

УДК 681.327.8:658.012.011.56

DOI: 10.31673/2412-9070.2020.030812

Ю. В. МЕЛЬНИК, доктор техн. наук, ст. наук. співробітник;

В. Л. ПАРХОМЕНКО, канд. техн. наук, доцент;

В. В. ПАРХОМЕНКО, ст. викладач,

Державний університет телекомунікацій, Київ

МЕТОДИКА МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ОБРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ ЛАНЦЮГІВ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ОБСЯГІВ ТРАФІКУ

Запропоновано загальне поставлення задачі формалізованого вибору технічних засобів комплексів оброблення інформації і методику вирішення зазначеного завдання математичного програмування, що дає можливість побудувати телекомунікаційну систему через виокремлення і формування в структурі мережі телекомунікації та керування мережею телекомунікації безлічі ланцюгів функціональних перетворювачів обсягів трафіку, подальшого моделювання в їх підсистемах, фазах процесів оброблення інформації.

Ключові слова: надійність доставляння інформації; ланцюги функціональних перетворювачів; телекомунікаційна мережа.

Вступ

Досягнення сучасного рівня розвитку суспільства і держави неможливо без використання обчислювальних систем, систем транспортування інформації, телекомунікаційних систем (ТС) — мереж телекомунікації та керування мережами зв'язку. Широке впровадження телекомунікаційних систем зумовлено наявністю фінансових, людських і програмно-технічних ресурсів. Наявність зазначених ресурсів у громадських, виробничих і державних утвореннях обмежена. Тому пошук раціональних складових телекомунікаційних систем у цілому є актуальним завданням нових розроблень і досліджень, що дає змогу досягти заданого рівня якості оброблення інформації з мінімальними витратами на створення й експлуатацію через перерозподіл значень їх параметрів, зробити цілеспрямованим, організованим процес побудови телекомунікаційної системи.

Метою керування телекомунікаціями взагалі і автоматизації керування зокрема є забезпечення оптимального функціонування мереж телекомунікацій відповідно до їх призначення, у разі якого телекомунікації виконують необхідні завдання з мінімумом матеріальних, фінансових, фізичних, інтелектуальних витрат.

Завданням керування телекомунікаціями є забезпечення тривалої та якісної роботи засобів і мереж телекомунікацій у процесі їх постійного вдосконалення і розвитку за умов різних змінних впливів [1].

Концептуально мережа керування телекомунікаціями (TMN) є окремою мережею, з'єднується з мережею телекомунікацій в окремих точках для взаємообміну інформацією з метою керування мережею телекомунікацій. Для своїх цілей вони можуть використовувати частини мережі телекомунікацій.

Згідно з рекомендаціями ІТУ (Міжнародного союзу електрозв'язку) мережу керування телекомунікаціями призначено для виконання завдань керування мережами телекомунікацій та службами операторів телекомунікацій у процесі планування мереж, надання послуг, побудови і введення в експлуатацію нових систем і послуг, технічного обслуговування і адміністративного управління.

На рівні керування всіма мережними ресурсами здійснюється облік, контроль і аналіз функціонування кожного мережного елемента або деяких груп в їх взаємозв'язку, а також їх технічне обслуговування.

Для взаємодії розподілених компонентів керування в єдиній системі, а також для реалізації ним функцій керування потрібна мережа, по якій передається інформація керування.

Основна частина

Телекомунікаційна система (мережа телекомунікації та керування мережею телекомунікації) є складним об'єктом, в якому користувач реалізує функції генерування і споживання інформації [2].

З огляду на викладене процес побудови телекомунікаційної системи можна реалізувати на таких етапах:

- ♦ проектування і впровадження мережі телекомунікації та керування мережею телекомунікації з використанням сучасних методів моделювання процесів оброблення інформації для пошуку раціональних вирішень;

- ♦ функціонування мережі телекомунікації та керування мережею телекомунікації, ґрунтуючись на концептуальних положеннях стандартів створення керування мережею телекомунікації.

© Ю. В. Мельник, В. Л. Пархоменко, В. В. Пархоменко, 2020

Кожний користувач мережі телекомунікації та керування мережею телекомунікації може генерувати інформацію (функція джерела інформації) і споживати інформацію різних джерел. Інформація потрібна споживачеві для вирішення завдання щодо зняття його невизначеності про стан, в якому перебуває відповідне джерело інформації.

