

Усі експерименти, результати яких наведені на рисунках, проводились стосовно вертикального і горизонтального центрування. Проте жодних теоретичних обмежень не існує проти центрування з поворотом. А тому можна стверджувати, що наведених метод можна використовувати стосовно центрування зображень, які зсунуті відносно будь-яких афінних перетворень.

1. Грузман И.С., Киричук В.С., Косых В.П., Перетягин Г.И., Спектор А.А. Цифровая обработка изображений в информационных системах: Учебное пособие.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000.- 168 с.
2. А.М.Крот, Е.Б.Минервина. Быстрые алгоритмы и программы цифровой спектральной обработки сигналов и изображений. - Минск: «Навука і тэхніка», 1995. - 407 с.
3. А.В.Гиренко, П.А.Корчагин и др. Методы корреляционного обнаружения объектов. -Харьков: АО «Бизнес- Информ», 1996. - 111с.
4. Ярославский Л.П. Введение в цифровую обработку изображений. -М.: Сов. радио, 1979. - 312 с.
5. Пуятин Е.П., Аверин С.М. Обработка изображений в робототехнике. М.: Машиностроение. 1990. - 320 с.
6. Ю.Рашикевич, Б.Демидо, Д.Пелешко, Н.Кустра Центрування зображень на основі методів кореляційного аналізу // Національна академія наук України Зб. наук. пр. ИПМЕ ім. Г.Є.Пухова. - Вип. 29. Київ, 2005. - С.121-128.

*Поступила 19.11.2008р.*

УДК 683.05

Б.В.Дурняк, О.В.Шевченко

## **АНАЛІЗ СПЕЦІАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ МЕРЕЖІ ЗВ'ЯЗКУ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ДЛЯ ЇХ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕОРІЇ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ**

Розглянуто можливі підходи до методів розв'язку задач, що обумовленні спеціальними вимогами.

Possible approaches to methods of the decision of problems which are fixed by special requirements are considered.

Виходячи з аналізу сучасних можливостей систем зв'язку, та аналізу задач, що розв'язані і впроваджені у ці системи, можна стверджувати, що однією з актуальних задач, які потребують дослідження, є задачі підвищення якісних параметрів процесів функціонування мережі на рівні структури системи зв'язку в межах регіону, що являються розподіленими у просторі, і можуть бути неоднорідними. Особливо актуальною є ця проблема у випадку,

коли у рамках загальної мережі зв'язку необхідно розв'язувати окремо виділені задачі, обумовлюються, спеціальними вимогами.

Наземна розподілена система зв'язку, що являється частиною загальної системи зв'язку, включаючи супутниковий зв'язок, являється важливою частиною, що забезпечує розв'язок всієї задачі оперативного зв'язку в рамках визначеного регіону. Якщо така система орієнтована на розв'язок спеціальних задач, то цей факт визначається тими особливостями і тими спеціальними вимогами, котрі пред'являються до системи і визначають її відмінність від стандартних систем даного класу. Тому, перш за все, необхідно визначити цей клас систем, до якого можна було б віднести наземну систему оперативного зв'язку, розглянути основні задачі в їх класичній інтерпретації, яка визначає їх як такі, що відносяться до заданого класу. У зв'язку з цим, необхідно окреслити відомі підходи до розв'язку таких задач в рамках системи, що розглядається, та показати їх можливості по врахуванню спеціальних вимог.

Наземна розподілена система зв'язку, в її класичному варіанті, повинна розв'язувати задачі передачі повідомлень між пунктами зв'язку, котрі одночасно можуть бути ретрансляторами, що забезпечує таким чином можливість реалізації довільного трафіку передачі повідомлень у системі. Система зв'язку може мати постійні канали зв'язку між окремими пунктами зв'язку або канали, що змінюються, які можуть адресуватися різним пунктам прийому розподіленої системи. Природно припустити, що кількість каналів, які можуть переадресовуватися у системі для кожного окремого пункту зв'язку є обмежена, оскільки, переадресація каналів, у даному сенсі, передбачає безпосередній зв'язок між окремими пунктами. Такий зв'язок обмежується віддаллю між пунктами, у випадку використання радіоканалів, безпосередній зв'язок залежить від частотних діапазонів, від рельєфу місцевості, від різного типу загроз, що можуть існувати у регіоні, де передбачається організувати, або розвернути систему зв'язку. Такі загрози можуть надавати можливості існуючим небезпекам, реалізовувати різні атаки на інформацію, що циркулює у системі. Тому, необхідно розглянути різні варіанти організації системи у рамках кожного варіанту дослідити можливі методи розв'язку задач, як у рамках класичної постановки, так і у рамках, що визначаються спеціальними вимогами до розподіленої системи зв'язку.

