

УДК 681.324

С.В. Дуденко, В.В. Калачова, В.А. Пудов

## ОПТИМАЛЬНЕ ПРОЕКТУВАННЯ СТРУКТУРИ І СКЛАДУ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ КОРПОРАТИВНОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

*Сформульовано постановку завдання вибору оптимальної структури і складу комп'ютерної мережі корпоративної інформаційної системи. Запропоновано логічні принципи побудови комп'ютерної мережі. Розроблено методологію, технологію, алгоритмічні і програмні засоби проектування обчислювальних комп'ютерних мереж у класі моделей математичного програмування.*

### Постановка проблеми

На сьогоднішній день у світі створений глобальний інформаційний простір. Україна також стала частиною цього простору. Тому в 1998 році в Україні була прийнята Національна програма інформатизації, відповідно до якої необхідно створити умови для забезпечення суб'єктів інформаційних відносин своєчасною, достовірною, адекватною й ефективною інформацією.

На даний час мають місце декілька тенденцій у розвитку корпоративних інформаційних систем. Перша з них пов'язана з удосконаленням рівня телекомунікаційної взаємодії між окремими підрозділами мережної інфраструктури підприємства. Друга тенденція відображає специфіку розвитку прогресивних інформаційних технологій віддаленого доступу до розподілених ресурсів. Третя тенденція пов'язана із захистом інформації та забезпеченням безпеки комп'ютерних систем. Різноманітність і непередбачуваність цих концепцій у багатьох випадках є причиною прийняття не найкращих проектних рішень при створенні розподілених корпоративних інформаційних систем.

### Аналіз літератури

За останнє десятиліття розроблена значна кількість прогресивних інформаційних технологій у галузі телекомунікаційної взаємодії, віддаленого доступу до територіально розподілених ресурсів, захисту інформації та безпеки комп'ютерних систем. Однак на сьогоднішній день залишалося невирішеним питання раціонального синтезу існуючих інформаційних технологій для створення розподілених корпоративних інформаційних систем. Значний внесок у розробку наукових основ аналізу і синтезу технологій створення розподілених корпоративних

інформаційних систем внесли Дж. Мартін, П. Пенроуз, М. Морган, Р. Орфалі, І.Д. Горбенко, М. Кульгін та інші вчені.

**Мета статті** – розробка і дослідження моделей, методів і технологій створення розподілених корпоративних інформаційних систем.

Істотне підвищення продуктивності праці й удосконалення керування економікою на сучасному етапі неможливі без комп'ютерів, а ефективне використання інформаційних ресурсів – без об'єднання їх у мережі і створення на їх основі розподілених сховищ комп'ютерних ресурсів, що обслуговують певні корпорації. Функціонування багатьох виробничих і військових організацій вже зараз базується на використанні таких корпоративних інформаційних систем (КІС). До них, зокрема, відносяться системи управління космічними апаратами, системи резервування авіаційних квитків і т.д.

Корпоративними системами прийнято називати інтегровані мережні середовища, що поєднують великі регіональні мережі організацій з локальними обчислювальними системами, у яких користувачі сформовані в окремі робочі групи. У масштабі підприємства корпоративні системи створюються з метою спільного виконання обчислень у рамках усієї організації, коли співробітники підприємства повинні взаємодіяти один з одним, звертаючись до даних, засобів обробки, додатків та інших ресурсів незалежно від їх місця розташування.

У локальних мережах підприємств можуть використовуватися різні апаратні і програмні засоби мережного забезпечення, що пов'язують комп'ютери різних платформ. Основним завданням проектування КІС є знаходження найбільш раціонального способу взаємодії існуючих локальних мереж, які безпосередньо не сумісні одна з одною. Мета полягає в

тому, щоб користувач або прикладна програма, що працює на одній машині в мережі, могли взаємодіяти з будь-якою іншою мережею організації. При реалізації цієї досить складної проблеми використовуються методи вертикальної і горизонтальної декомпозиції з наступним розв'язанням оптимізаційних задач у класі лінійного цілочислового програмування з булевими змінними.