Процес оброблення заданого обсягу інформації в телекомунікаційній системі можна подати у вигляді послідовно з'єднаних функціональних перетворювачів (ФП). Під ФП розуміємо пристрій реєстрації, попереднього оброблення інформації, апаратури передавання даних, пристрої комутації, пристрої введення та оброблення інформації. У цілому такий ланцюг послідовно з'єднаних підсистем ФП визначимо як комплекс оброблення інформації (КОІ).

Скориставшись методом суперпозиції із зазначених ланцюгів послідовно з'єднаних ФП, можна дістати загальну структуру телекомунікаційної системи. Витрати на створення і експлуатацію телекомунікаційної системи $\min S_{TC}$ за рік і витрати на створення і експлуатацію системи комплексів оброблення інформації (КОІ) $\min S_{KOI}$ за рік перебувають у співвідношенні:

$$\min S_{TC} = \min \sum_{i=1}^K S_{KOI,i} \leq \min S_{KOI,1} + \min S_{KOI,2} + \dots + \min S_{KOI,K},$$

де K — кількість КОІ в структурі ТС.

Запропонований підхід дає можливість сформулювати цілеспрямований процес проектування телекомунікаційної системи.

Термін упровадження ТС і ступінь її ефективності значною мірою залежать від методу вибору технічних засобів (ТЗ) для КОІ. Такий вибір визначає:

- значення показників достовірності, надійності і оперативності оброблення інформації в її підсистемах;
- графік роботи системи в цілому, що складається з графіків роботи джерел і споживачів обсягів інформації.

У зв'язку з великою розмірністю та багатофакторністю завдань із вибору ТЗ для КОІ розроблення систем здійснюється їх поділом на підсистеми. При цьому кожному підсистемі створюють різні, часто організаційно не пов'язані колективи розробників. Кожний із них, зазначаючи важливість створюваної підсистеми в процесі оброблення інформації, прагне сформулювати її з максимальними параметрами достовірності, надійності і оперативності оброблення інформації, витрачаючи на це наявні ресурси, що спричиняє значні витрати на реалізацію і експлуатацію системи.

Однак процес оброблення заданого обсягу інформації в КОІ можна подати у вигляді послідовно з'єднаних ФП. Для ЕОМ, що розв'язує конкретне завдання, байдуже, помилки виникли на етапі збору інформації або під час її передавання. Таким чином, підвищення достовірності оброблення інформації в підсистемі її передавання не завжди ефективно для системи в цілому, оскільки в ній є ФП з низькою достовірністю — пристрій збору й оброблення інформації спільно з користувачем, який і визначає загальну достовірність оброблення інформації в системі [3]. Аналогічного висновку можна дійти, розглядаючи питання забезпечення оперативності і надійності оброблення інформації в КОІ.

Вирішення кожного з цих завдань має велику практичну цінність для ТЗ. Так, наприклад, відновлення втраченої одиниці інформації за сучасних методів побудови системи потребує в 400-500 разів більше витрат праці, ніж первинна підготовка до введення цієї самої одиниці інформації; вартість виправлення помилки на всіх стадіях оброблення інформації у 100-200 разів перевищує вартість оброблення безпомилкової інформації. Тому розв'язання задачі розроблення КОІ з мінімальними витратами на її реалізацію і експлуатацію вимагає системного підходу під час визначення параметрів достовірності, надійності, оперативності оброблення інформації в кожній з її підсистем [4].

Несистемний підхід до вирішення завдання вибору ТЗ для КОІ не дозволяє коректно побудувати графік роботи системи в цілому, окрім того, відомі технічні матеріали з побудови систем взагалі не містять методик визначення графіка роботи КОІ. Однак необхідність упорядкування роботи системи призводить до емпіричного пошуку графіків, спричиняючи значні часові та матеріальні витрати.

