

Степан Николаевич Белан, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры кибербезопасности и использования автоматизированных информационных систем и технологий, Государственное учреждение “Институт специальной связи и защиты информации НТУУ “Киевский политехнический институт”, Киев, Украина.

Андрей Андреевич Демаш, заместитель начальника научно-исследовательского отдела, Государственный научно-исследовательский институт специальной связи и защиты информации, Киев, Украина.

Степан Миколайович Білан, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри кібербезпеки та застосування автоматизованих інформаційних систем та технологій, Державний заклад “Інститут спеціального зв’язку та захисту інформації Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”, Київ, Україна.

Андрій Андрійович Демаш, заступник начальника науково-дослідного відділу, Державний науково-дослідний інститут спеціального зв’язку та захисту інформації, Київ, Україна.

УДК 004.62

ІГОР СУБАЧ,
ОЛЕКСАНДР ЧАУЗОВ,
НІНА КУЧУК

МОДЕЛІ РОЗПОДІЛУ ІНФОРМАЦІЙНОГО РЕСУРСУ В АСУ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

У даній статті розглядаються принципи побудови математичних моделей, що дозволяють оптимально розподілити інформаційний ресурс системи у відповідності за обраним критерієм. Проведено аналіз особливостей планування розподілу інформаційного ресурсу в АСУ спеціального призначення. На основі проведеного аналізу сформульовано задачу розробки моделі, що базується на відповідній структурі системи планування, котра враховує обмеження, специфічні для АСУ, що розглядаються. Розроблено два варіанти математичної моделі розподілу інформаційних блоків по розподілених вузлах базової інформаційно-телекомунікаційній мережі АСУ спеціального призначення. Особливості АСУ, що розглядаються, враховуються у розроблених моделях за допомогою введеної функції корисності. При моделюванні процесів, що відбуваються у відповідних інформаційних підсистемах, використовується багаторівнева система обробки та зберігання даних. Для цього при проектуванні системи або її модернізації створюється модель ієрархічного виділення інформаційного ресурсу, що може розглядатися досить автономно та незалежно від взаємодії із зовнішніми абонентами. Кожний наступний рівень моделі ієрархічного виділення інформаційного ресурсу характеризується збільшенням часу доступу до інформації та зниженням вартості зберігання одиниці даних.

Ключові слова: інформаційний ресурс, математична модель, інформаційно-телекомунікаційна мережа, автоматизована система управління, розподілені дані.

Особливості планування розподілу інформаційного ресурсу. Система планування розміщення інформаційного ресурсу у розподіленому середовищі інформаційно-телекомунікаційної мережі (ІТМ) АСУ спеціального призначення (СП) повинна забезпечувати оптимальне значення обраної цільової функції шляхом складання плану розподілу ресурсів

між запитами із вхідного нестационарного потоку, враховуючи при цьому особливості завдань, котрі вирішуються системою. Підвищення якості обслуговування користувачів ІТМ АСУ СП по обробці запитів у частині, що стосується результативності обробки запитів, потребує розробки розподіленої системи планування, що опирається на використання моделей запитів і потоку запитів, а також обчислювальної підсистеми. Розподілений характер ІТМ АСУ СП визначає необхідність використання розподіленої системи планування.

Аналіз останніх досліджень. У ряді літературних джерел [1-9] описані методи планування процесу обслуговування за різноманітними дисциплінами. Зокрема, у [3] показано порядок планування інформаційного ресурсу для АСУ промислового підприємства для розподілених гетерогенних систем, однак в них не враховується нестационарність потоку запитів. У [6] при розподілі інформаційного ресурсу враховано нестационарність потоків, але тільки для негетерогенних систем. Також у більшості робіт [1, 2, 4, 5, 7-9] відсутній аналіз втрат системи при несвоєчасному виконанні деяких запитів.

