

Ю.І. Лосєв¹, М.Ю. Лосєв²¹ Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Харків² Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця, Харків

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗБОРУ ІНФОРМАЦІЇ В РОЗПОДІЛЕНИХ ІЄРАРХІЧНИХ МЕРЕЖАХ

В роботі розглядаються можливість і підвищення ефективності управління комп'ютерною мережею шляхом моделювання процесу інформаційного забезпечення розподілених та ієрархічних систем з одним або декількома керуючими центрами. Виконується порівняльний аналіз варіантів обміну інформацією за ініціативою керуючих центрів, за ініціативою керованих центрів та при періодичному способі передачі даних. При виборі метода інформаційного забезпечення керуючого центру враховуються час збору інформації і необхідні ресурси мережі.

Ключові слова: комп'ютерна мережа, ресурси мережі, інформаційне забезпечення, керуючий центр, протокол передачі даних, час збору інформації.

Вступ

Продуктивність комп'ютерних мереж багато в чому залежить від ефективності реалізації функцій системи мережевого управління. Для цього необхідні системи динамічного управління надійністю і живучістю, системи адміністрування і контролю, а також системи технічної діагностики. Сучасні інформаційні мережі мають такі особливості:

обсяги переданої і оброблюваної інформації в різних мережах досягають величезних розмірів, інформація неоднорідна за своїм змістом і фізичною природою;

надзвичайно складна топологічна, технічна і програмна структура [1], що суттєво ускладнює процес управління мережею;

службова інформація про стан об'єкта управління може бути неповною, завжди запізнюватись і відображає минулий стан процесу обміну даними, рішення по управлінню мережею приймається в умовах невизначеності про стан її елементів;

умови роботи мережі швидко змінюються в часі, при цьому виникають швидкі випадкові зміни інтенсивності і напрямків інформаційних потоків, що входять в мережу, випадковий вплив помилок в каналах зв'язку на передану цифрову інформацію, випадкові зміни топологічної структури мережі внаслідок виходу з ладу вузлів комутації або каналів зв'язку та їх подальшого відновлення. Таким чином, управління процесом інформаційного забезпечення комп'ютерних мереж передбачає вирішення сукупності дуже складних і актуальних завдань з метою підвищення ефективності обміну даними.

Комп'ютерну мережу можна розглядати як сукупність розосереджених ресурсів [2–6]. Необхідність ефективного розподілу цих ресурсів з метою їх найкращого використання для задоволення вимог

абонентів визначила створення системи динамічного управління мережею. Функціонування цієї системи ґрунтується на застосуванні великого арсеналу методів динамічного управління [7–10]. Ці методи у вигляді відповідних алгоритмів реалізовані в протоколах взаємодій компонентів мережі [11–12]. Аналіз методів динамічного управління і реалізованих на їх основі алгоритмів свідчить про те, що при змінах якогось окремого протоколу є обмеження, яке доцільно лише в певних умовах. У зв'язку з цим виникає необхідність у виборі потрібного протоколу управління в умовах сформованої в мережі ситуації. Крім того, часто більш відповідним рішенням є не використання іншого алгоритму, а правильний вибір значень параметрів протоколу.

Наявна невизначеність щодо стану елементів мережі суттєво ускладнює здійснення правильного вибору варіанту рішення про розподіл мережевих ресурсів. Крім того, складність завдання розподілу ресурсів полягає в тому, що використання одних ресурсів може суттєво вплинути на ефективність використання інших. Таким чином, ефективність комп'ютерних мереж багато в чому залежить від ефективності вирішення завдань управління мережевими ресурсами в різних умовах їх функціонування. Цікавим є розробка узагальненої моделі технології централізованого методу управління інформаційними процесами в комп'ютерних мережах. При застосуванні централізованого управління можливе використання одного керуючого центру або розподіленої ієрархічної системи з декількома такими центрами. Для будь-якої з перерахованих стратегій один об'єкт керує багатьма об'єктами. Однак в цьому випадку виникає ряд особливостей. Такими особливостями є можливість послідовного або паралельного управління об'єктами, інформаційного забезпечення процесу управління, контролю результа-

тів цього управління та усунення виявлених помилок. Ці методи управління визначаються організацією розподілу мережевих ресурсів.

Метою роботи є підвищення ефективності управління комп'ютерною мережею шляхом моделювання процесу інформаційного забезпечення розподілених та ієрархічних систем з одним або декількома керуючими центрами.

Виклад основного матеріалу

Першим етапом управління є його інформаційне забезпечення. Для зменшення часу збору інформації про стан елементів мережі цей процес бажано виконувати паралельно за всіма керованим об'єктами. Загальний час збору інформації буде визначатися інтервалом часу отримання даних від найбільш віддаленого об'єкта. Збір інформації про стан мережі може здійснюватися як за ініціативою центру Комутації, на якому вирішується завдання управління мережею, так і періодично за встановленим графіком і з ініціативи всіх вузлів, зміна стану яких може вплинути на ефективність функціонування мережі. У першому випадку збір інформації здійснюється за спеціальним запитом центру управління. В інших випадках запит не передається, і інформація видається з ініціативи вузлів комутації. При цьому інформація про зміну стану вузла комутації повинна передаватися в момент виявлення цього факту. При періодичній передачі такої інформації може бути затримка у видачі оновлених даних на час, який дорівнює половині періоду видачі інформації [1].

