

Л. І. Леві, О. І. Євдоченко, О. О. Куш, О. С. Ястреба, С. І. Бабич

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, Україна

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО СИНТЕЗУ МУЛЬТИСЕРВІСНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

Анотація. Найефективніше застосування мультисервісних мереж відбувається у традиційних операторів зв'язку, що значно розширює спектр послуг. Для корпоративного ринку консолідація всіх віддалених підрозділів в єдину мультисервісну мережу може значно підвищити ефективність обміну інформацією та забезпечити своєчасну доступність даних. Завдяки можливості обміну великими обсягами даних між офісами можна планувати конференц-дзвінки та відеоконференції з віддаленими підрозділами. Все це прискорює реагування на зміни в компанії та забезпечує своєчасне й оптимізоване управління всіма процесами. Мультисервісна мережа – це багатопольове середовище загального призначення, призначене для передачі голосу, зображень і даних за допомогою технології комутації пакетів. Воно характеризується характеристиками надійності телефонної мережі (порівняно з негарантованою якістю зв'язку в Інтернеті) і забезпечує низьку вартість передачі одиниці інформації (близьку до вартості передачі даних в Інтернеті). Основним завданням мультисервісних мереж є забезпечення роботи різномірних інформаційних і телекомунікаційних систем і додатків в єдиному середовищі передачі, де єдина інфраструктура використовується для передачі звичайного трафіку (даних) та іншого інформаційного трафіку (мовлення, відео тощо). Алгоритм проектування мультисервісних телекомунікаційних мереж (МСТМ) – це процес розробки системно-технічних рішень при їх побудові при короткостроковому, середньостроковому і перспективному розвитку. Оптимізація проектування МСТМ здійснюється на основі застосування принципів декомпозиції, системності та ітераційності проектування, а також методів послідовної оптимізації та ймовірнісної згортки при отриманні узагальнених критеріїв. Запропонований спосіб дозволяє перейти від рішення оптимізаційної задачі великої розмірності до взаємозалежної за вхідними та вихідними даними послідовності завдань меншої розмірності. В результаті забезпечується поетапний ітераційний синтез структури МСТМ і вибір значень внутрішніх параметрів шляхом параметричної оптимізації, при яких виконуються вимоги до якості функціонування і вартості проекту. При цьому розвинута теорія та методи структурного та параметричного синтезу мультисервісних телекомунікаційних накладених мереж на основі розробки нових моделей багаторівневих, багатопольових мереж і методів структурного і параметричного синтезу, які враховують наявність між рівнями накладених мереж фізичних і логічних зв'язків.

Ключові слова: мультисервісна мережа, параметрична та структурна декомпозиція, багатокритеріальний підхід, векторний критерій, послідовна оптимізація.

Вступ

Постановка проблеми. Телекомунікаційна мережа загального користування означає систему передачі, яка повністю або частково використовується для забезпечення передачі сигналів між визначеними кінцевими точками за допомогою телеграфних, радіо, оптичних або інших електромагнітних засобів, що означає телекомунікаційне обладнання та інші ресурси, залежно від обставин.

Телекомунікаційні послуги - це послуги, крім радіо- та телевізійного мовлення, надання яких повністю або частково складається з передачі та передачі сигналів по телекомунікаційних мережах.

Існує категорія, яка охоплює мережі підприємств, афілійованих з компаніями та установами, бізнес-інтереси яких виходять за межі телекомунікаційної галузі.

Оператор загальнодоступної телекомунікаційної інфраструктури, який називається оператором мережі, сприяє передачі сигналів між визначеними пунктами призначення в мережі за допомогою різних засобів, таких як телефон, мікрохвильовий, оптичний або електромагнітний методи. З іншого боку, провайдер мережевих послуг, будь то фізична чи юридична особа, бере участь у

пропонуванні послуг у сфері публічних телекомунікацій, що передусім передбачає передачу сигналів у мережі зв'язку.

