УДК 004.7 **doi: 10.26906/SUNZ.2024.1.053**

В. О. Горбачов, О. А. Янковський, В. Р. Діян, Д. І. Балінський

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

МЕТОДИ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ДОКУМЕНТООБІГУ УНІВЕРСИТЕТУ

Анотація. Через постійне збільшення обсягів даних, які зберігаються та обробляються інформаційними системами, потрібне ретельне проектування архітектури систем, щоб уникнути зниження гнучкості та якості обробки даних. Метою даної роботи є проведення аналізу технологій розробки архітектури та програмного забезпечення паралельного розподіленого застосунку. Пропонується розробка та впровадження електронної системи документообігу в адміністративній системі вищого навчального закладу. У статті наведено аналітичне моделювання методом COMET системи документообігу вищого навчального закладу. Наукова новизна цього дослідження полягає в тому, що отримана модель дозволяє провести подальше математичне моделювання системи з метою оцінки параметрів реальної системи та визначення вузьких місць. Така модель представляє практичну цінність для подальших досліджень, розширення функціональності системи, а також для навчання нових співробітників вищого навчального закладу.

Ключові слова: паралельні застосунки, розподілені застосунки, архітектурне проектування, моделювання паралельних систем.

Вступ

Концепція паралельних процесів, є основою проектування паралельних застосунків. Паралельний застосунок складається з багатьох завдань, що виконуються одночасно. Концепції проектування паралельних завдань можна застосувати також до розподілених застосунків. Основна складність полягає в тому, щоб розбити застосунок на паралельно виконувані завдання та надати засоби обміну повідомленнями та синхронізації цих завдань між собою.

Для розподілених застосунків потрібно подбати і про інші характеристики. Розподілений застосунок – це паралельний застосунок, який виконується у розподіленому середовищі, що складається з кількох географічно рознесених вузлів. Розподілений застосунок складається з паралельних процесів, що працюють у різних вузлах. У той самий час, кожен процес може мати кілька потоків, виконуваних у тому вузлу. Розподілена обробка має такі переваги:

- гнучка структура - один і той же застосунок може мати різні структури, при розміщенні його на відповідному числі вузлів;

– більш локалізоване управління та адміністрування – розподілену підсистему, що виконується на своєму власному вузлу, можна спроектувати так, що вона буде автономною, тобто практично незалежною від інших підсистем, що працюють на інших вузлах;

- поступове розширення системи - якщо навантаження сильно зростає, систему легко розширити за рахунок додавання нових вузлів;

– зменшення витрат – найчастіше розподілене рішення виявляється дешевшим від централізованого, особливо якщо взяти до уваги стрімко зростаючу продуктивність мікрокомп'ютерів;

– балансування навантаження – в деяких додатках загальне навантаження на систему може бути розподілене між різними вузлами;

– зменшення часу відгуку – запити користувачів локальних систем обробляються швидше.

Об'єктом дослідження у роботі є адміністративна розподілена система. Системи такого роду задаються переліком підрозділів, їх призначенням, функціями та зв'язками між собою. Одним з найважливіших чинників у тому функціонуванні є документи. У складній системі щорічно циркулюють десятки різних типів офіційних документів, які керують, супроводжують, інформують кожен із підрозділів системи. Для наочності як приклад адміністративної розподіленої системи обрано систему вищого навчального закладу.

Мета статті – аналіз інформаційної системи вищого навчального закладу та розробка моделі електронної системи документообігу. У зв'язку з постійним розвитком та укрупненням перспективних систем, нині на супровід документообігу витрачається дедалі більший людський ресурс. Отже, проблема його оптимізації у складних адміністративних системах набуває все більшої актуальності. З розвитком інформаційних технологій з'явилася можливість більш ефективної організації процесу документообігу із застосуванням баз даних, засобів електронного підпису та інших програмних засобів. Створення оптимальної електронної системи документообігу передбачає попередній аналіз предметної галузі та моделювання її аспектів.

Для досягнення поставленої мети вирішено такі завдання. Досліджено провідні методи системного аналізу та серед них обрано найбільш підходящий метод для моделювання розподіленої адміністративної системи.

На підставі проведеного аналізу обраним методом побудовано модель системи документообігу у вищому навчальному закладі.