Збір інформації за запитом здійснюється шляхом передачі на необхідний вузол пакету виклику $f_{вик}(z)$. З цього пакету контрольований вузол посилає у відповідь пакет $f_{від}(z)$, що включає крім адреси центру управління всю необхідну для оцінки стану вузла інформацію. Оскільки ця інформація є найбільш важливою, її отримання має бути підтверджено квитанцією. При передачі викликаючого пакета він може бути втрачений (функція $f_{вик}^{emp}(z)$), прийнятий з спотворенням адреси викликаючого абонента або абонента, що викликається (функції відповідно $f_{вик}^{A_1}(z)$ і $f_{вик}^{A_2}(z)$), прийнятий правильно (функції $f_{вик}^{np}(z)$) і пізнаний з ймовірністю P_n . Пакет може бути прийнятий, якщо абонент був вільний (ймовірність $P_{св}$). Якщо викличний пакет втрачено або прийнятий з спотворенням адреси викликаючого абонента або абонента, що викликається, то квитанції на цей пакет не буде, і він буде повторений через інтервал часу $T_{ТА}$. Якщо абонент був зайнятий або викличний пакет не був пізнаний (ймовірність $P_{ен}$), то виклик буде повторений через

інтервал часу $T_{ТА}$. При прийомі визивного пакета іншим абонентом (спотворена адреса абонента A_1) за умови, що він вільний, буде посланий відповідний пакет. При вірному прийомі такого пакета за рахунок з'ясування помилки мережі буде завдано збитків, вимірюваних інтервалом часу ΔT , і пакет, що викликається, буде втрачено. При правильному прийомі пакета виклику (функція $f_{вик}^{np}(z)$) буде видано відповідний пакет, який може бути прийнятий правильно (функція $f_{від}^{np}(z)$), втрачений (функція $f_{від}^{emp}(z)$), прийнятий з спотворенням адреси абонента (функція $f_{від}^{A_2}(z)$), виявленою помилкою (функція $f_{від}^{en}(z)$), з спотворенням інформаційного поля (функція $f_{від}^{nom}(z)$), застарілими даними (функція $f_{від}^{cm}(z)$) або неповними даними (функція $f_{від}^{fn}(z)$).

У разі прийому пакетів виклику і відповіді вільного абонента (ймовірність P_g) проводиться рішення завдання управління. При втраті пакета відповіді (функція $f_{від}^{emp}(z)$), виникненні виявленої помилки (функція $f_{від}^{en}(z)$) і спотворенні адреси (функція $f_{від}^{A_2}(z)$) через інтервал часу $T_{ТА}$ буде вдруге переданий пакет виклику.

При передачі інформації про стан мережі з ініціативи керуючого вузла комутації викликаючий пакет не видається. Далі процес збору інформації про стан мережі здійснюється аналогічно.

Позначимо ймовірності застосування варіантів збору інформації за пакетом виклику, за зміною стану вузла і періодично за графіком часу відповідно P_1 , P_2 і P_3 , де ці ймовірності можуть набувати значень 1 або 0. Тоді узагальнений ймовірнісно-часовий граф, що характеризує процес збору інформації для трьох зазначених варіантів, матиме вигляд, представлений на рис. 1. На цьому графі додатково позначено ΔT_u час очікування видачі даних про стан мережі при їх періодичному передаванні. Граф, зображений на рис. 1, шляхом еквівалентних перетворень приведений до виду, представленому на рис. 2. На рис. 2 введені наступні позначення:

$$\begin{aligned} f_1(z) &= f_{вик}^{np} \cdot \left[(1 - P_n) + P_n \cdot (1 - P_g) + f_{вик}^{A_1} \cdot (1 - P_n) \right] + \\ &+ f_{вик}^{emp} + f_{вик}^{A_2}; \quad f_2(z) = f_{вик}^{A_1} \cdot P_n; \\ f_4(z) &= (1 - P_{св}) \cdot z^{T_{ТА}} + P_{св} \cdot f_{від}^{emp} \cdot z^{T_{ТА}} + P_{св} \cdot f_{від}^{A_1} \cdot z^{T_{ТА}}; \\ f_3(z) &= z^{T_{ТА}}; \quad f_5(z) = P_{emp} \cdot z^{T_{ТА}}, \end{aligned}$$

