

СИНТЕЗ СТРУКТУРИ МОДЕЛІ КОНТРОЛЬОВАНОГО ОБ'ЄКТА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИМИ МЕРЕЖАМИ

Kil'meninov O. A. The synthesis of model structure controlled object of management infocommunications networks. The actual problems of determining the control object to create a management model during their design are investigated. The personal touches of control the system by difficult objects are certain: capacity for an evolution in time, presence of plenty of contradictory criteria of management, presence of the controlled objects the conduct of which determines the conduct of all of object to a great extent. It is proposed to use a simple criteria for synthesis of control system in telecommunications networks. The determination method of the control object model for TMN management systems is designed.

The analysis of the main categories of structural facility management is represented: dynamic, nonlinearity, stochasticity and non-stationary object model. It is shown that the structural categories do not define the model structure and determine the type of structure that comes to choosing the language describing the object – model. The process of synthesis operator model object is analyzed. The problems of implementing object models and management process are considered.

Keywords: telecommunication network, management system, structural categories, control object, management model, case management, synthesis process

Кільменінов О. А. Синтез структури моделі контрольованого об'єкта системи управління інфокомунікаційними мережами. Розроблено методику визначення об'єкта управління для моделі систем управління TMN. Представлено аналіз основних структурних категорій об'єкта управління: динамічність, нелінійність, стохастичність і нестационарність моделі об'єкта. Показано, що структурні категорії не визначають структури моделі, а визначають тип її структури, який зводиться до вибору мови опису об'єкта – моделі. Проаналізований процес синтезу оператора моделі об'єкта.

Ключові слова: телекомунікаційна мережа, система управління, структурні категорії, контрольований об'єкт, модель управління, ситуаційне управління, процес синтезу

Кильменинов А. А. Синтез структуры модели контролируемого объекта системы управления инфокоммуникационными сетями. Разработана методика определения объекта управления для модели систем управления TMN. Представлен анализ основных структурных категорий объекта управления: динамичность, нелинейность, стохастичности и нестационарности модели объекта. Показано, что структурные категории не определяют структуры модели, а определяют тип ее структуры, который сводится к выбору языка описания объекта – модели. Проанализирован процесс синтеза оператора модели объекта.

Ключевые слова: телекоммуникационная сеть, система управления, структурные категории, контролируемый объект, модель управления, ситуационное управление, процесс синтеза

Вступ. Постановка задачі

Розвиток сучасних телекомунікаційних мережі відбувається в умовах конвергенції послуг, технологій та різних галузей інфокомунікаційної індустрії [1-3].

Під час проектування систем управління (СУ) слід враховувати ту особливість, що інфокомунікаційні мережі характеризуються значною різномірністю використовуваних протоколів та обладнання. Досить важливою задачею при цьому є забезпечення властивості інваріантності до випадкових збурюючих факторів [4-7]. Показано, що принцип інваріантності реалізується шляхом розбиття просторово-часових векторів зовнішніх впливів на скінченне число областей, в межах кожної з яких вибирається одне і те ж управління.

В роботах [8, 9] отримане розбиття простору векторів зовнішніх впливів на області з умов інваріантності для “надзвичайного” режиму при неповній апіорній інформації про характеристику об’єкту. Інваріантність щодо збурень параметрів об’єкту забезпечується тут не критерієм поточної ідентифікації об’єкту, а шляхом прямого відновлення меж між суміжними ситуаціями управління.

Під час розробки СУ перед розробниками все частіше постає задача, коли об’єктами управління є системи досить складної природи. Такі об’єкти прийнято називати “великими системами”, однак не існує чіткого визначення таких систем. Досить часто в науковій літературі [10-12] можна зустріти лише ті характерні особливості, які не дозволяють при управлінні такими системами і, зокрема, при створенні моделей таких систем, дотримуватися традиційних методів, що розвиваються в теорії ідентифікації.

В роботі [13] сформульовано одне з бачень поняття “складний об’єкт” з точки зору інфокомунікаційної системи, а в [14] розглянуті питання оптимізації параметрів систем управління телекомунікаційними мережами, як один з етапів процесу моделювання. Проаналізовано та виконано порівняння методів зведення векторного синтезу до скалярного.

В роботах [15, 16] розглянуті основні задачі та підходи до побудови інтелектуалізованих систем управління телекомунікаційними мережами

Як показує аналіз літературних джерел можна зробити **висновки щодо актуальності досліджень в області синтезу моделей як систем управління, так і об’єкту управління управління – контрольованого об’єкту, так і систем управління**, що мають здатність до самоприспособування, самонавчання та самоорганізації.

Системи управління складними об’єктами.

