

УДК 629.39

В.О. ТАЛАЛАЄВ, Ю.М. ЗДОРЕНКО, Б.Л. ЦИНІЦЬКИЙ

Полтавський військовий інститут зв'язку, Україна

МОБІЛЬНІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ МЕРЕЖІ КРИТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ: ЗАДАЧІ СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧНОГО АНАЛІЗУ І СИНТЕЗУ

Проведений аналіз методів вирішення задач структурно-параметричного аналізу і синтезу мобільних телекомунікаційних мереж критичного застосування (МТКМ КЗ). Визначені вимоги до специфікації задач аналізу і синтезу МТКМ КЗ. Сформульовані задачі структурно-параметричного аналізу і синтезу МТКМ КЗ.

показники ефективності, аналіз, синтез, критичне застосування, цільова специфікація

Задачі аналізу і синтезу в процесах побудови і застосування МТКМ КЗ

Процеси створення і застосування конкретних МТКМ КЗ можуть бути лише тоді ефективними, коли вони забезпечені науково-обґрунтованими моделями і методами розв'язання цілої низки взаємопов'язаних задач аналізу і синтезу. Їх постановка і розв'язання залежить від конкретної мети створення МТКМ КЗ, умов їх застосування та задач для виконання яких створюється мережа. Зміст і послідовність розв'язання задач аналізу і синтезу залежить також від етапів життєвого циклу системи.

У більшості випадків практичної постановки і розв'язання задач аналізу і синтезу МТКМ КЗ вирішуються дві проблеми:

- створюється певний, як правило, інтерактивний, сценарний проект, в якому на основі загальної постановки задачі і вибраного метода її декомпозиції визначається сукупність і послідовність розв'язання часткових задач аналізу і синтезу. Їх постановка і розв'язання повинні бути забезпечені сучасними інструментальними засобами;
- розробляється новий або проводиться адаптація відомих методів, моделей та інструментальних засобів, які дозволяють реалізувати сформований сценарний проект.

В подальшому всю сукупність задач створення і застосування МТКМ КЗ умовно будемо поділяти на

два типи: задачі аналізу і задачі синтезу. Метою розв'язання задач аналізу є виявлення певних закономірностей і властивостей мережі або її складових на основі інструментального дослідження властивостей елементів, підсистем та їх взаємозв'язків. Результати розв'язання задач аналізу, в свою чергу, створюють підґрунтя для постановки і розв'язання задач синтезу, в яких здійснюється побудова мережі або її складових із заданими властивостями. Такий взаємозв'язок задач аналізу і синтезу обумовлює їх спільне використання в процесі розв'язання конкретних задач побудови та застосування мережі. Порядок і правила використання задач аналізу і синтезу в процесі створення МТКМ КЗ задаються відповідними сценарними проектами, які, в свою чергу, можуть виступати в якості об'єктів аналізу і синтезу (рис 1).

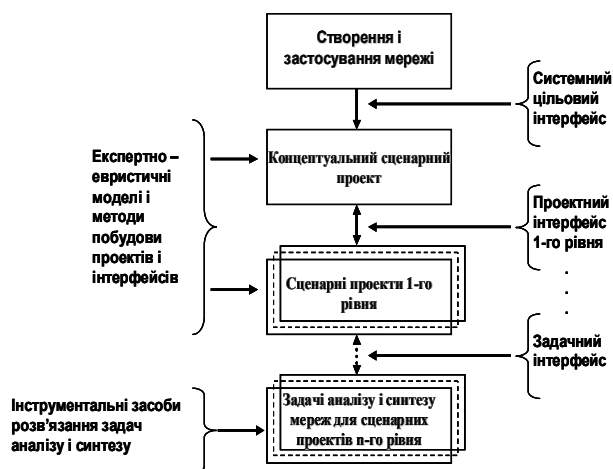


Рис. 1. Структура засобів розв'язання задач побудови і застосування ТКМ

Розробка сценарних проектів для вирішення проблеми побудови і застосування як мережі в цілому, так і її складових, на сьогодні є одною із найменш формалізованих задач, в яких домінуючу роль відіграють експертні та евристичні моделі і методи. У випадку загальної постановки задачі побудови і використання мережі ця задача трансформується в задачу побудови концептуального сценарного проекту, в межах якого забезпечується реалізація сценарних проектів нижчого рівня. Ці сценарії, в свою чергу, формують складові мережі із заданими властивостями. Структура і алгоритми реалізації концептуального сценарного проекту повинні забезпечувати створення МТКМ КЗ із властивостями, які відповідають системному цільовому інтерфейсу між МТКМ і СОТУ.

