

УДК 621.327:629.391

С.В. Дуденко, О.В. Перепелиця, Р.О. Еловських

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## ЗАДАЧА УЗГОДЖЕНОСТІ ДАНИХ В РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМАХ

В статті розглядаються основні механізми вирішення задачі узгодженості даних в розподілених системах обробки інформації: резервування, синхронізація, реплікація та тиражування даних. Додатково розглядається поняття інтеграції даних та технології, що використовуються під час об'єднання даних в системі. Обґрунтовується класифікація методів реплікації шляхом розгляду основних показників, наводиться коротка характеристика та відмінні риси кожного з існуючих методів. Приведені додаткові задачі та основні питання, що підлягають вирішенню під час реплікації даних.

**Ключові слова:** розподілена система, інтеграція даних, реплікація даних, синхронізація даних.

### Вступ

**Постановка задачі.** Глобалізація інформаційних потоків в телекомунікаційних системах, потребує вирішення задачі узгодженості даних, що зберігаються в різних базах даних розподіленої системи. Використання різних методів дозволяє привести кілька баз даних (або копій однієї бази даних) з однаковою структурою в той самий несуперечливий стан, що супроводжується взаємним внесенням змін.

Задача узгодженості даних по декількох джерелах інформації являє собою досить нетривіальну задачу з дуже неоднозначним рішенням. Майже всі готові методи працюють з істотними обмеженнями за структурою і способами накопичення і зміни даних [4], універсального рішення такої задачі на сучасний момент немає. Особливо складним є перехід від єдиної бази до розподіленої, коли доводиться розробляти алгоритм під вже існуючу структуру працюючої бази даних (БД). Навпроти, при розробці і написанні проекту БД з нуля, завжди простіше врахувати технологічні нюанси майбутньої розподіленої системи.

Приступаючи до рішення задачі узгодженості даних, потрібно бути готовим до того, що доведеться вирішувати додаткові задачі (конфлікти даних, синхронізація довідників, тощо), яких для баз даних, працюючих у єдиній мережі прямого з'єднання з сервером бази даних.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Загальні питання розкриті в [3 – 5]. Окремі важливі питання розглядаються в [1] – спосіб формування унікальних ідентифікаторів на основі функції хешування, котрий при правильному виборі початкових параметрів забезпечить ідентифікацію об'єктів і суттєво знизить обсяг службової інформації, та [2] – використання тригерів для зменшення часу завантаження великих обсягів даних.

**Мета статті.** Розглянути основні відмінності механізмів вирішення задачі узгодженості даних. Обґрунтувати класифікаційні ознаки методів реплікації даних (баз даних) в розподілених системах обробки інформації.

### Основна частина

Одна із найбільших переваг розподілених систем обробки інформації є їх здатність до реплікації даних (data replication) – підтримки копій даних на різних вузлах системи. Для аналізу доцільно подати таку систему у вигляді графа (рис. 1), в якості ребер якого використовувати факт наявності каналу зв'язку між вузлами системи.

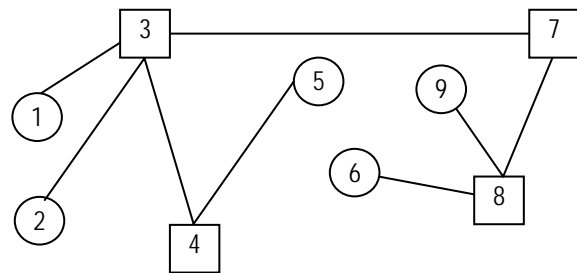


Рис. 1. Подання розподіленої системи обробки інформації

На рис. 1 у вигляді квадратів (3,4,7,8) подані вузли на яких зберігаються копії даних, тобто на вказаних вузлах встановлена система управління базами даних та відповідно знаходиться фізична база даних, такі вузли будемо називати серверами. Інші вузли використовують доступ до інформації за технологією "клієнт-сервер".

