

УДК 681.518:681.327.8

Є.В. Буров

Національний університет "Львівська політехніка"
кафедра "Інформаційні системи та мережі"

СПЕЦИФІКАЦІЯ МЕРЕЖІ ПРОТОТИПІВ ДЛЯ САПР РОЗПОДІЛЕНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

© Буров Є.В., 2002

Prototyping is another stage in distributed system design. In this stage system designer must take several decisions as to architecture and technical solutions to use. While doing so, he constantly compares the parameters of current systems with parameters of known solutions and tries to find the most fitting one. In this paper formal specification to assist those tasks are proposed.

Прототипування – це один з етапів проектування розподілених інформаційних систем, під час якого проектувальник постійно порівнює параметри проектованої системи з параметрами існуючих типових вирішень. Запропоновано систему формальних специфікацій для підтримки вирішення цієї задачі.

Одним з етапів проектування розподіленої інформаційної системи (РІС) є етап прототипування. На цьому етапі проектувальник має запропонувати комплекс взаємопов'язаних архітектурних рішень щодо всієї системи загалом та її компонентів. При цьому він порівнює параметри проектованої системи з відомими йому з досвіду параметрами вирішень для аналогічних систем. Для підтримки вирішення комплексу задач прототипування в САПР РІС необхідно застосувати методи теорії експертних систем, штучного інтелекту. Метою цієї роботи є запропонувати формальну специфікацію для вирішення задач прототипування, яка була б складовою частиною загальної системи специфікацій проектування РІС [1].

Вирішення задачі побудови мережі прототипів доповнює наявну специфікацію попереднього етапу, ставлячи у відповідність певним типам процесорів та ресурсів прототипи технічних вирішень. Під прототипом ми розуміємо типове вирішення або компоненту системи, яке ставить свої вимоги щодо структурних та параметричних властивостей системи. Окремішність етапу полягає у використанні іншого апарату та підходу до вирішення задач порівняно з попередніми етапами. Тут застосовують методи штучного інтелекту, експертних систем. Система проектування на цьому етапі виступає як експертна система, яка вирішує комплекс взаємопов'язаних експертних задач. Така система повинна мати можливість переналаштування та навчання. Вона працює зі структурою варіантів вибору, визначених параметрично. Ця структура повинна бути цілісною щодо простору параметрів вибору та перекривати домен визначення параметрів.

Задачі побудови мережі прототипів вирішують як паралельно із задачами побудови мережі сервісів та процесорів, так і після. Експертна система пропонує варіанти вирішень, але остаточне рішення приймає проектувальник.

Доцільність виділення окремого етапу вибору прототипів впливає з самої структури та змісту задачі проектування. Перш ніж обирати конкретне обладнання, треба прийняти рішення щодо типових загальноархітектурних вирішень або компонент системи. Водночас, з практики проектування відомо, що реальні комерційні продукти одного типу мають наближену функціональність та можуть бути використані взаємозамінно. Необхідність у вирішенні задач прототипування підкреслюється і в роботах, що розглядають автоматизацію проектування в інших галузях [2,3,4]. Зокрема, на прикладі проектування механічних систем показано, що об'єкти проектування, крім структурних та просторових характеристик, відрізняються й іншими властивостями, часто неформальними, які можуть слугувати підставою для класифікування та типізування вирішень. Для повнішого врахування таких властивостей та оперування ними в системі проектування необхідно зберігати та опрацьовувати знання, для інформаційних систем цей висновок також справедливий.

Зміст етапу побудови мережі прототипів зводиться до розв'язання цілого комплексу однотипних за своїми засобами та апаратом вирішення, але різних за правилами вибору та взаємопов'язаних експертних задач.

Визначимо такі типи згаданих задач:

- вибір архітектурних вирішень;
- визначення необхідних типів процесорів та їх кількості відповідно до обраної архітектури,
- визначення потрібних параметрів кожного процесора.

Через те, що

- існує багато однотипних експертних задач, які відрізняються параметрами оцінки та правилами вибору,
- необхідно постійно доповнювати та змінювати правила та параметри вибору внаслідок накопичення досвіду проектування, змін технології, а також враховувати зміни неформальних переваг та уподобань,
- різні експерти по-різному розуміють параметри та правила вибору,
- необхідно побудувати інструментальний засіб, що працює з різними типами систем,

головним завданням дослідження для етапу побудови мережі прототипів є розробка формальних підходів до побудови інструментального засобу, придатного для вирішення комплексу експертних задач проектування і який може бути налаштований та переналаштований згідно з вимогами конкретного експерта та задачі.