Постановка задачі та мета статті. Пропонується у складі розподіленої системи планування виділити три підсистеми:

$$S_n = \langle S_M, S_p, S_{np} \rangle, \quad (1)$$

де S_M – підсистема моделювання потоків запитів, кількість модулів, що реалізують функції підсистеми необмежена, вимірювач передає інформацію стану на один з модулів системи S_{np} ;

S_p – підсистема планування розподілу ресурсів з метою забезпечення оптимального значення обраної цільової функції, кількість модулів, що реалізують функції, обмежуються кількістю класів запитів, які визначаються в S_{np} , кожен модуль розподіляє ресурси обраного набору обчислювальних вузлів;

S_{np} – підсистема прогнозування стану обчислювальних вузлів, яка формує прогноз часу виконання запитів та займається кластеризацією обчислювальних вузлів що підключаються.

При розробці структури системи планування зроблені такі допущення:

- система планування перерозподіляє запити із вхідної черги;
- оператори генерують запити із тривалим часом обробки у випадкові моменти часу;
- пріоритет запитів коректується системою залежно від пріоритету оператора; комплексу завдань, що вирішуються, та конкретного завдання в даному комплексі; потрібного часу на виконання комплексу завдань; типу засобу управління;
- множина запитів всіх операторів ІТМ АСУ СП утворює нестационарний потік, структура якого змінюється з часом;
- набір програмного забезпечення не є неоднорідним.

У даній статті розглядається другий елемент кортежу (1) – підсистема планування розподілу ресурсів. **Мета статті** – розробка математичного апарату для врахування впливу часу обробки кожного запиту на функціонування системи за допомогою функції корисності для створення відповідних математичних моделей.

Використання функції корисності запиту. Процес планування ресурсів в ІТМ АСУ СП виконується в системі планування безупинно для забезпечення необхідного стану системи. Даний процес набуває особливої ваги при динаміці ведення дій, що потребують режиму реального часу. При цьому система переходить із одного стану в інший під впливом як управляючих впливів, так і зовнішніх випадкових факторів.

Затримки за часом між зміною стану ІТМ АСУ СП та моделі визначаються часом на планування, збір і оцінку стану системи та зовнішнього середовища. Зміна стану системи визначається управляючими впливами, які генеровані на основі плану розподілу ресурсів.

Процес планування починає виконуватися при настанні декількох подій, які змінюють стан ІТМ АСУ СП:

- надходження запиту у мережу;
- завершення обробки запиту;
- одержання оцінки зміни стану;
- настання прогнозного моменту часу корекції керування.

Спосіб планування здійснюється на основі використання методу обслуговування *FMT* (*first most timeliness*) [10, 11], що визначає призначення на обробку того запиту, який забезпечить максимальний імовірний приріст ефективності системи. При плануванні обслуговування запитів на обчислювальних вузлах безпосередньо маємо справу з добутком функції щільності розподілу ймовірності виконання запиту $\phi(t)$ на функцію корисності $\xi(t)$ (залежності цінності результату обробки запиту в ІТМ АСУ СП від часу).

$$\psi(t) = \phi(t) \cdot \xi(t). \quad (2)$$

Безпосередньо у вузлі планування запити, що надходять, упорядковуються з урахуванням часу виконання, котрий співвіднесено з вимогами по результативності.

Аналіз функціонування інформаційних підсистем (ІПС) АСУ СП показує [10], що метод розподілу інформаційного ресурсу базової ІТМ для забезпечення функціонування складових частин системи у значній мірі визначає її продуктивність.

При організації ІПС використовується багаторівнева система обробки та зберігання даних. Для цього при проектуванні системи або її модернізації створюється модель ієрархічного виділення інформаційного ресурсу, що може розглядатися досить автономно та незалежно від взаємодії із зовнішніми абонентами. Кожний наступний рівень моделі ієрархічного виділення інформаційного ресурсу характеризується збільшенням часу доступу до інформації та зниженням вартості зберігання одиниці даних.

Зміна характеристик ресурсу кожного рівня безпосередньо впливає на продуктивність і ефективність роботи системи в цілому. Велика кількість параметрів, що впливають на розподіл інформаційного ресурсу, а також розмаїтість показників якості при визначенні характеристик розподілу і труднощі їх приведення до єдиного критерію досить ускладнюють методи розв'язання задачі розподілу інформаційного ресурсу. Тому доцільно розглядати процес розподілу інформаційного ресурсу у вигляді ряду часткових моделей, безпосередньо пов'язаних з характеристиками збережених даних [4].

Спрощена математична модель. Розглянемо модель ІПС, що характеризується інформаційними блоками (ІБ) рівного об'єму, причому ймовірності звертання до деяких з них можуть бути однаковими.

