

TRƯỜNG CAO ĐẲNG NGHỀ CÔNG NGHIỆP HÀ NỘI

Tác giả

Bùi Quang Ngọc

Nguyễn Thị Nhung



GIÁO TRÌNH
CƠ SỞ DỮ LIỆU PHÂN BỐ
(Lưu hành nội bộ)

Hà Nội năm 2011

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN

1.1. Tổng quan về cơ sở dữ liệu và mạng máy tính

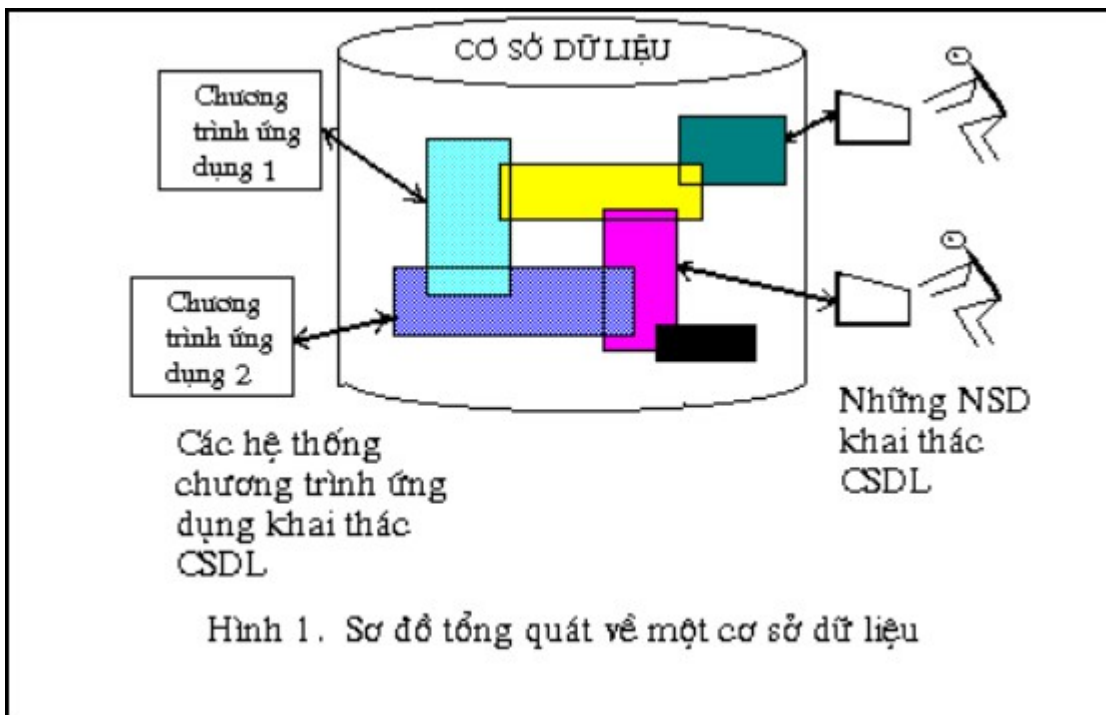
1.1.1. Tổng quan về Cơ sở dữ liệu

Cơ sở dữ liệu (Database, viết tắt là CSDL) là một lĩnh vực nghiên cứu các mô hình, nguyên lý, phương pháp tổ chức dữ liệu trên các vật mang tin. Phần mềm dùng quản lý và xử lý thông tin của cấu trúc thông tin này được gọi là hệ DBMS (Hệ thống quản lý cơ sở dữ liệu- DataBase Mangement System). Cơ sở dữ liệu là một thành phần trong hệ DBMS.

Bạn có thể nghĩ và hình dung đơn giản CSDL là một danh sách thông tin như trang niên giám điện thoại chẳng hạn, mỗi trang là một danh sách chứa các mục thông tin – gồm tên, địa chỉ, sdt – mô tả về người thuê bao điện thoại trong một vùng nào đó (thông tin mô tả đối tượng). Tất cả thông tin của người thuê bao dùng chung một mẫu (cấu trúc). Theo thuật ngữ CSDL các trang niên giám tương đương với một bảng (table) dữ liệu mà trong đó thông tin mỗi người thuê bao được đại diện hay biểu diễn bởi một bản ghi (record) hay bạn có thể gọi là “mẫu tin”. Thông tin bản ghi mô tả về người thuê bao chứa 3 mục :tên, địa chỉ và sdt. Các bản ghi được xếp theo thứ tự abc và được gọi là khóa dùng để tìm kiếm khi cần.