Графіки роботи системи набувають особливої важливості на етапі впровадження ТС, коли постає потреба коригування роботи системи через дію неврахованих збурювальних впливів. За їх допомогою здійснюється пошук резервів як тимчасових, так і структурних для усунення причин, що зумовлюють нестабільність у роботі системи. Для визначення ступеня нестійкої роботи необхідна залежність, яка дала б можливість оцінити вплив надійності та інших параметрів технічних засобів на своєчасність доставляння обсягу інформації споживачеві. Надалі на етапі експлуатації системи графіки роботи системи і зазначені залежності становитимуть основу спеціальних програм для щоденного коригування роботи системи.

Раціональний перерозподіл у КОІ параметрів достовірності D , оперативності c і надійності λ оброблення інформації, визначення графіка роботи системи утворюють деяку спільність пов'язаних завдань, розв'язання яких має бути досягнуто на основі загальносистемних вимог.

Формалізація поставлення задачі вибору ТЗ КОІ, формалізація опису процесів оброблення інформації підсистемами і ФП КОІ уможливить успішне вирішення наявних проблем завдяки використанню відомих методів математичного програмування та сучасних засобів обчислювальної техніки [5]. Цим зумовлено необхідність подальшого дослідження і розроблення методів формалізованого поставлення задачі побудови та моделювання процесів оброблення інформації КОІ.

Розроблення і дослідження методу формалізованого вибору ТЗ КОІ з урахуванням результатів моделювання процесів оброблення інформації підсистемами і ФП КОІ дасть змогу побудувати систему через перерозподіл між її елементами параметрів достовірності, оперативності та надійності оброблення інформації з урахуванням загальносистемних вимог, визначити графік роботи системи, прискорити процес вибору ТЗ і збільшити його ефективність на етапах проектування, упровадження та експлуатації.

Із метою успішного вирішення поставленого завдання, виникає потреба чіткого визначення взаємозв'язків викладених питань. Зрозуміло, що цей взаємозв'язок і визначає методику розв'язання задачі вибору ТЗ КОІ.

Завдання побудови КОІ може бути подано як така задача математичного програмування: мінімізувати функцію

$$S = S(\bar{c}, \bar{D}^0, \bar{\lambda}) + S(\omega) \quad (1)$$

як функцію неперервних змінних швидкості c , достовірності D , надійності λ та дискретної змінної ω , забезпечуючи при цьому виконання обмежень:

$$c_i \geq 0, D_i^0 \geq 0, \lambda \geq 0, i=1,2,\dots,N, \omega \in \Omega;$$

$$\tilde{t}_{\text{обр}}^j + T^j(\omega) \leq T_{\text{доп}}^j, j=1,2,\dots,J; \quad (2)$$

$$P(t_{\text{обр}}^j + T^j(\omega) \leq T_{\text{доп}}^j) \geq 1 - \varepsilon_j, j=1,2,\dots,J; \quad (3)$$

$$\prod_{j=1}^N D_i(D_i^0, \Delta n, \omega) \geq D_{\text{доп}}^j, i=1,2,\dots,N, j=1,2,\dots,J, \quad (4)$$

де $S(\bar{c}, \bar{D}^0, \bar{\lambda})$ — критерій ефективності КОІ, залежить від надійності $\bar{\lambda}$ функціонування пристроїв, швидкості \bar{c} та достовірності D^0 оброблення інформації, кількості працюючих пристроїв T і пристроїв, які перебувають у резерві r ;

ω — параметр, що визначає місця введення і реалізації інформаційної надмірності;

$S(\omega)$ — критерій ефективності введення і реалізації інформаційної надмірності;

$T^j(\omega)$ — час на введення і реалізацію інформаційної надмірності для j -го обсягу інформації КОІ;

$\tilde{t}_{\text{обр}}^j$ — час на оброблення j -го обсягу інформації КОІ;

$t_{\text{обр}}^j$ — час на оброблення j -го обсягу інформації КОІ та на відновлення пристроїв, що відмовили під час його оброблення;

$T_{\text{доп}}^j$ — допустимий час оброблення j -го обсягу інформації КОІ;

D^0 — достовірність оброблення даних ФП під час роботи без інформаційної надмірності;

$D_i(D_i^0, \Delta n, \omega)$ — достовірність оброблення інформації i -м ФП з урахуванням введеної інформаційної надмірності (Δn), місця її введення і реалізації ω ;

$D_{\text{доп}}^j$ — допустима достовірність оброблення j -го обсягу інформації КОІ;

λ_i — інтенсивність аварійних відмов i -го ФП;

$1 - \varepsilon_j$ — показник втрат виробництва від несвоєчасного доставляння j -го обсягу інформації до споживача, задається замовником системи;

$P(j)$ — імовірність того, що j -й обсяг інформації буде доставлено споживачу за $T_{\text{доп}}^j$;

N — кількість пристроїв ФП, які обробляють j -й обсяг інформації.

