

Т. Г. БІЛОВА

ПРОЕКТУВАННЯ РОЗПОДІЛЕНОЇ БАЗИ ДАНИХ СИСТЕМИ НАДАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ АДМІНІСТРАТИВНИХ ПОСЛУГ

Розглянуто особливості розробки розподіленої бази даних суб'єктів системи надання електронних адміністративних послуг як гетерогенної системи. Визначено етапи проектування системи знизу до гори, засоби забезпечення фрагментації та реплікації даних. Досліджено механізми реалізації віддалених та розподілених запитів та транзакцій, що охоплюють декілька органів державної влади. Процес проектування визначено у два етапи, пов'язані з попередньою розробкою та репроектуванням. Сформульовано лінійний адитивний критерій ефективності проектування та якості надання послуг.

1. Вступ

Основою архітектури системи надання електронних адміністративних послуг є розподілена база даних (РБД), що дає змогу ефективно використовувати для організації послуг інформацію з різномірних джерел [1]. Проектування, створення та підтримка такої системи пов'язані з рядом труднощів, що мають місце при інтеграції даних. Інтеграція БД в слабо пов'язані федерації потребує розвитку нових методів управління даними, що є специфічними для таких середовищ. Концепції, що використовуються в централізованих БД, не можуть бути використані. Побудова розподіленої системи потребує підтримки даних, що створюються на різних фізичних серверах БД, розгортаються на різних апаратно-програмних платформах та зберігаються у різних форматах. Головна задача такої системи - представлення інформації про власні ресурси та різні рівні доступу для користувачів.

Організаційні та правові питання створення системи електронного урядування активно розроблюються спеціалістами в рамках державного урядування [2], але питання практичної реалізації системи на базі сучасних інформаційних технологій мають розрізнений характер. Наприклад, розглядаються питання створення математичної моделі заявника до системи електронного урядування [3], але реалізація цієї моделі в рамках системи так і залишається невизначеною.

Дослідження в галузі розробки та експлуатації РБД свідчать, що оптимальні алгоритми фрагментації та сегментації РБД відносять до NP-складних [4], тобто з ростом розмірності завдань їх обчислювальна складність зростає експоненційно. Тому на цей час не існує систем, що повністю реалізують дванадцять принципів побудови РБД, сформульовані Дейтом [5]. Вирішення задач проектування неоднорідних РБД зводиться до визначення схем фрагментації та реплікації даних за допомогою евристичних та генетичних алгоритмів [4]. В рамках сучасних досліджень в галузі РБД значне місце присвячено проблемам інтеграції даних з різномірних систем, розробці моделей глобальної схеми БД та її модифікації [6, 7]. Для створення цих моделей використовуються математичні апарати теорії графів, теорії множин, предикатів тощо.

Актуальною є задача узагальнення та розробки підходів для проектування РБД системи надання електронних адміністративних послуг з урахуванням особливостей адміністративних регламентів, представлених у вигляді шаблонів моделей елементарних та композиційних послуг, та гетерогенності розподіленого середовища обробки.

Метою дослідження є визначення етапів проектування РБД системи надання електронних адміністративних послуг, основним принципом якої є інтеграція інформаційних систем органів державної влади. В рамках поставленої мети потрібно вирішити наступні задачі: визначити проблеми організації розподіленої обробки інформації при наданні адміністративних послуг та сформулювати задачу проектування РБД; визначити методи розподіленої обробки даних в БД; визначити основні етапи проектування та критерій оцінки якості надання послуг в рамках роботи системи.

2. Постановка задачі проектування розподіленої бази даних

Розроблена в [1] архітектура системи надання адміністративних послуг є технологічним рішенням для органів державного управління, в апараті яких працюють кілька тисяч працівників, залучених до взаємодії з громадянами та організаціями. Взаємодія між суб'єктами системи реалізується за допомогою урядового порталу, який виконує функції управління інтерфейсом, формування моделей виконання процесів, управління розподіленими транзакціями та оптимізацію запитів. Службовцям надається доступ до урядового порталу за технологією «ролей».