Để dễ dàng cho việc giải thích các khái niệm, trước hết xem xét hệ thống bán vé máy bay bằng máy tính. Dữ liệu lưu trữ trong máy tính bao gồm thông tin về hành khách, chuyến bay, đường bay v...v. Mọi thông tin về mối quan hệ này được biểu diễn trong máy thông qua việc đặt chỗ của khách hàng. Vậy làm thế nào để biểu diễn được dữ liệu đó và đảm bảo cho hành khách đi đúng chuyến. Dữ liệu nêu trên được lưu trong máy theo một quy định nào đó và được gọi là cơ sở dữ liệu.

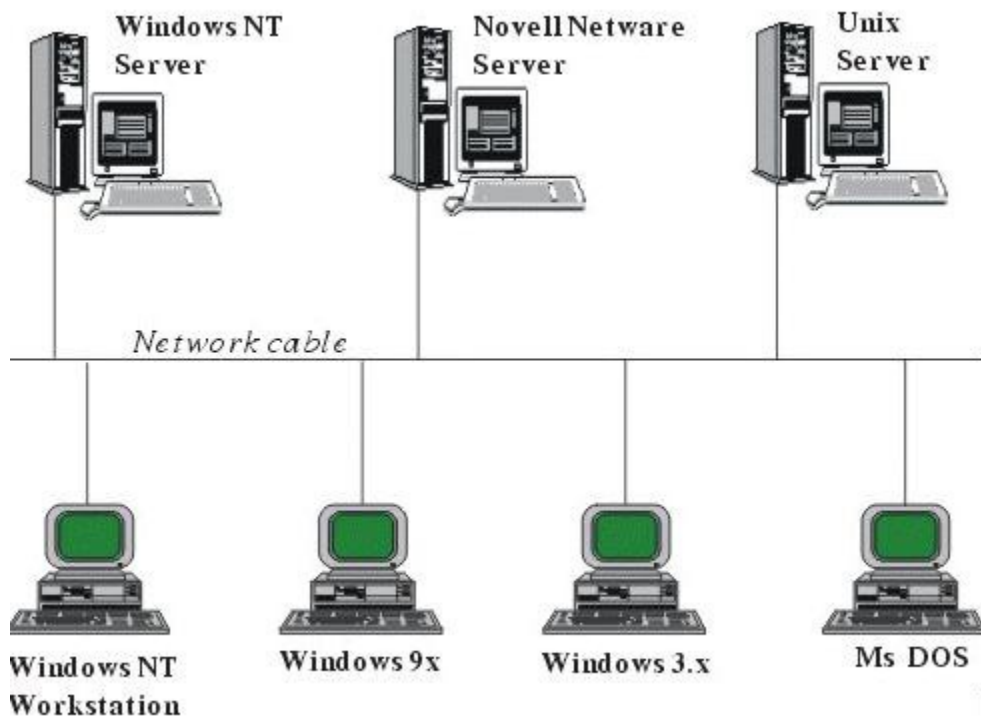
Như vậy, CSDL là một hệ thống các thông tin cú cấu trúc được lưu trữ trên các thiết bị lưu trữ thông tin thứ cấp (như băng từ, đĩa từ) để có thể thỏa mãn yêu cầu khai thác thông tin đồng thời của nhiều người sử dụng hay nhiều chương trình ứng dụng với nhiều mục đích khác nhau. (hay CSDL là tập hợp các thông tin có quan hệ với nhau được lưu trữ trong máy tính theo một qui định nhất định nhằm phục vụ cho một mục đích nào đó.)



1.1.2. Tổng quan về mạng máy tính

Mạng máy tính là một tập hợp các máy tính được nối với nhau bởi môi trường truyền (đường truyền) theo một cấu trúc nào đó và thông qua đó các máy tính trao đổi thông tin qua lại cho nhau.

Môi trường truyền là hệ thống các thiết bị truyền dẫn có dây hay không dây dùng để chuyển các tín hiệu điện tử từ máy tính này đến máy tính khác. Các tín hiệu điện tử đó biểu thị các giá trị dữ liệu dưới dạng các xung nhị phân (on – off). Tất cả các tín hiệu được truyền giữa các máy tính đều thuộc một dạng sóng điện từ. Tùy theo tần số của sóng điện từ có thể dùng các môi trường truyền vật lý khác nhau để truyền các tín hiệu. Ở đây môi trường truyền được kết nối có thể là dây cáp đồng trục, cáp xoắn, cáp quang, dây điện thoại, sóng vô tuyến ... Các môi trường truyền dữ liệu tạo nên cấu trúc của mạng. Hai khái niệm môi trường truyền và cấu trúc là những đặc trưng cơ bản của mạng máy tính.



Hình 1.2: Một mô hình liên kết các máy tính trong mạng

Tốc độ truyền dữ liệu trên đường truyền còn được gọi là thông lượng của đường truyền – thường được tính bằng số lượng bit được truyền đi trong một giây (bps).

