

УДК 004.32

І. О. Храмова

Інститут проблем реєстрації інформації НАН України
вул. М. Шпака, 2, 03113 Київ, Україна

Адаптація розподілених інформаційних інфраструктур міжвідомчої взаємодії

Розглянуто підхід до підвищення адаптаційних властивостей інформаційних компонентів розподіленої інфраструктури до еволюційних змін операційного середовища з використанням сучасних інформаційних технологій. Підхід може бути використано при створенні об'єднаного інформаційного простору з існуючих автономних інформаційних ресурсів під час вирішення складних багатoproфільних завдань органами державного управління.

Ключові слова: інформаційний ресурс, інформаційний простір, адаптація.

Вступ

Міжвідомчі інформаційні системи підтримки прийняття рішень є спеціалізованим випадком систем цього класу і застосовуються для здійснення та координації спільної ділової та організаційно-керівної діяльності урядових установ різного підпорядкування.

Інформація, що споживається та виробляється такими системами, технології її обробки є сферою піклування сукупності розподілених *інформаційної інфраструктури* (ІІІ) і *операційного середовища*, які налаштовуються на ефективну інформаційну підтримку процесів прийняття рішень уповноваженими особами [1].

Розподілена інформаційна інфраструктура пов'язана із *середовищем виконання*, яке можна представити у вигляді потоку завдань, виконання яких забезпечується на існуючій множині інформаційних ресурсів.

До суттєвих особливостей операційного середовища розподіленої інформаційної інфраструктури визначеного класу систем відносяться:

- велика кількість джерел інформації, що змінюється;
- переважна кількість успадкованих інформаційних ресурсів;
- високий рівень автономності управління ресурсами;
- різні політики управління ресурсами;
- нечисленні метадані, що характеризують власно інформаційні джерела;
- значний ступінь семантичної неузгодженості інформації.

© І. О. Храмова

До особливостей середовища виконання можна віднести також мінливість у часі характеристик системи, пов'язаних з її еволюційним розвитком. Такі зміни, рівно як і потік відмов різного характеру, що викликаються цими змінами, можуть бути віднесені до впливових факторів операційного середовища.

Серед факторів, що можуть впливати на виникнення конфліктів у ІnІ будемо розрізняти еволюційні зміни *операційного середовища* та *інформаційних компонентів*.

До еволюційних змін операційного середовища віднесемо: зростання функціонального навантаження; зростання обсягів ресурсів зберігання; зміну версій застосувань; модифікацію або заміну окремих компонентів операційного оточення.

Серед можливих змін інформаційних компонентів інфраструктури, як найбільш впливові, виділимо наступні:

— зміни специфікацій і методів управління політиками (наприклад: хто може мати доступ до даних; які перетворення даних дозволені; чи використання даних має бути ексклюзивним тощо);

— зміна пристрою зберігання даних (наприклад, переміщення даних з більш швидкісного пристрою на менш швидкісний);

— зміна інтерфейсу доступу до даних;

— зміна місця розміщення даних;

— зміна даних;

— зміна метаданих;

— зменшення повноти даних.

Важливу роль у процесі надання інформаційних послуг грають не тільки інформаційні ресурси, що використовуються у процесах прийняття рішень, а й деякі службові колекції даних, без яких неможливе функціонування розподіленої інформаційної інфраструктури. До таких відносяться:

— репозиторії програм та інформаційних ресурсів окремих доменів і розподіленої інфраструктури взагалі;

— семантичні ресурси (метадані, онтології) загального використання та локальні;

— бази даних брокерних вузлів глобальних і локальних;

— реєстри персоніфікації (сертифікатів, посвідчень або мандатів користувачів) локальних, довірчих і глобальних вузлів інфраструктури, що використовуються системами захисту та білінговими системами.

Аналіз впливу еволюційних змін на надання інформаційних послуг дозволив визначити узагальнені типи відмов. Ось неповний але принаймні наочний їхній перелік:

— відмова у виконанні завдання;

— відмова у доступі тимчасова або довготривала;

— затримка виконання завдання;

— неможливість отримання або збереження даних;

— неможливість отримання даних за прийнятний час;

— зняття завдання з виконання внаслідок перевищення часу перебування завдання на обслуговуванні;

— помилкове виконання завдання.