Розглянемо ℓ -й запит із множини запитів, що складається з L елементів, сформований на основі інформації, обраної з M ІБ ІПС обсягу W , причому ймовірність звертання до s -го інформаційного блоку ($s = \overline{1, M}$) дорівнює p_s . Тоді як

$$\sum_{s=1}^M p_s = 1. \quad (3)$$

Оскільки ймовірності звертання до деяких ІБ однакові, то серед значень p_s ($s = \overline{1, M}$) деякі є рівними. Згрупуємо в наборі значень ймовірностей звертань до ІБ однакові ймовірності й введемо позначення: g_i – кількість ІБ із ймовірністю звертання p_i , $i = \overline{1, m}$, m – кількість отриманих груп; $m \leq M$:

$$\sum_{i=1}^m p_i g_i = 1. \quad (4)$$

Вочевидь, що $g_i \in \overline{1, M}$, а також

$$M = \sum_{i=1}^m g_i.$$

Визначимо, що для розміщення ІБ розподіленої ІПС може бути надано N різних типів реалізацій апаратно-програмних засобів (АПС) із такими характеристиками j -го типу ($j = \overline{1, N}$):

t_j – середній час доступу до даних для АПС j -го типу;

V_j – обсяг стандартного блоку даних АПС типу j (причому $V_j > W \forall j \in \overline{1, N}$);

n_j – максимально можлива кількість блоків даних, наданих для запиту на АПС типу j ;
 f_j – зведені середні витрати на один блок даних АПС типу j .

Надамо кожному з наявних блоків даних порядковий номер, незалежний від типу АПС. При цьому заповнені блоки даних виключаються з розгляду. Тоді загальна кількість доступних блоків даних:

$$K_C = \sum_{j=1}^N n_j . \quad (5)$$

Позначимо через τ_k час доступу до блоку даних АПС с номером k .

З урахуванням нумерації блоків уведемо змінні розподілу ІБ, що обробляються АПС ІТМ АСУ:

x_{ijk} – кількість ІБ із імовірністю звертання до них p_i , що обробляються k -м блоком даних АПС j -го типу, $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, N}$, $k = \overline{1, n_j}$.

Позначимо через y_j кількість задіяних блоків даних АПС типу j , $j = \overline{1, N}$.

Впорядкуємо типи АПС за убаванням часу доступу, тобто $t_j \geq t_{j+1}$, $j = \overline{1, N-1}$, а інформаційні блоки – за убаванням імовірності звертання до них, тобто $p_i \geq p_{i+1}$, $i = \overline{1, M-1}$.

У даних позначеннях сумарний час доступу до ІБ буде складати:

$$T = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^{n_j} p_i \cdot x_{ijk} \cdot \tau_k . \quad (6)$$

Сформулюємо обмеження задачі [4]:

кожний ІБ обробляється тільки в одному блоці даних, це не впливає на загальну постановку задачі, тому що $V_j > W$, причому всі ІБ повинні розміщатися в доступних блоках даних АПС, тобто:

$$\sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^{n_j} x_{ijk} = g_i, \quad i = \overline{1, m}; \quad (7)$$

сумарний об'єм ІБ, що обробляються в k -му блоці даних АПС j -го типу, не повинен перевищувати обсяг блоку даних, тобто:

$$\sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^{n_j} x_{ijk} = g_i, \quad i = \overline{1, m}; \quad (8)$$

сумарні наведені витрати на необхідну кількість блоків даних АПС не повинні перевищувати максимально припустимого розміру витрат F , що задається нерівністю:

$$\sum_{j=1}^N f_j y_j \leq F . \quad (9)$$

Крім того, значення змінних x_{ijk} ($x_{ijk} \geq 0$) однозначно визначаються набором значень y_j :

$$y_j = \left[V_j^{-1} \cdot W \cdot \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{n_j} x_{ijk} \right] . \quad (10)$$

Тоді вимога мінімізації часу доступу до ІБ з врахуванням функції корисності кожного запиту, приводить до задачі цілочисельного програмування із цільовою функцією:

$$T = \sum_{\ell=1}^L \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^{n_j} \xi_{\ell} (p_i \cdot x_{ijk} \cdot \tau_k) \rightarrow \min \quad (11)$$

та обмеженнями (8) – (10).