1.2. Tổng quan về cơ sở dữ liệu phân bố

1.2.1. Khái niệm Cơ sở dữ liệu phân bố

Vì yêu cầu của công ty, doanh nghiệp, đơn vị kinh doanh... về vấn đề tổ chức sao cho kinh doanh có hiệu quả nhất và nắm bắt thông tin nhanh nhất khi các cơ sở của công ty hiện ở những địa điểm xa nhau cho nên xây dựng một hệ thống làm việc trên cơ sở dữ liệu phân bố là phù hợp xu hướng hiện nay vì hệ thống này thỏa mãn được những yêu cầu tổ chức của đơn vị. Lợi điểm về tổ chức và kỹ thuật của xu hướng phát triển cơ sở dữ liệu phân bố là: giải quyết được những hạn chế của cơ sở dữ liệu tập trung và phù hợp xu hướng phát triển tự nhiên với cơ cấu không tập trung của các tổ chức, công ty doanh nghiệp...

Nói một cách đơn giản, cơ sở dữ liệu phân bố là tập hợp dữ liệu logic thuộc về cùng một hệ thống nhưng trải rộng ra nhiều điểm trên mạng máy tính. Như vậy có hai vấn đề của cơ sở dữ liệu phân bố với tầm quan trọng tương đương nhau:

Việc phân bố: Trong thực tế dữ liệu không đặt trên cùng một vị trí vì vậy đây là đặc điểm để phân biệt cơ sở dữ liệu phân bố với cơ sở dữ liệu tập trung và cơ sở dữ liệu đơn lẻ.

Liên quan logic: Trong cơ sở dữ liệu phân bố, dữ liệu có một số đặc tính liên kết chặt chẽ với nhau như tính kết nối, tính liên quan logic.. Trong cơ sở dữ liệu tập trung, mỗi vị trí quản lý một cơ sở dữ liệu và người sử dụng phải truy cập đến cơ sở dữ liệu ở những vị trí khác nhau để lấy thông tin tổng hợp.

1.2.2. Các đặc điểm của Cơ sở dữ liệu phân bố so với Cơ sở dữ liệu tập trung.

Cơ sở dữ liệu tập trung cùng với cơ sở dữ liệu không qua thiết kế hình thành trước khi có cơ sở dữ liệu phân bố. Hai hình thức này phát triển trên cơ sở tự phát và hệ thống tập trung. Như vậy hai hình thức này không đáp ứng được yêu cầu tổ chức và công việc trên phạm vi lớn.

Cơ sở dữ liệu phân bố được thiết kế khác cơ sở dữ liệu tập trung. Do đó cần đối sánh các đặc trưng của cơ sở dữ liệu phân bố với cơ sở dữ liệu tập trung để thấy được lợi ích của cơ sở dữ liệu phân bố. Đặc trưng mô tả cơ sở dữ liệu tập trung là điều khiển tập trung, độc lập dữ liệu, giảm bớt dư thừa, cơ cấu vật lý phức tạp đối với khả năng truy cập, toàn vẹn, hồi phục, điều khiển tương tranh, biệt lập và an toàn dữ liệu.

Điều khiển tập trung: Điều khiển tập trung các nguồn thông tin của công việc hay tổ chức. Có người quản trị đảm bảo an toàn dữ liệu.

Trong cơ sở dữ liệu phân bố: không đề cập đến vấn đề điều khiển tập trung. Người quản trị cơ sở dữ liệu chung phân quyền cho người quản trị cơ sở dữ liệu địa phương.

Độc lập dữ liệu: là một trong những nhân tố tác động đến cấu trúc cơ sở dữ liệu để tổ chức dữ liệu chuyển cho chương trình ứng dụng. Tiềm lợi chính của độc lập dữ liệu là các chương trình ứng dụng không bị ảnh hưởng khi thay đổi cấu trúc vật lý của dữ liệu. Trong cơ sở dữ liệu phân bố, độc lập dữ liệu có tầm quan trọng cũng như trong cơ sở dữ liệu truyền thống. Khái niệm cơ sở dữ liệu trong suốt mô tả hoạt động chương trình trên cơ sở dữ liệu phân bố được viết như làm việc trên cơ sở dữ liệu tập trung. Hay nói cách khác tính đúng đắn của chương trình không bị ảnh hưởng bởi việc di chuyển dữ liệu từ nơi này sang nơi khác trong mạng máy tính. Tuy nhiên tốc độ làm việc bị ảnh hưởng do có thời gian di chuyển dữ liệu.

Giảm dư thừa dữ liệu: Trong cơ sở dữ liệu tập trung, tính dư thừa hạn chế được càng nhiều càng tốt vì:

-Dữ liệu không đồng nhất khi có vài bản sao của cùng cơ sở dữ liệu logic; để tránh được nhược điểm này giải pháp là chỉ có một bản sao duy nhất.

