

ЛЕКЦІЯ 4. ПРОБЛЕМИ ЗВ'ЯЗКУ ДЕКІЛЬКОХ КОМП'ЮТЕРІВ

Топологія фізичних зв'язків

Як тільки комп'ютерів стає більше двох, виникає проблема вибору конфігурації фізичних зв'язків або топології. Під топологією мережі розуміється конфігурація графа, вершинам якого відповідають кінцеві вузли мережі (наприклад, комп'ютери) і комунікаційне встаткування (наприклад, маршрутизатори), а ребрам — електричні й інформаційні зв'язки між ними.

Число можливих конфігурацій різко зростає при збільшенні числа пристроїв, що зв'язуються. Так, якщо три комп'ютери ми можемо зв'язати двома способами, то для чотирьох комп'ютерів можна запропонувати вже шість топологически різних конфігурацій (за умови нерозрізненості комп'ютерів).

Ми можемо з'єднувати кожний комп'ютер з кожним або ж зв'язувати їх послідовно, припускаючи, що вони будуть спілкуватися, передаючи один одному повідомлення "транзитом". При цьому транзитні вузли повинні бути оснащені спеціальними засобами, що дозволяють виконувати цю специфічну посередницьку операцію. У ролі транзитного вузла може виступати як універсальний комп'ютер, так і спеціалізований пристрій.

Від вибору топології зв'язків залежать багато характеристик мережі. Наприклад, наявність між вузлами декількох шляхів підвищує надійність мережі й уможливорює балансування завантаження окремих каналів. Простота приєднання нових вузлів, властива деяким топологіям, робить мережа легко розширюваною. Економічні міркування часто приводять до вибору топологій, для яких характерна мінімальна сумарна довжина ліній зв'язку.

Серед безлічі можливих конфігурацій розрізняють повносвязні та неполносвязні.

Полносвязная топологія відповідає мережі, у якій кожний комп'ютер безпосередньо зв'язаний з усіма іншими. Незважаючи на логічну простоту, це варіант громіздкий і неефективний. Дійсно, кожний комп'ютер у мережі повинен мати велика кількість комунікаційних портів, достатнє для зв'язку з кожним з інших комп'ютерів. Для кожної пари комп'ютерів повинна бути виділена окрема фізична лінія зв'язку. (У деяких випадках навіть дві, якщо неможливе використання цієї лінії для двосторонньої передачі.) Повносвязні ; топології у великих мережах застосовуються рідко, тому що для зв'язку N вузлів потрібно $N(N-1)/2$ фізичних дуплексних ліній зв'язку, тобто має місце квадратична залежність. Частіше цей вид топології використовується в багатомашинних комплексах або в мережах, що поєднують невелику кількість комп'ютерів.

Усі інші варіанти засновані на неполносвязних топологіях, коли для обміну даними між двома комп'ютерами може знадобитися проміжна передача даних через інші вузли мережі.

Ніздрювата топологія (mesh) виходить із повносвязной шляхом видалення деяких можливих зв'язків. Ніздрювата топологія допускає з'єднання великої кількості комп'ютерів і характерна для великих мереж.

У мережах з кільцевою конфігурацією дані передаються по кільцю від одного комп'ютера до іншого. Головна гідність "кільця" у тому, що воно по своїй природі має властивість резервування

зв'язків. Дійсно, будь-яка пара вузлів з'єднана тут двома шляхами — за годинниковою стрілкою й проти. "Кільце" являє собою дуже зручну конфігурацію й для організації зворотного зв'язку — дані, зробивши повний оберт, вертаються до вузла-джерела. Тому відправник у цьому випадку може контролювати процес доставки даних адресатові. Часто ця властивість "кільця" використовується для тестування связности мережі й пошуку вузла, що працює некоректно. У той же час у мережах з кільцевою топологією необхідно вживати спеціальних заходів, щоб у випадку виходу з ладу або відключення якої-небудь станції не переривався канал зв'язку між іншими станціями "кільця".