У цільовій функції (11) ξ_{ℓ} – функція корисності ℓ -го запиту.

Однак, розглянута модель має суттєві недоліки, які пов'язані з припущеннями про використання інформаційних блоків однакового об'єму, що може призвести до зниження ефективності використання АПС, а також розбиттям за ймовірностями звертання до блоків даних АПС.

Ускладнена математична модель. При обробці великих інформаційних масивів швидкість обробки запиту (що досить важливо для ІТМ АСУ СП) суттєво залежить від розміщення ІБ, що описують однотипні об'єкти. Слід зауважити, що при проектуванні складних запитів до розподілених ІПС великої інформаційної ємності необхідно дотримуватися заданих часових границь. При цьому суть завдання розподілу інформаційного ресурсу полягає у раціональному розміщенні ІБ по різних типах АПС, що надають інформаційний ресурс. Це дає можливість скоротити часові витрати на обробку запитів, з огляду на характер оброблюваних даних.

Розглянемо запит, що сформований на основі інформації, обраної з M ІБ об'єму W , причому ймовірність звертання до i -го ІБ ($i = \overline{1, M}$) дорівнює p_i , $\left(\sum_{i=1}^M p_i = 1 \right)$. Введемо булеві змінні розподілу інформаційних блоків, які будуть розміщені в ІТМ АСУ:

$$x_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } i\text{-й ІБ розміщується в } k\text{-му блоці даних;} \\ 0, & \text{янакше.} \end{cases} \quad (12)$$

Інші змінні й характеристики кожного типу АПС t_j, V_j, n_j, f_j ($j = \overline{1, N}$) відповідають попередній моделі. Тоді кількість ІБ, які можуть оброблятися в одному блоці даних j -го типу $r_j = [V_j / W]$.

Упорядкуємо типи АПС за зростанням часу доступу, тобто: $t_j \leq t_{j+1}, j = \overline{1, N-1}$, а інформаційні блоки – за убутанням ймовірності звертання до них, тобто $p_i \geq p_{i+1}, i = \overline{1, M-1}$. Тоді сумарний час доступу до розміщених таким чином ІБ складе:

$$T = \sum_{i=1}^M \sum_{k=1}^{K_C} p_i \cdot x_{ik} \cdot \tau_k. \quad (13)$$

Зазначену задачу будемо розглядати при таких обмеженнях:

кожний ІБ обробляється тільки в одному блоці даних, це не впливає на загальність постановки задачі, тому що $V_j > W \quad \forall j \in \overline{1, N}$ (K_C – загальна кількість блоків даних, котрі доступні для обробки в АСУ СП):

$$\sum_{k=1}^{K_C} x_{ik} = 1, \quad i = \overline{1, M}; \quad (14)$$

кількість задіяних блоків даних j -го типу не повинна перевищувати максимально можливу кількість блоків даного типу:

$$y_j \leq n_j, \quad j = \overline{1, N}; \quad (15)$$

сумарні наведені витрати на потрібну кількість блоків АПС не повинні перевищувати максимально припустимого розміру витрат F , що задається нерівністю:

$$\sum_{j=1}^N f_j y_j \leq F. \quad (16)$$

вимога про достатність блоків типу j для обробки ІБ задається нерівністю

$$\sum_{i=1}^M \sum_{k=\phi(j-1)+1}^{\phi(j-1)+y_j} x_{ik} \leq I_j \cdot y_j \quad \forall j \in \overline{1, N}, \quad (17)$$

де $\varphi(j)$ – функція зміщення номеру на множині типів обчислювальних вузлів $\{0, \dots, N - 1\}$, котра задана таким чином:

$$\begin{cases} \phi(0) = 0 ; \\ \phi(j - 1) = \sum_{k'=1}^{j-1} n_{k'} , \quad j = \overline{2, N} . \end{cases} \quad (18)$$