Визначимо різні способи інтерпретації розподіленої системи зв'язку і, у відповідності з кожною інтерпретацією, розглянемо клас структур, у рамках яких може розглядатися система зв'язку. Перш за все, перерахуємо спеціальні вимоги до системи і розглянемо у рамках яких структур можливий розв'язок задач для виконання відповідних вимог. До спеціальних вимог віднесемо наступні:

- структурну живучості системи;
- можливість управління обробкою повідомлень, у тому числі, з оперативно змінними пріоритетами;

- надійність системи;
- оптимізація шляху передачі повідомлень по вибраних критеріях;
- реалізація заданих шляхів передачі повідомлень;
- безпека передачі повідомлень.

Розглянемо кожну з цих вимог. Розподілена система зв'язку представляє собою деяку структуру, котру можна інтерпретувати як деякий граф  $G_i$ , вершини якого відображають вузли зв'язку, а ребра відображають канали зв'язку між вузлами. У кожний поточний момент часу структуру такого графа будемо вважати фіксованою, а у випадку зміни каналу передачі даних, з точки зору зміни проміжного абонента, будемо вважати, що граф  $G_i$  переходить у граф  $G_j$  зі структурою, що є відмінна від структури  $G_i$ . У рамках такої інтерпретації системи зв'язку, під структурною живучістю системи будемо розуміти здатність системи зв'язку передавати повідомлення при умові, що деякі вузли зв'язку відмовили і вузли, що відмовили не являються кінцевими адресатами, чи джерелами повідомлень. Очевидно, що ця властивість може бути забезпечена за рахунок надмірності зв'язків між вузлами. Оскільки у рамках даного підходу існує можливість оперативної переадресації радіоканалів, то можна всі можливі додаткові зв'язки, що забезпечуються допустимими каналами переадресації, вважати віртуальними зв'язками між вузлами, що забезпечує можливість розгляду віртуальної надмірності структури системи зв'язку. В якості кількісної міри структурної живучості прийемо максимальну кількість вузлів, котрі можуть відмовити, і при цьому, буде забезпечена можливість реалізації задачі передачі повідомлень, з врахуванням умов, що приведені вище. У рамках уявлень про структурну, живучість, можна забезпечити розв'язок задачі, котра визначає важливу властивість системи зв'язку і забезпечує само діагностування системи зв'язку на структурному рівні. Дійсно вихід з ладу того, чи іншого вузла зв'язку повинен ідентифікуватися. У найпростішому випадку, ця задача розв'язується з допомогою системи квитанцій, які пересилаються вузлом зв'язку, що являється приймачем повідомлення, незалежно від того, чи являється вузол адресатом повідомлення, чи проміжним вузлом зв'язку для даного повідомлення. Така квитанція може вміщати інформацію про поточний стан вузла приймача, і у першу чергу, інформацію про подальшу переписку повідомлення у відповідності із сформованим у повідомленні описом трафіку.

Суть оперативної зміни пріоритетів повідомлення полягає у наступному. Кожне повідомлення має такий параметр, як час життя  $\theta$ . Будемо вважати, що час передачі повідомлення по каналу зв'язку незалежно від того, чи являється канал зв'язку провідниковим, світловодом чи радіоканалом, являється значно меншим, ніж час обробки сигналу у вузлі зв'язку. Тому, час життя будемо вимірювати в одиницях мінімальної затримки повідомлення в кожному вузлі зв'язку, яка визначається часом обробки однієї порції, якою