Таку систему зручно уявити як систему з розподіленими модулями, також виділивши клієнтські та серверні частини. Для розробки моделі системи документообігу серед великої кількості різноманітних методів системного аналізу та проектування вибрано метод COMET [1]. Визначальними чинниками вибору цього є його орієнтованість на розробку систем реального часу і розподілених систем. Практична цінність роботи полягає у отриманні моделі структури адміністративної системи для подальшого аналізу та застосування в відповідних системах.

© Горбачов В. О., Янковський О. А., Діян В. Р., Балінський Д. І., 2024

Аналіз сучасних методів системного аналізу проектування складних систем

Стандарт ISO/IEC 12207 визначає структуру життєвого циклу програмної системи, що містить процеси, дії та завдання, які мають бути виконані під час створення інформаційної системи. Кожен із процесів характеризується певними завданнями та методами їх вирішення, вихідними даними, отриманими на попередньому етапі, та результатами. У результаті еволюції нові методи проектування продовжують з'являтися на вирішення завдань, не вирішуваних попереднім поколінням методів.

Центральне місце у різноманітті методів системного аналізу та проектування займають методи структурованого проектування. В результаті застосування структурних методів до паралельних систем і систем реального часу з'явилися різні методи системного аналізу, еволюціонуючи згодом об'єктно-орієнтовані методи. Модель водоспаду (або класична каскадна модель) стала першою і найбільш використовуваною моделлю, яка структурує процес розробки. В основі цього методу лежить поетапний підхід до розробки систем при припущенні, що кожен попередній етап завершується на початок наступного, і не відбувається повернення на попередні кроки проектування. При використанні такої моделі проблемою виявилася можливість невідповідності кінцевого продукту та початкових вимог, які до нього пред'являлися.

Для виключення подібних помилок розроблено модифікацію моделі водоспаду. Так, метод тимчасових прототипів використовується під час створення складних інтерфейсів для інтерактивних інформаційних систем [1]. Користувач, працюючи з макетом, з кожною ітерацією більш точно формулює свої вимоги до кінцевого продукту. Однак недоліком методу є підвищення витрат через проектування прототипів. У свою чергу, в рамках інкрементного методу, завдання розбивається на відносно незалежні складові, що проектуються окремо. Проміжні прототипи створюються послідовно, починаючи з ранніх стадій, з подальшим розширенням функціональності до отримання готової системи. Але в цьому випадку розподіл на модулі уповільнює та ускладнює процес проектування, тому що необхідно забезпечити їх взаємодії між собою та керувати отриманою складною системою.

Для вирішення вищезазначених проблем запропоновано спіральну модель, в якій кожен виток спіралі відповідає створенню фрагмента або нової версії програмного забезпечення. Розробка ітераціями відбиває об'єктивно існуючий спіральний цикл створення систем. Невиконана на якомусь етапі робота буде виконана на наступній ітерації. Спіральна модель легко управляє процесом розробки при змінах вимог до проекту, змін параметрів проекту або тимчасових затримках. Ідея того, що процес роботи над проектом може складатися з циклів, що проходять одні й самі етапи, стала основою більшості сучасних моделей. В даний час набула широкого поширення об'єктно-орієнтована методологія. Метод OOSE (Object-Oriented Software Engineering) застосовує об'єктно-орієнтований аналіз, проектування та програмування [2]. На основі цього методу створено метод RUP (Rational Unified Approach) – один із найпоширеніших методів комплексного управління процесом розробки, який систематизує процес створення програмного забезпечення із застосуванням UML (Unified Modelling Language) [3].

Розробка моделі документообігу вищого навчального закладу за допомогою методу COMET

Розробка моделі документообігу вищого навчального закладу за допомогою COMET заснована на ітеративному процесі проектування та концепції прецедентів [1]. Вибір методу COMET як метод системного аналізу для розробки моделі документообігу обґрунтований його адаптацією для розподілених додатків та систем реального часу.

Відповідно до правил методу, проектування будь-якої системи починається з моделювання вимог. Система розглядається як чорна скринька, і враховуються лише її зовнішні характеристики. Для демонстрації першого етапу моделювання на рисунку 1 представлений прецедент переведення студентів на наступний курс, що є складовою прецеденту контролю успішності студентів.