Отже, операційне середовище має високий ступінь нестационарності, яка виражається різними обставинами, і адаптація до змін операційного середовища стає абсолютно необхідним елементом управління розподіленою інформаційною інфраструктурою. Адаптація, як різновид процесу управління, є процесом пристосування до специфічних станів як структури об'єкта управління, так і операційних параметрів середовища його функціонування.

У сучасних публікаціях, коли мова йде про організацію розподілених систем колективного використання, частіше за все йдеться про вже звичний набір інформаційних технологій, кожна з яких є умовою сталого функціонування іншої. Маються на увазі технології кластеризації, віртуалізації, сервісно-орієнтований підхід до організації обчислень, та використання GRID-середовищ як об'єднувальної інфраструктури [2–4].

Отже, для систем визначеного класу існує технологічна можливість створити таке інфраструктурне рішення, в якому апаратні, програмні, інформаційні ресурси та послуги різних власників для досягнення сталого функціонування динамічно інтегруватимуться і забезпечуватимуть певний ступінь структурної адаптації розподіленого середовища до відмов його віртуалізованих компонентів. Метою цієї роботи є розгляд окремих особливостей створення подібного інфраструктурного рішення.

Рівні адаптації розподіленої інформаційної інфраструктури

Розглянуті основні класи змін операційного середовища та можливих конфліктів у наданні інформаційних послуг визначили напрямок пошуку адекватних механізмів адаптації в окресленому колі сучасних інформаційних технологій.

Результатом пошуку стала концепція адаптації розподіленої інформаційної інфраструктури, згідно з якою адаптація розглядається як інтегральний багаторівневий процес, що охоплює всю сукупність базових сучасних технологій побудови розподіленої інфраструктури і властивих цим технологіям методів підвищення адаптаційних можливостей інформаційних компонентів на кожному з визначених рівнів адаптації (див. таблицю).

Наявність комунікаційного рівня відповідає особливостям систем, що розглядаються, і розширює підхід, який пропонується в [6]. Цей рівень стосується власне інформації, що надається або зберігається компонентами інформаційної інфраструктури. Маючи справу зі значною кількістю інформаційних ресурсів різного підпорядкування, неможливо виключити проблему семантичного «непорозуміння» між ними. Адже саме семантична складова інформаційної інфраструктури надає можливість розуміти смисловий контекст окремо взятих інформаційного ресурсу або інформаційної послуги. Адаптивна інфраструктура повинна забезпечувати механізм семантичної адаптації, який би виконував узгодження та/або доповнення інформаційних об'єктів, що цікавлять користувачів. Це певною мірою ускладнює систему управління інфраструктурою і накладає на її інформаційні вузли додаткові структурні компоненти та незаплановані навантаження.

Отже, в загальному випадку, характеристики продуктивності інформаційних компонентів залежать від багатьох факторів і для кожної інформаційної послуги кожного з них мають визначатися окремо.

Рівні адаптації інформаційної інфраструктури

Рівень адаптації	Метод адаптації	Базова технологія
Комунікативний (семантичний)	Семантичне узгодження та персоналізація інформаційного контенту	Онтологічний підхід, управління семантичними метаданими
Мережевий	Відбір релевантних обчислювальних вузлів	Управління метаданими обчислювальних вузлів
Системний	Управління ефективністю системного ПЗ операційних вузлів	Управління віртуалізацією операційного середовища на основі гіпервізора, управління дисципліною обслуговування завдань у вузлі
Програмний	Вибір застосувань з альтернативної множини	Управління метаданими інформаційних сервісів
Алгоритмічний	Управління сценаріями обробки інформації	Організація обчислень на основі сервісно-орієнтованого підходу та використання GRID-середовищ
Апаратний	Оптимізація параметрів і структури апаратних засобів операційних вузлів	Побудова операційних вузлів на кластерах з властивостями відмовостійкості та балансування навантаження

Адаптуючий вплив при цьому може мати різний характер. Він може привести до зміни або параметрів об'єкта адаптації (параметрична адаптація), або його структури (структурна адаптація). Наприклад, як керовані параметри інформаційного компонента інфраструктури на системному рівні можуть розглядатися інтенсивність і закони розподілу процесу обслуговування завдань, обмеження на тривалість очікування (перебування) завдань у черзі (системі), порядок обслуговування завдань (дисципліна обслуговування) тощо.

