

УДК 621.396.662.072.078

Ткаченко О. М., канд. техн. наук, доц. (Тел.: +380 (50) 647 57 77. E-mail: okar@ukr.net)

Гринкевич Г. О., канд. техн. наук (Тел.: +380 (93) 996 26 02. E-mail: ggrynkevich@i.ua)

Перепелиця Н. Л., старший викладач (Тел.: +380 (93) 616 42 83. E-mail: natasha484@mail.ru)

(Державний університет телекомунікацій, м. Київ)

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

Ткаченко О. М., Гринкевич Г. О., Перепелиця Н. Л. Імітаційне моделювання об'єкта управління.

Охарактеризовано проблему моделювання великих організаційно-технічних систем, як деякого класу складних систем. Визначено основні властивості складних систем. Розглянуто приклад імітаційного моделювання деякої мережі. Показано для наведеного прикладу як здійснюється перехід до імітаційної моделі об'єкта управління – дискретної ситуаційної мережі (ДСМ). Описано функціонування ДСМ. Проаналізовано процес імітаційного моделювання мережі з використанням ДСМ.

Ключові слова: система управління, імітаційне моделювання, інформація, вузол комутації, дискретна ситуаційна мережа, виток, сток, вирішувач

Ткаченко О. Н.; Гринкевич А. А., Перепелиця Н. Л. Имитационное моделирование объекта управления. Охарактеризована проблема моделирования больших организационно-технических систем, как некоторого класса сложных систем. Определены основные свойства сложных систем. Рассмотрен пример имитационного моделирования некоторой сети. Показано для приведенного примера как осуществляется переход к имитационной модели объекта управления – дискретной ситуационной сети (ДСС). Описано функционирование ДСС. Проанализирован процесс имитационного моделирования сети с использованием ДСС.

Ключевые слова: система управления, имитационное моделирование, информация, узел коммутации, дискретная ситуационная сеть, исток, сток, решатель

1. Вступ

Будь-яка система управління має таку властивість – сигнали, що формуються на її виході, залежать від вхідних сигналів, що надходять від об'єкта управління. Лише в окремих, досить рідких випадках система управління є автономною та її задача зводиться до видачі на об'єкт наперед зафіксованої жорсткої послідовності впливів. Основна задача розробника зазвичай полягає у встановленні залежності вихідних сигналів, що формуються системою управління, від вхідних сигналів, що надходять на неї, та реалізації цієї залежності за допомогою певних технічних засобів, організованих в деяку структуру. Для опису цієї залежності досить скористатися деякою абстрактною моделлю, що описує його функціонування. Такі моделі дозволяють розробнику відволіктися від другорядних процесів, що відбуваються в реальних системах управління, та виділити головні моменти при встановленні того, як “кінець залежить від початку”.

2. Аналіз літературних даних

Останніми роками розробникам все частіше доводиться вирішувати задачі проектування систем управління об'єктами досить складної природи. Об'єкти, для яких виникла задача розробки нових концепцій побудови систем управління, прийнято називати “великими системами”. На жаль, не існує чіткого визначення великих систем, яке влаштувало б усіх спеціалістів. Досить часто в літературі [1...4] 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 [5] досить детально розглянуто особливості ідентифікації параметрів моделі складного об'єкта. Сформульовано одне з бачень поняття “складний об'єкт”.

Робота [6] присвячена одному з етапів процесу моделювання – оптимізації параметрів систем управління телекомунікаційними мережами. Проаналізовано та виконано порівняння методів зведення векторного синтезу до скалярного.

В роботах [7, 8] розглянуто питання управління розподілом інформації на мережах зв'язку. Проаналізовано можливості динамічного розподілу потоків інформації.

В роботах [9, 10] показано досить нові підходи до побудови систем управління телекомунікаційними мережами, в тому числі з врахуванням все зростаючого зацікавлення до їх інтелектуальності.

На основі аналізу літературних джерел можна зробити **наступні висновки**. Сучасні телекомунікації є надскладною інфраструктурою, яка для ефективного виконання своїх функцій потребує ефективної системи управління, тому необхідно розвивати загальну теорію оптимальних систем управління, розробляти нові принципи побудови пристроїв для оптимального управління, методи побудови систем, що мають здатність до самоприспосовування, самонавчання та самоорганізації.

Саме тому розробники систем управління складними об'єктами змушені шукати нові шляхи для формування в пам'яті систем управління моделей об'єкта управління.