Топологія "зірка" утворюється в тому випадку, коли кожний комп'ютер за допомогою окремого кабелю підключається до загального центрального пристрою, називаного концентратором. У функції концентратора входить напрямок переданої комп'ютером інформації одному або всім іншим комп'ютерам мережі. У ролі концентратора може виступати як комп'ютер, так і спеціалізований пристрій, таке як многовходовий повторювач, комутатор або маршрутизатор. До недоліків топології типу "зірка" ставиться більш висока вартість мережного встаткування, пов'язана з необхідністю придбання спеціалізованого центрального пристрою. Крім того, можливості нарощування кількості вузлів у мережі обмежуються кількістю портів концентратора.

Іноді має сенс будувати мережа з використанням декількох концентраторів, ієрархічно з'єднаних між собою зв'язками типу "зірка". Одержувану в результаті структуру називають також деревом. У цей час дерево є найпоширенішим типом топології зв'язків, як у локальних, так і в глобальних мережах.

Особливою часткам случаємо конфігурації зірка є конфігурація "загальна шина". Тут у ролі центрального елемента виступає пасивний кабель, до якого за схемою "монтажного АБО" підключається кілька комп'ютерів (таку ж топологію мають багато мереж, що використовують бездротовий зв'язок — роль загальної шини тут відіграє загальна радіосередовище). Передана інформація поширюється по кабелю й доступна одночасно всім приєднаним до нього комп'ютерам.

Основними перевагами такої схеми є низька вартість і простота нарощування, тобто приєднання нових вузлів до мережі.

Самим серйозним недоліком " загальної шини" є її недостатня надійність: будь-який дефект кабелю або якого-небудь із численних рознімань повністю паралізує всю мережу. Інший недолік " загальної шини" — невисока продуктивність, тому що при такому способі підключення в кожний момент часу тільки один комп'ютер може передавати дані по мережі, тому пропускна здатність каналу зв'язки завжди ділиться між усіма вузлами мережі. Донедавна "загальна шина" була однією із самих популярних топологій для локальних мереж.

У той час як невеликий мережі, як правило, мають типову топологію — "зірка", "кільце" або "загальна шина", для великих мереж характерна наявність довільних зв'язків між комп'ютерами. У таких мережах можна виділити окремі довільно зв'язані фрагменти (подсети), що мають типову топологію, тому їх називають мережами зі змішаною топологією.

Адресація вузлів мережі

Ще однією проблемою, яку потрібно враховувати при об'єднанні трьох і більш комп'ютерів, є проблема їх **адресації**, точніше сказати адресації їх мережних інтерфейсів. Один комп'ютер може мати кілька мережних інтерфейсів. Наприклад, для утвору **фізичного** кільця кожний комп'ютер повинен бути оснащений як мінімум двома мережними інтерфейсами для зв'язку із двома сусідами. А для створення пов'язаної структури з N комп'ютерів необхідно, щоб у кожного з них був N-1 інтерфейс.

Адреси можуть бути числовими (наприклад, 129.26.255.255) і символьними (site.domain.ru). Той самий адреса може бути записаний у різних форматах, скажемо, числова адреса в попередньому прикладі 129.26.255.255 може бути записаний і в шестнадцатеричному форматі цифрами — 81.1a.ff.ff.

Адреси можуть використовуватися для ідентифікації не тільки окремих інтерфейсів, але і їх груп (**групові** адреси). За допомогою групових адрес дані можуть направлятися відразу декільком вузлам. У багатьох технологіях комп'ютерних мереж підтримуються так звані ширококомвні адреси. Дані, спрямовані по такій адресі, повинні бути доставлені всім вузлам мережі.

Безліч усіх адрес, які є припустимими в рамках деякої схеми адресації, називається адресним простором. Адресний простір може мати **плоску** (лінійну) або **ієрархічну** організацію. У першому випадку безліч адрес ніяк не структурована.

При ієрархічній схемі адресації воно організоване у вигляді вкладених друг у друга підгруп, які, послідовно звужуючи адресуемую область, зрештою визначають окремий мережний інтерфейс.