На комунікаційному рівні адаптації очевидний підхід до семантичного узгодження даних гетерогенних IP полягає в тому, щоб окреслити проблемну область та визначити єдину онтологію цієї проблемної області, а надалі пов'язувати поняття, що використовують окремі інформаційні ресурси та застосування з цією загальнодоступною онтологією [5, 7].

Очевидно, що такий підхід є неприйнятним для розподілених систем міжвидомчої взаємодії, у зв'язку із необхідністю переробки вже існуючих систем (проблема успадкованих систем).

Альтернативним методом у цьому випадку є такий, що відбиває часткові онтології задіяних інформаційних ресурсів на окремо розроблену стандартну онтологію, яка має бути загальнодоступним службовим інформаційним ресурсом розподіленої інфраструктури. При цьому вважатимемо, що рівень зрілості локальних інформаційних систем такий, що часткові семантичні ресурси (метадані, онтології) вже існують [8].

Оптимізація алгоритмів керування розподіленим середовищем на Grid-інфраструктурі, що *вже функціонує*, ускладнена значними витратами і простоями ресурсних центрів, або взагалі неможлива. У зв'язку з цим виникає задача створення *засобів моделювання* як інформаційної інфраструктури в цілому, так і окре-

мих інформаційних компонентів, які дозволяють адекватно оцінювати її поведінку при змінних умовах і на основі цього оптимізувати існуючі та винайти нові стратегії управління потоками завдань.

Задача адаптації дисципліни обслуговування в операційних вузлах розподіленої інфраструктури

Задача адаптації *дисципліни обслуговування* в операційних вузлах розподіленої інфраструктури виникає в зв'язку з непередбаченими і неконтрольованими змінами в середовищі та системі, що неминуче *змінюють оптимальне настроювання* дисципліни обслуговування, якщо воно було реалізованим. Тому потрібні систематичні *підстроювання (адаптація) дисципліни обслуговування* для підтримки системи в оптимальному режимі незалежно від змін, що відбуваються в середовищі та системі. Для цього було запропоновано використовувати наступний підхід до рішення задачі адаптації дисципліни обслуговування.

Відомо, що показник ефективності системи носить екстремальний характер і визначений на *контрольованих* станах середовища та системи:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}(X, Y), \quad (1)$$

де X — контрольований стан середовища, наприклад, характеристики заявок на обслуговування; Y — контрольовані фактори, що описують стан системи, наприклад, довжини черг заявок. Як показники ефективності системи можуть виступати: середній час перебування (очікування) заявок у системі (черзі), середня довжина черги заявок, середня сумарна вартість очікування (перебування) заявок у черзі (системі) тощо.

Стан системи залежить не тільки від контрольованого стану середовища, але й від певних неконтрольованих параметрів середовища (наприклад, інтенсивності надходження заявок) та системи (наприклад, інтенсивності обслуговування заявок або інтенсивності відмов вузла). Іншим фактором впливу на стан системи є *дисципліна обслуговування* заявок:

$$Y = F(X, E, H, S), \quad (2)$$

де F — оператор системи; E та H — неконтрольовані стани середовища та системи відповідно; S — дисципліна обслуговування.