Суб'єкти надання послуг в такій системі представляються у вигляді РБД. В загальному випадку РБД складається з множини вузлів прийому запитів (query site) і непорожньої множини вузлів даних (data site). Вузли даних виконують функції зберігання даних, а на вузлах прийому запитів реалізується користувальницький інтерфейс для доступу до даних, що зберігаються в вузлах даних. Найважливіша відмінна ознака такої системи - слабо зв'язаний характер середовища. Фундаментальний принцип створення РБД [5] полягає у представленні для суб'єктів звернення та суб'єктів надання послуг розподіленої системи як централізованої.

Розглянемо механізми надання адміністративних послуг. Як відомо з [2], більшість адміністративних послуг орієнтовано на так звані «життєві епізоди», тобто типові ситуації, які виникають в процесі життя будь-якої людини та вимагають взаємодії з органами влади для оформлення відповідних документів, надання допомоги тощо. Послуги, орієнтовані на життєві епізоди, з точки зору розподіленого оброблення та надання інформації, мають такі властивості:

- життєвий епізод ініціалізує декілька елементарних та/або композитних послуг, вихідні результати одних з них є вхідними даними для інших;
- обробка кожної з послуг може вимагати звернення до декількох державних структур;
- суб'єкту звернення повинна надаватися можливість виконати всі дії для одержання послуги в одному місці - принцип «єдиного вікна».

На рис. 1 представлено модель життєвого епізоду «народження дитини» та пов'язані з ним послуги у відповідності з інформаційною моделлю адміністративної послуги, розробленою в [1].

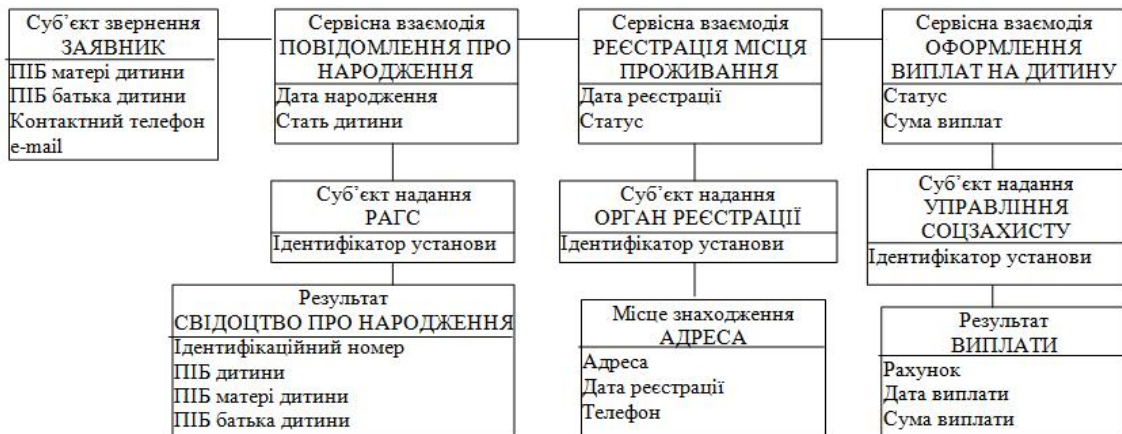


Рис. 1. Модель адміністративних послуг, пов'язаних з життєвим епізодом «народження дитини»

Використання РБД як основи системи надання електронних адміністративних послуг, орієнтованих на життєві епізоди, визначається наступними вимогами:

- «транзакційність» - необхідність відстежувати виконання пов'язаних операцій в рамках надання послуги і в разі помилки чи збою при виконанні однієї з операцій скасовувати всі кроки транзакції;
- необхідність моніторингу процесу виконання послуги;
- жорсткий контроль виконання послуги.

