доставки.

Отримані теоретично та підтвержені експериментально результати мають значну практичну цінність, а також дають обґрунтовані підстави стверджувати про актуальність і перспективність компресії як одного з найважливіших засобів забезпечення оптимального й ефективного функціонування телекомунікаційних систем та мереж.

Список літератури

1. Ватолін В. Методи сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео / В. Ватолін, А. Ратушняк, М. Смирнов, В. Юкин. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2003. – 384 с.
2. Дреєв О.М. Методи підвищення якості обслуговування у телекомунікаційних системах та мережах / О.М. Дреєв, Г.М. Дреєва, О.А. Смирнов // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2013. – Вип. 3 (110), Т. 2. – С. 199-200.
3. Михалевський Д.В. Оцінка параметрів відеозображення в телекомунікаційних системах / Д.В. Михалевський, Є.С. Наугольних, В.М. Мельник // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2013. – № 1. – С. 201-205.
4. Юдін О.К. Розробка сучасних стандартів стиснення відеоданих / О.К. Юдін, К.О. Курінь // Захист інформації. – 2010. – № 3. – С. 74-81.

5. Баранник В.В. Обоснование базовой технологии компрессии изображений с заданным качеством визуализации / Баранник В.В., И.Е. Рогоза, А.А. Красноруцкий // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. – 2013. – Вып. 1. – С. 17-23.

6. Луцький М.Г. Кодер стиску зображень на базі двоозначного структурного кодування / М.Г. Луцький, О.К. Юдін, К.О. Курінь // Наукові технології. – 2009. – № 3. – С. 78-82.

7. Ивашко А.В. К выбору оптимального целочисленного ортогонального преобразования для сжатия сигналов и изображений / А.В. Ивашко, М.В. Слободян // Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ". – 2011. – Вип. 11. – С. 46-51.

8. Гуржій П.М. Оцінка степені сжатия і впрямі обробки зображень в телекомунікаційних системах / П.М. Гуржій, Н.А. Корольова // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2008. – Вип. 6 (73). – С. 37-40.

9. Загребнюк В.І. Палітровий формат цифрових кольорових зображень з адаптивною довжиною коду / В.І. Загребнюк // Вісник ДУІКТ. – 2012. – Т.10, №4. – С. 65-69.

10. Гриньов Д.В. Методи стиснення зображень в системах цифрової обробки даних / Д.В. Гриньов, З.З. Закиров // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2010. – Вип. 2 (83). – С. 66-70.

11. Глеч С.Г. Теорія ймовірностей та математична статистика: навч. посібник / С.Г. Глеч, С.Ф. Ледеяєв, І.В. Ольшанська. – Севастополь: СевНТУ, 2011. – 176 с.

Надійшла до редколегії 19.08.2013

Рецензент: д-р техн. наук, с.н.с. Г.А. Кучук, Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ СЖАТИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОПЕРАТИВНОСТЬ ИХ ДОСТАВКИ В ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ

А.А. Смирнов, А.Н. Дреєв, А.П. Доренский

В статье приведены результаты исследования влияния степени сжатия изображений на оперативность их доставки в телекоммуникационной системе. Получены зависимости среднего статистического времени доставки данных от их объема, оценено дисперсию и доверительный интервал времени доставки. Теоретически и экспериментально доказано, что время доставки сжатых данных и степень компрессии является прямо пропорциональным величинам. Показано, что сжатие данных в k раз в сколько раз уменьшает среднее время их передачи по каналам связи, а также в k раз уменьшает дисперсию времени доставки.

Ключевые слова: графические данные, передача сжатых изображений, степень сжатия, время доставки, дисперсия времени доставки, телекоммуникационная система.

RESEARCH OF INFLUENCE COMPRESSION RATIO IMAGES ON THE PROMPTNESS OF DELIVERY IN TELECOMMUNICATION SYSTEMS

A.A. Smirnov, O.M. Dreyev, O.P. Dorensky

The results of research of influence of degree of image compression on the efficiency of delivery of telecommunications systems. The dependence of the average delivery time statistical data on their volume estimated variance and confidence interval delivery. Theoretically and experimentally proved that the delivery of compressed data and the degree of compression is directly proportional. It is shown that data compression in k times how many times reduces the average time of transmission channels of communication, as well as k times the variance reduces delivery time.

Keywords: graphic data transmission of compressed images, compression, delivery time, dispersion time of delivery, telecommunication system.