змінні задачі повинні належати заданій області та бути цілочисельними:

$$x_{ik} \in \{0, 1\}, y_j \in \{0, 1, \dots, n_j\}. \quad (19)$$

Функція зміщення номера дозволяє для обчислювального вузла j -го типу визначити порядковий номер першого з блоків, які представлені для запиту $k_j^{(1)} = \varphi(j - 1) + 1$. Тоді кількість ІБ, які розміщені у блоках типу j , дорівнює:

$$N_j = \left[\left(\sum_{i=1}^M \sum_{k=\varphi(j-1)+1}^{\varphi(j-1)+y_j} x_{ik} \right) \right] / r_j . \quad (20)$$

Вимога щодо мінімізації часу доступу до розподілених ПС інформаційно-телекомунікаційної мережі АСУ СП при обробці та розміщенні ІБ приводить до задачі цілочисельного нелінійного програмування з цільовою функцією:

$$T = \sum_{\ell=1}^L \sum_{i=1}^M \sum_{k=1}^{K_C} \xi_{\ell} (p_i \cdot x_{ik} \cdot \tau_k) \rightarrow \min \quad (21)$$

та обмеженнями (14)-(20).

Наявність змінної y_j у межах суми обмеження (18) не дозволяє розв'язати цю задачу стандартними методами, оскільки дане обмеження не є лінійним, а, відповідно до цього, стандартні методи не можуть бути використаними. Тому для рішення даної задачі доцільно використати метод рішення задачі цілочисельного програмування, який враховує специфіку обмежень та цільову функцію. Використання умови про різні ймовірності звертання до ІБ однакового об'єму дозволяє значно знизити розмірність задачі, яка розв'язується.

Зауважимо, що спрощена математична модель має розмірність:

$$R_1 = (m + 1) (N \cdot K_C + 1) + 2N \quad (m \leq M, M \geq N),$$

а ускладнена математична модель, відповідно, має розмірність:

$$R_2 = M (K_C + 1) + 3N + 1.$$

Неважно побачити, що узагальнення задачі дозволяє знизити її розмірність.

Нехай у задачі (8) $m = M - 1$, тобто в наборі ймовірностей звертання до ІБ є лише два однакових значення, інші значення різні.

Дослідимо різницю $R_1 - R_2$:

$$R_1 - R_2 = M(N \cdot K_C + 1) + 2N - M(K_C + 1) - 3N - 1 = M \cdot K_C(N - 1) - N - 1.$$

Вочевидь, що різниця $R_1 - R_2 > 0$ для задач, в яких $N > 1$.

Розглянемо найбільш загальний випадок, коли всі значення ймовірностей звертання до ІБ у задачі (21) різняться, тобто $m = M$.

$$\text{Тоді } K_1 - K_2 = (b+1)(T \cdot L_C + 1) + 2T - b(L_C + 1) - 3T - 1 = b \cdot L_C(T - 1) + T(L_C - 1).$$

Аналогічно, $R_1 - R_2 > 0$ для $N > 1, K_C > 1$.

Отже, розмірність цільової функції спрощеної моделі навіть для самого загального випадку, тобто різних значень ймовірностей звертання до ІБ ($m = M$), більше на $MK_C \cdot (N - 1) + N \cdot (K_C - 1)$ розмірності цільової функції ускладненої моделі при $N > 1, K_C > 1$.

Таким чином, ускладнена математична модель дозволила зменшити розмірність цільової функції в порівнянні із спрощеною моделлю. Однак час розв'язку ускладненої моделі суттєво залежить від нелінійності в обмеженнях, а особливістю наведених моделей є наявність функції корисності запитів.

Висновки. Обґрунтована необхідність подальшого розвитку методів та моделей планування розподілу інформаційного ресурсу із врахуванням особливостей АСУ спеціального призначення. Показано, що деякі особливості таких систем можна враховувати

за допомогою введення функції корисності. Із запропонованого кортежу опису розподіленої системи планування в даній статті розглянута підсистема планування розподілу ресурсів з метою забезпечення оптимального значення обраної цільової функції. Розроблено два варіанти математичної моделі розподілу інформаційних блоків по вузлах розподіленої інформаційно-телекомунікаційній мережі АСУ спеціального призначення, основною відмінністю яких від існуючих є наявність прямої залежності цільової функції від функції корисності запитів.