3. Мета та задачі дослідження

Метою роботи є побудова та дослідження моделі об'єкта управління.

Для досягнення мети розв'язуються такі наукові задачі:

- дослідження проблеми моделювання великих організаційно-технічних систем, як деякого класу складних систем;
- розробка імітаційної моделі об'єкта управління – дискретної ситуаційної мережі (ДСМ);
- реалізація імітаційного моделювання мережі з використанням ДСМ.

4. Проблема моделювання

В даний час як об'єкт моделювання виступають великі організаційно-технічні системи, які можна віднести до класу складних систем [1].

Складним системам властиво наступне:

1) Ціль функціонування визначає ступінь цілеспрямованості поведінки моделі. Моделі можуть бути розділені на одноцільові, призначені для рішення однієї задачі, і багатоцільові, що дозволяють розділити розглянуті сторони функціонування реального об'єкта.

2) Цілісність і складність вказують на те, що створювана модель є однією цілісною системою, що включає велику кількість складових частин (елементів), які знаходяться в складному взаємозв'язку один з одним.

3) Невизначеність системи: за її станом, можливістю досягнення поставленої мети, методами рішення задач, вірогідності вихідної інформації. Основною характеристикою невизначеності є така міра інформації, як ентропія, що дозволяє в ряді випадків оцінити кількість керуючої інформації, необхідної для досягнення заданого стану системи.

4) Адаптивність, що є властивістю високоорганізованої системи, дозволяє пристосуватися до різних зовнішніх факторів у широкому діапазоні зміни впливів зовнішнього середовища. Стосовно до моделі є можливість її адаптації в широкому спектрі впливів, а також вивчення поведінки моделі в умовах, що змінюються, близьких до реальних. Важливими є питання стійкості моделі до різних впливів, питання, пов'язані з існуванням моделі, наприклад питання живучості, надійності.

5) Універсальність математичних моделей. Наприклад, математичні моделі процесів телепередавання, перемішування речовин, руху ґрунтових вод, фільтрації газу в підземних породах практично однакові (різний фізичний зміст мають лише величини). Однакову структуру мають моделі, що описують коливальні процеси в нелінійних механічних і електронних резонансних системах [2]. Отже, обчислювальні засоби (ЕОМ, алгоритми, комплекси програм) створені стосовно однієї проблеми, мають багатоцільовий характер і можуть бути переорієнтовані на рішення інших задач.

6) Керованість моделі, що впливає з необхідності забезпечувати керування з боку експериментаторів для одержання можливості розгляду протікання процесу в різних умовах, що імітують реальні. У цьому змісті наявність багатьох керованих параметрів і змінних

моделей у реалізованій системі моделювання дає можливість поставити широкий експеримент і одержати великий спектр результатів. Керованість системи тісно пов'язана і зі ступенем автоматизації моделювання. В даний час набули застосування системи моделювання, що відрізняються високим ступенем автоматизації процесу моделювання, коли поряд із програмними засобами керування обчислювальним експериментом використовується можливість діалогового спілкування дослідника з процесом моделювання [2].

Таким чином, характеризуючи проблему моделювання в цілому, необхідно враховувати, що від постановки задачі моделювання до інтерпретації отриманих результатів існує велика група складних науково-технічних проблем, до основних з яких можна віднести: ідентифікацію реальних об'єктів, вибір виду моделей, побудова моделей і їхню машинну реалізацію, взаємодію дослідника з моделлю в ході обчислювального експерименту, перевірку правильності отриманих у ході обчислювального експерименту результатів, перевірку правильності отриманих у ході моделювання результатів, виявлення основних закономірностей, досліджених у процесі моделювання. У залежності від об'єкта моделювання і виду використовуваної моделі ці проблеми можуть мати різну значимість [3, 4].

В одних випадках найбільш складним виявляється ідентифікація [5, 6], в інших - проблема побудови формальної структури об'єкта. Можливі труднощі і при реалізації моделі, особливо при імітаційному моделюванні складних систем.

5. Імітаційне моделювання

Ідея, на якій базується імітаційне моделювання, є досить простою. В пам'яті системи управління можна відобразити сам об'єкт управління та ті процеси, що в ньому відбуваються. Розглянемо приклад імітаційного моделювання.

На Рис.1 показано невелику мережу, що складається з чотирьох вузлів комутації (ВК). Між ВК стрілками показано напрямки проходження інформації [7].