Під *дисципліною обслуговування* будемо розуміти правило вибору заявок на обслуговування залежно від контрольованих станів середовища і системи:

$$S = S(X, Y). \quad (3)$$

Оптимальність дисципліни обслуговування у більшості випадків передбачає екстремізацію показника ефективності функціонування системи (1). Це означає, що для синтезу оптимальної дисципліни S^0 необхідно вирішити наступну оптимізаційну задачу:

$$\mathcal{E}[X, F(X, E, H, S)] \rightarrow \underset{S \in S^*}{extr} \Rightarrow S^0, \quad (4)$$

де S^* — обмеження, що накладаються на вибір дисципліни обслуговування.

Очевидно, що вирішити задачу (4) на стадії проектування інформаційної системи неможливо, тому що неконтрольовані стани середовища та системи є априорно невідомими. Усереднення за цими факторами вводити не можна, тому що вони можуть мати нестационарний характер.

Тому задачу синтезу оптимальної дисципліни S^0 варто вирішувати шляхом адаптації операційного вузла в режимі експлуатації. Тоді адаптація зводиться до рішення задачі $\mathcal{E}(S) \rightarrow \underset{S \in S^*}{extr} \Rightarrow S^0$ за локальними спостереженнями оцінок зна-

чення показника ефективності при різних дисциплінах: $\hat{\mathcal{E}}_1 = \hat{\mathcal{E}}(S_1), \dots, \hat{\mathcal{E}}_\xi = \hat{\mathcal{E}}(S_\xi)$.

Алгоритм адаптації повинний вказувати послідовність переходу від однієї дисципліни до іншої: $S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow \dots \rightarrow S_\xi \rightarrow \dots$, що приводить до рішення S^0 , яке є оптимальним у ситуації, що склалася.

Оскільки режими роботи розподіленої ІІІ визначаються характеристиками потоків розв'язуваних завдань і поточною топологією ресурсів, її можна розглядати як систему масового обслуговування (СМО), що виконує (або відхиляє) вхідні вимоги.

У [9] визначено постановку задачі для СМО, що моделюють ресурси операційного вузла інформаційної інфраструктури. Ці моделі пропонується розглядати як моделі систем, що мають властивість адаптації до відмов.

Адаптивними властивостями запропонованих моделей є те, що у період відновлення обслуговуючого пристрою вимоги одних потоків завдань у чергу приймаються, а інші — не приймаються. Ця особливість відрізняє розглянуті моделі від всіх відомих.

Сполучення дисципліни обслуговування з однією із дисциплін поновлення обслуговування після відновлення пристрою, що відмовив, і поведінкою вимоги, обслуговування якої було перервано відмовою, задає умови самостійних задач для пріоритетних СМО:

- систем з відносними пріоритетами і поновленням обслуговування з вимог, обслуговування яких було перервано відмовленнями;
- систем з відносними пріоритетами і поновленням обслуговування з вимог систем старшого пріоритету;
- систем з абсолютними пріоритетами;
- пріоритетних систем з утратами під час відмови.

Наведені в [9] кінцеві вирази з отриманих рішень для деяких із перерахованих моделей дозволяють обчислювати такі характеристики обслуговування вимог як:

- середній час очікування початку обслуговування вимог і очікування в черзі;
- середній час перебування вимог у системі;
- середнє число вимог у черзі;
- середнє число вимог у системі.

Характеристики обслуговування вимог кожного потоку зв'язані між собою (у сталому режимі) формулами Літтла. Для кожної моделі середні тривалості зна-

ходяться через рівняння рівноваги. Інші характеристики — через формули Літтла.

Для визначення оптимальності дисциплін обслуговування в системах з відмовами були розглянуті системи з абсолютними і відносними пріоритетами, кожна з яких може мати чотири режими безперервного поновлення черги на час відновлення після відмови. Таким чином, може бути обумовлено вісім задач. Отримані рішення задач дозволили визначитися з умовами оптимальності вибору дисципліни обслуговування з альтернативної множини.

Якщо мати достатній набір моделей для пріоритетних СМО з відмовами, при визначенні відхилень у продуктивності вузла внаслідок незапланованих змін операційного середовища, шляхом моделювання та співставлення отриманих результатів можна підібрати варіант управління пріоритетами, що підтримуватиме операційні характеристики інформаційного компонента в оптимальному стані незалежно від змін характеристик операційного середовища розподіленої інфраструктури.