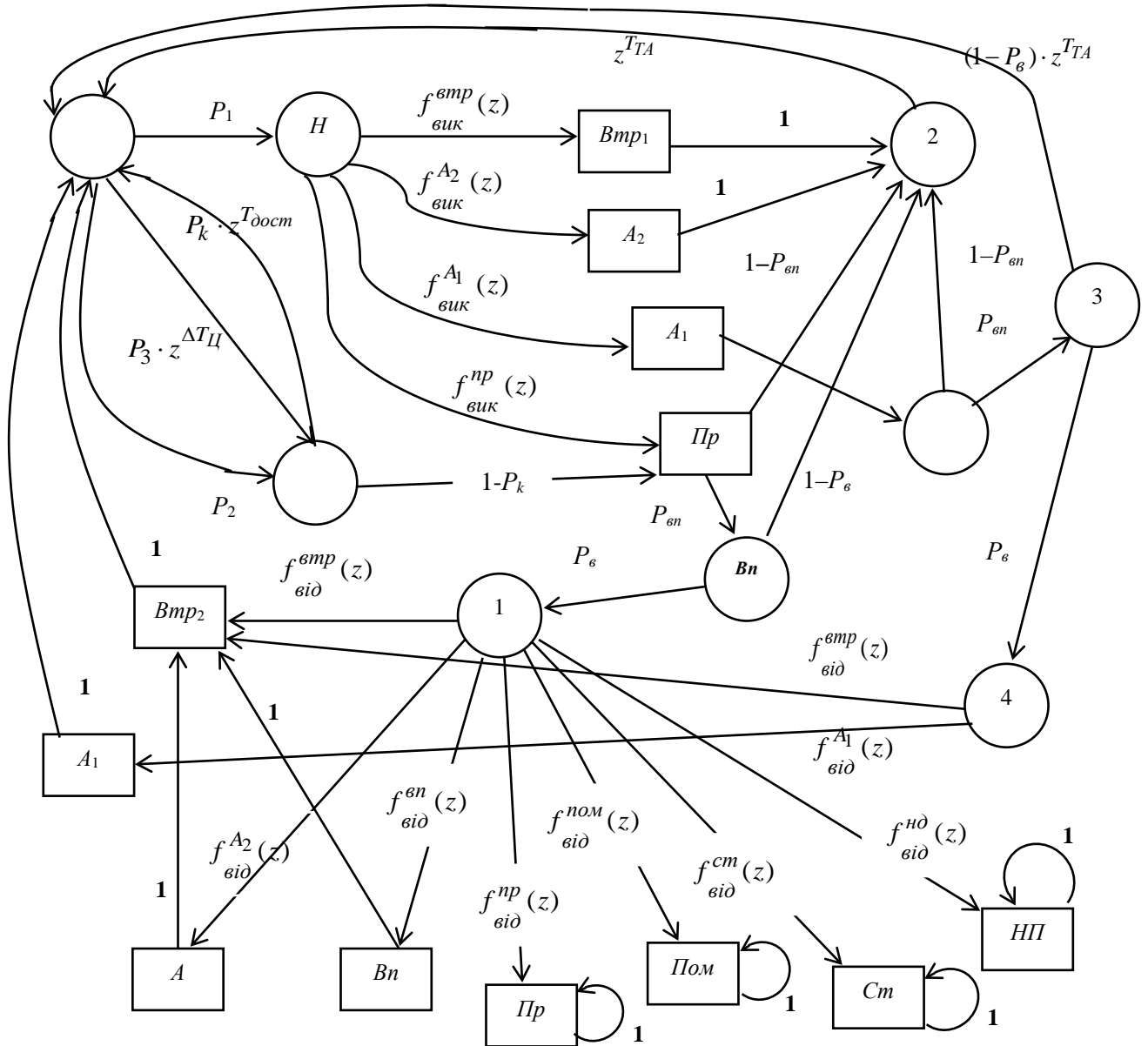


Рис. 1. Ймовірно-часовий граф процесу збору інформації

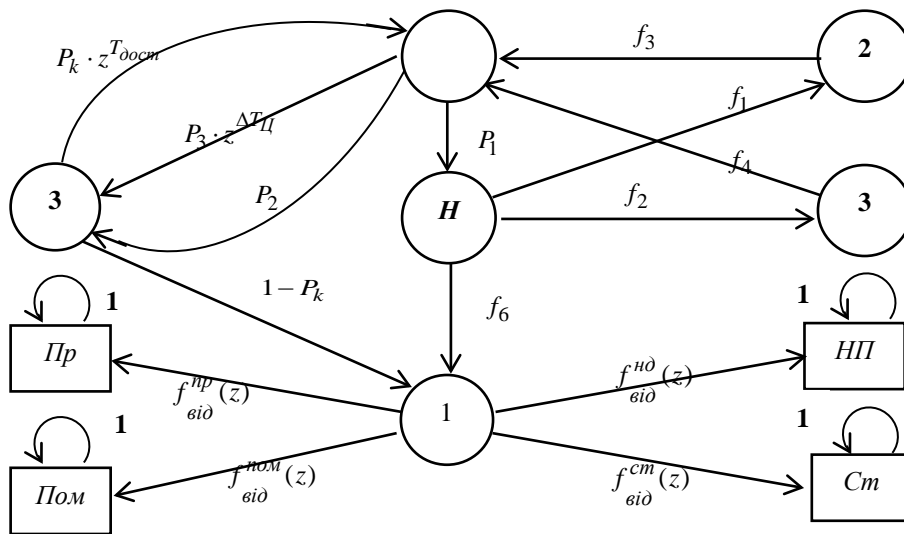


Рис. 2. Перетворений ймовірно-часовий граф

$$\begin{aligned} \text{де } P_{emp} &= f_{eid}^{emp} + f_{eid}^{A_2} + f_{eid}^{en}; \\ f_6(z) &= f_{euk}^{np} \cdot f_n \cdot f_{ce}; \\ f_{eid}^{np}(z) &= f_{eid}^{np} \cdot (1 - P_{cm} - P_{nn} - P_{emp} - P_{но}) \cdot z^{T_{доцм}}; \\ f_{eid}^{ном}(z) &= f_{eid}^{ном} \times P_{но} \times z^{T_{доцм}}. \end{aligned} \quad (1)$$

Граф, зображений на рис. 2, шляхом еквівалентних перетворень приведений до виду, представленому на рис. 3.