-Giảm không gian lưu trữ. Giảm dư thừa có nghĩa là cho phép nhiều ứng dụng cùng truy cập đến một cơ sở dữ liệu mà không cần đến nhiều bản sao ở những nơi chương trình ứng dụng cần.

Trong cơ sở dữ liệu truyền thống tính dư thừa dữ liệu cũng cần quan tâm vì:

-Tính cục bộ của chương trình ứng dụng sẽ tăng nếu dữ liệu đặt ở mọi nơi mà chương trình ứng dụng cần.

-Khả năng sẵn sàng của hệ thống cao bởi vì khi có lỗi ở một nơi nào đó trong hệ thống thì không cản trở hoạt động của chương trình ứng dụng.

Nói chung, nguyên nhân đối lập với tính dư thừa đưa ra trong môi trường truyền thống vẫn còn đúng cho hệ thống phân bố và vì vậy công việc định giá mức độ tốt của tính dư thừa đòi hỏi định giá lại công việc lựa chọn mức độ dư thừa dữ liệu.

Cơ sở dữ liệu phân bố khắc phục được hai nhược điểm này vì dữ liệu được chia ra thành nhiều phần nhỏ và chỉ có một bản sao logic tổng thể duy nhất để tiện cho việc truy cập dữ liệu.

Cấu trúc vật lý và khả năng truy cập: người sử dụng truy cập đến cơ sở dữ liệu tập trung phải thông qua cấu trúc truy cập phức tạp: định vị cơ sở dữ liệu, thiết lập đường truyền...

Trong cơ sở dữ liệu phân bố, cấu trúc truy cập phức tạp không phải là công cụ chính để truy cập hiệu quả đến cơ sở dữ liệu. Hiệu quả có nghĩa là thời gian tìm kiếm và chuyển dữ liệu nhỏ nhất, chi phí truyền thông thấp nhất.

Mỗi cách thức truy cập cơ sở dữ liệu phân bố viết bởi người lập trình hoặc tạo ra bởi một bộ tối ưu. Công việc viết ra một cách thức truy cập cơ sở dữ liệu phân bố cũng giống như viết chương trình duyệt trong cơ sở dữ liệu tập trung. Công việc mà chương trình duyệt này làm là xác định xem có thể truy cập đến được bao nhiêu cơ sở dữ liệu.

Tính toàn vẹn, hồi phục và điều khiển tương tranh: Mặc dù trong cơ sở dữ liệu, tính toàn vẹn, hồi phục và điều khiển đồng thời liên quan nhiều vấn đề liên quan lẫn nhau. Mở rộng hơn vấn đề này là việc cung cấp các giao tác. Giao tác là đơn vị cơ bản của việc thực hiện: giao tác cụ thể là bó công việc được thực hiện toàn bộ hoặc không được thực hiện.

Trong cơ sở dữ liệu phân bố, vấn đề điều khiển giao tác tự trị có ý nghĩa quan trọng: hệ thống điều phối phải chuyển đổi các quỹ thời gian cho các giao tác liên tiếp. Như vậy giao tác tự trị là phương tiện đạt được sự toàn vẹn trong cơ sở dữ liệu. Có hai mối nguy hiểm của giao tác tự trị là lỗi và tương tranh.

Tính biệt lập và an toàn: trong cơ sở dữ liệu truyền thống, người quản trị hệ thống có quyền điều khiển tập trung, người sử dụng có chắc chắn được phân quyền mới truy cập vào được dữ liệu. Điểm quan trọng là trong cách tiếp cận cơ sở dữ liệu tập trung, không cần thủ tục điều khiển chuyên biệt.

Trong cơ sở dữ liệu phân bố, những người quản trị địa phương cũng phải giải quyết vấn đề tương tự như người quản trị cơ sở dữ liệu truyền thống.

Tuy nhiên, hai vấn đề đặc biệt sau đây của cơ sở dữ liệu phân bố có ý nghĩa quan trọng khi đề cập đến:

-Thứ nhất trong cơ sở dữ liệu phân bố với cấp độ tự trị cao ở mỗi điểm, người có dữ liệu địa phương sẽ cảm thấy an toàn hơn vì họ có thể tự bảo vệ dữ liệu của mình thay vì phụ thuộc vào người quản trị hệ thống tập trung.

-Thứ hai, vấn đề an toàn thực chất với hệ thống phân bố không giống như các hệ thống thông thường khác mà còn liên quan đến mạng truyền thông.

Như vậy trong cơ sở dữ liệu phân bố vấn đề an toàn cơ sở dữ liệu phức tạp hơn và đòi hỏi nhiều kỹ thuật bảo vệ. Nguyên nhân gây ra là hệ thống này có tính mở và nhiều người dùng trong cùng hệ thống sử dụng nhiều cơ sở dữ liệu.