Зв'язок охоплює будь-яку форму з'єднання, тимчасового чи постійного, яке забезпечує обмін інформацією між двома або більше користувачами системи передачі даних.

Телекомунікаційні послуги охоплюють передачу даних між мережею або користувачем і пунктом призначення. Ця передача передбачає обмін інформацією, необхідною для встановлення з'єднання та контролю за його просуванням, наприклад запит на утримання або ініціювання передачі.

Крім того, інформація про з'єднання, включаючи тривалість з'єднання, доступна як оператору мережі, так і постачальнику послуг мережі. Ці послуги, які дозволяють кінцевим користувачам та іншим операторам передавати трафік через свої мережі, називаються послугами транспортування інформації.

Основним завданням телекомунікаційних служб є забезпечення можливості обміну інформаційними повідомленнями між віддаленими об'єктами. При створенні мережі загального користування оператор зобов'язаний забезпечити стандартні інтерфейси (точки підключення) скрізь, де в мережі підключені кінцеві пристрої.

Існує категорія, яка охоплює мережі підприємств, афілійованих з компаніями та установами, бізнес-інтереси яких виходять за межі телекомунікаційної галузі.

Оператор загальнодоступної телекомунікаційної інфраструктури, який називається оператором мережі, сприяє передачі сигналів між визначеними пунктами призначення в мережі за допомогою різних засобів, таких як телефон, мікрохвильовий, оптичний або електромагнітний методи.

З іншого боку, провайдер мережевих послуг, будь то фізична чи юридична особа, бере участь у пропонуванні послуг у сфері публічних телекомунікацій, що передусім передбачає передачу сигналів у мережі зв'язку.

Зв'язок охоплює будь-яку форму з'єднання, тимчасового чи постійного, яке забезпечує обмін інформацією між двома або більше користувачами системи передачі даних.

Будемо вважати, що задано:

– призначення та основні варіанти застосування алгоритму проектування мультисервісної телекомунікаційної мережі (МСТМ) на основі багатокритеріального підходу;

– вимоги до характеристик мережі, засновані на використанні комплексних методів оцінки, які враховують кілька критеріїв;

– визначені критерії властивостей мережі;

– програмне забезпечення (конфігурація та функції).

Існує потреба в розробці алгоритму проектування МСТМ на основі багатокритеріального підходу.

При цьому вважається доцільним дотримуватись наступних обмежень: характеристики мережі доступу розраховуються на основі існуючого телекомунікаційного обладнання відомих виробників і відповідно до вимог технічної документації; терміни розробки та розрахунку проекту техніко-економічних показників визначається замовником [1, 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

При проектуванні мереж зв'язку різного призначення формується відповідна оптимізаційна задача.

Для вирішення подібних задач доцільно застосувати наступні методи [3, 4].

1) Пошук компромісних ефективних рішень, оптимальних за певними компонентами векторного критерію за Парето.

2) Пошук рішень, оптимальних за глобальним скалярним критерієм, який отримано шляхом згортки певних компонент векторного критерію.

Параметрична та структурна декомпозиція МСТМ доцільна з урахуванням їх подальшого розвитку.

Вона передбачає послідовний ітераційний синтез структури та визначення внутрішніх параметрів шляхом параметричної оптимізації. При цьому враховуються вимоги до якості функціонування та вартості проекту.

Передбачається, що вимоги до якості функціонування формують систему обмежень на вихідні параметри мультисервісних телекомунікаційних мереж.

На практиці, як правило, оптимізаційна задача зводиться до знаходження мінімуму функціоналу техніко-експлуатаційних витрат. Розрахунок включає витрати, пов'язані з орендою каналів передачі, перераховану вартість мережевого обладнання та інвестиції, необхідні для відповідності встановленим або досяжним стандартам якості роботи.

Ця метрика встановлюється шляхом розгляду сумарної ймовірності задоволення вимог якості обслуговування для різних класів повідомлень, включаючи підсистеми керування, інформаційну безпеку та стабільність мультисервісних телекомунікаційних мереж.