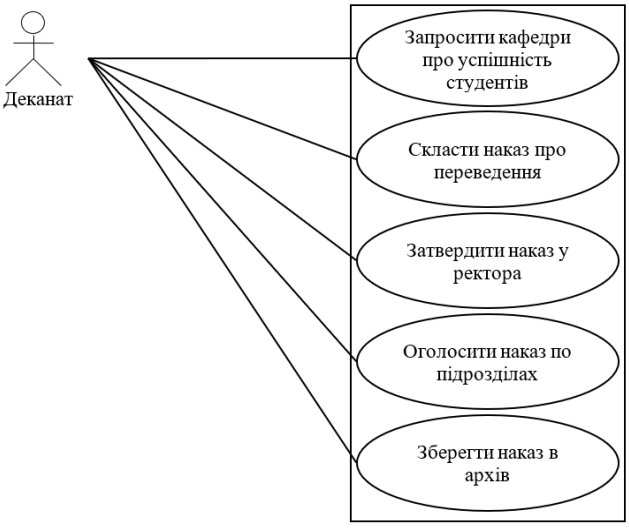

Рис. 1. Прецедент «Перевести студентів на наступний курс»

У термінах акторів та прецедентів визначено функціональні вимоги до системи. Кожен прецедент визначає послідовність взаємодій між кількома акторами.

Для опису варіантів використання системи потрібно було описати групи прецедентів про здобуття вищої освіти, про порядок навчання студентів викладачами, про контроль навчального процесу деканатом і взаємодіями, що призводять до необхідного результату, та іншими найбільш можливими подіями, що призводять до альтернативних результатів. Прецеденти, вказані для кожного актора у системі, визначають всі вимоги цього актора до системи. Так визначається потрібна функціональність системи без розкриття внутрішньої структури.

Предметна область розглянута на етапі аналітичного моделювання, внаслідок чого побудовано статичну та динамічну моделі системи. За допомогою статичної моделі задаються структурні відносини між класами предметної галузі щодо прецедентів. Для опису такої моделі використовуються діаграми класів, діаграми станів, діаграми кооперації та послідовності. Модель складена з об'єктів (за критеріями розбиття на об'єкти) та їх взаємодій. В результаті отримано структурне подання інформаційних аспектів системи з класами, їх атрибутами та відносинами між ними. На рис. 2 показано статичну модель системи вищого навчального закладу із відносинами між інформаційно насиченими класами, призначеними для зберігання даних. Оскільки в цій системі використовується багато різноманітних даних, основну увагу при моделюванні приділено сутнісним класам. На рис. 2 показані класи для найбільш значущих сутностей, таких як "Розклад", "Навчальний план", "Наказ" та "Відомість".