Трехуровневая структура адресного простору, при якій адреса кінцевого вузла задається трьома складовими: ідентифікатором групи (K), у яку входить даний вузол, ідентифікатором підгрупи (L) і, нарешті, ідентифікатором вузла (n), що однозначно визначають його в підгрупі. Ієрархічна адресація в багатьох випадках виявляється більш раціональною, чому плоска. У більших мережах вузлів, що полягають із багатьох тисяч, використання плоских адрес може привести до більших витрат — кінцевим вузлам і комунікаційному встаткуванню прийде працювати з таблицями адрес, що полягають із тисяч записів. А ієрархічна система адресації дозволяє при переміщенні даних до певного моменту користуватися тільки старшою складовою адреси, потім для подальшої локалізації адресата наступної по старшинству частиною, і в остаточному підсумку — молодшою частиною. Прикладом ієрархічно організованих адрес служать звичайні поштові адреси, у яких послідовно уточнюється місцезнаходження адресата: країна, місто, вулиця, будинок, квартира.

До адреси мережного інтерфейсу й схемі його призначення можна пред'явити кілька вимог:

- адреса повинен унікально ідентифікувати мережний інтерфейс у мережі будь-якого масштабу;
- схема призначення адрес повинна зводити до мінімуму ручна праця адміністратора й імовірність дублювання адрес;

- бажане, щоб адреса мала ієрархічну структуру, зручну для побудови більших мереж;
- адреса повинен бути зручний для користувачів мережі, а це значить, що він повинен допускати символічну виставу, наприклад Server3 або www.cisco.com;
- адреса повинен бути по можливості компактним, щоб не перевантажувати пам'ять комунікаційної апаратури – мережних адаптерів, маршрутизаторів і т.п.

Неважко помітити, що ці вимоги суперечливі — наприклад, адреса, що має ієрархічну структуру, швидше за все, буде менш компактним, чому плоский. Символьні імена зручні, але через змінний формат і потенційно великої довжини їх передача по мережі не дуже економічна. Тому що всі перераховані вимоги важко сполучити в рамках якої-небудь однієї схеми адресації, на практиці звичайно використовується відразу кілька схем, так що мережний інтерфейс комп'ютера може одночасно мати кілька адрес-імен. Кожна адреса використовується в тій ситуації вид, що коли відповідає, адресації найбільш зручний. А для перетворення адрес із одного виду в інший використовуються спеціальні допоміжні протоколи, які називають іноді протоколами дозволу адрес (address resolution) .

Прикладом плоскої числової адреси є Мас-адреса, використовуваний для однозначної ідентифікації мережних інтерфейсів у **локальних** мережах. Така адреса звичайно застосовується тільки апаратурою, тому його намагаються зробити по можливості компактним і записують у вигляді двійкового або шестнадцатеричного значення, наприклад 0081005e24a8. Коли задаються Мас-адреси, вручну нічого робити не потрібно, тому що вони звичайно вбудовуються в апаратуру компанії-виготовлювачем; їх називають ще апаратними (hardware) адресами . Використання плоских адрес є твердим розв'язком — при заміні апаратури, наприклад мережного адаптера, змінюється й адреса мережного інтерфейсу комп'ютера.

Типовими представниками ієрархічних числових адрес є мережні IP- і Ірх-Адреси. У них підтримується дворівнева ієрархія, адреса ділиться на старшу частину — номер мережі — і молодшу — номер вузла. Такий поділ дозволяє передавати повідомлення між мережами тільки на підставі номера мережі, а номер вузла використовується після доставки повідомлення в потрібну мережу; точно так само, як назва вулиці використовується листоношею тільки після того, як лист доставлений у потрібне місто. Останнім часом, щоб зробити маршрутизацію у великих мережах більш ефективною, пропонуються більш складні варіанти числової адресації, відповідно до яких адреса має три й більш складових. Такий підхід, зокрема, реалізований у новій версії протоколу Ірv6, призначеного для роботи в Internet.

Символьні адреси або імена призначені для запам'ятовування людьми й тому звичайно несуть значення навантаження. Символьні адреси можна використовувати як у невеликих, так і у великих мережах. Для роботи в більших мережах символічне ім'я може мати ієрархічну структуру, наприклад ftp-arch1.ucl.ac.uk. Ця адреса говорить про те, що даний комп'ютер підтримує Ftp-Архів у мережі одного з коледжів Лондонського університету (University College London — ucl), і дана мережа ставиться до академічної галузей (ac) Internet Великобританії (United Kingdom — uk). При роботі в межах мережі Лондонського університету таке довге символічне ім'я

явне надлишково й замість нього можна користуватися коротким символьним іменем, на роль якого добре підходить сама молодша складова повного імені, тобто ftp-arch1.