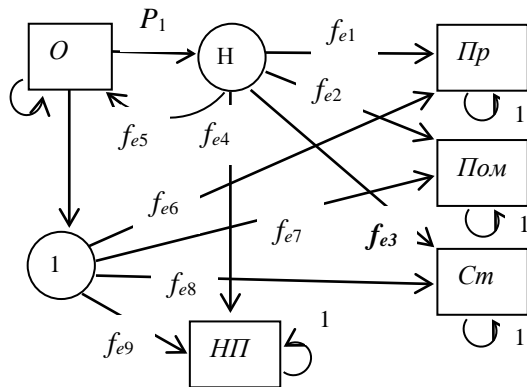


Рис. 3. Перетворений ймовірно-часовий граф

На рис. 3 введено такі позначення:

$$\begin{aligned} f_{e1} &= f_6 \cdot f_{eid}^{np}(z); \quad f_{e2} = f_6 \cdot f_{eid}^{ном}(z); \\ f_{e3} &= f_6 \cdot f_{eid}^{cm}(z); \quad f_{e4} = f_6 \cdot f_{eid}^{hn}(z); \\ f_{e5} &= f_1 \cdot f_3 + f_6 \cdot f_5 + f_2 \cdot f_4; \\ f_{e6} &= (1 - P_k) \cdot (P_2 + P_3 \cdot z^{\Delta T_u}) \cdot f_{eid}^{np}; \\ f_{e7} &= (1 - P_k) \cdot (P_2 + P_3 \cdot z^{\Delta T_u}) \cdot f_{eid}^{ном}(z); \\ f_{e8} &= (1 - P_k) \cdot (P_2 + P_3 \cdot z^{\Delta T_u}) \cdot f_{eid}^{cm}(z); \\ f_{e9} &= (1 - P_k) \cdot (P_2 + P_3 \cdot z^{\Delta T_u}) \cdot f_{eid}^{hn}(z). \end{aligned} \quad (2)$$

Наведений на рис. 3 граф наведемо до виду (рис. 4).

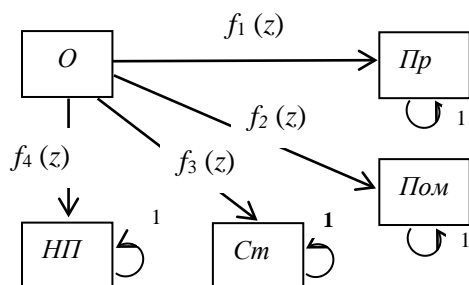


Рис. 4. Перетворений ймовірно-часовий граф

Функції дуг етапу збору інформації визначаються за формулами:

$$\begin{aligned} f_1(z) &= \left[\frac{P_1 \cdot f_{e1}}{1 - f_{e5}} + \frac{f_{e6}}{1 - f_{e5} \cdot P_1} \right] \cdot \frac{1}{1 - (P_2 + P_3 \cdot z^{\Delta T}) \cdot z^{T_{доцм}}}; \\ f_2(z) &= \left[\frac{P_1 \cdot f_{e2}}{1 - f_{e5}} + \frac{f_{e7}}{1 - f_{e5} \cdot P_1} \right] \cdot \frac{1}{1 - (P_2 + P_3 \cdot z^{\Delta T}) \cdot z^{T_{доцм}}}; \\ f_3(z) &= \left[\frac{P_1 \cdot f_{e3}}{1 - f_{e5}} + \frac{f_{e8}}{1 - f_{e5} \cdot P_1} \right] \cdot \frac{1}{1 - (P_2 + P_3 \cdot z^{\Delta T}) \cdot z^{T_{доцм}}}; \\ f_4(z) &= \left[\frac{P_1 \cdot f_{e4}}{1 - f_{e5}} + \frac{f_{e9}}{1 - f_{e5} \cdot P_1} \right] \cdot \frac{1}{1 - (P_2 + P_3 \cdot z^{\Delta T}) \cdot z^{T_{доцм}}}. \end{aligned}$$

Виробляюча функція такого графа має вигляд:

$$F(z) = f_1(z) + f_2(z) + f_3(z) + f_4(z). \quad (3)$$

Середній час збору інформації про стан мережі визначається за формулою [1]:

$$T_{срб} = \frac{dF(z)}{dz} \Big|_{z=1}. \quad (4)$$

Імовірність правильного збору, збору з помилкою, застарілої та неповною інформацією відповідно дорівнюють:

$$\begin{aligned} P_{сбпр} &= f_1(z) \Big|_{z=1}; \quad P_{сбпом} = f_2(z) \Big|_{z=1}; \\ P_{сбст} &= f_3(z) \Big|_{z=1}; \quad P_{сбнп} = f_4(z) \Big|_{z=1}. \end{aligned}$$

Вирази (2–4) і вхідні дані представляють модель технології збору інформації про стан мережі при вирішенні завдань управління. У цій моделі в залежності від значень P_1 , P_2 і P_3 , які можуть бути рівні 1 або 0, реалізовані методи збору інформації за запитом, по зміні стану елементів або періодично.

При мультиоб'єктному управлінні пакет виклику передається за принципом “один – багатьом”. Особливістю методу мультимаршрутної передачі є те, що підлеглим вузлам комутації одночасно передається одне і те ж повідомлення. Прийняті повідомлення користувачі використовують для одночасного вирішення різних завдань. Довжина переданого повідомлення повинна бути такою, щоб забезпечити мінімальний час доставки. Пакети відповіді при мультиоб'єктному управлінні передаються за принципом “багато – одному”. Особливостями методу передачі типу “багато – одному” є те, що повідомлення від M джерел передається по M каналам одному користувачеві. Передані повідомлення різні, час видачі їх в канал, як правило, не синхронізовано. За отриманими повідомленнями користувач здійснює одночасну паралельну обробку або використовує їх для вирішення однієї конкретної задачі управління.

З описаних особливостей двох способів інформаційного обміну видно, що у них багато спільного, а відміння їх тільки процес використання напівчинних результатів. Тому і математичні моделі для цих методів практично ідентичні, але з деякими особливостями.

Як показано раніше, модель структури мережі представляється у вигляді неорієнтованого графа. Будемо вважати, що мережа включає безліч вузлів

комутації N , з'єднаних дугами. Кожна дуга характеризується довжиною l_{ij} і пропускною спроможністю C_{ij} . Всі ці дані наводяться в матрицях довжин h і пропускних спроможностей C .