1.2.3. Hệ quản trị Cơ sở dữ liệu phân bố

Hệ quản trị cơ sở dữ liệu phân bố cung cấp công cụ như tạo lập và quản lý cơ sở dữ liệu phân bố. Phân tích đặc điểm của hệ thống quản trị cơ sở dữ liệu phân bố như dưới đây để phân biệt hệ thống phát triển theo kiểu thương mại có sẵn và kiểu mẫu phân bố.

Hệ thống phát triển theo *kiểu thương mại có sẵn* được phát triển bởi những người cung cấp hệ cơ sở dữ liệu tập trung. Hệ cơ sở dữ liệu tập trung mở rộng bằng cách thêm vào những phần bổ xung qua cách cung cấp thêm đường truyền và điều khiển giữa các hệ quản trị cơ sở dữ liệu tập trung cài đặt ở những điểm khác nhau trên mạng máy tính. Những phần mềm cần thiết cho việc xây dựng cơ sở dữ liệu phân bố là:

Phân quản lý cơ sở dữ liệu (Database Management - DB).

Phần truyền thông dữ liệu (Data Communication - DC).

Từ điển dữ liệu được mở rộng để thể hiện thông tin về phân bố dữ liệu trong mạng máy tính (Data Dictionary - DD).

Phần cơ sở dữ liệu phân bố (Distributed Database DDB).

Mô hình các thành phần của hệ quản trị cơ sở dữ liệu phát triển theo kiểu thương mại (Truy cập từ xa trực tiếp).

Những dịch vụ hệ quản trị cơ sở dữ liệu cung cấp:

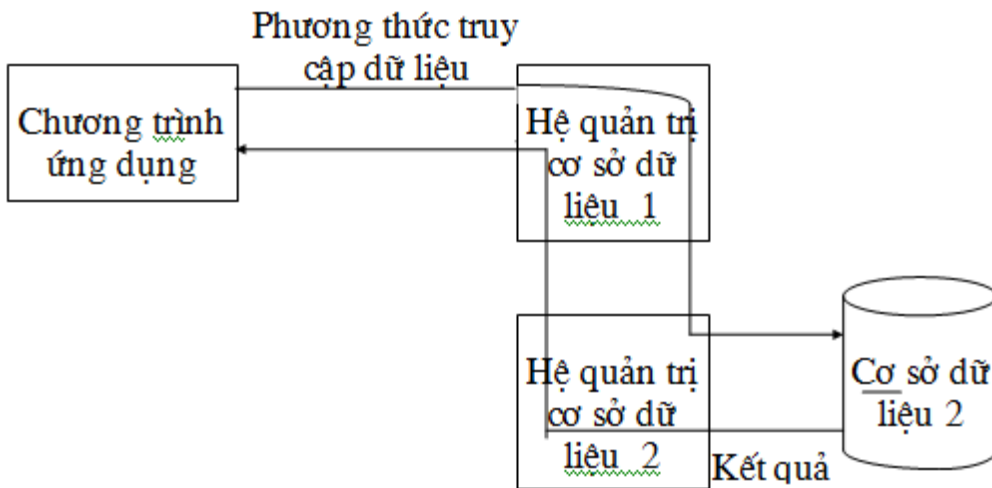
-Cách thức truy cập dữ liệu từ xa: bằng chương trình ứng dụng.

-Lựa chọn một cấp độ trong suốt phân bố thích hợp: cho phép mở rộng hệ thống theo nhiều cách khác nhau theo từng hoàn cảnh (phải cân nhắc giữa cấp độ trong suốt phân bố và phân chia công việc thực hiện để công việc quản trị hệ thống đơn giản hơn).

-Quản trị và điều khiển cơ sở dữ liệu bao gồm công cụ quản lý cơ sở dữ liệu, tập hợp thông tin về các thao tác trên cơ sở dữ liệu và cung cấp thông tin tổng thể về file dữ liệu đặt ở các nơi trong hệ thống.

-Điều khiển tương tranh và điều khiển hồi phục dữ liệu của giao tác phân bố.