У сучасних мережах для адресації вузлів, як правило, застосовуються всі три наведені вище схеми одночасно. Користувачі адресують комп'ютери символьними іменами, які автоматично замінюються в повідомленнях, переданих по мережі, на числові номери. За допомогою цих числових номерів повідомлення передаються з однієї мережі в іншу, а після доставки повідомлення в мережу призначення замість числового номера використовується апаратна адреса комп'ютера. Сьогодні така схема характерна навіть для невеликих автономних мереж, де, видаючись б, вона явно надлишкова — це робиться для того, щоб при включенні мережі в більшу мережу не потрібно було міняти состав операційної системи.

Проблема встановлення відповідності між адресами різних типів, якою займаються протоколи дозволу адрес, може вирішуватися як централізованими, так і розподіленими засобами. У випадку централізованого підходу в мережі виділяється один або кілька комп'ютерів (серверів імен), у яких зберігається таблиця відповідності один одному імен різних типів, наприклад символьних імен і числових номерів. Усі інші комп'ютери звертаються до сервера імен, щоб по символьному імені знайти числовий номер комп'ютера, з яким необхідно обмінятися даними.

При розподіленому підході кожний комп'ютер сам вирішує завдання встановлення відповідності між адресами. Наприклад, якщо користувач указав для вузла призначення числовий номер, то перед початком передачі даних комп'ютер-відправник посилає всім комп'ютерам мережі широкомовне повідомлення із проханням пізнавати це числове ім'я. Усі комп'ютери, одержавши таке повідомлення, порівнюють заданий номер зі своїм власним. Той комп'ютер, у якого виявився збіг, посилає відповідь, що містить його апаратна адреса, після чого стає можливою відправлення повідомлень по локальній мережі.

Розподілений підхід гарний тим, що не припускає виділення спеціального комп'ютера, на якому до того ж часто доводиться вручну вводити таблицю відповідності адрес. Недоліком розподіленого підходу є необхідність широкомовних повідомлень — такі повідомлення перевантажують мережа, тому що вони вимагають обов'язкової обробки всіма вузлами, а не тільки вузлом призначення. Тому розподілений підхід використовується тільки в невеликих локальних мережах. У великих мережах поширення широкомовних повідомлень по всіх її сегментах стає практично нереальним, тому для них характерний централізований підхід. Найбільш відомою службою централізованого дозволу адрес є система доменних імен (Domain Name System, DNS) мережі Internet.

Адреси можуть використовуватися для ідентифікації:

- окремих інтерфейсів;
- їхніх груп (групові адреси);
- відразу всіх мережних інтерфейсів мережі (широкомовні адреси).

Адреси можуть бути:

- числовими й символьними ;

- апаратними й мережними ;
- плоскими й ієрархічними.

Для перетворення адрес із одного виду в інший використовуються протоколи дозволу адрес (address resolution).

Дотепер ми говорили про адреси мережних інтерфейсів, які вказують на порти вузлів мережі (комп'ютерів і комунікаційних пристроїв), однак кінцевою метою даних, що пересилаються по мережі, є не комп'ютери або маршрутизатори, а виконувані на цих пристроях програми — процеси. Тому в адресі призначення поряд з інформацією, що ідентифікує порт пристрою, повинен вказуватися адреса процесу, якій призначені дані, що посиляють. Після того, як ці дані досягнуть зазначеного в адресі призначення мережного інтерфейсу, програмне забезпечення комп'ютера повинне їх направити відповідному до процесу. Зрозуміло, що адреса процесу не обов'язково повинен задавати його однозначно в межах усієї мережі, досить забезпечити його унікальність у межах комп'ютера. Прикладом адрес процесів можуть служити номери портів TCP і UDP, використовувані в стеці TCP/IP.