Такий підхід підкреслює багатогранність поставленого завдання.

Одночасно врахування значень пропускної здатності для елементів мережі зв'язку, вибраних із заданого діапазону швидкостей цифрової системи передачі, включає фактор питомих витрат, пов'язаних з орендою каналів передачі. На ці витрати впливають довжина маршруту доставки інформації, тривалість роботи та діючі тарифні ставки.

Наявність важко формалізованих обмежень, багатокритеріальний характер завдання зумовлюють застосування ітераційного алгоритму проектування.

Виходячи з цього, пропонується метод проектування МСТМ, який складається з послідовності взаємопов'язаних етапів.

Останній етап охоплює всебічний аналіз викидів, пов'язаних із підтримкою якості послуг у МСТМ у зв'язку з самоподібною природою вузькосмугового та широкосмугового трафіку.

Цей етап включає в себе формулювання методики, яка містить конкретні заходи, адаптовані до умов самоподібного трафіку в компонентах МСТМ:

1) моделювання процесів формування самоподібного (мультисервісного) трафіку та його обслуговування при різних способах управління, включаючи пріоритетне обслуговування та резервування ресурсів;

2) розрахування показники якості роботи системи масового обслуговування (СМО) з застосуванням самоподібного трафіку та виконати уточнення обсягу накопичувача та визначити продуктивність вузла комутації з урахуванням впровадження рівнів якості обслуговування.

Формулювання мети статті. Мета розробки методики синтезу систем розглядуваного класу полягає в створенні алгоритму проектування МСТМ на основі багатокритеріального підходу.

Така методика повинна забезпечити високу ефективність прийняття управлінських рішень на телекомунікаційних мережах при їх побудові та модернізації.

Основна частина

Виходячи з попереднього аналізу, доцільно вважати, що реалізація процесу синтезу мультисервісних телекомунікаційних мереж відбувається наступним чином.

1) Вихідні дані. Вони складаються з технічного завдання (ТЗ), основного призначення МСТМ, конфігурації та категорій користувачів, номенклатури послуги та базової структури мережі, її підключення, а також застосування комунікаційних технологій і політики безпеки.

2) Формування політики інформаційної безпеки. Вони встановлюються на основі вимог, правил та обмежень що стосується здійснення інформаційної діяльності, спрямованої на досягнення та підтримання належного рівня інформаційної безпеки.

3). Розроблення системи критеріїв якості та відповідних вимог. Підготовка системи показників якості МСТМ, їх взаємозв'язку та вимог з урахуванням рекомендацій, складених на основі міжнародних стандартів МСЕ-Т, ISO 9000, TL 9000. Визначення робочих умов МСТМ та обмеження значень зовнішніх параметрів.

4) Формування унікальної структури МСТМ. Воно засноване на аналітичному описі МСТМ на основі теорії складних систем і теорії графів. Це формує початкову структуру МСТМ, яка розроблена на основі пошуку мережі мінімальної довжини. Припускається, що вона згодом розширюється для забезпечення вимог стабільності, або виділення структур існуючих комунікаційних мереж, які ми надаємо.

5) Розробка маршрутизації та розподіл потоків в МСТМ. Передбачає рішення задач статичної маршрутизації та розподілу потоків за пріоритетами повідомлень, які забезпечують пошук екстремуму для показників якості функціонування МСТМ.

6) Умови формування та обмеження зовнішніх параметрів. Вони визначають умови експлуатації та обмежують зовнішні параметри функціонування МСТМ.

7) Процес побудови математичних моделей для вузлів і мереж, який передбачає використання різноманітних математичних методів і принципів:

- розроблення аналітичних моделей для комутатійних вузлів, використовуючи теорію СМО, які охоплюють різні елементи, такі як прості потоки, фіксовані та експоненціальні довжини пакетів, очікування, втрати, відносні пріоритети та ненадійний сервісний пристрій;

- поставлена задача полягає у визначенні пріоритетів за класами якості послуг і категоріями користувачів, що включає управління трафіком, забезпечення інформаційної безпеки та інші підсистеми МСТМ.