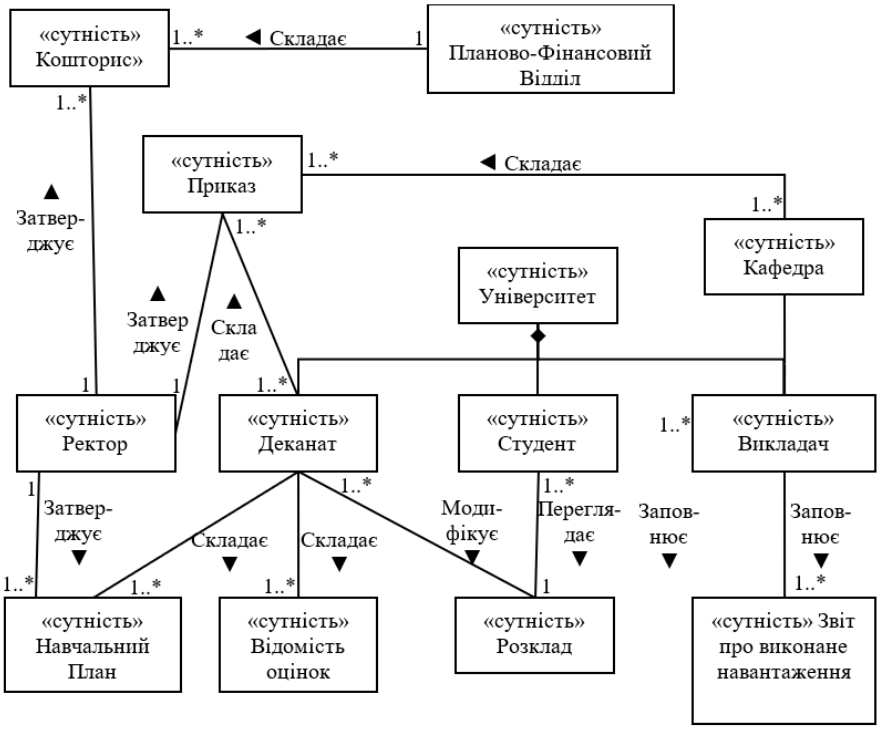

Рис. 2. Концептуальна статична модель ЕСД з власними класами

Модель контексту системи уточнена за допомогою діаграм класів, на яких відображаються інтерфейси між системою та зовнішніми класами. Такі діаграми потрібні для проектування систем, що управляють зовнішніми пристроями вводу-виводу та зовнішніми системами. На рис. 3 наведено статичну модель досліджуваної предметної області з діаграмами класів контексту електронної системи документообігу.

За результатами статичного моделювання проведено декомпозицію предметної області на програмні об'єкти. Виявлені на попередніх етапах зовнішні та сутнісні класи в системі документообігу, використовуються для категоризації класів та об'єктів, які будуть реалізовані в програмній системі, на сутнісні, інтерфейсні, керуючі та пов'язані з прикладною логікою.

На рис. 4 зображено класифікацію класів системи у стереотипах «застосунок», «інтерфейс», «сутність», «прикладна логіка». За стереотип «прикладна логіка» прийнято класи алгоритмів складання розкладу, розподілу навантаження викладачів, розрахунку кошторису та ін. Сутностями є бази даних та документи, що циркулюють за системою вищого навчального закладу.

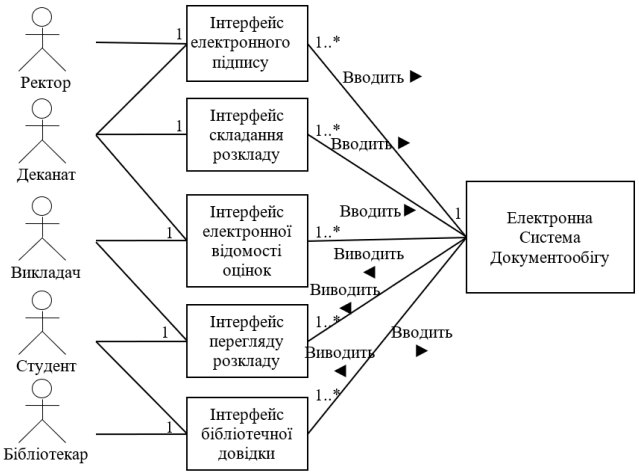

Рис. 3. Діаграма класів контексту ЕСД

Як інтерфейс вибрано стандартний інтерфейс персонального комп'ютера або терміналу. Усі нові класи додані до словника класів проектованої системи, створеного на етапі статичного моделювання.

В процесі моделювання, система вищого навчального закладу була розділена на окремі підсистеми, як показано на рис. 5.