Надалі передбачається, що КІС складається з трьох основних складових: обчислювальної мережі (ОМ), розподіленої бази даних (РБД) і системи управління розподіленою базою даних (СУРБД). Структура корпоративної інформаційної системи  $S_{КІС}$  з урахуванням технології й особливостей функціонування, архітектури і складу ОМ, РБД і СУРБД може бути представлена короткем вигляду

$$S_{КІС} = \langle S_{ОМ}, S_{РБД}, S_{СУРБД} \rangle,$$

де  $S_{ОМ}$  – структура ОМ;

$S_{РБД}$  – структура РБД;

$S_{СУРБД}$  – структура СУРБД.

Структура обчислювальної мережі  $S_{ОМ}$  визначається кількістю вузлів мережі (КВМ), до яких підключені термінальні пристрої; топологією мережі (ТПМ), яка відбиває взаємне територіальне розташування вузлів мережі з прив'язкою до них прилеглих термінальних пристроїв, комутаторів і концентраторів повідомлень (ККП); швидкостями передачі даних (ШПД) і виділеними частотами; можливими трафіками і припустимими затримками в передачі повідомлень (ТПЗ); пріоритетами обслуговування і наявністю менеджменту конфігурації обчислювальної мережі (ПОМ); засобами захисту інформації і перепопиту (ЗІП) при неправильно прийнятому повідомленні [1, 2].

Структура ОМ визначена таким чином може бути представлена короткем вигляду

$$S_{ОМ} = \langle КВМ, ТПМ, ККП, ШПД, ТПЗ, ПОМ, ЗІП \rangle.$$

Структура розподіленої бази даних  $S_{РБД}$  з урахуванням її складу визначається кількістю сховищ даних (КСД), кількістю термінальних пристроїв (КТП), системою доступу до даних (СДД) (дворівнева із сервером бази даних, трирівнева із сервером додатків, багаторівнева з Web-серверами), системою обробки даних (СОД) (інтелектуальний термінал або тонкий клієнт), моделями розподілених послуг, роз-

поділеної функціональної логіки, розподіленої транзакції [3 – 5].

Структуру, визначену таким чином, можна представити короткем вигляду

$$S_{РБД} = \langle КСД, КТП, СДД, СОД \rangle.$$

Задача оптимального проектування КІС полягає в тому, щоб якнайкраще вибрати структуру ОМ, склад устаткування інформаційних пунктів КТП і визначити пропускну здатність каналів зв'язку при мінімізації витрат з урахуванням можливостей, наданих ОМ засобам передачі й обробки інформації, і вимог, що ставляться КТП до ОМ, які повинні бути погоджені між собою. Як критерії ефективності при оптимізації структури і складу КІС, ОМ і логічних структур КТП використовуються мінімум сумарного часу виконання безлічі запитів і завдань на коректування даних користувачів, мінімум сумарного часу виконання безлічі запитів і транзакцій, мінімум максимального сумарного часу (вартості) обслуговування різних користувачів та ін.

Оптимальне значення критерію ефективності функціонування КІС повинно задовольняти основні системні, мережні і структурні обмеження. Результати оптимального проектування КІС дозволяють визначити структуру і склад комплексу апаратних та програмних засобів передачі даних, а також ефективні мережні протоколи, що запобігають появі взаємоблокувань і безвихідних ситуацій при різних режимах функціонування КІС. Основна задача – правильно вибрати оптимальну швидкість передачі даних від прикінцевих інформаційних пунктів до вузлів концентрації. Після цього розв'язується задача вибору типу і необхідної кількості устаткування (певній швидкості передачі даних може відповідати один або декілька типів устаткування).

При проектуванні обчислювальної мережі ставиться задача вибору каналів зв'язку між вузлами мережі. У цій задачі для кожної лінії, що з'єднує вузли мережі, потрібно вибрати варіант зв'язку з урахуванням ряду вимог критеріїв і ресурсних обмежень, що враховують фінансові витрати на створення і функціонування мережі; забезпечити якість роботи мережі (необхідний трафік) при зміні зовнішніх умов, підвищення оперативності передачі (зменшення середнього часу встановлення зв'язку, затримки повідомлення, збільшення швидкості передачі інформації), підвищення надійності мережі, вірогідності передачі повідомлень; облік пріоритетів користувачів.

Розв'язати таку задачу можна в декілька етапів.