Вихідними даними для вирішення завдання є:

- структура телекомунікаційної системи (ТС) — мережі телекомунікації та керування мережею телекомунікації;

- структура комплексу оброблення інформації (КОІ) — складової множини структур КОІ, отриманих у результаті деталізації ТС;

- графік генерування обсягів інформації джерелом інформації, заданої КОІ;

- графік потреб в обсягах інформації споживача інформації, заданої КОІ;

- вимоги замовника КОІ: $\epsilon_j, T_{\text{доп}}^j, D_{\text{доп}}^j$;
- експлуатаційно-технічні характеристики ТЗ (c, D, λ).

Методика вирішення загального завдання побудови ТС формулюється так:

- побудувати телекомунікаційну систему збору та передавання даних між деякою множиною користувачів — приймально-передавальних комплексів (ППК), кожний з яких може бути або джерелом, або споживачем інформації, або тим і іншим;
- систему призначено для оброблення всіх графіків обсягів інформації, що циркулюють між об'єктами ППК;
- спроектована система має обробляти задані графіки обсягів інформації в строки, зазначені конкретним споживачем інформації, за рахунок резерву часу і пристроїв, які є в наявності.

Прийнята система обслуговування пристроїв, які відмовили з інтенсивністю λ , характеризується інтенсивністю μ відновлення пристроїв і різною вартістю їх ремонту.

Для вирішення поставленого завдання пропонується алгоритм, який дасть можливість мінімізувати вартість ТЗ, задовольнивши зазначені обмеження за часом і достовірністю оброблення інформації.

Запропонований алгоритм полягає в розщепленні загальної ієрархічної системи на підсистеми лінійного, радіального типу. Розщеплення здійснюється в ППК із найменшою кількістю інформаційних зв'язків. При цьому зазначеній дії передують виокремлення в ППК функціональних перетворювачів, які обробляють інформацію для різних лінійних, радіальних систем. Підраховавши баланс часу і витрати для виокремленої системи за викладеною методикою, визначимо необхідні графіки надходження і споживання обсягів даних для кожної лінійної, радіальної системи, що включають у себе даний ППК.

Таким чином, маємо повне розщеплення ієрархічної системи на лінійні, радіальні. Для кожної лінійної, радіальної системи розв'язуємо оптимізаційні задачі вибору ТЗ за методикою, викладеною раніше. У результаті для зазначених підсистем буде визначено раціональний набір технічних засобів. Об'єднавши розраховані системи, визначимо витрати на ієрархічну систему та її параметри.

Надалі можна виконати коригування кінцевих результатів розв'язку задачі, визначивши нові графіки надходження і споживання обсягів даних після ФП, що входять в різні радіальні системи. Таким чином, процес вирішення завдання ітераційний.

У результаті розв'язання задачі для всієї системи визначимо графіки роботи кожного ППК, що відповідає системі з мінімальними витратами.

Висновки

Запропоновано загальне поставлення задачі формалізованого вибору технічних засобів комплексів оброблення інформації і методику вирішення зазначеного завдання математичного програмування, що дає можливість побудувати телекомунікаційну систему через виокремлення і формування в структурі мережі телекомунікації та керування мережею телекомунікації безлічі ланцюгів функціональних перетворювачів обсягів трафіку, подальшого моделювання в їх підсистемах, фазах процесів оброблення інформації.

Методика дає змогу спроектувати КОІ із заданими параметрами якості оброблення інформації, мінімальними витратами на її створення і експлуатацію. Суперпозиція КОІ визначеної множини дозволить у цілому побудувати телекомунікаційну систему з мінімальними витратами на створення і експлуатацію.