Вузел характеризується ємністю W_j буферного запом'ятовуючого пристрою (БЗУ), інтенсивністю обслуговування заявок μ_j , інтенсивністю надходження заявок λ_j і надійністю Kr_j (коефіцієнт готовності).

Потік повідомлень передається по декільком (M) маршрутам M користувачам ("один – багатьом") або одному користувачеві ("багато – одному").

Кожне повідомлення проходить своїм маршрутом, який вирізняється від інших характеристиками застосовуваних каналів і числом транзитних вузлів. На α -му маршруті є β_α ділянок мережі. У відповідності до зазначених раніше, завдання розподілу і управління трафіком вирішується з урахуванням наступних показників:

T_d – час доставки повідомлення;

$P(T_d \leq T_{доп})$ – ймовірність доставки за заданий час;

$K_{вик} = C_{авик}/C_\alpha$ – ефективність використання ресурсів каналів, де $C_{авик}$ – швидкість видачі даних по каналу α ;

забезпечення рівності інтенсивності $\lambda_{вихj}$ вихідного потоку і інтенсивності потоку $\lambda_{\Sigma вхj}$ на вході вузла при обмеженні $P_{помд} \geq P_{пом}$, де $P_{помд}$ – допустима ймовірність помилки при доставці повідомлення.

У процесі управління необхідно забезпечити мінімальний час доставки і максимальну ймовірність доставки за заданий час, максимальне значення коефіцієнта використання ресурсів мережі і $\lambda_{вихj} = \lambda_{\Sigma вхj}$.

Внаслідок можливого переповнення буферного пристрою, що запам'ятовує, частина повідомлень на вузлі комутації може бути втрачена (інтенсивність $\lambda_{втрj}$). Тоді інтенсивність вихідного потоку вузла буде визначатися виразом

$$\lambda_{вихj} = \lambda_{\Sigma j} - \lambda_{втрj}.$$

При багатоколінійній передачі кожне повідомлення має мати свій заголовок. Надмірність за рахунок цих заголовків позначимо

$$r_3 = 1 + \frac{k_{заг}}{n},$$

де $k_{заг}$ – довжина заголовка; n – довжина повідомлення.

Час передачі пакета по обраному шляху $\tau_{пера}$ включає час передачі по ділянках тракту $T_{пера}$, час затримки на вузлі комутації $T_{задаi}$ і час поширення сигналу T_{nai} . Так як тракт містить β ділянок, отримаємо

$$\tau_{пера} = T_{пера} \cdot r_3 + \sum_{i=1}^{\beta-1} T_{задаi} + \sum_{i=1}^{\beta} T_{nai}. \quad (5)$$

Час передачі $T_{пера}$ визначається тривалістю повідомлення (n) і швидкістю модуляції в каналі (швидкістю передачі даних по каналу B_α), тобто

$$T_{пера}^T = \frac{n}{B_\alpha}.$$

Час поширення сигналу визначається дальністю між вузлами і швидкістю поширення сигналу.

Комп'ютерна мережа являє систему масового обслуговування. Відповідно до цієї теорії, час затримки на вузлах комутації залежить від прийнятого закону надходження потоку заявок. Часто припускають, що потік стаціонарний і підкоряється закону Пуассона. В цьому випадку час затримки на вузлі визначається по формулі

$$T_{заdj} = \frac{\rho_j}{\mu_j - \lambda_j} = \frac{\rho_j}{\mu_j \cdot (1 - \rho_j)}, \text{ де } \rho_j = \frac{\lambda_j}{\mu_j}.$$

Ймовірність втрати пакета на j -му вузлі комутації за рахунок переповнення БЗУ при простому потоці визначається за формулою:

$$P_{втрj} = \frac{1 - \rho_j}{1 - \rho_j^{W_j+1}} \rho_j^{W_j}. \quad (6)$$

В процесі передачі окремі фрагменти і повідомлення в цілому можуть бути втрачені за рахунок переповнення БЗУ транзитних вузлів комутації. Отже, ймовірність втрати по всьому маршруту дорівнює

$$P_{втр\alpha} = 1 - \prod_{i=1}^{\beta} (1 - P_{втрpi}). \quad (7)$$

Час доставки повідомлення M користувачам дорівнюватиме максимальному часу передачі одного повідомлення по маршруту α :

$$T_{дост} = \max(\tau_{пера}).$$

В результаті функції дуг при передачі пакета виклику матимуть вигляд:

$$f_{вик}^{втр} (z) = P_{втр\alpha} \cdot z^{T_{дост}}; f_{вик}^{np} (z) = P_{np} \cdot z^{T_{дост}};$$

$$f_{вик}^{A_1} (z) = f_{вик}^{A_2} (z) = P_{номA} = 1 - (1 - p)^{n_A};$$

$$P_{np} = (1 - p)^n; P_{номA} = 1 - (1 - p)^{n_A},$$

де n_A – довжина поля адреси; p – ймовірність спотворення одного біта.

Пакети відповіді при мультимаршрутному управлінні передаються за принципом "багато – одному". Тому на центрі управління в процесі прийому цих пакетів можуть виникати перевантаження, що приводять до конфліктів між прийнятими пакетами відповіді. При виявленні таких конфліктів пакети у відповідь повторюються. Можна вважати, що пакети, що надходять у відповідь, підкоряються за-

кону Пуассона. У цьому випадку ймовірність виникнення конфлікту визначається за формулою

$$P_k = 1 - e^{-2\rho_1},$$

де ρ_1 – коефіцієнт завантаження каналу,

$$\rho_1 = \sum_{i=1}^N \lambda_i \cdot T_{\text{від}} + \sum_{i=1}^N \lambda_{n_i} \cdot T_{\text{від}_i}; \quad (8)$$

λ_n – відповідно інтенсивності переданих і повторюваних пакетів; N – число вузлів комутації, що передають пакети відповіді.