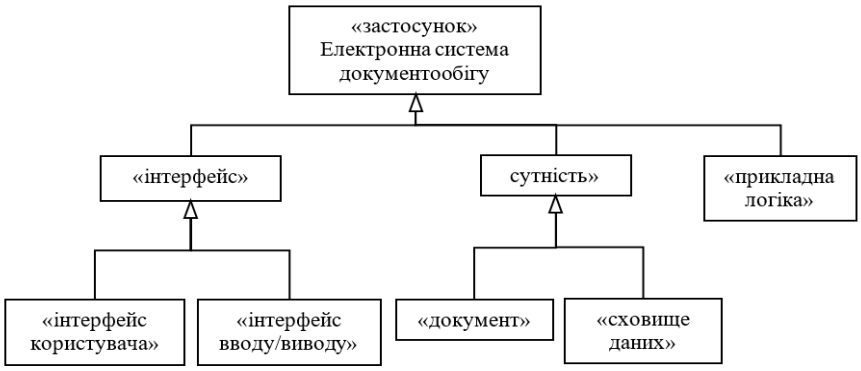

Рис. 4. Стереотипи класів ЕСД

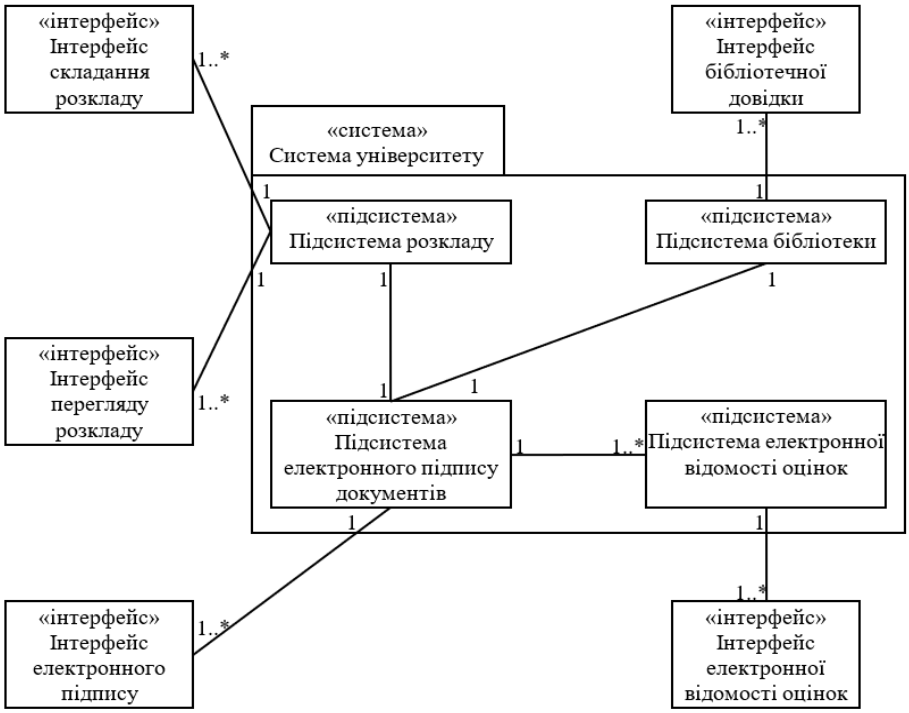

Рис. 5. Основні підсистеми та їхні зв'язки в системі університету

Підсистема розкладу включає класи та об'єкти, спільна основна функція яких полягає в попередньому зборі інформації, складанні та видачі навчального розкладу. Підсистема електронної відомості складається із засобів збору, зберігання та обробки інформації про результати екзаменаційних сесій. Підсистема електронного підпису документів має спеціальні кошти на затвердження наказів, навчальних планів, кошторисів та інших офіційних документів.

У досліджуваній системі виділено клієнтські та серверні частини. Клієнтом є частина системи, яка посилає запити до серверної частини. Сервер відповідно обробляє запит та повертає результат. Аналіз прецедентів показав, що в системі клієнтом у більшості випадків є деканат. Деканат надсилає запити на кафедру про успішність студентів та виконання викладацького навантаження, на початку кожного семестру заявку до центру складання розкладу, до бібліотеки – про наявність друкованих матеріалів. Відповідно, об'єкти з іншого боку взаємодії є серверами. Існує багато систем, функціонування яких визначається як вхідними даними, так і станами системи на попередніх кроках. При проектуванні такої системи необхідно проводити моделювання можливих її станів. У описі системи методом COMET динамічні аспекти системи відбиваються діаграмами станів. На етапі моделювання станів система має вигляд кінцевого автомата. Моделювання станів системи документообігу проведено для кожного з прецедентів за допомогою ієрархічних діаграм станів, де задано аспекти системи, що залежать від стану. Наприклад, на рис. 6 представлена діаграма станів для прецеденту «Перевести студентів на наступний курс» з боку підсистеми видання наказів.

На заключному етапі аналітичного моделювання виконано динамічне моделювання. Усі прецеденти перевіряються з метою виявлення взаємодій між об'єктами, що беруть участь. Для кожного прецеденту визначено об'єкти, що беруть участь у ньому, і розроблені діаграми взаємодій об'єктів. На підставі опису прецеденту позначається відповідними номерами порядок повідомлень. На рис. 7 зовнішня подія «Наказ затверджений» має порядковий номер 4.