На першому етапі на основі обліку пріоритетів обслуговування, виду переданої інформації (переважний діалог або перекачування масивів даних), необхідної вірогідності, трафіка й інших характеристик проводиться багатокритеріальне ранжирування ліній з'єднання вузлів обчислювальної мережі. На основі виконаного аналізу результатів ранжирування для найбільш важливих ліній зв'язку директивно призначаються високошвидкісні телефонні канали, а для менш важливих – більш дешеві виділені або комутовані телефонні канали. Для інших ліній зв'язку розв'язуються однокритеріальні задачі при різних значеннях вихідних даних. Одержувані локально оптимальні рішення оцінюються по всьому набору критеріїв і з цієї безлічі рішень виділяються оптимальні за Парето. Після цього проводиться ранжирування отриманих результатів рішень [6].

При проектуванні КІС повинні враховуватися можливості, надані комп'ютерними мережами системам передачі й обробки інформації, і вимоги, які ставляться розподіленими базами даних. Для створення ефективної КІС якісні характеристики ОМ і вимоги РБД повинні належним чином узгоджуватися між собою. Аналіз вимог користувачів є першим і найбільш важливим кроком у процесі розробки ОМ. Оскільки мережа є всього лише інструментом для функціонування КІС, то вона повинна задовольняти основні вимоги і побажання користувачів КІС. Саме користувачі у кінцевому рахунку визначають топологію мережі, транспортні протоколи, склад апаратних і програмних засобів.

Існують дві точки зору на розроблювану мережу: точка зору користувача і точка зору розроблювача. Користувач дивиться на мережу ніби зі сторони, а розроблювач – зсередини. Для повноцінного аналізу вимог бажано об'єднати ці погляди. Користувач мріє одержати від мережі дешеві послуги з передачі даних, стійкі до помилок, що забезпечують відсутність затримок, належну безпеку і т.д. Розроблювач з професійної точки зору повинен забезпечити реалізованість цих вимог при мінімальних фінансових витратах. Вимоги користувача до мережі звичайно неповні, несистематизовані і можуть згодом змінюватися. При проектуванні мережі розроблювач у першу чергу орієнтується на фінансові можливості і характер мережного трафіка [7].

У даний час для передачі даних по ОМ використовуються в основному три різні інформаційні інфраструктури: телефонна мережа для передачі

мовних повідомлень, кабельне і ширококомовне телебачення для передачі відеозображень, а також технології комунікації пакетів для взаємодії між комп'ютерами ОМ. Крім перелічених інфраструктур для передачі даних у локальних мережах організацій часто застосовуються виділені і комутовані телефонні канали, а для об'єднання локальних мереж використовуються високошвидкісні телефонні канали. Кабельне телебачення співіснує з комп'ютерними комунікаціями: по одному кабелю можна передавати комп'ютерні дані і телевізійні сигнали.

Указані інформаційні інфраструктури мають тенденцію поступово зливатися в єдину мережу передачі даних будь-якого типу. Серед технологій, спрямованих на злиття інформаційних інфраструктур, одне з провідних місць належить АТМ-технології, яка передає інформацію мовним трафіком, обслуговується традиційно телефонними мережами; трафіком даних, що звичайно передається по комп'ютерних мережах; трафіком мультимедіа, що містить у собі зображення, аудіо- і відеоінформацію.

При проектуванні ОМ як вимоги користувача часто використовуються різні характеристики мережного трафіка. Трафік стосовно до мереж відбиває робоче навантаження лінії зв'язку. При вимірюванні трафіка важливе місце займають одиниці вимірювання даних і спосіб упакування цих одиниць. Одиницею даних може виступати біт, байт, повідомлення або блок, які упаковуються у файли, пакети, кадри або комірки.

Одним із способів вимірювання трафіка є визначення кількості повідомлень, які передаються через мережу в даний момент або протягом визначеного часового інтервалу. Трафік може вимірюватися кількістю байт за секунду, пакетів за секунду, комірок за хвилину, кількістю реалізованих транзакцій за хвилину або сумарним обсягом, наприклад, загальною довжиною кадру величиною в 342 байти.

Широкий діапазон швидкостей передачі (від декількох сотень біт/с до сотень Мбіт/с), істотно статистичний характер інформаційних потоків, велика різноманітність мережних конфігурацій – усі ці фактори значно ускладнюють опис трафіка в сучасних ОМ.