В даній статті будемо використовувати терміни, які потребують пояснення, розглянемо їх. Дані – інформація, подана у вигляді, придатному для її автоматизованого опрацювання засобами інформаційних технологій. Базу даних можна визначити як сукупність взаємозв'язаних даних (прості чи складені типи), що зберігаються разом на одному носії та описують якусь предметну область за наявності такої мінімальної надмірності, яка допускає їх використання оптимальним чином для одного або декількох застосувань.

В розподілених системах обробки інформації (рис.1) використовується концепція сховищ даних, яка на відміну від концепції баз даних характеризується додатковими властивостями: інтегрованість і

узгодженість даних. Сховища даних - предметно орієнтовані, інтегровані, усталені набори даних, що підтримують хронологію і здатні бути комплексним джерелом достовірної інформації для оперативного аналізу та прийняття рішень. Враховуючи специфіку, сховище даних має такі особливості проектування та побудови:

- отримання інформації з різних джерел даних (у тому числі і з реляційних баз даних) у деталізованому та агрегованому вигляді (зберігаються результати застосування функцій агрегації);
- багатовимірне подання інформації – ігноруються деякі вимоги нормалізації (максимум 3-ої нормальної форми), що значно підвищує швидкість опрацювання інформації, оскільки зменшує кількість операцій з'єднання;
- наявність метаданих для опису джерел метаданих та структури самого сховища даних – у базах даних також використовують словники для опису структур даних, а у сховищах даних мета дані (словники, дані про дані);
- наявність пакетного завантаження даних в сховище даних та вивантаження даних;
- наявність процедур аналізу даних та отримання нових даних;
- орієнтованість даних на аналітичне, а не на статистичне опрацювання.

При аналізі та прийнятті рішень основною вимогою аналітика є не стільки оперативність, скільки вірогідність (рус. – достоверность) відповіді, яка і визначається узгодженістю даних. Доки не виконана робота по взаємному узгодженню даних з різних джерел, не можна говорити про їх вірогідність.

Узгодженість – ступінь, з яким дані, отримані з різних джерел, можуть адекватно комбінуватись, інтегруватись та використовуватись для різних цілей. Зміст цього виміру полягає в тому, що статистичні дані, що характеризують одне й те саме явище, але отримані за результатами різних обстежень (обстежень різного типу і періодичності), можуть бути не повністю узгодженими, оскільки основані на різних методологічних підходах, класифікаціях тощо.

Для підтримки узгодженості даних на серверах використовують механізми: резервування, синхронізації, реплікації та тиражування даних, які дещо схожі між собою, тому необережно використовуються як синоніми, однак між ними існують принципові відмінності.

Традиційно узгодженість даних в розподілених системах досягається за допомогою протоколу двофазного оновлення з контролем виконання (метод реплікації). Хоча вказаний метод вирішує задачу підтримки узгодженості даних на декількох серверах у реальному часі, він потребує великих затрат мережних та системних ресурсів, крім того системам, що його використовують властива нестійкість. Оскільки в розподіленій системі для двофазного оновлення вимагається участь всіх серверів в операціях модифікації даних, тоді при відсутності

з'єднання хоча б з одним сервером відмовляє вся система. Необхідний не тільки стійкий, а й швидкий канал зв'язку.

Реплікація (англ., копіювання, від лат., відбиття) передбачає сценарії повної або вибіркової ідентичності даних, тому повну реплікацію даних можна порівняти з синхронізацією даних. Основним механізмом реплікації є репліка, яка формується при зміні даних на окремому сервері та розповсюджується на всю систему.

Резервування передбачає створення повної копії бази даних (включаючи структуру даних, процедури та функції) зі збереженням її на носії (диск, дискета, тощо) на тому ж вузлі, або на резервному сервері, з можливістю відновлення.

Синхронізація даних передбачає сценарії повної ідентичності, як системних даних (інформація про точки резервування та відновлення, про сеанси доступу до даних, тощо), так і даних користувача на всіх серверах системи.

Тиражування даних – створення та розповсюдження нової копії даних. Тиражування використовують в моделі з дистриб'ютором змін, тобто всі зміни (модифікації даних), які відбуваються в системі розповсюджуються за допомогою одного серверу даних, а інші сервера знаходяться лише в режимі читання даних. Тиражування є відносно простий метод розподілення даних по фізично відособленим базам даних і не вимагає безперервної роботи всіх мереж і серверів. Механізм схожий на пасивну реплікацію.