Ефективність методу передачі визначається відносним числом пакетів відповіді, доставлених з першої спроби, дорівнює

$$\rho = \rho_1 \cdot e^{-2\rho_1},$$

в цьому випадку $\rho_{\text{max}} = 0,18$.

На графі рис. 1 можливість виникнення і розрешення конфлікту враховується функцією

$$f_k(z) = \frac{(1 - P_k)}{1 - P_k \cdot z^{T_{TA}}} (1 - P_1).$$

При отриманні пакетів відповіді повідомлення буде використано тільки після його підготовки до одночасного вирішення завдань управління. Позначимо час підготовки даних для вирішення завдань управління τ_n . В результаті час доставки повідомлень буде визначатися за виразом

$$T_d = \max_{\alpha} \left\{ T_{\text{непр}} \cdot r_3 + \sum_{i=1}^{\beta-1} T_{\text{задоп}} + \sum_{i=1}^{\beta} T_{P_{\alpha i}} \right\} + \tau_{II}.$$

Таким чином, функції дуг при передачі відповідного пакета матимуть вигляд

$$P_{\text{но}}(z) = \left[1 - (1 - p)^n \right] \cdot \frac{1}{2^{K_{\text{сл}}}};$$

$$P_{\text{ен}}(z) = \left[1 - (1 - p)^n \right] \cdot \left(1 - \frac{1}{2^{K_{\text{сл}}}} \right); \quad (9)$$

$$f_{\text{від}}^{\text{emp}} = P_{\text{emp}} \cdot z^{T_d}; \quad f_{\text{від}}^A = P_{\text{ном}_A} \cdot z^{T_d};$$

$$f_{\text{від}}^{\text{np}} = (1 - p)^n \cdot z^{T_d}; \quad f_{\text{від}}^{\text{ном}} = P_{\text{но}} \cdot z^{T_d};$$

$$f_{\text{від}}^{\text{en}} = P_{\text{ен}} \cdot z^{T_d}; \quad f_{\text{від}}^{\text{cm}} = f_{\text{від}}^{\text{nn}} = (1 - p)^n \cdot z^{T_d}.$$

Для проведення порівняльного аналізу варіантів інформаційного забезпечення за отриманими вище співвідношеннями побудовані графіки залежності відносного середнього часу збору інформації від стану каналу зв'язку (ймовірності спотворення одного біта, ймовірності вільності абонентів і ймовірності можливого конфлікту).

На рис. 5 зображено залежність відносного часу збору інформації від ймовірності помилок в каналі для трьох варіантів інформаційного забезпечення, побудовані за виразами (2–4) відповідно ймовірності вільності абонента $P_B = 0,8$.

З цих графіків видно, що час збору інформації істотно зростає при ймовірності $P > 10^{-4}$ при використанні будь-якого з аналізованих варіантів. Час

збору інформації за запитом більш ніж в два рази перевищує аналогічну характеристику при використанні інших варіантів. При $P > 10^{-3}$ час збору інформації для 2-го і 3-го варіантів практично рівні. Аналогічна залежність часу збору інформації від ймовірності розпізнавання службових пакетів (P_n). Оскільки в мережі службових пакетів багато, необхідно передбачити заходи щодо їх розпізнавання з ймовірністю не гірше 0.9.

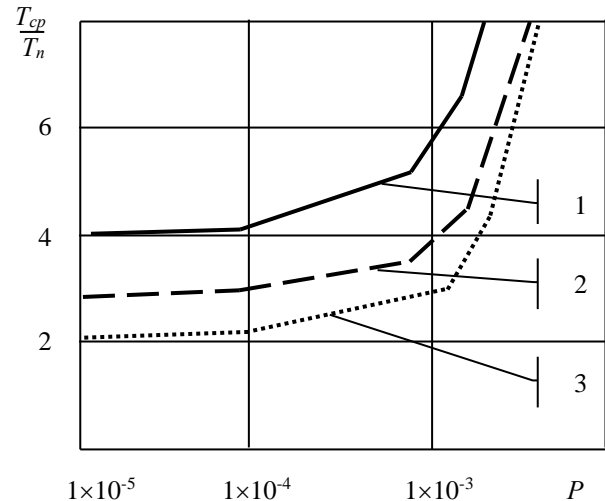


Рис. 5. Залежність $T_{cp}/T_n = f(p)$
1 – з ініціативи керуючого центру; 2 – з ініціативи керованих центрів; 3 – періодична передача даних

На час збору істотно впливає ймовірність виникнення конфлікту при зборі інформації (P_k), яка залежить від навантаження мережі. Як видно з рис. 6, час інформаційного забезпечення для 2-го і 3-го варіантів починає швидко зростати і перевершує такі ж характеристики для 1-го варіанта.