Задача управління мережею може бути сформульована наступним чином: знайти такий алгоритм управління об'ємом та розподілом навантаження на мережі, який би забезпечив мінімізацію середнього часу очікування для пакетів інформації, що знаходяться в межах управління даної системи [8]. Зона управління обмежена деякими перерізами, які на Рис. 1 позначені літерами *A, B, C, D, E, F, G*. В такій постановці, якщо відомі ймовірнісні закони надходження інформації в зону управління, задача є типовою для теорії масового обслуговування. Проте якщо надходження інформації не описується найпростішими потоками (пуасонівськими), то для її вирішення доцільно застосувати інші підходи [9, 10].

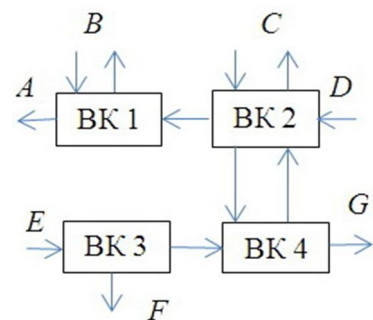


Рис. 1. Приклад мережі

Покажемо, як для наведеного прикладу здійснюється перехід до деякої імітаційної моделі об'єкта управління. Цю модель можна назвати дискретною ситуаційною мережею – ДСМ. Дискретна ситуаційна мережа являє собою орієнтований граф з вершинами чотирьох типів, що називаються витокми, стоками, пасивними та активними вирішувачами. Витоки характеризуються тією властивістю, що вони являють собою вершину графа, в якій немає вхідних дуг та є лише одна вихідна дуга. Стоки співпадають з вершинами графа, в які входить декілька дуг, але не виходить жодної дуги. Решта вершин графа відносяться до вирішувачів. При цьому пасивним вирішувачам відповідають вершини, у яких є лише одна вхідна та одна вихідна дуга, а активним вирішувачам – вершини з довільною кількістю вхідних та вихідних дуг (єдина умова для їх кількості – наявність хоча б однієї вхідної дуги

та однієї вихідної). Різниця між пасивними та активними вирішувачами полягає в їх впливі на функціонування ДСМ.

По ДСМ можуть переміщуватися деякі об'єкти, що формально характеризуються деякими наборами параметрів $(\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_i)$, де i – власний номер даного об'єкта. ДСМ функціонує в дискретному часі з квантами величини Δt . В кожний фіксований момент часу t всі об'єкти знаходяться у витоках або вирішувачах. Об'єкти, що потрапили в деякий момент часу у вершину-сток, зникають з ДСМ. У витоках об'єкти з'являються в моменти часу t відповідно до деякого детермінованого або ймовірнісного закону. В пасивних вирішувачах об'єкти затримуються на деякий детермінований або ймовірнісний час, що залежить від характеристик об'єкта. Таким чином, пасивні вирішувачі виконують в ДСМ роль затримок. В активних вирішувачах об'єкти також можуть затримуватися на детермінований або ймовірнісний час; крім того, в них можуть змінюватися значення параметрів об'єкта та вибиратися нові напрямки переміщення об'єкта вздовж будь-якої дуги, що виходить з активного вирішувача.

На Рис. 2 показана ДСМ, що відповідає мережі, показаній на Рис.1. Витоки – це перерізи B , C , D та E , а стоки – перерізи A , B , C , F та G . Оскільки перерізи B і C одночасно є і витоками і стоками, то розіб'ємо їх на дві складові, одну з яких будемо зіставляти з витоким, а іншу – зі стоком, що визначаються цими перерізами.

На Рис. 2 витоки показано у вигляді трикутників, стоки – у вигляді квадратів; активні вирішувачі показані колами, пасивні – прямокутниками. Кожен ВК в ДСМ представляється активним вирішувачем, який відмічено тим же номером, що і ВК. Всі зв'язки, що проходять з витоків до ВК та від одного ВК до іншого, замінюються в ДСМ пасивними вирішувачами.

Функціонування цієї ДСМ опишемо вважаючи, що при збиранні інформації проектувальнику системи управління відомі закони $F_B(t)$, $F_C(t)$, $F_D(t)$ та $F_E(t)$ появи інформації у витоках. Будемо вважати, що параметрами об'єктів – пакетів інформації в представленій моделі є: π_1 – час знаходження в зоні управління, π_2 – час очікування в активних вирішувачах, що накопичений за час знаходження інформації в зоні управління, π_3 – тип інформації, π_4 – середня швидкість інформації, π_5 – напрямок руху. Ситуацією в ДСМ в момент часу t будемо називати всю ту інформацію, що знаходиться в ДСМ в цей момент часу, набір значень параметрів цієї інформації та її місцезнаходження у вершинах ДСМ. Ситуацію в момент часу t , будемо позначати як $S(t)$.