Більш наглядно різниця між термінами ілюструється на рис. 2.

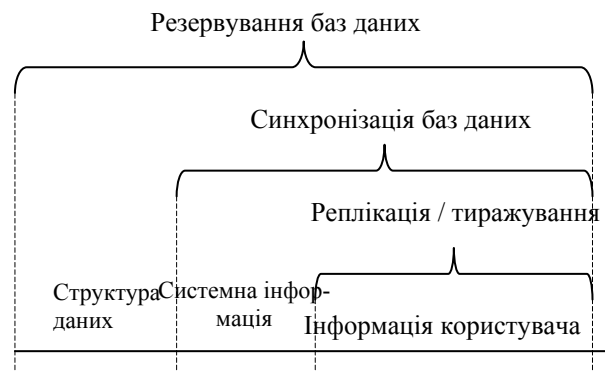


Рис. 2. Співвідношення механізмів узгодженості баз даних

Необхідне відмітити ще один механізм – інтеграція даних, який також не слід плутати з реплікацією. Необхідність інтеграції даних виникає через неоднорідність програмного середовища, розподілений характер системи, підвищені вимоги до безпеки даних, необхідність наявності багаторівневих довідників метаданих, потребу в ефективному зберіганні й опрацюванні дуже великих обсягів інформації.

Інтеграція даних – це об'єднання даних, які спочатку вводяться в різні системи. Самі ці системи можуть розташовуватися в одній локальній мережі, але мати різні платформи і внутрішню архітектуру. Метою

інтеграції даних є отримання єдиної і цілісної картини корпоративних даних предметної області. Інтеграція даних може бути описана за допомогою моделі, яка включає застосування, продукти, технології та методи. Передбачає існування декількох технологій:

ЕАІ – це технологія, за допомогою якої організація добивається централізації і оптимізації інтеграції корпоративних застосувань, зазвичай використовуючи ті або інші форми технології оперативної доставки інформації, яка керується зовнішніми подіями.

ETL – це технологія, яка перетворює дані (зазвичай за допомогою їх пакетного опрацювання) з операційного середовища, що включає гетерогенні технології, в інтегровані дані, що узгоджуються між собою, придатні для використання в процесі підтримки прийняття рішень; ETL-технологія орієнтована на бази даних, наприклад, сховище, вітрину або операційне сховище даних.

ЕП – це технологія для інтеграції в режимі реального часу незіставних типів даних з численних джерел як всередині, так і за межами корпорації; інструменти ЕП забезпечують універсальний рівень доступу до даних і використовують технологію пошуку інформації або можливості роботи за запитами; технологія ЕП орієнтована на конкретних співробітників, які одержують інформацію через інструментальну панель або звіт.

ЕСМ – це технологія керування інформаційними ресурсами підприємства, набір інструментів і методів, що використовуються для збирання, керування, накопичення, зберігання і доставки інформації всім споживачам усередині організації. У цілому ЕСМ орієнтується на роботу з неструктурованою інформацією у будь-якому вигляді, включаючи звичні офісні документи у форматі Word або Excel, PDF, а також малюнки, креслення, графіки, скановані зображення і взагалі файли будь-яких форматів, повідомлення електронної пошти, Web-сторінки, відео й іншу інформацію в електронному вигляді. Основне завдання ЕСМ полягає в підтримці повного життєвого циклу інформації.

СДІ – це технологія інтеграція даних про клієнтів, метою якої є забезпечення узгодженої картини інформації про клієнтів. Найчастіше є структурною частиною CRM-систем (систем роботи з клієнтами).

EDR – це технологія тиражування корпоративних даних, яка забезпечує копіювання та узгодження визначених даних з джерела (сховища даних) у всі вказані у репозитарію метаданих об'єкти. У базах даних ця технологія частково нагадує реплікацію даних.