В залежності від складності і розмірності вихідної задачі побудови і застосування МТКМ КЗ можлива різна глибина „вкладеності” сценарних проектів. Від глибини „вкладеності” і оптимальності побудови інтерфейсів між проектами різних рівнів суттєво залежить точність розв’язання вихідної задачі. В переважній більшості сучасних методів і моделей розв’язання задач аналізу і синтезу телекомунікаційних мереж роль міжпроектних інтерфейсів відіграють показники і критерії ефективності. Тому вибір показників і критеріїв ефективності – один із визначальних етапів у вирішенні задачі побудови і застосування МТКМ КЗ [1].

Показники і критерії ефективності в задачах аналізу і синтезу МТКМ КЗ

Головними показниками для оцінки ефективності МТКМ КЗ як цільової системи є показники, за допомогою яких оцінюються обсяги і якість процесів інформаційного обміну в інформаційно-телекомунікаційній системі (ІТС). Виходячи із цільового визначення ІТС, як системи, що забезпечує формування інформації для управлінських рішень в системі організаційно-технологічного управління (СОТУ) можна стверджувати, що найбільш адекватними показниками і критеріальними правилами ви-

значення ефективності будуть ті, які відображають вплив МТКМ КЗ на якість управлінських рішень в СОТУ. Проте зважаючи на значну розмірність задач аналізу і синтезу СОТУ і складний характер взаємозв’язків між елементами системи та її складовими найбільше розповсюдження отримали декомпозиційно-експертні методи при визначенні показників і критеріїв ефективності мережі.

Суть декомпозиційно-експертних методів зводиться до розв’язання двох взаємопов’язаних задач: визначення сукупності параметрів інформаційного обміну, як факторів визначального впливу на інформаційні процеси в ІТС і формування критеріальних правил, які є відображенням механізмів впливу показників інформаційного обміну на якість процесів в ІТС.

Параметри інформаційного обміну, як фактори визначального впливу МТКМ КЗ на ефективність СОТУ

Як було зазначено вище мета функціонування МТКМ КЗ – забезпечення інформаційного обміну між об’єктами СОТУ. Оскільки об’єктами розгляду виступають процеси передачі інформації доцільно при їх оцінці використовувати класичні підходи щодо оцінки ефективності процесів передачі інформації. Як відомо, суть їх зводиться до ствердження щодо визначального впливу на процеси в СОТУ показників обсягу і якості інформаційного обміну (рис. 2).

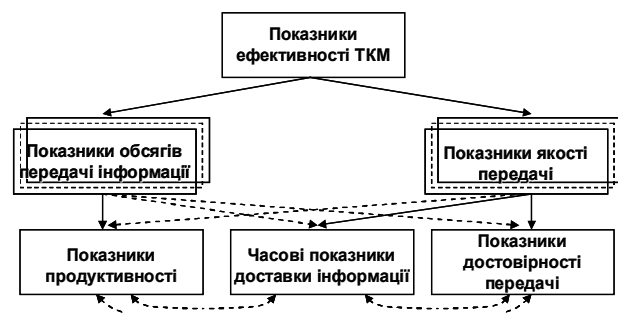


Рис. 2. Показники ефективності ТКМ

У більшості випадків при визначенні чисельних показників ефективності інформаційного обміну в ІТС до уваги беруться дві групи показників: перша група визначає кількісну міру обсягів інформації

переданої в системі у співвідношенні до обсягів, які були пред'явлені до передачі. Друга група показників є кількісною мірою якості процесу передачі інформації між об'єктами системи. При такому підході ідеальною вважається та МТКМ КЗ, в якій всі обсяги інформації, які були пред'явлені до передачі доставлені до адресатів без втрат її цінності, а зміст отриманої інформації повністю відповідає змісту переданої. Однак в реальних умовах існують деструктивні фактори, які унеможливають існування такої ідеальної мережі. Причинами цьому є:

- обмеженість телекомунікаційних ресурсів ;
- флуктуаційна, ймовірна природа потоків запитів на інформаційний обмін;
- нестационарність і функціональна залежність потоків запитів на інформаційний обмін;
- ймовірнісний, агресивний вплив середовища, в якому здійснюється передача інформації;
- просторова розосередженість об'єктів обміну;
- рухливість елементів мережі та її абонентів.