На відміну від пасивних вирішувачів активні вирішувачі мають додатковий вхід, по якому на них надходить сигнал управління. На Рис. 2 цей управляючий вхід показано пунктирними стрілками.

Процес імітаційного моделювання мережі з використанням ДСМ, в системі управління відбувається наступним чином (Рис. 3). В початковий момент часу покладається $t=0$ та задається випадковий розподіл інформації по пасивним вирішувачам, а також випадковий розподіл значень параметрів інформації (на Рис. 3 цим операціям відповідає блок «Задання початкових значень»). Після цього у витоках у відповідності до законів

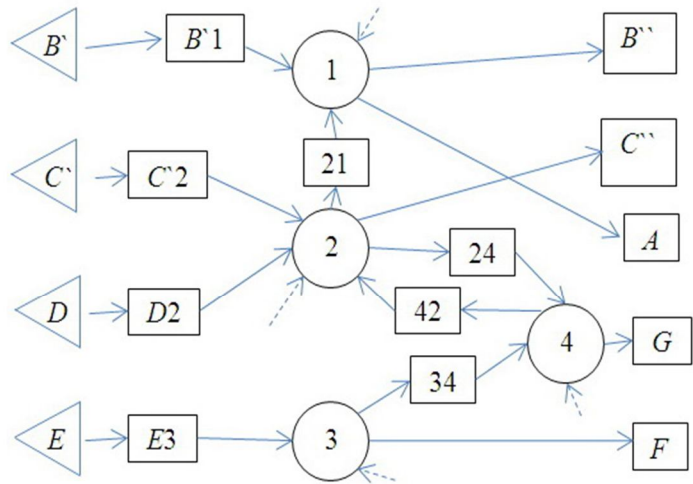


Рис. 2. Дискретна ситуаційна мережа

породження з'являється інформація, що є на початку зони управління в момент часу $t=0$. Далі починає діяти алгоритм переміщення інформації з пасивних вирішувачів в активні.

Сутність цього алгоритму полягає у формуванні умов переміщення кожного пакету інформації з пасивного вирішувача в активний, з яким його з'єднає дуга, що виходить з пасивного вирішувача. Умови переміщення визначаються середнім значенням швидкості, яку мав пакет інформації при потраплянні в пасивний вирішувач, та часом проходження ділянки, яка імітується даним пасивним вирішувачем. Час проходження ділянки може однозначно визначатися середньою швидкістю інформації або деяким ймовірним розподілом часу, що є заданим для даного пасивного вирішувача. На Рис. 3 цим операціям відповідає блок, що називається «Заповнення активних вирішувачів».

Відмітимо, що при роботі моделі пакети інформації, що в момент часу $t=0$ з'явилися у витоках, залишаються поки що в них, а ті, які повинні переміщуватися з пасивних вирішувачів в активні, преміщуються. Після цього починає працювати блок «Заповнення пасивних вирішувачів». Цей блок виконує декілька функцій.

По-перше, вся інформація, яка б з'явилася у витоках в момент часу $t=0$, переміщується в ті пасивні вирішувачі, які пов'язані з ними дугами.

По-друге, в активних вирішувачах відбувається обробка інформації, що є поблизу даного ВК на основі алгоритму управління ВК, що введено в даний активний вирішувач. Якщо, наприклад, цей алгоритм полягає в тому, що ВК приймає інформацію через певні часові кванти, то відбувається перевірка умови проходження ВК і всі пакети інформації, що можуть проходити цей ВК починають переміщуватися в стоки або відповідні пасивні вирішувачі. Якщо з даного активного вирішувача виходить більш ніж одна дуга (більше одного напрямку), то доцільно використати спеціальний механізм приписування пакетам інформації, що виходять з активного вирішувача, напрямку подальшого руху. Крім того, для пакетів інформації, які повинні бути переміщені в стоки ДСМ, аналізуються часові характеристики, а результати аналізу запам'ятовуються.

На цьому закінчується один цикл роботи моделі. Далі вміст лічильника часу моделювання збільшується на одиницю, що відповідає переходу від ситуації $S(0)$ до ситуації $S(1)$. Відбувається перевірка умови того, що моделювання закінчено. В системі управління наперед визначається час $T=qt$, де q – деяке ціле позитивне число. Якщо час t' ще не дорівнює T , то починає працювати блок «Заповнення витоків», який на початку зони управління породжує у витоках потоки інформації з заданими характеристиками. Після цього відбувається циклічне повторення описаного процесу.