Напрямом подальших досліджень є зняття обмежень щодо фіксованого об'єму інформаційних блоків, а також поступова реалізація нерозглянутих елементів кортежу (1).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] S. Agarwal, M. Kodialam, T.V. Lakshman, "Traffic engineering in software defined networks", *INFOCOM*, in *Proc. IEEE INFOCOM*, Turin, Italy, 2013, pp. 2211-2219.
doi: 10.1109/INFOCOM.2013.6567024.
- [2] A.K.M. Baki, "Continuous monitoring of smart grid devices through multi protocol label switching", *IEEE Transactions on Smart Grid*. vol. 5, iss. 3, pp. 1210-1215, May 2014.
doi: 10.1109/TSG.2014.2301723.
- [3] И.В. Логинов, и Е.В. Лебеденко, "Оптимизация модели распределенной гетерогенной вычислительной системы, используемой для планирования обработки запросов", *Информатика и системы управления*, № 3 (21), с. 118-124, 2009.
- [4] Г.А. Кучук. *Інформаційні технології управління інтегральними потоками даних в інформаційно-телекомунікаційних мережах систем критичного призначення*. Харків, Україна: Щедра садиба плюс, 2013.
- [5] Г.А. Кучук, та О.П. Давікоза, "Синтез стратифікованої інформаційної структури інтеграційної компоненти гетерогенної складової Єдиної АСУ Збройними Силами України", *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*, № 3 (12), с. 154-158, 2013.
- [6] C. Schramm, A. Bieszczad, and B. Pagurek, "Application-oriented network modeling with mobile agents", in *Proc. of IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium NOM'98*, New Orleans, Louisiana, USA, 1998, pp. 696-700.
doi: 10.1109/NOMS.1998.654474.
- [7] W. Gentsch, "Sun Grid Engine: towards creating a compute power grid", in *Proc. First IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and the Grid*, Brisbane, Australia, 2001, pp. 35-36.
doi: 10.1109/CCGRID.2001.923173.
- [8] R. Subramanyan, J. Miguel-Alonso, and J. Fortes, "A scalable SNMP-based distributed monitoring system for heterogeneous network computing", in *Proc. of the 2000 ACM/IEEE Conference on Supercomputing (SC '00)*, Dallas, TX, USA, 2000, pp. 116-119.
doi: 10.1109/SC.2000.10058.
- [9] R. Al-Ali, A. Hafid, O. Rana, and D. Walker, "An approach for QoS adaptation in service-oriented grids", *Concurrency and Computation: Practice and Experience Journal*, vol. 16, no. 5, pp. 401-412, Mar. 2004
doi: 10.1002/cpe.819.
- [10] C. Dannewitz, D. Kutscher, B. Ohlman, S. Farrell, B. Ahlgren, and H. Karl, "Network of Information (NetInf) – An information-centric networking architecture", *Computer Communications*, vol. 36, iss. 7, pp. 721-735, April 2013.
doi: 10.1016/j.comcom.2013.01.009.
- [11] Е.В. Азаренко, Б.М. Герасимов, и Б.П. Шохин. *Проектирование автоматизированных систем управления на компьютерных сетях*. Севастополь, Украина: Научно-исследовательский центр "Государственный океанариум" Министерства обороны Украины и Национальной академии наук Украины, 2007.

Стаття надійшла до редакції 28 березня 2016 року.