РБД як складова частина системи надання електронних адміністративних послуг визначає її функціонування в трьох вимірах: публікація інформації; транзакції в рамках окремої державної установи; транзакції, що потребують інтеграції між кількома державними структурами. Найбільш вразливим етапом є підтримка транзакцій, що потребують інтеграції між декількома структурами. При цьому розрізняють віддалені транзакції, коли дані оброблюються в іншій державній структурі, та розподілені транзакції, коли дані оброблюються в більш ніж одній структурі. За тим же принципом розділяються і запити.

Складність обробки розподілених запитів та транзакцій визначається накладанням додаткових обмежень на забезпечення цілісності даних як в локальних вузлах, так і знань про представлення даних в віддалених вузлах.

Державні установи використовують різні архітектури даних для забезпечення реалізації своїх функцій, що належать до різноманітних предметних областей, які можна розділити на дві великі групи: гомогенні та гетерогенні.

Гомогенні предметні області відповідають послугам, які надаються однією окремою установою. Це елементарні послуги, що передбачають використання централізованої архітектури інформаційних систем та централізованої БД.

Гетерогенні предметні області виділяють або всередині великих територіально розподілених установ, або при описі взаємодії різних установ (композитні послуги). У цих випадках передбачається використання різних архітектурних рішень та баз даних. При цьому основна увага приділяється обміну даними між різними типами систем.

В загальному випадку наявність власних систем в органах влади різних рівнів визначає гетерогенність РБД, яка повинна інтегрувати розрізнені інформаційні ресурси з метою створити загальну середу надання адміністративних послуг. У гетерогенних системах для організації взаємодії між різними типами СУБД забезпечується трансляція переданих повідомлень. Наприклад, як транслятор можна використовувати Heterogeneous Services [8], що підтримує доступ до БД, які відрізняються від Oracle. Система повинна взяти на себе локалізацію необхідних даних і виконання трансляції переданих повідомлень. У загальному випадку дані можуть бути затребувані з іншого вузла, який характеризується такими особливостями:

- інший тип використовуваного обладнання;
- інший тип використовуваної СУБД;
- інший тип застосовуваних обладнання та СУБД.

Основні проблеми проектування пов'язані зі створенням єдиної концептуальної схеми РБД шляхом інтеграції окремих локальних концептуальних схем. При наявності семантичної неоднорідності інтеграція локальних моделей даних стає надзвичайно важкою задачею.

Таким чином, задача проектування РБД формулюється як пошук відображення φ :

$$\langle P, L \rangle \xrightarrow{\varphi, Z} \langle G, F, S, R, T \rangle, \quad (1)$$

де P - множина моделей елементарних та композитних адміністративних послуг; L - множина локальних схем БД вузлів суб'єктів надання послуг; G - глобальна схем РБД; F - схема фрагментації даних; S - схема реплікації даних; R - множина розподілених запитів; T - множина розподілених транзакцій; Z - критерій ефективності проектування.

Тобто проектування є відображенням множини моделей послуг та локальних схем вузлів в глобальну схему РБД з визначенням механізмів фрагментації, розміщення даних та формування розподілених запитів та транзакцій з урахуванням критерію ефективності.

3. Методи забезпечення розподіленої обробки даних в БД

Для вирішення задач розподіленої обробки в РБД застосовують технології фрагментації та реплікації даних, а також розподілені обмеження цілісності, розподілені запити та транзакції. Комплексна реалізація усіх визначених технологій дозволяє значно підвищити ефективність, доступність та масштабованість системи.

Під фрагментацією розуміємо розбиття БД або таблиці на кілька частин і зберігання цих частин на різних вузлах РБД. Задачу фрагментації можна сформулювати наступним чином:

- якщо відношення R розбивається на фрагменти R_1, R_2, \dots, R_n , то $\cup R_i = R$ при умові існування операції реляційної алгебри, що дозволяє відновити відношення R з його фрагментів;

- якщо елемент даних $d_j \in R_i$, то він не повинен бути присутнім одночасно в інших фрагментах, виняток - первинний ключ при вертикальній фрагментації.