Задача реплікації даних визначає необхідність підтримки ідентичності копій об'єктів на серверах даних. Використання реплікаторів дозволяє покращити основні характеристики системи в цілому:

– надійність. Процес реплікації значно збільшує надійність системи, надаючи альтернативний доступ до даних. При втраті з'єднання з одним із вузлів, користувач може продовжувати роботу з даними, використовуючи інший. При втраті даних на одному з вузлів дані можуть бути відновлені за рахунок інших;

– продуктивність. Використовуючи реплікацію, можна забезпечити високу швидкість доступу до даних, тому що навантаження буде рівномірно розподілене;

– можливість роботи без постійного з'єднання між вузлами. Копії даних дозволяють користувачу працювати без постійного з'єднання. Пізніше, коли установиться з'єднання, користувач зможе синхронізувати інформацію;

– зменшення мережного навантаження. Реплікація може бути використана для розподілу даних між різними регіональними центрами. Додатки будуть звертатися не до центрального вузла, а до регіонального, зменшуючи навантаження на мережу.

Однак розробка підсистеми реплікації потребує відповіді на додаткові принципи питання:

1. Як забезпечити ідентичність копій даних?
2. На яких вузлах і скільки потрібно копій даних?
3. Як здійснювати синхронізацію копій даних після падіння і відновлення каналу зв'язку?
4. Який метод реплікації застосовувати при синхронізації даних?

Тільки відповівши на вказані питання потрібно приступати до розробки реплікатора. В даній статті ми спробуємо допомогти Вам у відповіді на останнє питання шляхом детального аналізу існуючих підходів до реплікації і спробуємо ввести їх узагальнену класифікацію. Методи реплікації класифікують наступним чином:

1. За способом реалізації реплікації:
  - вбудована. Реалізується за допомогою налаштування інструментів відповідної СУБД;
  - спеціалізована. Розробляється спеціально для конкретної бази даних.
2. За стратегією (напрямом) реплікації:
  - пасивна реплікація (односпрямована). Один з серверів розподіленої системи призначається первинним (дистрибу'ютором). Операції читання виконуються локально у всіх вузлах. Операції, що модифікують стан об'єкта, направляються дистрибу'ютору, який, після внесення змін, оновлює всі інші вузли;
  - активна реплікація (мультиспрямована). Кожен вузол зберігає копію стану об'єкта. Операції читання і модифікації виконуються локально в кожному вузлі. Для підтримки достовірності інформації на вузлах операції модифікації розсилаються всім вузлам, які виконують їх над локальною копією стану об'єкту.
3. За способом передачі даних (у часі) реплікації:
  - синхронна (реального часу) реплікація. Вузли розподіленої бази даних з'єднанні стійким каналом зв'язку, а дані синхронізуються негайно після зміни стану об'єкта;
  - асинхронна (відкладена) реплікація. Канал не гарантує стійкий зв'язок під час процесу синхронізації. Процес реплікації запускається по події в часі або по дії користувача.
4. За принципом тиражування змін станів об'єктів:
  - моментальних знімків. Вузол поширює в одній репліці моментальний знімок стану об'єкту;

– злиттям. Модифікація даних відслідковується за допомогою тригерів.

– транзакцій. Вузол пересилає зроблену над об'єктом операцію (транзакцію).

5. За обсягом даних (контенту) в одній репліці:

– повна реплікація. В одній репліці розміщена вся інформація із бази даних;

– часткова реплікація. В одній репліці розміщена інформація об окремих об'єктах (об'єкті);

6. За необхідністю контролю стану репліки:

– без контролю. Вузол поширює репліку та не контролює стан її імплементації;

– з контролем. Вузол-ініціатор контролює стан імплементації репліки на всіх вузлах.

Необхідно відмітити, що в наведеній класифікації відсутні слова типу змішана, універсальна, в силу того, що у кожній класифікаційній ознаці може бути додано ще один запис означеного типу. Наприклад "За обсягом даних в одній репліці", змішана реплікація – в постійному режимі роботи системи використовується часткова реплікація, а у випадку конфліктних ситуацій (або у певний період часу) повна реплікація. При розробці реплікатора необхідно його класифікувати за всіма наведеними ознаками. Найбільш часто використовують спеціалізований, активний, асинхронний, частковий метод реплікації з тиражуванням знімків та з контролем стану реплік. Класифікаційні ознаки метода реплікації можуть бути поширені на наступні ознаки, що не є обов'язковим.