може бути один пакет повідомлення, і для кожного вузла цей час будемо вважати однаковим. Час, що визначається для передачі повідомлення, повинен бути не меншим довжини трафіку окремого повідомлення. Такий час вимірюється кількістю вузлів зв'язку, через які повинно пройти повідомлення перш ніж воно попаде до адресату. В кожному вузлі зв'язку можуть знаходитись раніше прийняті пакети інших повідомлень, що чекають своєї черги для обробки та пересилки в наступний вузол. Оскільки довжина повідомлень може бути різною (може складатися з різної кількості пакетів), то час обслуговування повідомлень  $\tau_i$  будемо вважати величиною випадковою. Відповідно, момент або час приходу нового пакету повідомлення також будемо вважати величиною випадковою  $x_i(t)$ . Якщо перейти на термінологію, що прийнята в теорії систем масового обслуговування (СМО) [1], то поступаючий пакет повідомлення будемо називати вимогою на обслуговування  $x(t_i)$ , що характеризується своєю ймовірністю приходу у вузол обслуговування  $P_i$  і складає вхідний потік вимог, число вимог позначаємо символом  $q$ . В самій (СМО) буде знаходитися накопичувач вимог та прилад обслуговування. Число вимог в накопичувачі позначимо символом  $v$ , а через  $j$  позначимо число вимог в приладі обслуговування, оскільки, прилад обслуговування може мати декілька каналів обслуговування вимог, і при цьому, не всі канали можуть бути зайняті в поточний момент часу. Через  $S$  позначимо число каналів,  $\rho$  - число зайнятих каналів. Крім класичного складу СМО, в даному випадку, в склад СМО включено компоненту попередньої обробки вимоги, котра створює затримку постійної величини в обслуговуванні, незалежно від вимоги, що поступила. У зв'язку з цим, вона не буде враховуватися при подальшому формальному описі роботи СМО. Ця компонента виконує наступну функцію. Вона визначає поточний пріоритет прийнятого повідомлення, якщо пакет, що прийшов, є першим пакетом повідомлення. Прийемо, що пріоритет повідомлення може присвоюватися тільки цілому повідомленню і не може бути різним у різних пакетів одного повідомлення. Якщо пакет, що поступив являється частиною вже отриманого повідомлення, то він розміщується в пакетонакопичувачі за останнім пакетом того ж повідомлення. Якщо отриманий пакет являється частиною повідомлення, що вже оброблено, що визначається на основі інформації про оброблення повідомлення, що зберігається в пам'яті додаткової компоненти, то з пам'яті вибирається пріоритет повідомлення, до якого відноситься отриманий пакет, і у відповідності з цим пріоритетом розміщується у пакетонакопичувачі. Пам'ять вхідної компоненти  $W$  попередньої обробки СМО вміщає ідентифікатор повідомлення і номер його пріоритету. Оскільки, джерелу повідомлення не відомо скільки повідомлень може знаходитися у деякому вузлі з однаковим пріоритетом, то воно задає час життя повідомлення, що

посилається в систему. В кожному вузлі зв'язку компонента попередньої обробки, по часу життя може визначати поточний пріоритет повідомлення. Час життя повідомлення визначається співвідношенням:

$$Q_{\min} = k \Delta t_{уз}, \quad (1)$$

де  $\Delta t$  - час обробки одного пакету приладом СМО,  $k$  - кількість пакетів в повідомленні,  $n_{уз}$  - кількість вузлів у трафіку повідомлення. Допустимий час життя повідомлення визначається співвідношенням:

$$Q_{ТЕК} = (kn_{уз} + m) \Delta t, \quad (2)$$

де  $m$  - кількість додаткових інтервалів часу життя, що вимірюється у величинах  $\Delta t$ . Вхідна компонента  $W$ , на основі аналізу параметрів, що характеризують завантаженість вузлів зв'язку, зменшує величину  $m$  таким чином, щоб повідомлення поступило до адресата ще за час свого життя і у відповідності з обчисленим новим значенням  $m^x$  визначає поточний пріоритет повідомлення. У відповідності з пріоритетом, отримане, повідомлення розміщується в чергу накопичувача. Оскільки  $W$  запам'ятовує не тільки ідентифікатор повідомлення, який може суміщатися з адресою вузла отримувача, а й додаткову інформацію, що може бути необхідною для управління транзакцією, серед якої є поточний пріоритет і час життя відповідного повідомлення, то у випадку, коли надійшов поточний пакет в СМО, що представляє собою один вузол зв'язку,  $W$  зменшує величину  $n_{уз}$  на одиницю, оскільки пакет буде оброблятися в поточному приладі СМО  $W$  вузла зв'язку. Слід відмітити, що час життя всього повідомлення не співпадає з часом життя одного пакету. Тому, час життя одного пакета запишемо у вигляді:

$$Q_{тек} = (k_i) = (n_{уз} = m) \Delta t. \quad (3)$$

Може виявитися, що у зв'язку з використанням такого параметру як структурна живучість системи, черговий вузол, в який повинен бути відправлений пакет, виявився несправним. Тоді вузол зв'язку, який обробляє поточний пакет, повинен внести зміни в трафік пакету повідомлення. Оскільки трафік повідомлення, в найпростішому випадку, представляє собою послідовність адрес вузлів зв'язку, через які повинно пройти повідомлення перш ніж попаде до адресату, то вузол, який вийшов з ладу викреслюється з трафіку і замінюється послідовністю вузлів, що забезпечує найкоротший шлях від поточного вузла до вузла що стоїть в трафіку після викресленого вузла. З цього моменту всі наступні пакети цього повідомлення, починаючи з відповідного вузла, будуть користуватися зміненим трафіком, який також запам'ятовується в пам'яті  $W$  відповідного вузла зв'язку. Природно, що зміна трафіку в сторону його збільшення приводить до збільшення поточного значення  $n_{уз}(t_i)$  і відповідного зменшення кількості додаткових інтервалів

життя повідомлення  $m_{\text{тек}}(t_i)$ , що сумісно, оскільки,  $n_{\text{уз}}(t_i)$  і  $m(t_i)$  вимірюються спільною одиницею вимірювань  $\Delta\tau$ . Якщо у вузол  $n_i$  приходить останній пакет повідомлення  $C$  і то все, що розміщено у  $W_i$  стосується інформації про повідомлення  $C_i$  з пам'яті  $W$  витирається.

При передачі повідомлень у системі зв'язку з оперативною зміною пріоритетів можуть скластися наступні ситуації:

- коли пакети повідомлення приходять до адресата в моменти часу, що відповідають послідовним номерам пакетів повідомлення;
- коли пакети з більшим номером приходять до адресата раніше пакетів з меншим номером;
- коли деякі пакети повідомлення не приходять до адресату в інтервали часу життя повідомлення.

Перша ситуація є штатною і не потребує коментарів. Друга ситуація відповідає випадку коли всі пакети приходять до адресату за час життя повідомлення, але в змінній послідовності. Ця ситуація легко приводиться до штатної, оскільки, кожний пакет має свій номер, який ідентифікує його місце в повідомленні. Третя ситуація відповідає руйнуванню повідомлення.

Розглянемо згадані вище параметри, що характеризують мережу зв'язку, в тому числі, її завантаженість. Ці параметри сформуємо на основі аналізу кожного вузла зв'язку у вигляді деякої моделі СМО.

Як уже відмічалось, потік вимог на обслуговування являється випадковою величиною, час обслуговування вимог також є величиною випадковою. Математичне очікування числа вимог, що надходять у систему за одиницю часу позначимо символом  $\lambda$ , математичне очікування числа вимог обслужених  $S$  приладами за одиницю часу позначимо символом  $\mu$ . Коефіцієнтом завантаження системи будемо вважати співвідношення  $\varphi = \lambda / \mu_S$ . Природно розглянути випадок, коли  $\varphi < 1$ , що відповідає ситуації, коли прилади  $S$  встигають обслуговувати потік вимог. У протилежному випадку у деякий момент часу кількість вимог переповерхне черги до приладів та розрідження черги не відбудеться. Нехай  $P_q$  ймовірність того, що у системі знаходиться  $q$  вимог. Тоді математичне очікування числа вимог в системі дорівнює

$$M(v) = \sum_{q=1}^{q=\max} q \cdot P_q \quad (4)$$

Математичне очікування числа вимог у вузлі зв'язку приладів можна записати у вигляді співвідношення

$$M(j) = \sum_{q=0}^S q P_q + \sum_{q=1}^{q=\max} S P_q \quad (5)$$

Математичне очікування числа вільних приладів можна записати у вигляді:

$$M(\rho) = \sum_{q=0}^S (S-q) \rho_q. \quad (6)$$

Тоді час очікування в пакетонакопичувачі вимог обслуговування рівний:  $\omega = M(v) / \lambda$ , а математичне очікування часу перебування вимоги в системі рівне:

$$U = M(q) / \lambda \quad (7)$$

В літературі [2;3] обґрунтовується, що функція розподілу надходження вимог у систему, або потік вимог представляє собою пуасонівський потік:

$$P_m(t) = \left[ e^{-\lambda t} (\lambda t)^m \right] / m!, \quad (8)$$

якщо величини інтервалів між послідовностями надходжувачих вимог взаємозалежна, а ймовірність надходження вимог в інтервалі  $(T_s T + h)$  залежить лише від  $h$  та існує не нульова ймовірність надходження на протязі інтервалу  $h > 0$  деякої вимоги, при малих  $h$  кількість вимог не перевищує однієї вимоги, то математичні очікування, про якій йшла мова вище, будуються на припущеннях, що ймовірність  $P_q$  відома. Для аналізу СМО, у цілому, необхідно мати можливість визначати часові оцінки такі, як розподіл інтервалів часу, між двома послідовними процесами, час обслуговування вимоги і т.п., котрі характеризують потік вимог в цілому. У відповідності з роботами [4;5], якщо  $T$  випадкова величина, рівна довжині інтервалу між двома послідовними вимогами найпростішого потоку, то функція розподілу рівна  $F(\tau) = 1 - e^{-\lambda \tau}$ , а густина розподілу рівна  $f(\tau) = \lambda e^{-\lambda \tau}$ . Не важко показати, що мають місце:

$$M(\tau) = 1 / \lambda; \quad \sigma^2(\tau) = 1 / \lambda^2. \quad (9)$$

Аналогічно, функції розподілу часу обслуговування і густина розподілу відповідно рівні:

$$F(\tau_{abc}) = 1 - e^{-\mu \tau_{abc}}; \quad f(\tau_{abc}) = \mu e^{-\mu \tau_{abc}} \quad (10)$$

Важливим параметром, що характеризує роботу мережі є параметр, що описується співвідношенням для обчислення ймовірності  $P_q$ , котра дорівнює:

$$P_q = \varphi^q \left[ (\varphi^n - 1) / (\varphi^{n+1} - 1) \right] \quad (11)$$

Основною передумовою для формування формули для  $P_q$  є припущення, що процес  $x(t)$  є Марковським.

Важливою ціллю використання СМО, для моделювання процесів у реальних системах, являється визначення таких значень параметрів процесів, котрі по своїй природі являються випадковими, при яких забезпечувались би локальні баланси, для кожного вузла зв'язку, та баланс глобальний, для всієї системи. Якщо при цьому, значення параметрів мережі відповідають тактико-

технічним вимогам, то можна вважати, що відповідна система забезпечить штатні режими роботи. На якісному рівні, локальний баланс означає баланс між інтенсивністю вимог на обслуговування вхідного потоку, та інтенсивністю обслуговування системою відповідного потоку.

В рамках даного підходу існує можливість забезпечення балансу і для змішаної мережі. Змішана мережа, це є мережа, що складається з різних типів центрів обслуговування, котрі відрізняються між собою дисциплінами обслуговування черги, прикладом таких дисциплін можуть бути дисципліни типу *FC, FS, PS, IS* та *LCFS*, що відрізняються кількістю приладів обслуговування, розподілом часу обслуговування. Наприклад, такий розподіл може бути експоненціальним, або відповідати закону Кокса [6].

Приведений спосіб формалізації опису роботи мережі не являється достатнім, але дозволяє отримати орієнтовні оцінки параметрів базових компонент вузлів зв'язку, якщо відомі параметри вимог до такої мережі. Класичним переходом від теоретичних параметри мережі до їх практичної апробації є використання імітаційного моделювання системи зв'язку. Таке моделювання полягає в тому, що структурна схема системи зв'язку описується у вигляді графу. Вершини графу відповідають окремим вузлам зв'язку. Для моделювання випадкових процесів, що мають місце в мережі, використовується генератори випадкових чисел, що забезпечують необхідні функції розподілу випадкових параметрів. Кожна вершина графу розширюється окремою моделлю, яка описує в певному наближенні роботу вузла зв'язку в частині функцій, що описується в рамках СМО. Сама методика реалізації імітаційного моделювання досить детально описується у роботі.

1. *Велецкий И.Г., Кильдышев Г.С.* Основы теории вероятностей и математической статистики. - М.: Статистика, 1968.
2. *Захаров Г.П.* Методы исследования сетей передачи данных. - М.: Радио и связь, 1982, 208 с.

*Поступила 21.01.2009р.*

УДК 621.372.061

Ю.І. Шаповалов, Національний університет “Львівська політехніка”

## **ЧАСТОТНА МОДЕЛЬ ПАРАМЕТРИЧНОГО ЕЛЕМЕНТА У ЛІНІЙНОМУ ПАРАМЕТРИЧНОМУ КОЛІ**

Розглянуто можливість побудови частотної моделі параметричного елемента у заданому лінійному параметричному колі. Модель дозволяє