Усі джерела інформації (термінал, робоча станція) прийнято характеризувати швидкістю передачі даних. Швидкість надходження інформації в канал зв'язку визначається способом кодування і стиснення даних і, отже, залежить від уміння здійснювати

обробку сигналів, досягнутого рівня технології і вартості обробки. За допомогою кодування завжди можна перетворити швидкість передачі, яка генерується джерелом зі змінною швидкістю передачі, у швидкість з фіксованим значенням за рахунок зниження якості обслуговування при обмеженій піковій швидкості або за рахунок зниження ефективності пропускної здатності каналу зв'язку.

Припустимо, що розглянута радіально-ієрархічна структура мережі складається із сукупності периферійних інформаційних пунктів, концентраторів повідомлень і обчислювального центру, з'єднаних між собою каналами зв'язку. Ставиться багатоваріантна задача вибору оптимального складу устаткування, розміщення його в інформаційних пунктах, визначення пропускної здатності каналів зв'язку при мінімізації витрат.

Першою розв'язується задача розбиття мережі на більш прості фрагменти, а потім необхідно вибрати швидкості передачі даних від прикінцевих інформаційних пунктів до вузлів концентрації. Після цього на рівні кожного вузла мережі розв'язується задача щодо вибору типу устаткування, яка зводиться до знаходження такого сполучення різних швидкостей передачі даних від інформаційних пунктів до вузлів, щоб сумарна їх швидкість не перевищувала пропускної здатності (трафіка) каналу зв'язку, забезпечуючи мінімальну вартість доставки інформації при заданих швидкостях передачі.

Передбачається, що вартість передачі інформації визначається амортизаційними відрахуваннями від устаткування, яке придбавається, і вартістю оренди каналу зв'язку за одиницю часу, яка залежить від відстані. Цільова функція представлена у вигляді детермінованої лінійної форми.

### Висновки

Таким чином, оптимізація структури і складу технічних засобів вузла корпоративної обчислювальної мережі зведена до задачі лінійного цілочисельного програмування за вартісним критерієм при дотриманні діофантових обмежень, що накладаються на стандартні номінали швидкостей передачі даних від інформаційних пунктів до відповідних вузлів концентрації, та умов дотримання заданого трафіка. Для розв'язання наведеної вище задачі ліній-

ного математичного програмування з діофантовими функціональними обмеженнями розроблено кілька алгоритмів. Задача розміщення типів устаткування по вузлах комп'ютерної мережі корпоративної інформаційної системи загалом належить до комбінаторних задач стосовно покриття. Для розв'язання такої задачі розроблені й апробовані алгоритми дискретної оптимізації [8].

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мартин Дж. Вычислительные сети и распределенная обработка данных. – М.: Мир, 1986. – Вып. 2. – 268 с.
2. Кульгин М. Технологии корпоративных сетей. – СПб.: Питер, 2000. – 704 с.
3. Саймон А.Р. Стратегические технологии баз данных. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 479 с.
4. Теоретические основы проектирования оптимальных структур распределенных баз данных / В.В. Кульба, С.С. Ковалевский, С.А. Косяченко, В.О. Сиротюк. – М.: СИНТЕГ, 1999. – 660 с.
5. Пономаренко В.С., Павленко Л.А., Максименко І.О. Проективання баз даних.: Навч. посібник. – К.: ІЗМН, 1997. – 172 с.
6. Белкин А.Р., Левин М.Ш. Принятие решений: комбинаторные методы аппроксимации информации. – М.: Наука, 1990. – 160 с.
7. Мартин Дж., Чапмен К.К., Либен Дж. Архитектура и реализация АТМ. – М.: Лори, 2000. – 214 с.
8. Стоян Ю.Г., Яковлев С.В. Математические модели и оптимизационные методы геометрического программирования. – К.: Наук. думка, 1986. – 268 с.
9. Авраменко В.П., Калачева В.В., Колесников О.А., Юрьева Н.Н. Технология многоальтернативного выбора информационных систем на основе метода анализа иерархии // Нові технології. Вісник Інституту економіки та нових технологій. – Вип. 1. – 2002. – С. 32 – 38.
10. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. – М.: Логос, 2002. – 392 с.
11. Таха Х.А. Введение в исследование операций. – М.: Вильямс, 2001. – 912 с.
12. Штойер Р. Многокритериальная оптимизация. Теория, вычисления и предложения. – М.: Радио и связь, 1992. – 504 с.
13. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархии. – М.: Радио и связь, 1989. – 316 с.

Надійшла 21.03.2005

Рецензент: д-р техн. наук професор В.П. Авраменко, Харківський університет Повітряних Сил.