REFERENCE

- [1] S. Agarwal, M. Kodialam, T.V. Lakshman, “Traffic engineering in software defined networks”, INFOCOM, in *Proc. IEEE INFOCOM*, Turin, Italy, 2013, pp. 2211-2219.
doi: 10.1109/INFOCOM.2013.6567024.
- [2] A.K.M. Baki, “Continuous monitoring of smart grid devices through multi protocol label switching”, *IEEE Transactions on Smart Grid*. vol. 5, iss. 3, pp. 1210-1215, May 2014.
doi: 10.1109/TSG.2014.2301723.
- [3] I.V. Loginov, and E.V. Lebedenko, “Optimization of heterogeneous distributed computing system model for planning dataflow processing”, *Information science and control systems*, no. 3 (21), pp. 118-124, 2009.
- [4] H.A. Kuchuk. *Information Technology Management integrated data flow in the information and telecommunication networks of critical purpose*. Kharkiv, Ukraine: Plus generous homestead, 2013.
- [5] H.A. Kuchuk, and O.P. Davikoza, “Synthesis stratified structure of information integration of heterogeneous components component ACS Unified Armed Forces of Ukraine”, *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, no. 3 (12), pp. 154-158, 2013.
- [6] C. Schramm, A. Bieszczad, and B. Pagurek, “Application-oriented network modeling with mobile agents”, in *Proc. of IEEE/IFIP Network Operations and Management Symposium NOM'98*, New Orleans, Louisiana, USA, 1998, pp. 696-700.
doi: 10.1109/NOMS.1998.654474.
- [7] W. Gentzsch, “Sun Grid Engine: towards creating a compute power grid”, in *Proc. First IEEE/ACM International Symposium on Cluster Computing and the Grid*, Brisbane, Australia, 2001, pp. 35-36.
doi: 10.1109/CCGRID.2001.923173.
- [8] R. Subramanyan, J. Miguel-Alonso, and J. Fortes, “A scalable SNMP-based distributed monitoring system for heterogeneous network computing”, in *Proc. of the 2000 ACM/IEEE Conference on Supercomputing (SC '00)*, Dallas, TX, USA, 2000, pp. 116-119.
doi: 10.1109/SC.2000.10058.
- [9] R. Al-Ali, A. Hafid, O. Rana, and D. Walker, “An approach for QoS adaptation in service-oriented grids”, *Concurrency and Computation: Practice and Experience Journal*, vol. 16, no. 5, pp. 401-412, Mar. 2004
doi: 10.1002/cpe.819.
- [10] C. Dannewitz, D. Kutscher, B. Ohlman, S. Farrell, B. Ahlgren, and H. Karl, “Network of Information (NetInf) – An information-centric networking architecture”, *Computer Communications*, vol. 36, iss. 7, pp. 721-735, April 2013.
doi: 10.1016/j.comcom.2013.01.009.
- [11] E.V. Azarenko, B.M. Gerasimov, and B.P. Shokhin. *Design of automated control systems of computer networks*. Sevastopol, Ukraine: Research Center “State Oceanarium” Ministry of Defence of Ukraine and the National Academy of Sciences of Ukraine, 2007.

ИГОРЬ СУБАЧ,
АЛЕКСАНДР ЧАУЗОВ,
НИНА КУЧУК

МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО РЕСУРСА В АСУ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В данной статье рассматриваются принципы построения математических моделей, позволяющие оптимально распределить информационный ресурс системы в соответствии с выбранным критерием. Проведен анализ особенностей планирования распределения информационного ресурса в АСУ специального назначения. На основе проведенного анализа сформулирована задача разработки модели, основанной на соответствующей структуре системы планирования, учитывающей ограничения, специфические для рассматриваемых АСУ. Разработаны два варианта математической модели распределения информационных

блоков по распределенным узлам базовой информационно-телекоммуникационной сети АСУ специального назначения. Особенности АСУ специального назначения учитываются в разработанных моделях с помощью введенной функции полезности. При моделировании процессов, происходящих в соответствующих информационных подсистемах, используется многоуровневая система обработки и хранения данных. Для этого при проектировании системы или ее модернизации создается модель иерархического выделения информационного ресурса, которая может рассматриваться достаточно автономно и независимо от взаимодействия с внешними абонентами. Каждый следующий уровень модели иерархического выделения информационного ресурса характеризуется увеличением времени доступа к информации и снижением стоимости хранения единицы данных.

Ключевые слова: информационный ресурс, математическая модель, информационно-телекоммуникационная сеть, автоматизированная система управления, распределенные данные.