Основним принципом фрагментації є зберігання інформації там, де вона може бути використана. Тому з точки зору обслуговування адміністративних послуг доречно застосовувати горизонтальну фрагментацію. Наприклад, розміщення інформації щодо користувачів послуг згідно з регіоном проживання у відповідних регіональних органах влади та місцевого самоврядування.

Для підвищення якості обробки розподілених даних використовується реплікація - створення і зберігання копій одних і тих самих даних на різних вузлах РБД. Такий підхід прискорює обробку інформації, але потребує додаткових механізмів відстеження актуальності та відновлення реплік. В рамках надання адміністративних послуг, як правило, результат виконання запитів містить невеликий обсяг даних, тому підтримка механізмів реплікації потрібна лише в окремих випадках, наприклад, для створення звітів.

До засобів розподіленої обробки також відносять:

- розподілені обмеження цілісності - обмеження, для перевірки виконання яких потрібно звернення до іншого вузла РБД;

- розподілені запити - запити на читання, які звертаються більш ніж до одного вузла РБД;

- розподілені транзакції - команди на зміну даних, які звертаються більш ніж до одного вузла РБД.

Реалізації зазначених вище методів потребує вирішення задачі управління глобальними даними. Глобальна схема повинна містити всі дані, що розміщуються в локальних вузлах, та всі зміни в локальній БД повинні поширюватися на глобальну схему.

В залежності від ступеня інтеграції збережених в РБД даних глобальна схема може бути представлена як:

- централізована схема, дані якої розташовані на спеціально виділеному вузлі;

- повністю реплікована схема (розподіл копії глобальної схеми на кожен вузол РБД з забезпеченням процедур її відтворення);

- секціонована схема (децентралізований варіант глобальної схеми, при якому на кожному вузлі зберігається його локальний варіант схеми тільки для об'єктів, що зберігаються на цьому вузлі; загальна схема є об'єднанням всіх локальних схем);

- секціонована схема з централізованою реплікацією (на кожному вузлі зберігається його локальна схема, а на спеціально виділеному центральному вузлі зберігаються актуальні репліки всіх цих локальних схем).

Управління глобальною схемою містить наступні задачі: вибір формальної моделі для представлення глобальної схеми, визначення рівнів глобальної схеми, підтримка глобальної схеми в актуальному стані, реструктуризація глобальної схеми. Для системи надання електронних адміністративних послуг пропонується модель представлення глобальної схеми як орієнтований граф без петель [1, 9], що відображує глобальний рівень та локальні рівні у відповідності до ієрархії органів державної влади. Таке представлення дозволяє використовувати рекурсивні алгоритми обходу графів при проведенні пошуку потрібної для реалізації послуг інформації.

Розробка РБД системи надання електронних адміністративних послуг «знизу до гори» містить наступні етапи: розробка регламентів електронних послуг; відображення регламентів на глобальну схему РБД; визначення процедур фрагментації та розміщення даних по вузлах.

4. Життєвий цикл проектування РБД

Життєвий цикл проектування РБД містить дві фази: проектування і репроектування. Під проектуванням розуміють фрагментацію відношень та розміщення їх по вузлах обчислювальної мережі. Можливі зміни в законодавстві та регламентах надання адміністративних послуг, постійна реструктуризація державних структур вимагають підвищеної уваги саме до другої фази - репроектування.

На рис. 2 представлено основні фази проектування РБД для системи надання електронних адміністративних послуг. Циклічне представлення фази репроектування дає змогу підтримувати РБД в актуальному стані та налаштовувати її на зміну параметрів предметної області.

Для оцінки якості надання послуг, орієнтованих на життєві епізоди, при розробці РБД можна використовувати наступний адитивний критерій:

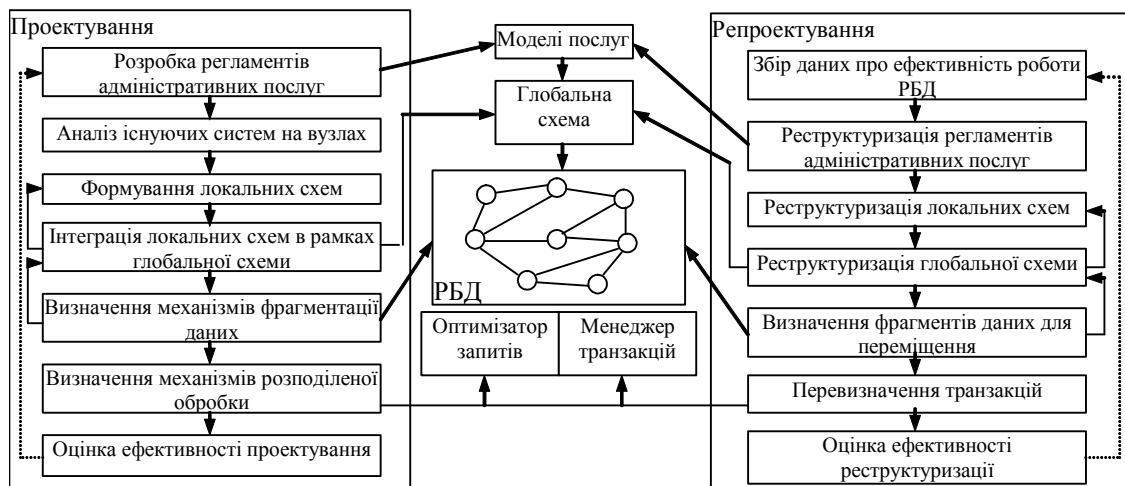


Рис. 2. Життєвий цикл проектування РБД

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left(k_i(t) \frac{\tau_{ij}^r}{\tau_{ij}^t} + k_g(t) \omega_{ij} \right) p_{ij} \rightarrow \min, \quad (2)$$

де n - кількість вузлів РБД (суб'єктів надання); m - кількість адміністративних послуг, що оброблюються в системі за певний проміжок часу; τ_{ij}^r, τ_{ij}^t - відповідно, реальний та теоретичний час відгуку на j -й запит i -им вузлом; ω_{ij} - коефіцієнт ефективності оброблення j -го запиту в i -му вузлі, що визначається на основі оцінки отриманих послуг суб'єктами звернення; p_{ij} - ймовірність обробки i -ї послуги в j -му вузлі; k_i і k_g - відповідно, коефіцієнти важливості часу відгуку та готовності транзакції, що лежать в межах від 0 до 1 та визначаються на основі експертних оцінок [6].

Складність оптимізації при вирішенні задачі (1) за критерієм (2) визначається виглядом цільової функції, що є лінійною, залежить від параметру часу та містить стохастичну складову. Для вирішення такої задачі доцільно використовувати методи параметричного та стохастичного програмування, такі як метод послідовного покращення плану та зведення до задач опуклого програмування.

5. Висновки

Існуючі технології проектування РБД ґрунтуються на створенні розподіленого середовища обробки даних шляхом інтеграції різномірних вузлів та не враховують динамічні зміни в регламентах надання адміністративних послуг. Запропонований підхід до проектування РБД містить дві стадії: проектування та репроєктування, що дає змогу адаптувати систему до змін в законодавстві та реструктуризації органів влади. Процес репроєктування базується на постійному аналізі відповідності системи вимогам та виконується циклічно. У разі внесення змін в модель адміністративної послуги запускається реструктуризація РБД, що охоплює лише ті вузли системи, в яких зберігається інформація, пов'язана з виконанням даної послуги.

Запропонований адитивний критерій якості обслуговування дозволяє оцінити ефективність обробки інформації в системі як з точки зору суб'єктів надання послуг, так і з точки зору суб'єктів звернення. Питанням розробки алгоритмів репроєктування глобальної схеми РБД будуть присвячені подальші дослідження.