На сьогодні в класичній інтерпретації показників ефективності інформаційного обміну найбільше розповсюдження отримали три групи показників [2]:

- 1) показники продуктивності;
- 2) ймовірно-часові показники доставки інформації;
- 3) показники достовірності переданої інформації.

Перша група показників характеризує здатність мережі забезпечувати передачу заданих обсягів інформації в одиницю часу. У більшості випадків використовується кількісна міра, яка визначає число повідомлень, переданих мережею між об'єктами СОТУ в одиницю часу:

$$W = \frac{N_p}{t} . \quad (1)$$

Оскільки передача повідомлень в мережі є процесом ймовірнісним, то і показники продуктивності визначаються як числові параметри такого ймовірнісного процесу. І розрахункових моделях у більшості випадків при оцінці показників продуктивності мережі застосовуються числові параметри вихідного потоку повідомлень, який пройшов „обслуговуван-

ня” мережею при дотриманні заданих показників якості передачі. При цьому термін „обслуговування” визначає факт успішної передачі повідомлення від відправника до отримувача при дотриманні вимог щодо якості і своєчасності передачі.

Друга група показників ефективності характеризує здатність мережі забезпечувати своєчасну передачу повідомлень між об'єктами СОТУ. Як і попередня група показників показники своєчасності є часовими параметрами ймовірнісного процесу і тому за своєю природою являються ймовірнісними. В практиці аналізу і синтезу телекомунікаційних мереж здебільшого використовуються часові параметри потоків повідомлень на виході мережі, які пройшли обслуговування мережею при дотриманні вимог до якості передачі.

$$T_0 = M\{t_0\} \Big|_{v=v_3} , \quad (2)$$

де t_0 – випадкова величина, яка визначає час передачі повідомлення; v – кількісна міра якості передачі повідомлень; v_3 – задана міра якості передачі повідомлень.

Третя група показників визначає якість передачі повідомлень в мережі і кількісно оцінює спотворюючий вплив завад середовища на інформацію, що передається. Як і в попередніх випадках процес впливу середовища у переважній більшості моделей визначається на основі ймовірнісних моделей. Тому здебільшого показниками якості є відповідні параметри ймовірнісного процесу передачі інформації. Проте на відміну від попередніх показників показники якості відображають параметри „внутрішньої” структури повідомлень, які пройшли обслуговування в мережі. Вони є чисельною характеристикою міри спотворень інформації, яка передавалась в мережі. В більшості практичних випадків в якості такої міри виступають кількісні показники долі спотвореної в повідомленнях інформації:

$$V = \frac{N_0}{N} , \quad (3)$$

де N_0 – кількісна міра обсягу спотвореної інформації у повідомленні; N – загальний обсяг повідомлення.

Механізми впливу показників ефективності інформаційного обміну на ефективність СОТУ. Загальна структура системних цільових специфікацій

Визначення множини показників інформаційного обміну як визначальних факторів впливу на ефективність процесів в СОТУ є першим етапом формування вихідних даних в задачах аналізу і синтезу телекомунікаційних мереж. Для більш адекватного відображення інтерфейсних взаємодій сценарних проектів в задачах аналізу і синтезу МТКМ КЗ сукупність показників ефективності повинна бути доповнена визначеннями механізмів їх впливу на показники. В більшості випадків опис такого механізму зводиться до формування критеріальних правил, які визначають межі допустимих значень показників, а також дозволяють визначати кращі значення показників ефективності з точки зору їх впливу на процеси в СОТУ. В науково-технічній літературі сукупність таких правил отримали назву критеріїв ефективності. Таким чином, задача інтерфейсної взаємодії різнорівневих сценарних проектів і формування вихідних даних для задач аналізу і синтезу може бути визначена як задача формування множин показників і критеріїв ефективності.