Висновки

1. Серед факторів, що можуть впливати на виникнення відмов у розподіленій інфраструктурі потрібно відносити еволюційні зміни операційного середовища та інформаційних компонентів.

2. До інформаційних компонентів, що мають вплив на процес надання інформаційних послуг у розподіленій інформаційній інфраструктурі окрім власно інформаційних ресурсів спільного використання потрібно віднести інформаційні компоненти, які використовуються системним ПЗ проміжного рівня для управління обчислювальними процесами.

3. Інформаційні компоненти протягом життєвого циклу можуть зазнавати змін, що важко розпізнати, але які можуть негативно виявитись у процесі надання інформаційних послуг. Рівень і методи адаптації мають відповідати поточному стану операційного середовища.

4. Для адаптації інформаційних компонентів розподіленої інфраструктури до негативних впливів змін еволюційного характеру потрібно використовувати багаторівневий підхід властивих цим технологіям методів підвищення адаптаційних можливостей інформаційних компонентів на кожному з визначених рівнів адаптації.

5. Важливо для інформаційних компонентів, які використовуються у міжвідомчій взаємодії, впровадити комунікативний рівень адаптації, що дозволив би загальне розуміння структури наявної інформації і людиною, і програмними компонентами.

6. Вибір оптимальних дисциплін обслуговування завдань з альтернативної множини, що ґрунтується на аналізі результатів аналітичного моделювання пріоритетних систем може використовуватись як засіб системної адаптації операційного вузла, на якому розміщується інформаційний компонент, до змін характеристик операційного середовища розподіленої інфраструктури в процесі експлуатації.

1. *Матов О.Я.* Сучасні технології інтеграції інформаційних ресурсів. / О.Я. Матов, І.О. Храмова // Реєстрація, зберігання і оброб. даних. — 2009. — Т. 11, № 1. — С. 33–42.

2. *Петренко А.І.* Застосування Grid-технологій для науки і освіти / А.І. Петренко. — К.: Політехніка, 2009. — 144 с.
3. *Кусскуль Н.Н.* Grid-системы для задач исследования Земли. Архитектура, модели и технологии / Н.Н. Кусскуль, А.Ю. Шелестов. — К.: Наук. думка, 2008. — 452 с.
4. *Храмова І.О.* Застосування сервісно-орієнтованих архітектур у процесах інтеграції інформаційних ресурсів / І.О. Храмова // Реєстрація, зберігання і оброб. даних. — 2009. — Т.11, № 2. — С. 70–76.
5. *Матов О.Я.* Організація онтологій загального використання в інтегрованих інформаційних інфраструктурах підготовки даних для прийняття рішень. Функціонування та розвиток ринків електроенергії та газу / Матов О.Я., Храмова І.О.: [зб. наук. праць] / Ін-т проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є.Пухова. — К., 2006. — С. 99–103.
6. *Растрингин Л.А.* Адаптация сложных систем / Л.А. Растрингин. — Рига: Зинатне, 1981. — 375 с.
7. *Распределенные онтологии и их применение в решении задач интеграции данных* [Электронный ресурс] / В.А. Виттих, Д.В. Волхонцев, А.Н. Гинзбург [и др.] / Сайт «Генезис Знаний», 2006–2010. — Режим доступа: http://www.kg.ru/?page_id=170
8. *Матов О.Я.* Динамічна інтеграція інформаційних ресурсів єдиної інформаційної інфраструктури ринку електроенергії. Функціонування та розвиток ринків електроенергії та газу / Матов О.Я., Храмова І.О.: [зб. наук. праць] / Ін-т проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова. — К., 2006. — С. 93–98.
9. *Матов О.Я.* Проблеми користування і математичне моделювання хмарних обчислень для інтегрованої інформаційно-аналітичної системи державного управління / О.Я. Матов, І.О. Храмова // Реєстрація, зберігання і оброб. даних. — 2010. — Т. 12, № 2. — С. 113–127.

Надійшла до редакції 04.04.2012