За останні роки розробники все частіше вирішують задачі проектування складних систем управління (СУ) об’єктами телекомунікацій. Тому об’єкти, для яких виникає задача вироблення нових концепцій при побудові СУ, тобто великих систем, представляють особливий інтерес.

Проаналізуємо характерні риси СУ та їх моделей, які виникають при проектуванні таких систем.

1. *Здатність до еволюціонування в часі.* Структура таких систем і їх функціонування не залишаються незмінними в часі. Нині телекомунікаційна мережа, яка виникла шляхом еволюції від розрізнених локальних мереж через об’єднання мереж в єдину інформаційну інфраструктуру, використовується не тільки за своїм прямим призначенням, але і є мережею передавання даних між обчислювальними машинами.

Складність прогнозування можливої еволюції структури для об’єкта типу різномірної телекомунікаційної мережі унеможливорює застосування централізованої яка забезпечила б роботу мережі. Лише перехід до децентралізованого управління, управління локальними підсистемами з локальними функціями забезпечив би доцільне використання можливостей різномірної телекомунікаційної мережі зв’язку.

2. *Наявність великої кількості суперечливих критеріїв управління.* Як правило, ці критерії навіть не підлягають чіткому формулюванню. Це, насамперед, вірогідність управляючої інформації, її мінімальна кількість, затримка, вартість.

3. *Присутність КО, поведінка яких значною мірою визначає поведінку всього об’єкта.* На відміну від автоматів КО мають не жорстко детерміновану поведінку, а поведінку пов’язану з багатьма можливими режимами роботи. Це ускладнює прогнозування поведінки об’єкта управління, особливо тоді, коли є великий спектр зовнішніх впливів. У цьому разі доцільно використовувати вірогідність моделі прогнозування.

Синтез моделі. Структурні категорії

При побудові моделі КО в теорії управління розглядали за початковий не унікальний об'єкт, а деякий типовий. Як тільки модель об'єкта (наприклад, у вигляді диференціального управління) була складена, її можна було використовувати для всіх об'єктів аналогічного типу. Модель управління первинною мережею не може використовуватися при управлінні інтелектуальною мережею. Щоразу модель має складатися заново, оскільки в ній повинні відображатися всі особливості, властиві саме даному об'єкту. Крім того, внаслідок еволюціонування структури і функціонування об'єкта, потрібно мати модель відкритого типу, яка під час свого функціонування має збагачуватися і змінюватися.

Процес синтезу оператора F моделі об'єкта F^0 (або її елементів) зводиться до визначення структури St цієї моделі і її параметрів $C = (c_1, \dots, c_k)$, тобто оператор моделі F представляється у вигляді пари

$$F = \langle St, C \rangle, \quad (1)$$

а зв'язок входів і виходів моделі у вигляді

$$Y = F_{St}(X, U, C), \quad (2)$$

де F_{St} — оператор перетворення зі структурою St , параметри якого для зручності винесені в змінні C . (Індекс St надалі опускається, тому що оператор без структури не існує). Подання оператора перетворення у вигляді (2) і є результатом параметризації моделі, для якої визначається структура St , а невідомими залишаються параметри моделі C .

Основні структурні категорії об'єкта управління наступні:

Динамічність. З погляду динаміки об'єкта управління доцільно розглянути статичну й динамічну структури об'єкта.

Структуру об'єкта будемо називати статичною, якщо для його опису досить залучити модель у вигляді функції F , і динамічною, якщо для адекватного опису необхідно залучити операторів з пам'яттю (наприклад, диференціальні оператори, інтегратори, запізнювання й т.д.).

Прикладом статичної структури є структура, утворена розкладанням виходу об'єкта по певній системі лінійно-незалежних функцій входів:

$$y = \sum_{i=1}^k c_i \varphi_i(X, U), \quad (3)$$

де $\{\varphi_i(\dots)\}$ — задана система функцій входів, вибір якої й визначає вибір статичної структури об'єкта: c_1, \dots, c_k — параметри об'єкта, обумовлені на етапі ідентифікації.

Прикладом динамічної структури при $n=m=1$ ($X=x, Y=y$) є модель, описувана лінійним диференціальним рівнянням

$$\frac{d^p y}{dt^p} + a_{p-1} \frac{d^{p-1} y}{dt^{p-1}} + \dots + a_1 \frac{dy}{dt} + a_0 y = b_l \frac{d^l x}{dt^l} + \dots + b_1 \frac{dx}{dt} + b_0 x \quad (4)$$

або в компактній формі

$$\sum_{i=1}^p a_i y^{(i)} = \sum_{j=1}^l b_j x^{(j)}$$

де $y^{(i)} = \frac{d^i y}{dt^i}$, $x^{(j)} = \frac{d^j x}{dt^j}$, $a_i (i = 0, \dots, p-1)$ і $b_j (j = 0, \dots, l)$, $a_p = 1$ — параметри безперервної моделі.