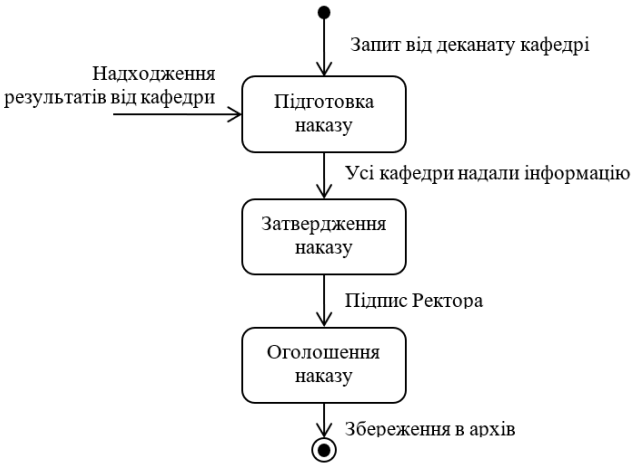

Рис. 6. Діаграма станів для підсистеми видання наказів

Рис 7. Діаграма кооперації для підсистеми видання наказів за прецедентом «Перевести студентів на наступний курс»

Об'єкт «Інтерфейс електронного підпису документів» у відповідь на це повідомлення видає 3 паралельні повідомлення «Роздрукувати документ», «Зберегти документ» та «Розіслати всім». Ці повідомлення з'являються паралельно і відповідно мають назви 4.1.a, 4.1.b і 4.1.c*. Повідомлення «Розіслати всім» поділяється на стільки копій, скільки відділів потрібно повідомити про видання нового наказу. Як показано у роботі, в результаті аналітичного моделювання системи документообігу у вищому навчальному закладі, отримано модель, що складається з низки діаграм, що описують структуру та поведінку системи. На основі виявлених прецедентів побудовано діаграму концептуальної статичної моделі документообігу, моделі сутнісних класів та контекстів для визначення інтерфейсів до системи. З отриманих діаграм виділено класи та об'єкти за стереотипами. Система розділена на підсистеми із зазначенням кількісних зв'язків між ними. Модулі, функціонування яких залежить від стану, показані на діаграмах станів. Для прецедентів на діаграмах кооперації зазначено взаємодію об'єктів у часі відповідно порядку надходження подій. Отже, в отриманих моделях відображені всі аспекти, які необхідно дослідити та врахувати під час проектування системи документообігу.

Висновки

У статті наведено аналітичне моделювання методом COMET системи документообігу вищого навчального закладу. Наукова новизна цього дослідження полягає в тому, що отримана модель дозволяє провести подальше математичне моделювання системи з метою оцінки параметрів реальної системи та визначення вузьких місць. Така модель представляє практичну цінність для подальших досліджень, розширення функціональності системи, а також для навчання нових співробітників вищого навчального закладу.

Майбутні дослідження: розробка математичних моделей для оцінка продуктивності системи документообігу; впровадження системи документообігу на розподіленій обчислювальній платформі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. H. Gomaa, Designing Concurrent, Distributed, and Real-time Applications with UML, Addison-Wesley, 2000
2. Jacobson I. Object-Oriented Software Engineering. S.1.: ASM press., 1992. – 528 p.
3. Selic B., Gullekson G., Ward P. T. Real-Time Object Oriented Modelling. – S.1.: John Wiley & Sons, 1994. – 525 p.

Received (Надійшла) 29.11.2023
Accepted for publication (Прийнята до друку) 31.01.2024

Design Approaches of Document Management System of University

V. Gorbachov, O. Yankovsky, V. Diyan, D. Balinskiy

Abstract. Due to the constant increase in the amount of data stored and processed by information systems, a careful design of the system architecture is required to avoid a decrease in the flexibility and quality of data processing. The purpose of this work is to analyze the architecture and software development technologies of a parallel distributed application. It is proposed to develop and implement an electronic document management system in the administrative system of a higher educational institution. The article provides analytical modeling by the COMET method of the document management system of a higher educational institution. The scientific novelty of this study is that the resulting model allows for further mathematical modeling of the system in order to estimate the parameters of the real system and identify bottlenecks. Such a model is of practical value for further research, expanding the functionality of the system, as well as for training new employees of a higher education institution.

Keywords: parallel applications, distributed applications, architectural design, simulation of parallel systems.