Ствердження щодо визначального характеру впливу на ефективність СОТУ наведених вище груп показників базується на загальновідомому якісному постулаті щодо монотонної залежності ефективності процесів управління від обсягів інформації, якою обмінюються об'єкти СОТУ та якості її передачі (рис. 3). Проте таке ствердження може бути умовно сприйняте як достатнє у випадку, коли мова іде про телекомунікаційні мережі загального користування. Дійсно, такі мережі обслуговують значну кількість СОТУ різноманітного призначення, а тому в таких мережах відбувається нівелювання подій зворотного впливу показників обсягу і якості інформаційного обміну на ефективність процесів СОТУ в силу дуже малої інтенсивності таких подій і значної кількості СОТУ. Проте у нашому випадку мова іде про мережу яка обслуговує невелику кількість

СОТУ, між якими існують тісні корпоративні зв'язки. Тому події зворотного впливу показників ефективності МТКМ КЗ на ефективність СОТУ уже не можуть бути не враховані [3].

Головними причинами, які спричиняють появу подій зворотного впливу показників обсягу і якості передачі інформації на показники ефективності СОТУ є нерівнозначність з точки зору впливу на прикладні інформаційні процеси повідомлень які передаються в мережі. Другими словами, різне семантичне наповнення повідомлень, що передаються може спричинити появу явищ, коли при загальному збільшенні обсягів передачі і покращенні її якості спостерігається падіння (інколи різке) ефективності процесів в СОТУ. Таке явище пояснюється тим фактом, що в незначне число повідомлень, які були при цьому непередані, або передані з недопустимим зниженням якості попали ті, зміст яких мав суттєвий (а в деяких випадках вирішальний) вплив на процеси формування управлінських рішень в СОТУ (рис. 3).

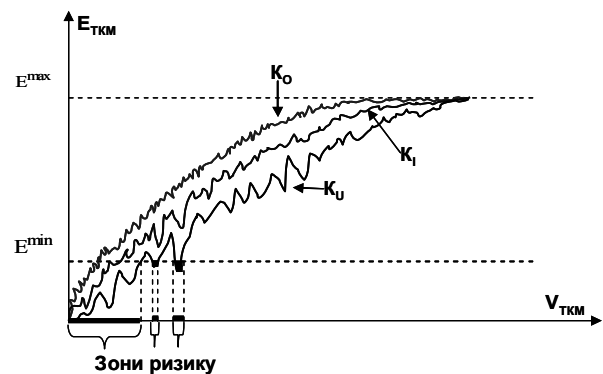


Рис. 3. Залежність ефективності СОТУ від обсягів повідомлень ($K_0 > K_1 > K_U$; K_0 – ТКМ загального користування; K_1 – корпоративна ТКМ; K_U – унітарна ТКМ)

На сьогодні головним засобом уникнення явищ зворотного впливу показників ефективності на процеси в СОТУ є механізми категорювання та пріоритетної передачі повідомлень в телекомунікаційних мережах. Використання таких механізмів передбачає категорювання напрямків інформаційного обміну, а також забезпечення переваг в наданні більш якісних ресурсів мережі для повідомлень виділеного класу. Для реалізації таких механізмів в складі специфікацій інтерфейсних взаємодій повинні бути передбачені

відповідні сегменти вихідних даних.

Одною із найбільш складних, з точки зору застосування формалізованих методів в задачах аналізу і синтезу, на сьогодні є проблема векторності і багатокритеріальності. Як витікає із попередніх розділів МТКМ КЗ як об'єкт задач аналізу і синтезу за своєю природою є об'єктом просторово-часовим, якість процесів в якому має багатофакторний механізм впливу на процеси в СОТУ. Переважна більшість сучасних формалізованих методів розв'язання задач аналізу і синтезу в таких випадках передбачає використання спеціальних методів, в тому числі і експертного характеру. Тому системні цільові специфікації задач аналізу і синтезу МТКМ КЗ неодмінно повинні мати у своєму складі відповідні сегменти вихідних даних.

При створенні МТКМ КЗ в складі вихідних даних передбачається використання значної кількості параметрів природа яких є статистичною, експертною або невизначеною. Для уникнення неминучих в такому випадку протиріч між вимогами до точності результатів і значним рівнем невизначеності в системних цільових специфікаціях необхідно передбачати відповідні механізми компенсації невизначеності, або адаптацію і корегування отриманих рішень в процесі поповнення вихідних даних і покращення їх точності.