ІГОР СУБАЧ,
ОЛЕКСАНДР ЧАУЗОВ,
НІНА КУЧУК,

DISTRIBUTION MODELS OF INFORMATION RESOURCES IN ACS SPECIAL PURPOSE

In article are considered the principles of creation of mathematical models allowing to distribute optimum information resource of system according to the chosen criterion. The analysis of features planning for distribution an information resource is carried out to ACS of a special purpose. On the basis of the carried out analysis the task of development the model based on the relevant structure of the schedule system considering restrictions specific for considered by ACS is formulated. Two options of mathematical distribution model of information blocks on the distributed knots of the ACS basic information and telecommunication network for a special purpose are developed. ACS Special Features recorded in the developed model by introducing a utility function. The developed models are oriented on dynamic planning of distribution of an information resource. Dynamics of processes is discrete and depends on state change. This feature is especially urgent for execution of the transactions requiring a real time mode. It is supposed that the basic operating system has heterogeneous Hardware and software. In case of simulation of the processes happening in the appropriate information subsystems the multilayer system of processing and data storage is used. For this purpose in case of a system design or its upgrade the model of hierarchical separation of an information resource which can be considered rather independently and irrespective of interaction with external subscribers is created. Each following level of model hierarchical separation for information resource is characterized by increase in time for information access and reduction in cost to storage unit of data.

Keywords: information resource, mathematical model, information and telecommunications network, automatic control system, distributed data.

Ігор Юрійович Субач, доктор технічних наук, доцент, начальник кафедри комп'ютерних інформаційних технологій, Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації, Київ, Україна.

E-mail: igor_subach@ukr.net.

Олександр Миколайович Чаузов, здобувач, Державний заклад "Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут", Київ, Україна.

Ніна Георгіївна Кучук, кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків, Україна.

E-mail: kuchuk56@ukr.net

Игорь Юрьевич Субач, доктор технических наук, доцент, начальник кафедры компьютерных информационных технологий, Военного института телекоммуникаций и информатизации, Киев, Украина.

Александр Николаевич Чаузов, соискатель, Государственное учреждение “Институт специальной связи и защиты информации Национального технического университета Украины “Киевский политехнический институт”, Киев, Украина.

Нина Георгиевна Кучук, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры охраны труда и безопасности жизнедеятельности, Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, Харьков, Украина.

Ihor Subach, doctor of technical science, assistant professor, head of computer information technologies academic department, Military institute of telecommunications and information, Kyiv, Ukraine.

Oleksandr Chauzov, postgraduate student, State institution “Institute of special communication and information protection of National technical university of Ukraine “Kyiv polytechnic institute”, Kyiv, Ukraine.

Nina Kuchuk, candidate of pedagogic sciences, assistant professor, assistant professor of health and safety of life academic department, V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine.

УДК 004.052

СЕРГІЙ ГНАТЮК,
ЛЕВ САКОВИЧ,
ЄВГЕН РИЖОВ

КІЛЬКІСНА ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ПРОГРАМНО-КЕРОВАНИХ ЗАСОБІВ ЗВ'ЯЗКУ

В статті запропонована методика оцінки і прогнозування значень показників надійності програмно-керованих засобів зв'язку для забезпечення ефективного функціонування системи зв'язку в реальних умовах її експлуатації. Вона полягає в дослідженні впливу якості програмних засобів на стійкість системи зв'язку для отримання і використання результатів досліджень в методиках кількісної оцінки показників надійності програмних засобів, апаратних засобів та системи в цілому, які можуть бути практично реалізовані. Отримані результати дозволяють: підвищити об'єктивність оцінки значень показників надійності програмних та апаратних засобів за рахунок зменшення середньоквадратичного відхилення результатів моделювання від статистичних даних про відмови; кількісно оцінювати надійність програмно-керованих засобів зв'язку з врахуванням наявності помилок в програмних засобах.

Ключові слова: надійність, кількісна оцінка надійності, програмно-керовані засоби зв'язку, математичні моделі надійності програмних засобів, помилка в програмному засобі.

Постановка проблеми. Система зв'язку (СЗ) України розвивається у напрямку підвищення значень показників її якості, що викликає відповідне ускладнення техніки зв'язку. СЗ удосконалюється впровадженням цифрової обробки сигналів між абонентами (окремими пристроями або обчислювальними центрами) і використанням програмно-керованих засобів зв'язку (ПКЗЗ). Кількість програмних засобів (ПЗ), які використовуються, неперервно зростає, розробляються та впроваджуються нові програмні продукти, спрямовані на забезпечення захищеності інформації, що передається. Однак оцінка показників надійності СЗ здійснюється тільки із врахуванням можливих відмов апаратних засобів (АЗ), хоча помилки нового ПЗ в початковий період його впровадження здійснюють істотний вплив на збої та перерви обміну інформацією.

© С. Гнатюк, Л. Сакович, Є. Рижов