- крім того, необхідно побудувати аналітичну модель комунікаційної мережі шляхом її декомпозиції на багатофазну СМО.

8) Аналіз ефективності функціональних процесів керування МСТМ:

- Визначення методів аналізу та критеріїв щодо правил прийняття рішень;

- Розрахунок показників якості відносно продуктивності для МСТМ, до яких відносяться середній час та ймовірність своєчасної доставки пакетів повідомлень, а також середня довжина черги.

- Визначення узагальненого показника ефективності функціонування (УПЕФ) за допомогою методу стохастичної згортки, тоді як середня мережева ймовірність того, що повідомлення різних класів у мережі доставляються своєчасно, служить УПЕФ. Вони визначаються типами наданих послуг та категоріями користувачів, а також інформаційною безпекою підсистем управління та МСТМ.

9) Оптимізація внутрішніх параметрів мультисервісної телекомунікаційної мережі. Оптимізація побудови МСТМ (функціонал вартості можна мінімізувати, дотримуючись підходу поетапного синтезу для визначення структури та вибору відповідних значень для внутрішніх параметрів, які задовольняють вимогам стабільності та якості обслуговування).

10) Аналіз стійкості мультисервісної телекомунікаційної мережі:

- оцінка елементної та конструктивної надійності, живучості та стійкості МСТМ передбачає розрахунок відповідних показників.

- управління властивістю стійкості мультисервісної телекомунікаційної мережі. При цьому у його структурі відбувається пошук елементів, які володіють характеристиками як низької стабільності, так і високої значущості. При цьому важливість визначається зв'язністю та обсягом уразливих елементів у мережі, а її ранжування – ступенем впливу на загальну стабільність мережі та реалізацією механізмів модифікації. Ці властивості змінюються залежно від структури та захисту елемента.

11) Перевірка відповідності умові стійкості (якщо «ні», то відбувається перехід до п. 12). Початкові значення вибраних внутрішніх параметрів використовуються для оцінки ефективності функціональності, перевірки вимог до якості та стабільності функціональності, а також вартості проекту. Якщо вимоги функціональної якості не виконуються, внутрішні параметри мультисервісної телекомунікаційної мережі оптимізуються.

12) Корекція структури мультисервісної телекомунікаційної мережі (перехід з п. 12 до п. 5, з п. 5 до п. 7, поки не буде отримано вірний результат). Якщо не вдається знайти значення внутрішніх параметрів обраної структури МСТМ, що відповідають вимогам якості проекту, стабільності роботи та вартості, структура мережі зв'язку модифікується. Якщо можливо, ТЗ буде виправлено.

13) Вибір методу керування параметрами МСТМ. Базується на проведенні більш детального дослідження питання забезпечення якості обслуго-

вування мультисервісної телекомунікаційної мережі в умовах самоподібності трафіку при використанні вузькосмугових та широкосмугових послуг.

14) Побудова математичної моделі процесу формування та підтримки мультисервісного трафіку. Моделюється процес формування самоподібного мультисервісного трафіку та його обслуговування за різних методів управління (пріоритетні послуги, резервування ресурсів).

15) Аналіз якості обслуговування в МСТМ. Розрахунок показників якості функціонування СМО з самоподібним трафіком.

16) Перевірка відповідності умові самоподібності трафіку (якщо «ні», то відбувається перехід до п. 13).

При виборі показників якості обслуговування ємність накопичувача та продуктивність вузлів комутації коригуються з урахуванням впровадження класів якості обслуговування. Якщо вимога самоподібності трафіку не виконується, необхідно перейти до розробки методу керування параметрами мультисервісної телекомунікаційної мережі.

17) Підготовка проекту мультисервісної телекомунікаційної мережі. Виконується розробка проектної документації мультисервісної телекомунікаційної мережі.