Наведені міркування щодо формування вихідних даних для задач аналізу і синтезу МТКМ КЗ дозволяють зробити ряд наступних важливих висновків:

1. Завдання вихідних даних в задачах аналізу і синтезу МТКМ КЗ не є задачею тривіальною і не може бути зведене до простого завдання сукупності параметрів та показників і вимог до їх значень.

2. Розв'язання задач аналізу і синтезу МТКМ КЗ буде більш адекватними і точними, якщо завдання вихідних даних буде розглядатися як задача формування системної специфікації для інтерфейсних взаємодій сценарних проектів різних рівнів при декомпозиції загальної задачі створення і застосування МТКМ КЗ.

3. Специфікація задач аналізу і синтезу МТКМ КЗ повинна відображати як головні показники і критерії ефективності, які безпосередньо впливають на

ефективність процесів в СОТУ так і допоміжні. Останні, в свою чергу, конкретизують і доповнюють головні показники і критерії і відображають специфіку умов застосування МТКМ КЗ. Виходячи із цього в подальшому будемо розрізняти цільову специфікацію і допоміжні специфікації.

4. В складі як цільової так і додаткових специфікацій обов'язковими елементами повинні бути: показники і критерії ефективності; вимоги до областей значень показників і критеріїв ефективності; правила і механізми застосування показників і критеріїв при розв'язанні задач аналізу і синтезу; опис правил і методів для подолання векторності і багатокритеріальності; вихідні дані для застосування механізмів усунення невизначеності вихідних даних і покращення точності рішень та ін. Варіант загальної структури системної цільової специфікації показаний на рис. 4.

Загальна концептуальна модель задач аналізу і синтезу МТКМ КЗ

Як було зазначено в попередніх розділах головним завданням і метою створення МТКМ КЗ є забезпечення інформаційного обміну між об'єктами СОТУ. Було також встановлено, що показниками досягнення мети створення МТКМ КЗ є три групи показників ефективності інформаційного обміну. Саме показники цих трьох груп складають основу цільової специфікації задачі аналізу і синтезу МТКМ КЗ. Спрощена загальна концептуальна модель взаємодії інформаційних процесів в СОТУ приведена на рис. 5.

Основні функціональні взаємодії процесів в СОТУ умовно відображаються наступними функціональними рівняннями [4]:

$$I_y = R\{Z_{vux}^T(x, y, t), Z_{vux}^I(x, y, t), O(x, y), S^o(x, y, t)\}; \quad (4)$$

$$Z_{vux}^T(x, y, t) = T\{Z_{gx}^T(x, y, t), R(x, y), S^T(x, y, t)\}; \quad (5)$$

$$Z_{vux}^I(x, y, t) = J\{Z_{gx}^I(x, y, t), I_R(x, y, t), S^I(x, y, t)\}. \quad (6)$$

Функціонал R є основним цільовим функціоналом СОТУ оскільки визначає залежність інформації управління від основних впливових факторів:

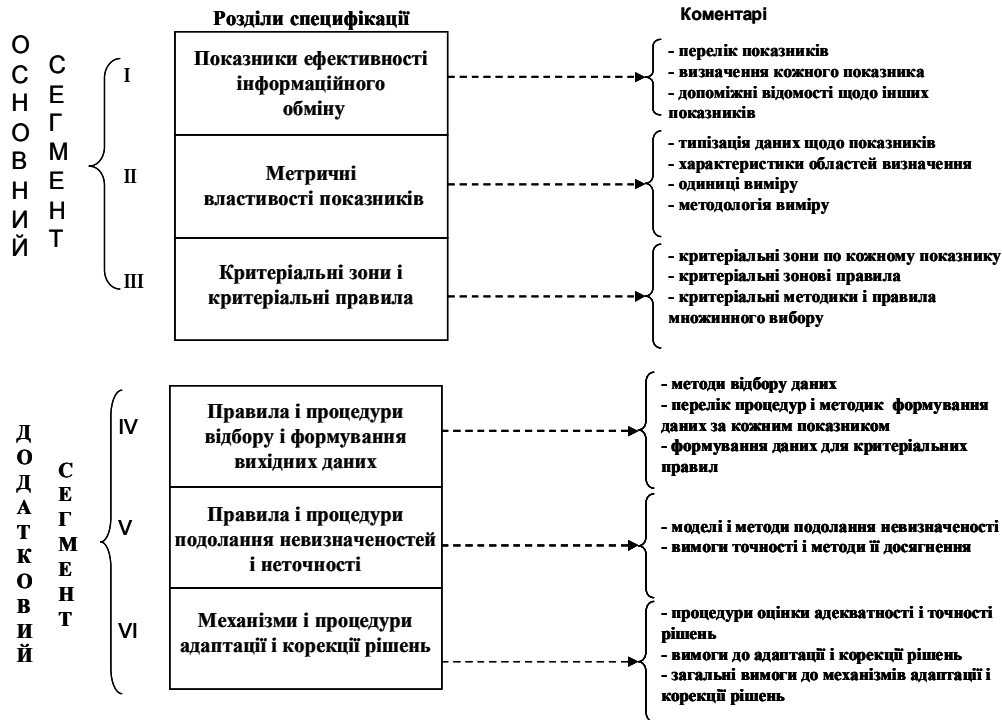


Рис. 4. Загальна структура системних специфікацій в задачах аналізу і синтезу ТКМ

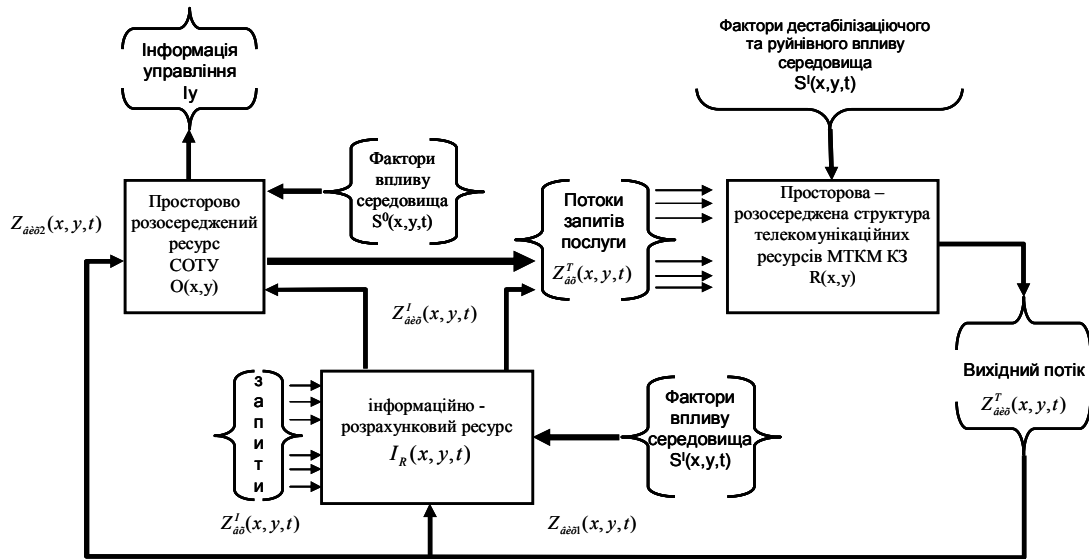


Рис. 5. Загальна концептуальна модель взаємодії інформаційних процесів в COTU

- обсягів і якості процесів інформаційного обміну між об'єктами COTU – $Z(x,y,t)$;
- обсягів і якості розв'язання інформаційно-розрахункових задач – $Z(x,y,t)$;
- параметрів потужності і якості організаційного ресурсу COTU – $O(x,y)$;
- факторів впливу середовища функціонування – $S(x,y,t)$.

В свою чергу показники обсягів і якості процесів інформаційного обміну залежать від просторово-

часових параметрів входного потоку запитів на телекомунікаційні послуги $Z(x,y,t)$, параметрів і показників телекомунікаційного ресурсу $R(x,y)$ і дестабілізуючого і руйнівного впливу середовища функціонування МТКМ КЗ $S(x,y,t)$. Аналогічно визначаються функціональні залежності для інформаційно-розрахункової системи COTU.