Після закінчення циклу моделювання відбувається підрахунок сумарних часових характеристик, за допомогою яких оцінюється ефективність вибраного в активних вирішувачах управління. Після аналізу можна змінити алгоритм управління і знову почати моделювання.

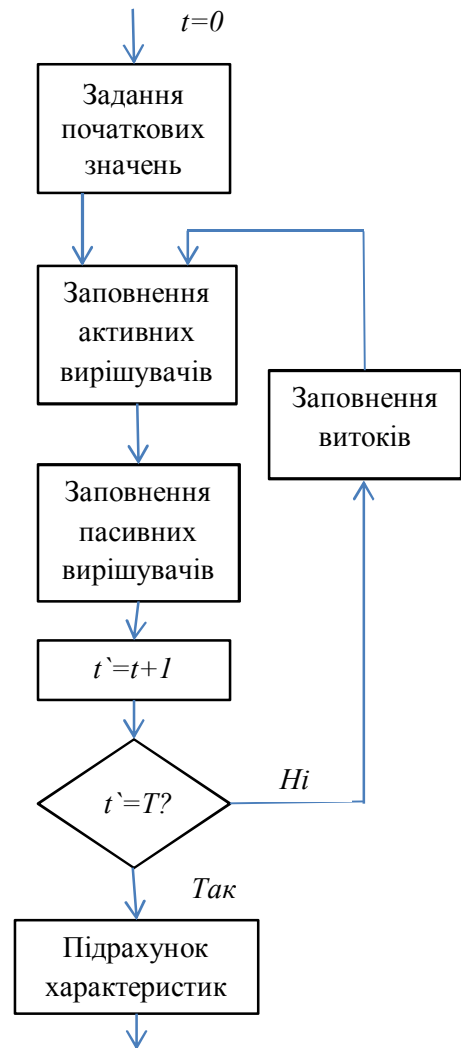


Рис. 3. Блок-схема імітаційного моделювання

6. Висновки

З використанням описаного принципу в якості об'єкта моделювання може виступати і система управління. В цьому випадку при моделюванні можна змінювати структуру цієї системи, часові характеристики тих чи інших підсистем, а також порядок роботи. Якщо б в розглянутому прикладі мова йшла не про моделювання вже існуючої мережі, для якої необхідно визначити алгоритм управління, а про проектування мережі, то в процесі моделювання було б можливим, наприклад, змінювати напрямок проходження інформації, що призвело б до зміни топології ДСМ (тобто до зміни кількості її витоків, стоків та зв'язків між вершинами мережі).

ДСМ – не є єдиною моделлю, що може використовуватися при створенні імітаційних моделей. Прикладом моделей іншого типу можуть бути моделі, в яких до функцій управління входить розподіл ресурсів на мережі у відповідності до деякого заданого критерію.

У імітаційних моделей є істотний недолік. Вони є пасивними моделями, для яких не потрібно пошук управління, найкращого з точки зору деякого критерію. Для великих систем проблема пошуку управління є не менш важливою, ніж проблема побудови моделі об'єкта управління.

Література

1. 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.
2. 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.
3. Лотош М. М. Основы теории автоматического управления / М. М. Лотош, А. Л. Шустер. – М., 1992. – 485 с.
4. 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.
5. Ткаченко О. М. Ідентифікація параметрів моделі як один з етапів управління складним об'єктом / О. М. Ткаченко // Тези доповідей IV Міжнар. наук.-техн. конференції студентства та молоді «Світ інформації та телекомунікацій-2007». – Київ: 12-13 квітня 2007 р. – С. 61.
6. 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.
7. Лазарев В. Г. Вопросы управления распределением информации на сетях связи / В. Г. Лазарев // Дискретные автоматы и сети связи. – Москва : Наука, 1970. – С. 3-13.
8. Ткаченко О. М. Динамічний розподіл потоків інформації на телекомунікаційних мережах / О. М. Ткаченко // Тези доповідей III Міжнар. наук.-техн. конференції «Сучасні інформаційно-комунікаційні технології /COMINFO'2007/». – Київ: 24-28 вересня 2007 р. – С. 114–116.
9. 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.
10. 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.

Дата надходження в редакцію: 10.12.2014 р.

Рецензент: д.т.н., проф. О. М. Власов