Висновки

Багатокритеріальний метод проектування мультисервісної телекомунікаційної мережі дозволяє вирішити наступні задачі.

1) На основі узагальнених показників, таких як умови самоподібності трафіку, дослідити ефективність процесу експлуатації мультисервісної телекомунікаційної мережі для різних цілей за різних умов використання.

2) Визначити ефективність процесів надання та інтеграції різних видів послуг з різними вимогами до якості послуг з урахуванням можливостей окремих підсистем управління та інформаційної безпеки.

3) Оптимізувати побудову мультисервісної телекомунікаційної мережі за критеріями забезпечення стійкості, мінімізації техніко-експлуатаційних витрат, забезпечити якість обслуговування з урахуванням введення визначеної класифікації якості обслуговування.

Загалом ці елементи визначають нові шляхи побудови композиційних структур мультисервісної телекомунікаційної мережі та організації зв'язків для окремих дослідницьких завдань. Це дає можливість приймати правильні управлінські рішення щодо синтезу даного класу мереж.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Toroshanko Ya. I. "Management reliability of telecommunication network on the analysis of sensitivity of the complex systems." *Telekomunikatsiini ta informatsiini tekhnolohii* 3 (2016): 31 – 36.
2. Мережі нового покоління для нової України. Інформаційний бюлетень Міжнародного центру перспективних досліджень // [Електронний ресурс], 2006. – Режим доступу: http://www.icps.com.ua/arh/pub/inform_technologies.html
3. <https://beginnersbook.com/2019/03/computer-network-topology-meshstar-bus-ring-and-hybrid/>
4. <https://www.geeksforgeeks.org/difference-between-simplex-half-duplexand-full-duplex-transmission-modes/>

Received (Надійшла) 23.08.2024

Accepted for publication (Прийнята до друку) 13.11.2024

Application of the multi-criterial approach for the synthesis of multiservice telecommunication networks

L. Lievi, O. Yevdochenko, O. Kushch, O. Yastreba, S. Babych

Abstract. The most effective use of multi-service networks occurs with traditional communication operators, which significantly expands the range of services. For the corporate market, the consolidation of all remote divisions into a single multi-service network can significantly increase the efficiency of information exchange and ensure timely availability of data. With the ability to exchange large amounts of data between offices, you can schedule conference calls and video conferences with remote units. All this speeds up the response to changes in the company and ensures timely and optimized management of all processes. A multiservice network is a general-purpose, multi-purpose environment designed to transmit voice, images, and data using packet-switched technology. It is characterized by the reliability characteristics of the telephone network (compared to the unguaranteed quality of communication on the Internet) and provides a low cost of transmitting a unit of information (close to the cost of data transmission on the Internet). The main task of multi-service networks is to ensure the operation of heterogeneous information and telecommunication systems and applications in a single transmission environment, where a single infrastructure is used to transmit ordinary traffic (data) and other information traffic (broadcast, video, etc.). The design algorithm of multi-service telecommunication networks (MSTN) is a process of developing system and technical solutions during their construction with short-term, medium-term and long-term development. The optimization of MSTN design is carried out on the basis of the application of the principles of decomposition, systematic and iterative design, as well as methods of sequential optimization and probabilistic convolution when obtaining generalized criteria. The proposed method makes it possible to move from the solution of a large-dimensional optimization problem to a sequence of tasks that are interdependent in terms of input and output data. As a result, a step-by-step iterative synthesis of the MSTN structure and the selection of the values of the internal parameters by means of parametric optimization are provided, in which the requirements for the quality of functioning and the cost of the project are met. At the same time, the theory, and methods of structural and parametric synthesis of multi-service telecommunication overlay networks were developed based on the development of new models of multi-level, multilayer networks and methods of structural and parametric synthesis, which take into account the presence of physical and logical connections between layers of overlay networks.

Keywords: multi-service network, parametric and structural decomposition, multi-criteria approach, vector criterion, sequential optimization.