Запропонована інструментальна експертна система працює з такими видами даних та:

- системою специфікацій PIC, яка зберігається у репозиторії та її параметричною складовою,
- вхідними даними – процесором (або логічною зоною у випадку архітектури) для яких відбувається пошук вирішення,
- множиною прототипів вирішень для кожної експертної задачі,
- множиною обраних у попередніх експертних задачах прототипів та їх параметрами,

- процедурою прийняття рішення, яка працює з довільними експертними задачами,
- параметричним алгоритмом прийняття рішення, який зберігається у вигляді певної структури даних і визначає зміст процесу прийняття рішення.

Вхідним даним для вирішення експертної задачі є ідентифікатор процесора або логічної зони. Вибір вирішення задачі відбувається для цього процесора.

Процедуру виконання вибору реалізує спеціальний блок, який керується у своїй роботі структурою правил вибору. Вибір тієї чи іншої структури правил вибору визначається типом процесора. Блок вибору згідно з правилами вибору звертається до параметрів специфікації або визначає додаткові питання проектувальнику з метою уточнення параметрів вибору. Уточнені параметри заносяться у специфікації.

Окреме місце займає множина прототипів. Вона є носієм параметрів прототипу. Для того, щоби прототип враховувався під час вибору, його необхідно занести у структуру правил вибору (зарєєструвати), параметрично визначивши таким чином його місце серед інших прототипів.

Найважливішою та найскладнішою частиною підсистеми є структура параметричних правил вибору. Топологічно така структура є деревом (або ациклічним графом), листями якого є прототипи.

Кожен проміжний вузол містить процедуру прийняття рішення щодо одного типу параметрів. Задача оцінки може бути сформульована досить загально і знайдена в результаті аналізу та узагальнення цілої низки параметрів. Наприклад, задача 'Оцінити розмір організації та складність задач' може враховувати кількість користувачів, комп'ютерів, типи задач та ін. Вузли у графі не повторюються. Вузол описується двома об'єктами:

- формою параметрів вибору та
- процедурою опрацювання параметрів та вибору.

Форма параметрів вибору з формальної точки зору – це список елементів оцінки. Кожен елемент оцінки стосується одного конкретного параметра. Крім ідентифікатора цього параметра, елемент містить пояснювальний текст, значення параметра, додаткові умови (наприклад обов'язковість/необов'язковість).

Елементи оцінки беруться з параметрів специфікації. Якщо деякі з параметрів невизначені, то відображається екранна форма, що відповідає формі параметрів вибору, і проектувальник повинен заповнити обов'язкові поля. Заповнення деяких полів може викликати появу додаткових, уточнюючих форм параметрів. Після заповнення форми її параметри заносяться у параметри специфікації або узгоджуються з ними.

Процедура опрацювання параметрів узагальнює параметри форми та інших заповнених форм. В загальному випадку вона містить логічний оператор `if...elsif...else....` з виразами, в які входять параметри форми. Процедура, як і форма, може створюватися користувачем системи з використанням інструментальних засобів проектування.

На етапі побудови мережі прототипів вирішуються такі задачі:

- вибір прототипу.
- вибір типу архітектури процесору певного типу,
- вибір структурних властивостей архітектури (типи вкладених процесів та процесорів, кількість, їх сполучення),
- вибір прототипу процесора,

- визначення параметрів прототипу.

Як правило, параметри прототипу визначаються з параметрів відповідного процесора. Але прототип може мати свої параметри (наприклад, кількість машин у кластері) які визначаються через параметри процесора. Процедури визначення додаткових параметрів зберігають разом з прототипом.

Дані проектування поділяють на інструментальну частину, яка є базою знань системи і використовується у багатьох проектах, та робочу частину яка розробляється для конкретного проекту.

Інструментальні дані мають окрему цінність і можуть передаватися від однієї системи до іншої. Вони складаються з окремих комплексів, які відповідають задачам вибору певного типу архітектури чи прототипу. Комплекси взаємозалежні. Тому відповідні задачі вирішують по черзі, яка визначається їх залежністю, вкладеністю відповідних процесорів та важливістю певних архітектур для даної системи.

Кожен комплекс складається з

- множини прототипів,
- параметричних правил вибору.

Отже, експертна задача вибору для довільного комплексу може бути подана так:

$$E_c = \{idE_c, TyOb, Ct, ChPm\}$$

де idE_c – ідентифікатор експертної задачі, $TyOb$ – тип архітектури або системного сервіса, який відповідає цій задачі, Ct – структура параметричних правил вибору, $ChPm$ – множина шаблонів прототипів – можливих вирішень.

Структура параметричних правил вибору – це дерево, або ациклічний граф, листями якого є прототипи, а проміжні вузли відповідають процедурам прийняття рішення та оцінки параметрів.