В подальшому предметом детального розгляду буде основний телекомунікаційний функціонал T , оскільки саме він визначає загальну постановку за-

дач аналізу і синтезу МТКМ КЗ. Вираз (5) є просто-рочно-часовою формою запису телекомунікаційного функціоналу, оскільки визначає стан вихідного процесу передачі повідомлень для елемента МТКМ КЗ з координатами (x,y) в момент часу t . Для випадку коли в межах розгляду допускається сталість структури мережі для функціонала T може бути використана матрична форма запису:

$$\|Z_{\text{вих}}^T(t)\| = T^M \left\{ \|Z_{\text{вх}}^T(t)\|, G(N, M), P(N, M, t) \right\}, \quad (7)$$

$$\text{де } \|Z_{\text{вих}}^T(t)\| = \begin{pmatrix} Z_{11}^{\text{вих}}(t) & Z_{12}^{\text{вих}}(t) & \dots & Z_{1n}^{\text{вих}}(t) \\ Z_{21}^{\text{вих}}(t) & Z_{22}^{\text{вих}}(t) & \dots & Z_{2n}^{\text{вих}}(t) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ Z_{n1}^{\text{вих}}(t) & Z_{n2}^{\text{вих}}(t) & \dots & Z_{nn}^{\text{вих}}(t) \end{pmatrix},$$

$Z(t)$ – потік вихідних(переданих) повідомлень від i -го до j -го вузла ТКМ;

$$\|Z_{\text{вх}}^T(t)\| = \begin{pmatrix} Z_{11}^{\text{вх}}(t) & Z_{12}^{\text{вх}}(t) & \dots & Z_{1n}^{\text{вх}}(t) \\ Z_{21}^{\text{вх}}(t) & Z_{22}^{\text{вх}}(t) & \dots & Z_{2n}^{\text{вх}}(t) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ Z_{n1}^{\text{вх}}(t) & Z_{n2}^{\text{вх}}(t) & \dots & Z_{nn}^{\text{вх}}(t) \end{pmatrix},$$

де $Z(t)$ – потік запитів на інформаційний обмін від i -го до j -го вузла ТКМ; $G(N, V, R)$ – зважений граф, який відображає структуру мережі і параметри її елементів; $P(N, M, t)$ – граф факторів агресивного впливу середовища, який для кожного елемента мережі узагальнює дестабілізуючу і руйнівну дію факторів середовища.

Запис основних функціональних взаємодій у вигляді функціоналів T і T^M дає можливість сформулювати загальну задачу аналізу і синтезу МТКМ КЗ.

Загальні задачі структурно-параметричного аналізу МТКМ КЗ

Задача 1а. На основі аналізу функціональних взаємодій процесів в СОТУ визначити основні закономірності і властивості взаємодій процесів інформаційного обміну з прикладними інформаційними процесами СОТУ і на їх основі сформулювати цільові специфікації для задач аналізу і синтезу МТКМ КЗ;

Задача 2а. На основі відомих закономірностей і властивостей прояву дестабілізуючих і руйнівних факторів середовища функціонування МТКМ КЗ,

а також їх впливу на ефективність процесів інформаційного обміну сформулювати допоміжні системні специфікації задач аналізу і синтезу МТКМ КЗ.

Задача 3а. За допомогою відомих та розробки нових моделей і методів провести дослідження впливу основних параметрів телекомунікаційного ресурсу $R(x,y)$ на показники ефективності цільових і допоміжних специфікацій.

Загальна задача структурно-параметричного синтезу МТКМ КЗ

Задача 1с. Сформулювати комплекс організаційно-технічних рішень щодо структурної організації мережі, її топології, основних підсистем і елементів, а також визначити параметри структурних елементів, при яких з мінімальними затратами можуть бути досягнуті вимоги цільової і допоміжних специфікацій.

Література

1. Безкорвайный М.М., Костогрызов А.И., Львов В.М. Инструментально-моделирующий комплекс для оценки качества функционирования информационных систем «КОК[©]»: Руководство системного аналитика. – М.: Вооружение. Политика. Конверсия, 2002. – 305 с.
2. Фрэнк Г., Фриш И. Сети, связь и потоки: Пер. с англ. / Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Связь, 1978. – 448 с.
3. Гуржій А.М., Коряк С.Ф., Самсонов В.В., Складаров О.Я. Контроль та керування корпоративними комп'ютерними мережами: інструментальні засоби та технології. – Х., 2003. – 664 с.
4. Романов А.И. Телекоммуникационные сети и управление: Учебное пособие. – К.: Издательско-полиграфический центр «Киевский университет», 2003. – 247 с.
5. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Основы сетей передачи данных. – М.: ИНТУИТ.РУ, «Интернет Университет Информационных технологий», 2003. – 248 с.

Надійшла до редакції 27.02.2006

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.С. Харченко, Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «ХАІ», Харків.