У дискретному випадку рівняння (1.9) записується в рекурентній (кінцево-різницевої) формі:

$$y_r = \sum_{i=1}^p d_i y_{r-i} + \sum_{j=1}^{l+1} e_j x_{r-j+1}$$

де d_1, \dots, d_p і e_1, \dots, e_{l+1} – параметри дискретної моделі;

x_r і y_r — значення входу й виходу моделі в r -й момент часу (час у цьому випадку передбачається дискретним, тобто $t=r=1,2,\dots$)

Наприклад, модель такого об'єкта, як маятник при малих відхиленнях, має структуру виду

$$\frac{d^2y}{dt^2} + a_1 \frac{dy}{dt} + a_0 y = b_0 x(t)$$

де y – кут відхилення маятника від вертикалі, а $x(t)$ – зовнішня сила, що впливає на маятник. У дискретному випадку модель маятника записується у вигляді кінцево-різницевого виразу

$$y_r = d_1 y_{r-1} + d_2 y_{r-2} + e_1 x_r$$

Кінцево-різницевий вид моделі розповсюджений для опису поведінки складних систем.

Нелінійність. З погляду реакції на зовнішній вплив об'єкти зручно підрозділяти на лінійні й нелінійні. Під лінійним об'єктом будемо мати на увазі такий об'єкт, реакція якого на суму двох будь-яких зовнішніх збурювань $X_1(t)$ і $X_2(t)$ дорівнює сумі реакцій на ці збурювання, тобто

$$F^0(X_1(t) + X_2(t)) = F^0(X_1(t)) + F^0(X_2(t))$$

при дотриманні умови $F^0(0) = 0$, тобто об'єкт повинен бути центрований.

Лінійна статична структура описується звичайною лінійною залежністю

$$y = c_1 x_1 + \dots + c_n x_n$$

і в загальному виді (при лінійності по X і U)

$$y = \sum_{i=1}^n c_i x_i + \sum_{j=1}^q c_n + j^u j$$

Типовим прикладом нелінійної статичної залежності є параметри сигналу.

Маятник при великих відхиленнях є іншим прикладом нелінійної структури

$$\frac{d^2y}{dt^2} + a_1 \frac{dy}{dt} + a_0 \sin y = b_0 x(t)$$

Стохастичність. Стохастичний характер структури об'єкта пов'язаний з наявністю в об'єкті й у середовищі різних неконтрольованих, але істотних факторів, які можна моделювати статистично:

$$Y = F(X, U, E(t)),$$

де $E(t)$ – випадковий процес, що моделює наявну невизначеність об'єкта й середовища. Ця невизначеність може бути зв'язана як зі швидкою зміною параметрів об'єкта, так і з перешкодами, що накладаються на виміри входу й виходу об'єкта.

Так чи інакше, але стохастичний об'єкт поводить, неоднозначно в однакових ситуаціях, що моделюється: випадковим вектором $E(t)$, статистичні властивості якого повинні бути задані. У найпростішому випадку маємо:

$$Y = F(X, U) + E(t)$$

Прикладом такого стохастичного об'єкта є: будь-який біологічний організм - в однакових умовах поводить по-різному. У цьому випадку вираження $F(X, U)$ описує поведінку об'єкта, що строго залежить від зовнішніх умов, а всі відхилення від цього регулярного поведінки утворюють «випадкову заваду» $E(t)$.

Нестационарність. Нестационарність об'єкта пов'язана з детермінованою або випадковою зміною в часі оператора F^o об'єкта. Якщо ця зміна відбувається досить повільно, у вигляді дрейфу параметрів, то його можна не враховувати, тому процес корекції (адаптації) моделі на кожному кроці управління дозволяє налагоджувати модель і тим самим компенсувати зазначений дрейф. При швидкій зміні F^o характер нестационарності необхідно врахувати в структурі моделі у вигляді жності F від часу:

$$Y = F_t(X, U, C) = F(X, U, Z, t),$$

де час t є параметром.

Наприклад, при лінійній зміні параметрів моделі одержуємо

$$C = C_0 + C_1 t,$$

де C_0, C_1 — параметри моделі і її зміни, які повинні бути визначені на наступному етапі ідентифікації.

Прикладом такої нестационарності є “старіння” об'єкта, тобто його амортизація в часі. Це старіння виражається в певній зміні його характеру, що й робить об'єкт нестационарним.

Слід зазначити, що зазначені структурні категорії ще не визначають структури моделі, а скоріше тип її структури. Сам по собі процес вибору структури моделі об'єкта або його елементів зводиться до вибору мови опису об'єкта. Цей опис і є модель.