Дерево правил вибору

$$Ct = \{idCt, M(Nd), CmCt\}$$

де $idCt$ – ідентифікатор дерева вибору, $M(Nd)$ – множина вузлів та зв'язків між ними, $CmCt$ – коментар.

Кожен вузол дерева Nd

$$Nd = \{idNd, TyNd, ObNd, CmNd\}$$

де $idNd$ – ідентифікатор вузла, $TyNd$ – тип вузла, $ObNd$ – об'єкт, розміщений у вузлі, $CmNd$ – коментар.

Визначено два типи вузлів: вузол прийняття рішення та прототип. Об'єкт вузла, відповідно до його типу – це вузол прийняття рішення або прототип, які специфікуються окремо.

$$ObNd = ChNd \vee Pt$$

Вузол прийняття рішення

$$ChNd = \{M(PrCh), PdCh, M(LCh)\}$$

де $M(Pr)$ – множина параметрів вибору, $PdCh$ – процедура прийняття рішення, $M(LCh)$ – множина вихідних зв'язків вузла.

Кожен параметр вибору $PrCh$ відповідає одному з параметрів певного специфікаційного об'єкта. Крім назви, значення, домену визначення (які наявні у довільного параметра), він містить посилання на об'єкт відповідності.

Процедура вибору $PdCh$ ставить у відповідність визначеним підмножинам значень параметрів один з вихідних зв'язків:

$$PdCh: M(ZnPrCh) \rightarrow M(LCh)$$

Крім того, вона до визначає обов'язкові для вибору параметри. В результаті спрацювання процедури вибору можуть бути активізовані декілька виходів, так що в результаті вибору може бути прийнято декілька вирішень. В такому випадку з кожним вибором можна асоціювати зауваження – коментарі, а також числову оцінку (наприклад, в долях одиниці) ступеня придатності.

Вихідний зв'язок містить ідентифікатор наступного вузла.

$$LCh = \{idLCh, idNd\}$$

Шаблон прототипу Pm – це абстрактне подання групи наближених за технологічними вирішеннями та параметрами технічних вирішень. Як правило, прототипи утворюють множину можливих вирішень певної задачі вибору. Цій множині шаблонів прототипів відповідає дерево вирішень, певний тип архітектури або процесора (системного сервісу) – $ChPm$.

$$ChPm = M(Pm)$$

Кожен шаблон прототипу визначається так:

$$Pm = \{idPm, TyPm, PbPm, MdPm, CmPm\}$$

де $idPm$ – ідентифікатор шаблону прототипу, $TyPm$ – тип прототипу, $PbPm$ – блок параметрів, $MdPm$ – параметрична модель поведінки прототипу, $CmPm$ – коментар.

У блоку параметрів для кожного параметра заданий інтервал вибору. Інтервали однойменних параметрів різних прототипів одного вузла можуть перетинатися. Але об'єднання інтервалів всіх прототипів вузла дорівнює домену визначення відповідного параметра у специфікації сервіса.

$$\forall Pr \in ChPm \left(\bigcup_{ChPm} ZnPr = DnPr \right)$$

Для того, щоб використовувати нове визначення прототипу, його треба зареєструвати. Це передбачає його включення у дерево вибору та налаштування процедури вибору.

Робочі дані проектування утворюють мережу прототипів NPt , обраних для певних процесорів.

$$NPt = \{Pt\}$$

Кожен прототип Pt , що належить до цієї мережі, визначається як

$$Pt = \{idPt, idPr, idPm, PbPt, CmPt\}$$

де $idPt$, $idPr$, $idPm$ – ідентифікатори прототипу, процесору, шаблону прототипу, $PbPt$ – блок параметрів, $CmPt$ – коментар.

Ідентифікатор прототипу однозначно визначає обраний прототип. Для одного процесора може бути обрано декілька прототипів різного типу і навіть декілька прототипів одного типу, які виражають прийнятні вирішення. Вибір різних прототипів для одного процесора створює основу для побудови декількох альтернативних вирішень. В цьому випадку блок параметрів прототипу містить показник оцінки придатності варіанта вибору, що розраховується експертом.

Параметричний блок містить оцінку параметрів, характерних для цього прототипу виходячи з параметрів процесора $PbPr$ та шаблону параметрів прототипу $PbPm$.

На етапі розробки мережі прототипів вирішуються такі класи задач:

- задачі побудови мережі прототипів,
- задачі параметричного моделювання обраних прототипів,
- задачі формування та модифікації експертної системи.

До задач побудови мережі прототипів віднесемо такі:

- прийняття архітектурних вирішень,
- вибір прототипу для технічного або програмного продукту.