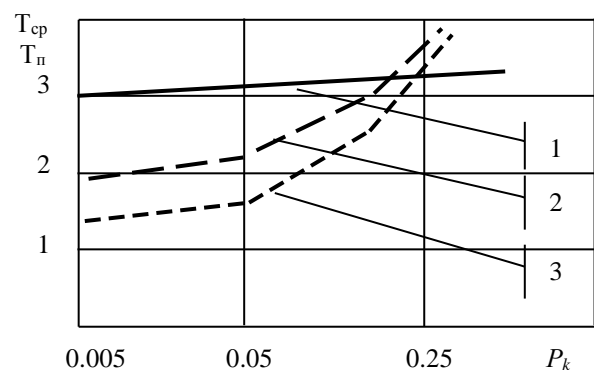


Рис. 6. Залежність $T_{cp}/T_n = f(P_k)$ при $p = 10^{-3}$
1 – з ініціативи керуючого центру; 2 – з ініціативи керованих центрів; 3 – періодична передача даних

Висновки

Використовуючи розроблену модель і отримані математичні співвідношення, можна обґрунтовано проводити вибір варіанта інформаційного забезпечення. При виборі методу інформаційного забезпе-

чення слід враховувати не тільки час збору інформації, але і необхідні при цьому ресурси мережі. Ресурси мережі витрачаються тільки під час інформаційного обміну між керуючим і керованими центрами. При використанні першого варіанту збору даних необхідність обміну інформацією виникає з ініціативи керуючого центру, а для другого варіанту – з ініціативи керованих центрів. Третій варіант передбачає періодичну передачу оновлених даних. Оскільки необхідність вносити корективи в процесі управління мережею в звичайних умовах експлуатації не дуже велика, слід вважати, що ресу-

рси мережі, які витрачаються при зборі інформації про її стан для третього варіанту, будуть більше, ніж для першого і другого варіантів. При використанні другого варіанту інформаційного забезпечення необхідні ресурси мережі, а також час збору інформації, дещо менше, ніж у першого. Однак необхідність використання першого варіанта визначається керуючим центром. Тому для інформаційного забезпечення необхідно передбачити можливість збору інформації як за запитом, так і при зміні стану елементів мережі.

Список літератури

1. Лосев Ю.И. Автоматизация в сетях с коммутацией пакетов / Ю.И. Лосев, Ф.К. Яковец. – Київ: Техніка, 1994. – 212 с.
2. Лосев Ю.И. Методы и модели обмена информацией в распределенных адаптивных вычислительных сетях с временной параметризацией параллельных процессов: монография / Ю.И. Лосев, С.И. Шматков, К.М. Руккас. – Харьков: ХНУ им. В.Н.Каразина, 2011. – 204 с.
3. Mechanism of Multiprotocol Label Switching for Forwarding Packets & Performance in Virtual Private Network / K.N. Qureshi, A.H. Abdullah, A.N. Hassan, D.K. Sheet, R.W. // Anwar Middle-East Journal of Scientific Research. – 2014. – Vol. 20. – No. 12. – P. 2117-2127.
4. Minimum Information Exchange in Distributed Systems / F. Solowjow, A. Mehrjou, B. Schölkopf, S. Trimpe // 57th IEEE Conference on Decision and Control (CDC). – [Electronic resource]. – 2018. – Access mode: <https://arxiv.org/abs/1805.09714>.
5. Інформаційні технології: сучасний стан та перспективи: монографія / за заг. ред. В.С. Пономаренка. – Харків: ТОВ “ДІСА ПЛЮС”, 2018. – С. 102-118.
6. A Survey on Communication Protocols for Wireless Sensor Networks / I. Jang, D. Pyeon, S. Kim, H. Yoon // Journal of Computing Science and Engineering. – 2013. – Vol. 7. – No. 4. – P. 231-241.
7. Ahlawat M. Different Communication Protocols for Wireless Sensor Networks: A Review / M. Ahlawat, A. Mitta // International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering. – 2015. – Vol. 4. – Issue 3. – P. 213-216.
8. Закиров З.З. Методика определения эквивалентной вероятности ошибки, среднего значения и дисперсии времени при передаче кодовой комбинации в системах с обратной связью / З.З. Закиров // Системи обробки інформації. – 2010. – Вип. 1(82). – С. 34-36.
9. Модель технологии информационного обеспечения решения задач управления / С.И. Шматков, Ю.И. Лосев, К.М. Руккас, М. Саламе, А. Арабиат // Научные ведомости БГУ. Серия: Экономика. Информатика. – Белгород: БГУ, 2013. – Вып. 28/1.– № 22. – С. 34-42.
10. Управління ресурсами адаптивної комп’ютерної мережі і аналіз можливостей підвищення її ефективності // Інформаційні технології: сучасний стан та перспективи: монографія; за заг. ред. В.С. Пономаренка. – Харків: ТОВ “ДІСА ПЛЮС”, 2018. – С. 102-118.
11. Minukhin S.V. Analysis of ways for exchanging data in networks with package commutation / S.V. Minukhin, D.E. Sitnikov, M.U. Losev // Radio Electronics Computer Science Control. – 2018. – № 4. – С. 196-204. <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2018-4-19>.
12. Інформаційні технології: Проблеми та перспективи: монографія / за заг. ред. проф. В.С. Пономаренка. – Харків: Вид. Рожко С.Г., 2017. – С. 120-136.