Прикладами такого роду описів є лінійна алгебра – для синтезу лінійних статистичних моделей типу, лінійні диференціальні рівняння – для синтезу безперервних лінійних динамічних моделей типу, кінцево-різницевої рівняння – для синтезу дискретних лінійних динамічних моделей типу і та ін.

Висновки

Визначені характерні риси систем управління складними об'єктами: здатність до еволюціонування в часі, наявність великої кількості суперечливих критеріїв управління, присутність контрольованих об'єктів, поведінка яких значною мірою визначає поведінку всього об'єкта. Описаний процес синтезу оператора моделі об'єкта. При цьому показана доцільність для синтезу систем управління телекомунікаційними мережами використовувати більш прості критерії. Представлено аналіз основних структурних категорій об'єкта управління: динамічність, нелінійність, стохастичність і нестационарність моделі об'єкта. Показано, що структурні категорії не визначають структури моделі, а визначають тип її структури, який зводиться до вибору мови опису об'єкта – моделі.

Література

1. Яновский Г. Г. Конвергенция в инфокоммуникационных сетях [Электронный ресурс] / Г. Г. Яновский. – С.Пб.: 2010. – 172 с. // Режим доступа : http://seti.sut.ru/admin61/editor_files/file_upload/conv_info.pdf
2. Олифер В. Г. Компьютерные сети: принципы, технологии, протоколы / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – [3-е изд.]. – СПб.: Питер, 2008. – 958 с.
3. Global Information Infrastructure, Internet protocol aspects and next-generation networks // ITU-T Recommendation Y. – 2008.
4. Гордеев Э.Н. Использование современных технологий в системах управления сетями / Э.Н. Гордеев // Электросвязь.– 2005.– № 5.– С. 12-17.
5. Стеклов В.К. Основы управления сетями та послугами телекомунікацій: підруч. для студ. вищ. навч. закл. за напрямком «Телекомунікації» / В.К. Стеклов, Є.В. Кільчицький. – К.: Техніка, 2002. – 438 с.

6. Жураковський Б. Ю. Об'єктно-орієнтована модель системи управління мережею NGN / Б. Ю. Жураковський // Вісник Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій. – 2012. – Т.10, № 3. – С. 81- 84.
7. Нетес В. А. Управление сетями: стандарты, проблемы и перспективы / В. А. Нетес, Н. В. Трубникова // Вестник связи. – 2000. – № 2. – С. 83-88.
8. Стеклов В. К. Оценка объёма управляющей информации в информационных сетях / В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман // Электросвязь. – 2000. – №6. – С.34-37.
9. Постановка задачі оцінки обсягу управляючої інформації у системі управління інтелектуальною мережею / [В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман, Ю. О. Лев, С. І. Мніщенко] // Информатика и связь. –1996. – №1. – С. 75-87.
10. Стеклов В. К. Сучасні системи управління в телекомунікаціях / В. К. Стеклов, Б. Я. Костік, Л. Н. Беркман ; за заг.ред. В.К. Стеклова. – К.: Техніка, 2005. – 400 с.
11. Стеклов В. К. Оптимізація та моделювання пристроїв та систем зв'язку : підруч. для вищ. навч. закл. / В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман, Є. В. Кільчицький; за ред. В. К. Стеклова. – К.: Техніка, 2004. – 576 с.
12. Лотош М. М. Основы теории автоматического управления / М. М. Лотош, А. Л. Шустер. – М., 1992. – 485 с.
13. Ткаченко О. М. Основна задача управління та шляхи її вирішення / О. М. Ткаченко // Тези доповідей III Міжнар. наук.-техн. конференції студентства та молоді «Світ інформації та телекомунікацій-2006». – Київ: 26-27 квітня 2006 р. – С. 63.
14. Ткаченко О. М. Оптимізація параметрів систем управління телекомунікаційними мережами / О. М. Ткаченко, Д. О. Нацик // Вісник Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій. – 2005. – Т. 3, № 3–4. – С. 71–73.
15. Стеклов В. К. Підходи до ситуаційного управління телекомунікаційними мережами / В. К. Стеклов, Л. Н. Беркман, Л. В. Рудик, А. С. Стец // Зв'язок. – 2005. – №1. – С. 47–57.
16. Артеменко М. Ю. Принципи побудови інтелектуальних систем управління мережами зв'язку / М. Ю. Артеменко, Л. Н. Беркман, Т. І. Олешко, О. М. Ткаченко, Н. В. Коршун // Зв'язок. – 2006. – № 7. – С. 43–46.

Автор статті

Кільменінов Олексій Анатолійович – аспірант кафедри телекомунікаційних систем, Державний університет телекомунікацій, м. Київ. Тел.: +380 (67) 234 54 64.

Дата надходження в редакцію: 18.10.2015 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Л. Н. Беркман