Задача вибору архітектури вирішується для певного процесора. Переважно, це процесор, який містить інші процесори. Розглянемо структуру та підзадачі вибору архітектурних вирішень для процесора.

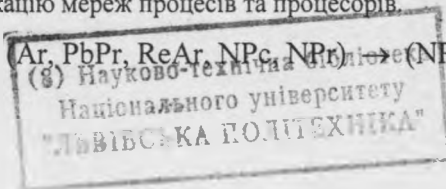
Попередньо визначають, які типи архітектур потрібно вибрати. Типи архітектур визначаються за типами процесів та вкладених процесорів. Визначають послідовність вирішення задач вибору архітектури для різних типів. Послідовність вибору може бути встановленою для визначених типів архітектури заздалегідь або визначатися проектувальником.

Для кожного типу архітектури Ar на підставі оцінок параметрів процесора вибирають один або декілька придатних архітектурних вирішень даного типу. Для вирішення задачі використовують експертну систему. Якщо обрано декілька архітектурних вирішень, визначають ступінь придатності кожного з них.

$$DefAr: (PbPr, Ar) \rightarrow Ar' \in LiAr$$

Для кожного обраного типу архітектури виходячи з вимог $ReAr$ та параметрів $PbPr$ визначають структуру процесів та процесорів, які вимагає архітектура. При цьому використовують експертну систему. Вона пропонує проектувальнику попередню структурну схему процесора (типи вкладених пристроїв, їх кількості та поєднання). На другому етапі запропоноване вирішення додатково коректується проектувальником. При цьому враховуються додаткові фактори (наприклад, плани приміщень) та технологічні обмеження. Ця задача вирішується в людиномашинному режимі. Наприклад, проектувальник розміщує на плані підприємства процесори, а система перевіряє технологічні обмеження (наприклад, відстані). За результатами вирішення задачі коректують існуючу специфікацію мереж процесів та процесорів.

$$DefstAr: (Ar, PbPr, ReAr, NPr, NPr) \rightarrow (NPr', NPr')$$



Задача вибору прототипу для технічного або програмного продукту вирішується для заданого процесора. Як правило, це процесор, який не містить інших процесорів. Задача складається з таких етапів:

Залежно від типу процесора та його параметрів вибирають шаблон прототипу. При цьому тип прототипу $TyPr$ визначається за типом процесору $TyPr$.

$$\text{DefProt: } (TyPr, PbPr) \rightarrow Pm$$

За значеннями параметрів процесора визначають параметри прототипу. При цьому використовують параметричні залежності між параметрами, які є частиною блоку параметрів прототипу $PbPt$.

$$\text{DefParProt: } (PbPr, PbPm) \rightarrow PbPt$$

Вибрані варіанти можуть додатково обґрунтовуватися, оцінюватися за неформальними критеріями.

Група задач параметричного моделювання містить задачі дослідження поведінки прототипу для визначеного діапазона параметрів в тому числі дослідження поведінки прототипу для максимальних (критичних, граничних) значеннях параметрів. При цьому використовується параметрична модель прототипу $MdPm$.

Іноді корисно параметрично визначити межу по досягненні якої бажано перейти до іншого архітектурного вирішення чи іншого прототипу. Визначення такої межі повинно проводитися з врахуванням прогнозу та планів розвитку системи.

Задачі формування та модифікації експертної системи можуть включати

- задачу навчання. В результаті розгляду тестових прикладів формується набір правил та дерево прийняття рішень. Розбіжності між вирішенням експертної системи та еталонним вирішенням, що виникають в результаті розв'язання задачі навчання, є підставою для модифікації правил експертної системи.

$$\text{Modrule: } (Pr, Pt, Ec) \rightarrow Ec'$$

- реєстрацію нового прототипу. При зміні технологій, появі нових продуктів, що вирішують визначені класи задач необхідно визначити новий прототип, занести його у дерево вибору, визначити параметри його застосування.

$$\text{Addprot: } (Pm, Ec) \rightarrow Ec'$$

1. Буров С.В. Система формальних специфікацій для проектування розподілених інформаційних систем. Інформаційні системи та мережі. Вісник національного університету "Львівська політехніка" № 406. 2. Martin Hoffhenke und Ipke Wachsmuth. *Dynamische Konzeptualisierung mit imaginalen Prototypen*. Universität Bielefeld. 3. Martin Hoffhenke, Bernhard Jung, Stefan Kopp *Der CODY Virtuelle Konstrukteur Manual Version 2.0. SFB 360 Projekt C1, Universität Bielefeld*. 4. Martin Hoffhenke Ipke Wachsmuth. *Dynamische Konzeptualisierung partieller und vollständiger Aggregate mit einem Multiagenten-Ansatz Technische Fakultät Universität Bielefeld*.