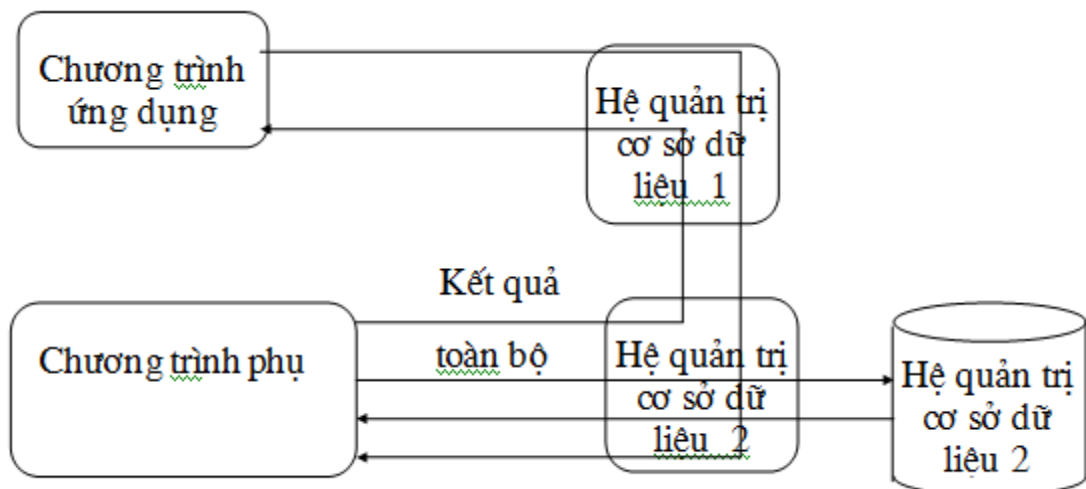
Cách thức truy cập cơ sở dữ liệu từ xa qua chương trình ứng dụng theo hai cách cơ bản: Truy cập từ xa trực tiếp và gián tiếp.



Mô hình truy cập từ xa qua phương thức cơ sở của hệ quản trị cơ sở dữ liệu

Theo mô hình trực tiếp trên, chương trình ứng dụng đưa ra yêu cầu truy cập đến cơ sở dữ liệu từ xa, yêu cầu này được hệ quản trị cơ sở dữ liệu tự động tìm nơi đặt dữ liệu và thực hiện yêu cầu tại điểm đó. Kết quả được trả lại cho chương trình ứng dụng. Đơn vị chuyển đổi giữa hai hệ quản trị cơ sở dữ liệu là phương thức truy cập cơ sở dữ liệu và kết quả nhận được (thông qua việc thực hiện phương thức truy cập này). Với cách thức truy cập từ xa như vậy cấp độ trong suốt phân bố được xây dựng bằng cách tạo ra tên file toàn bộ để đánh địa chỉ thích hợp cho những điểm lưu trữ dữ liệu ở xa.

Mô hình dưới đây mô tả cách thức truy cập phức tạp hơn (truy cập gián tiếp):



Theo mô hình truy cập này, chương trình ứng dụng thực hiện yêu cầu qua chương trình phụ ở điểm khác. Chương trình phụ này được người lập trình ứng dụng viết để truy cập từ xa đến cơ sở dữ liệu và trả về kết quả của chương trình ứng dụng yêu cầu.

Hệ quản trị cơ sở dữ liệu phân bố cung cấp cả hai kiểu truy cập bởi vì mỗi cách truy cập đều có ưu điểm của nó.

CHƯƠNG 2. CÁC PHƯƠNG PHÁP PHÂN BỐ DỮ LIỆU

2.1. Thiết kế cơ sở dữ liệu phân bố

2.1.1. Các mục tiêu của thiết kế phân bố dữ liệu

Thuật ngữ thiết kế cơ sở dữ liệu phân bố có nghĩa rất rộng và không chính xác.

Thiết kế cơ sở dữ liệu tập trung gồm có các công việc sau:

-*Thiết kế sơ đồ khái niệm*: mô tả cơ sở dữ liệu đã hợp nhất (mọi dữ liệu được sử dụng bởi ứng dụng cơ sở dữ liệu).

-*Thiết kế cơ sở dữ liệu vật lý*: tham chiếu từ lược đồ khái niệm tới vùng lưu trữ và xác định các cách thức truy cập khác nhau.

Trong cơ sở dữ liệu phân bố, có hai vấn đề xảy ra khi thiết kế sơ đồ toàn bộ và khi thiết kế cơ sở dữ liệu vật lý ở địa phương (ở mỗi vị trí). Những kỹ thuật có thể ứng dụng cho hai vấn đề trên cũng giống như trong cơ sở dữ liệu phân bố. Trong cơ sở dữ liệu phân bố bổ xung vào hai vấn đề nữa:

-*Thiết kế phân đoạn*: xác định cách thức phân chia những quan hệ toàn bộ thành những đoạn dữ liệu theo chiều dọc, chiều ngang và kiểu hỗn hợp.

-*Thiết kế cấp phát đoạn dữ liệu*: xác định cách thức đoạn dữ liệu tham khảo đến ảnh vật lý nào và cũng xác định các bản sao của đoạn dữ liệu.