Список літератури: 1. Білова Т.Г. Архітектура системи представлення електронних адміністративних послуг // АСУ та прибори автоматики. 2018. № 175. С. 49-53. 2. Клімушин П. С., Серенок А.О. Електронне урядування в інформаційному суспільстві : [монографія.] Харків : Вид-во ХарПІ НАДУ «Магістр», 2010. 312 с. 3. Марковець О.В. Математична модель заявника для систем електронного урядування // Інформаційні системи та мережі: Вісник Національного університету «Львівська політехніка». 2011. № 699. С.154-164. 4. Чумаченко Е.И., Захаров С.С. Алгоритмическое обеспечение распределенных баз

данных // Штучний інтелект. 2013. № 1. С. 49-54. 5. *Деїт К. Дж.* Введение в системы баз данных. М.: Вильямс. 2005. 1328 с. 6. *Бальченко І.В.* Проблеми розроблення неоднорідних розподілених систем управління базами даних // Технічні науки та технології. 2016. № 2 (4). С. 67-71. 7. *Бобрешов-Шишов Д. И., Саяркин Л. А., Шаров И. А.* Динамическое управление структурой распределенной базы данных / Молодой ученый. 2015. № 7. С. 51-53. 8. *Кайт Т., Кун Д.* Oracle для профессионалов: архитектура и методики программирования, 3-е изд. :Пер. с англ. М.: 000 «ИД. Вильямс». 2016. 960 с. 9. *Афанасьев В.В., Лебедеко Е.В.* Графоаналитическая модель процесса формирования глобальной схемы мультибазы данных с учетом этапов ее реструктуризации // Информационные системы и технологии. 2014. № 1 (81). С.12-18.

Надійшла до редколегії 11.06.2019

Білова Тетяна Георгіївна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри ІУС ХНУРЕ. Наукові інтереси: моделювання бізнес-процесів в органах державної влади та управління, хмарні технології, розподілені бази даних. Адреса: Україна, м. Харків, пр. Науки 14, тел. +38(057)7021451.

УДК 004.75

DOI: 10.30837/0135-1710.2019.176.054

И.А.МАЛЬКОВА

МОДЕЛИ ШАБЛОНОВ ПОВЕДЕНИЯ АГЕНТОВ МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗАТРАТ НА РЕАЛИЗАЦИЮ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

В статье рассмотрены вопросы построения логической сети, отображающей поведение агентов мультиагентной системы, с использованием набора шаблонов, представляющих собой типовые фрагменты логической сети. Представлены модели шаблонов в графическом виде и в виде логических формул алгебры конечных предикатов, а также правила применения моделей шаблонов, описывающие ограничения и возможные варианты построения логической сети.

1. Постановка проблемы

Процессный подход к управлению предприятием требует применения знаний, необходимых для непосредственного управления и оптимизации бизнес-процессов (БП). Важным классом БП являются БП с изменяющейся структурой (БПИС).

Реализация цели БПИС выполняется в условиях временных и материальных ограничений. В связи с этим возникает проблема оценки временных и материальных затрат на реализацию различных вариантов БПИС.

Оперирование бизнес-объектом (БО) в условиях временных и материальных ограничений предполагает учет затрат при обработке таких объектов. Для предметной области, связанной с обработкой электронных документов, БПИС предполагает использование в качестве БО электронных документов, что требует проведения мониторинга компьютерных сетей с учетом особенностей процессного подхода.

Исходя из этого, актуальной является проблема мониторинга ресурсов компьютерной сети (КС) с целью получения оценки временных и материальных затрат на обработку БО для принятия обоснованных решений о порядке реализации процедур БП с учетом логических взаимосвязей между ними. Мониторинг обеспечивает необходимые условия для гибкой перестройки последовательности действий БП и выдерживание ограничений на время выполнения БП, что, в свою очередь, требует разработки модели оценки затрат на обработку БО в рамках процессного подхода.

Решение проблемы оценивания затрат ресурсов КС при обработке БО на базе мониторинга состояния ресурсов КС осуществляется посредством мультиагентной системы (МАС) [1,2].

Согласно [1,2] поведение МАС базируется на основе правил взаимодействия агентов, что требует применения логического аппарата для описания взаимодействия агентов и поведения системы в целом. Такой аппарат должен учитывать временные параметры и последовательность выполнения действий. В соответствии с изложенными особенностями