Для формування вихідних даних поставленого завдання необхідно виконати теоретичні і експериментальні дослідження, основними з яких є: розроблення і дослідження критерію порівняння конкурентоздатних КОІ; вивчення факторів, що впливають на оперативність оброблення інформації та визначення залежності, що дає змогу оцінити своєчасність доставлення інформації споживачеві; дослідження впливу інформаційної надмірності на обмеження щодо оперативності оброблення інформації; розроблення моделей, що дозволяють імітувати процес проходження обсягів інформації через підсистеми, фази оброблення КОІ; поставлення задачі формалізованого вибору ТЗ для конкретної КОІ і визначення методів її розв'язання; попереднє дослідження обмежень на оперативність оброблення інформації.

Список використаної літератури

1. Мельник Ю. В., Пархоменко В. Л., Пархоменко В. В. Обмеження на достовірність обробки інформації в телекомунікаційній системі, критерій для порівняння конкурентоздатних варіантів // Зв'язок. 2018. №4(134). С. 11–16.

2. Мельник Ю. В., Пархоменко В. Л., Пархоменко В. В. Вплив методів введення інформаційної надмірності на обмеження за достовірністю і оперативністю обробки інформації у телекомунікаційній системі // Телекомунікаційні та інформаційні технології. 2018. №3(60). С. 55–63.

3. Мельник Ю. В., Пархоменко В. Л., Пархоменко В. В. Формалізована задача побудови раціональної телекомунікаційної системи // Наукові записки Україн. наук.-дослід. ін-ту зв'язку. 2018. № 4(52). С. 34–39.

4. Мельник Ю. В., Пархоменко В. Л., Пархоменко В. В. Обмеження на оперативність обробки інформації та надійність функціональних перетворювачів телекомунікаційної системи // Наукові записки Україн. наук.-дослід. ін-ту зв'язку. 2019. № 1(53). С. 12–23.

5. Мельник Ю. В., Пархоменко В. Л., Пархоменко В. В. Планування роботи функціональних перетворювачів у телекомунікаційній системі // Наукові записки Україн. наук.-дослід. ін-ту зв'язку. 2019. № 2(54). С. 19–30.

Ю. В. Мельник, В. Л. Пархоменко, В. В. Пархоменко

МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ЦЕПЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ОБЪЕМОВ ТРАФИКА

Предложена общая постановка задачи формализованного выбора комплекса технических средств систем обработки информации и методика решения указанной задачи математического программирования, что позволяет построить телекоммуникационную систему путем выделения и формирования в структуре сети телекоммуникации и управления сетью телекоммуникации множества цепей функциональных преобразователей объемов трафика, дальнейшего моделирования в их подсистемах, фазах процессов обработки информации.

Ключевые слова: надежность доставки информации; цепи функциональных преобразователей; телекоммуникационная сеть.

Yu. V. Melnyk, V. L. Parkhomenko, V. V. Parkhomenko

METHODOLOGY FOR MODELING INFORMATION-PROCESSING PROCESSES OF A TELECOMMUNICATION SYSTEM BASED ON CHAINS OF FUNCTIONAL CONVERTERS OF TRAFFIC VOLUMES

Achievement of the modern level of development of society and the state is impossible without the use of computer systems, information transportation systems, telecommunication systems (TS) — telecommunication networks and communication network management. The widespread adoption of telecommunication systems is determined by the availability of financial, human and software and hardware resources. The availability of these resources in public, industrial and state entities is limited. Therefore, the search for rational components of telecommunication systems as a whole is an urgent task of new developments and research, which allows achieving a predetermined level of information processing quality with minimal expenses for creating and operating by redistributing their parameter values, and making the telecommunication system construction process focused, organized.

The purpose of telecommunication management in general and automation of management in particular is to ensure the optimal functioning of telecommunication networks in accordance with their purpose, in which telecommunications perform the necessary tasks with a minimum of material, financial, physical, intellectual costs.

The article proposes a general statement of the problem of formalized selection of a set of technical tools for information processing systems and a methodology for solving this mathematical programming problem; it allows you to build a telecommunication system by isolating and forming a multitude of traffic volume functional converter circuits in the telecommunication network structure and managing the telecommunication network, and further modeling in their subsystems, phases of information processing processes.

Keywords: reliability of information delivery; chain of functional converters; telecommunication network.