Thiết kế phân đoạn mới được nghiên cứu gần đây, tuy nhiên công việc phân đoạn trở thành đặc trưng của cơ sở dữ liệu phân bố. Bên cạnh đó vấn đề cấp phát cũng được nghiên cứu khi phát triển hệ thống file phân bố vì trong cơ sở dữ liệu tập trung có thiết bị lưu trữ phức tạp. Cách phân biệt hai vấn đề này rõ ràng, vấn đề thứ nhất động lực của việc phân mảnh quan hệ giải quyết vấn đề tiêu chuẩn về logic; vấn đề thứ hai giải quyết vấn đề về nơi đặt vật lý của dữ liệu ở những vị trí khác nhau. Tuy nhiên phải rất cẩn thận khi phân biệt theo cách này vì không thể xác định cách phân đoạn tốt nhất và công việc cấp phát bằng cách giải quyết hai vấn đề độc lập vì rằng hai vấn đề liên quan nhau.

Công việc thiết kế chương trình ứng dụng được thực hiện sau khi thiết kế sơ đồ và có kiến thức về yêu cầu của chương trình ứng dụng. Thiết kế sơ đồ để có khả năng cung cấp hiệu quả các chương trình ứng dụng. Vì vậy trong thiết kế cơ sở dữ liệu phân bố, hiểu biết rõ ràng và đầy đủ về yêu cầu của chương trình ứng dụng là cần thiết đối với chương trình ứng dụng quan trọng. Những công việc thiết kế được thực hiện thường xuyên để công việc thực hiện của thiết kế đúng đắn. Những yêu cầu trong chương trình ứng dụng:

- Vị trí nơi chương trình ứng dụng được đưa ra (cũng gọi là vị trí cơ sở của chương trình ứng dụng).

- Tính thường xuyên hoạt động của chương trình ứng dụng: số lần yêu cầu của chương trình ứng dụng trong một khoảng thời gian. Trường hợp thông thường chương trình ứng dụng có thể được đưa ra ở nhiều vị trí khác nhau vì vậy phải biết tần suất hoạt động của chương trình ứng dụng tại mỗi vị trí.

- Số lượng, kiểu và phân bố thống kê các lần truy cập đối với mỗi đối tượng dữ liệu được yêu cầu bởi các chương trình ứng dụng.

Việc mô tả những đặc điểm này không quan trọng, hơn nữa phần này chỉ quan tâm đến những dữ liệu điển hình cho quan hệ và phải dịch đúng đắn sang loại có thể áp dụng được cho các đoạn. Kết quả của công việc thiết kế được dùng khi phân đoạn, những dữ liệu này phải nhận biết bởi các cách phân đoạn khác nhau khi thiết kế.

2.1.2. Cách tiếp cận từ trên xuống và cách tiếp cận từ dưới lên để thiết kế phân bố dữ liệu.

Hai chiến lược chính đã được xác định trong thiết kế các CSDL phân bố là tiếp cận từ trên xuống (top- down approach) và tiếp cận rất khác nhau đối với quá trình thiết kế. Nhưng như chúng ta đã biết rất hiếm các ứng dụng đủ đơn giản để có thể sử dụng chỉ một trong hai cách tiếp cận. Vì vậy phần lớn thiết kế CSDL cả hai cách tiếp cận đều được áp dụng để bổ sung cho nhau.

a. Quá trình thiết kế từ trên xuống

Quá trình này được trình bày trong hình 5.2 bắt đầu bằng việc phân tích yêu cầu nhằm định nghĩa môi trường hệ thống và thu thập các nhu cầu về dữ liệu và nhu cầu xử lý của tất cả mọi người có sử dụng CSDL [Yao et al; 1982a]. Nghiên cứu các yêu cầu cũng xác định xem hệ thống cuối cùng sẽ như thế nào so với các mục của một DBMS phân bố.

Phân tích thực thể có liên quan đến việc xác định các thực thể, các thuộc tính và các mối liên hệ giữa chúng. Phân tích chức năng đề cập đến việc xác định các chức năng cơ bản có liên quan đến xí nghiệp cần được mô hình hoá. Kết quả của hai quá trình này cần được đối chiếu qua lại, giúp chúng ta biết được chức năng nào sẽ hoạt tác trên những thực thể nào.

Có một sự liên hệ giữa thiết kế khái niệm và thiết kế khung nhìn, người sử dụng cần phải đặc tả các thực thể các thực thể dữ liệu và phải xác định các ứng dụng sẽ chạy trên cơ sở dữ liệu cũng như các thông tin thống kê về những ứng dụng này. Thông tin thống kê bao gồm đặc tả về tần số ứng dụng, khối lượng các thông tin khác nhau, vân vân. Chú ý rằng từ bước thiết kế khái niệm sẽ cho ra định nghĩa lược đồ khái niệm toàn cục được đưa ra thảo luận trong phần 4.3. Chúng ta vẫn chưa xem xét các đặc thù của môi trường phân bố; thực sự cho đến lúc này, quá trình thiết kế hoàn toàn giống với quá trình thiết kế trong một CSDL tập trung.