References

1. Losev, Yu.I. and Yakovec, F.K. (1994), “Avtomatizaciya v setyah s kommutaciej paketov” [Automation in packet-switched networks], Tehnika, Kyiv, 212 p.
2. Losev, Yu.I., Shmatkov, S.I. and Rukkas, K.M. (2011), “Metody i modeli obmena informaciej v raspredeennyh adaptivnyh vychislitelnyh setyah s vremennoj parametrizaciej parallelnykh processov: monografiya” [Methods and models of information exchange in distributed adaptive computer networks with time parameterization of parallel processes: monograph], V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, 204 p.
3. Qureshi, K.N., Abdullah, A.H., Hassan, A.N., Sheet, D.K. and Anwar, R.W. (2014), Mechanism of Multiprotocol Label Switching for Forwarding Packets & Performance in Virtual Private Network, *Anwar Middle-East Journal of Scientific Research*, Vol. 20, No. 12, pp. 2117-2127.
4. Solowjow, F., Mehrjou, A., Scholkopf, B. and Trimpe, S. (2018), Minimum Information Exchange in Distributed Systems, *57th IEEE Conference on Decision and Control (CDC)*, available at: <https://arxiv.org/abs/1805.09714>.
5. Ponomarenko, V.S. (2018), “Informacijni tehnologii: suchasnij stan ta perspektivi: monografiya” [Information technology: current state and prospects: monograph], DISA PLYuS, Kharkiv, pp. 102-118.
6. Jang, I., Pyeon, D., Kim, S. and Yoon, H. (2013), A Survey on Communication Protocols for Wireless Sensor Networks, *Journal of Computing Science and Engineering*, Vol. 7, No. 4, pp. 231-241.
7. Ahlawat, M. and Mitta, A. (2015), Different Communication Protocols for Wireless Sensor Networks: A Review, *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, Vol. 4, Issue 3, pp. 213-216.

8. Zakirov, Z.Z. (2010), "Metodika opredeleniya ekvivalentnoj veroyatnosti oshibki, srednego znacheniya i dispersii vremeni pri peredache kodovoj kombinacii v sistemah s obratnoj svyazu" [Methodology for determining the equivalent probability of error, the average value and the variance of time when transmitting a code combination in feedback systems], *Information Processing Systems*, No. 1(82), pp. 34-36.

9. Shmatkov, S.I., Losev, Yu.I., Rukkas, K.M., Salame, M. and Arabiat, A. (2013), "Model tekhnologii informacziionnogo obespecheniya resheniya zadach upravleniya" [Technology model of information support for solving management problems], *Nauchnye vedomosti BGU. Seriya: Ekonomika. Informatika*, BGU, Belgorod, Vol. 28/1, No. 22, pp. 34-42.

10. Ponomarenko, V.S. (2018), "Upravlinnja resursamy adaptivnoji komp'juternoji merezhi i analiz mozhlyvostej pidvyshhennja jiji efektyvnosti" [Resource management of an adaptive computer measure and analysis of opportunities and effectiveness], *Informacijni tekhnologhiji: suchasnyj stan ta perspektivy*, DISA PLJuS, Kharkiv, pp. 102-118.

11. Minukhin, S.V., Sitnikov, D.E. and Losev, M.U. (2018), Analysis of ways for exchanging data in networks with package commutation, *Radio Electronics Computer Science Control*, No. 4, pp. 196-204. <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2018-4-19>.

12. Ponomarenko, V.S. (2017), "Informacijni tekhnologiyi: Problemi ta perspektivi: monografiya" [Information Technology: Problems and Prospects: Monograph], Rozhko S.G., Kharkiv, pp. 120-136.

Надійшла до редколегії 08.01.2020

Схвалена до друку 11.02.2018

Відомості про авторів:

Лосєв Юрій Іванович

доктор технічних наук професор
професор Харківського національного університету
ім. В.Н. Каразіна,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-9471-3201>

Лосєв Михайло Юрійович

кандидат технічних наук
доцент Харківського національного
економічного університету ім. С. Кузнеця,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-2393-3490>

Information about the authors:

Yuriy Losev

Doctor of Technical Sciences Professor
Professor of V.N. Karazin Kharkiv
National University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-9471-3201>

Mihailo Losev

Candidate of Technical Sciences
Associate Professor of Simon Kuznets Kharkiv
National University of Economics,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-2393-3490>

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СБОРА ИНФОРМАЦИИ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИЕРАРХИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Ю.И. Лосев, М.Ю. Лосев

В работе рассматриваются возможности повышения эффективности управления компьютерной сетью путем моделирования процесса информационного обеспечения распределенных и иерархических систем с одним или несколькими управляющими центрами. Выполняется сравнительный анализ вариантов обмена информацией по инициативе управляющих центров, по инициативе управляемых центров и при периодическом способе передачи данных. При выборе метода информационного обеспечения управляющего центра учитываются время сбора информации и необходимые ресурсы сети.

Ключевые слова: компьютерная сеть, ресурсы сети, информационное обеспечение, управляющий центр, протокол передачи данных, время сбора информации.

MODELING OF THE PROCESS OF COLLECTING INFORMATION IN DISTRIBUTED HIERARCHICAL NETWORKS

Yu. Losev, M. Losev

The process of information support of the control centers of computer networks involves solving a set of complex and relevant tasks in order to increase the efficiency of data exchange.

The paper considers the possibilities of increasing the efficiency of computer network management by modeling the process of information support of distributed and hierarchical systems with one or more control centers. State's uncertainty of network elements makes it difficult to make the right choice for a network resource allocation decision. The difficulty of allocating resources is that the use of some resources can significantly affect the efficiency of others.

The article performs a comparative analysis of information exchange options. The process of choosing the method of information support takes into account not only the time of information collection, but also the consumed network resources. Using the first option for data collection, the need for information exchange arises on the initiative of the managing center, for the second option - on the initiative of managed centers. The third option involves the periodic transmission of updated data. Since the need to make adjustments in the process of network management under normal operating conditions is not great, the consumed network resources in the process of collecting information for the third option will be greater than for the first and second options. Using the second option of information support, the time for collecting information and the consumed network resources is somewhat less than the first. However, the need to use the first option is determined by the managing center. Therefore, for information support, it is necessary to provide for the possibility of collecting data, both upon request and when the state of network elements changes.

Keywords: computer network, network resources, information support, control center, data transfer protocol, information collection time.