7. За способом вирішення конфліктів реплік:

– за пріоритетом вузлів. Записується стан об'єкту, що надійшов із вузла з найбільшим пріоритетом;

– за параметром. Записується стан об'єкту, що має параметр з мінімальним чи максимальним значенням;

– за сценарієм. Для усунення різних конфліктів можуть бути підготовлені різні сценарії;

– за рішенням користувача. Відомості записуються в журнал для наступного аналізу й прийняття рішення.

8. За способом вирішення часткових задач:

– синхронізація унікальних ідентифікаторів;

– реплікація довідників розподіленої бази;

– конфлікт вкладеності довідників;

– падіння каналу зв'язку;

– видалення записів із довідників;

– проблеми подвоєння елементів довідників, тощо.

## Висновки

В розподілених системах обробки інформації використовується концепція сховищ даних, яка на відміну від концепції баз даних характеризується додатковими властивостями: інтегрованість і узгодженість даних. Задача узгодженості даних по декількох джерелах інформації являє собою досить нетривіальну задачу з дуже неоднозначним рішенням. Майже всі готові методи працюють з істотними обмеженнями за структурою і способами накопичення і зміни даних, універсального рішення такої задачі на сучасний момент немає. Для підтримки узгодженості даних на серверах використовують механізми: резервування, синхронізації, реплікації та тиражування даних, які дещо схожі між собою, тому необережно використовуються як синоніми, однак між ними існують принципові відмінності, що розглядаються в статті.

## Список літератури

1. Дуденко С.В. Способ формирования уникальных идентификаторов объектов для подсистем репликации данных в распределенных системах обработки цифровой информации / С.В. Дуденко, А.В. Перепелица, С.В. Алексеев // Системы обработки информации. – Х.: XV ПС, 2008. – Вып. 2(69). – С. 45-47.

2. Дуденко С.В. Способ повышения эффективности обновления информации в реляционных базах данных с иерархической структурой / С.В. Дуденко // Системы обработки информации. – Х.: XV ПС, 2006. – Вып. 6(55). – С. 72-77.

3. Евдокимов А. Репликация базы данных [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://iamhere.inso.ru>.

4. Конноли Томас. Базы данных: проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика / Томас Конноли. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2000. – 1120 с.

5. Блажко О.А. Оптимізаційна модель та засоби асинхронного тиражування даних для побудови систем розподіленої обробки інформації. Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.13.06 / О.А. Блажко; Одес. нац. політехн. ун-т, 2001. – 19 с.

Надійшла до редколегії 11.11.2008

Рецензент: д-р техн. наук, доц. І.В. Рубан, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## ЗАДАЧА СОГЛАСОВАННОСТИ ДАННЫХ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ

С.В. Дуденко, А.В. Перепелица, Р.А. Еловских

В статье рассматриваются основные механизмы решения задачи согласованности данных в распределенных системах обработки информации: резервирование, синхронизация, репликация и тиражирование данных. Дополнительно рассматривается понятие интеграции данных и технологии, которые используются во время объединения данных в системе. Приведены дополнительные задачи и основные вопросы, которые подлежат решению во время репликации данных.

**Ключевые слова:** распределенная система, интеграция данных, репликация данных, синхронизация данных.

## A TASK OF CO-ORDINATION OF INFORMATION IS IN THE DISTRIBUTED SYSTEMS

S.V. Dudenko, A.V. Perepelica, R.A. Elovskikh

In the article the basic mechanisms of decision of task of co-ordination of information are examined in the distributed systems of treatment of information: reserving, synchronization, replication and circulating of information. The concept of integration of information and technologies which are utilized during the association of information in the system is additionally examined. Additional tasks and basic questions which are subject a decision during replication of data are resulted.

**Keywords:** distributed system, integration of information, replication of information, synchronization of information.