Lược đồ khái niệm toàn cục GCS và thông tin về kiểu mẫu truy xuất thu được trong thiết kế khung nhìn sẽ là nguyên liệu (input) cho bước thiết kế phân bố. Thiết kế các lược đồ khái niệm cục bộ LCS bằng cách phân bố các thực thể cho các vị trí của hệ thống phân bố. Có thể xử lý mỗi thực thể như là một đơn vị phân bố (unit of distribution). Với mô hình quan hệ được dùng làm cơ sở thảo luận trong cuốn sách này, các thực thể sẽ tương ứng với các quan hệ.

Thay vì phân bố các quan hệ, chúng ta thường chia chúng thành nhiều quan hệ nhỏ hơn gọi là các mảnh (fragment) và chính các mảnh sẽ được phân bố. Vì vậy hoạt động thiết kế phân bố gồm có hai bước: Phân mảnh (fragmentation) và cấp phát (allocation).

Bước cuối cùng là thiết kế vật lý, là bước ánh xạ lược đồ khái niệm cục bộ sang các thiết bị lưu trữ vật lý có sẵn tại các vị trí tương ứng. Nguyên liệu cho quá trình này là lược đồ khái niệm cục bộ và thông tin về kiểu mẫu truy xuất mảnh.

Chúng ta đã biết hoạt động phát triển và thiết kế luôn là một quá trình liên tục, đòi hỏi phải theo dõi, hiệu chỉnh thường xuyên. Vì thế chúng ta cũng đưa vấn đề quan sát và theo dõi như một hoạt động chính trong quá trình này. Cần chú ý rằng chúng ta không chỉ theo dõi vấn đề cài đặt CSDL mà còn phải xem xét, theo dõi tính thích hợp của các khung nhìn của người sử dụng. Kết quả này có tác dụng phản hồi, tạo tiền đề cho việc tái thiết kế về sau.

b. Quá trình thiết kế từ dưới lên

Thiết kế từ trên xuống thích hợp với những CSDL được thiết kế từ đầu. Tuy nhiên chúng ta hay gặp trong thực tế đã có sẵn một số CSDL và nhiệm vụ thiết kế là phải tích hợp chúng thành một CSDL. Tiếp cận từ dưới lên sẽ thích hợp cho tình huống này. Khởi điểm của thiết kế từ dưới lên là các lược đồ khái niệm cục bộ. Quá trình này sẽ bao gồm việc tích hợp các lược đồ cục bộ thành các lược đồ khái niệm toàn cục.

c. Các vấn đề thiết kế phân bố.

Trong phần trước chúng ta đã chỉ ra rằng các quan hệ trong một lược đồ CSDL thường được phân rã thành các mảnh nhỏ hơn nhưng chưa đưa ra một lý do hoặc chi tiết nào về quá trình này. Mục tiêu của phần này là trình bày những chi tiết đó.

Tập các câu hỏi dưới đây sẽ bao quát toàn bộ vấn đề.

+ Tại sao lại cần phải phân mảnh ?

- + Làm thế nào để thực hiện phân mảnh?
- + Phân mảnh nên thực hiện đến mức độ nào?
- + Có cách gì kiểm tra tính đúng đắn của việc phân rã này hay không?
- + Chúng ta sẽ cấp phát như thế nào?
- + Những thông tin nào sẽ cần thiết cho việc phân mảnh và cấp phát?

2.2. Các vấn đề thiết kế

2.2.1. Lý do phân mảnh

Khung nhìn của các ứng dụng thường chỉ là một tập con của quan hệ. Vì thế đơn vị truy xuất không phải là toàn bộ quan hệ nhưng chỉ là các tập con của quan hệ. Kết quả là xem tập con của quan hệ là đơn vị phân bố sẽ là điều thích hợp duy nhất.

Việc phân rã một quan hệ thành nhiều mảnh, mỗi mảnh được xử lý như một đơn vị, sẽ cho phép thực hiện nhiều giao dịch đồng thời. Ngoài ra việc phân mảnh các quan hệ sẽ cho phép thực hiện song song một câu vấn tin bằng cách chia nó ra thành một tập các câu vấn tin con hoạt tác trên các mảnh. Vì thế việc phân mảnh sẽ làm tăng mức độ hoạt động đồng thời và như thế làm tăng lưu lượng hoạt động của hệ thống.

2.2.2. Các kiểu phân mảnh

Các quy tắc phân mảnh đúng đắn

Chúng ta sẽ tuân thủ ba quy tắc trong khi phân mảnh mà chúng bảo đảm rằng CSDL sẽ không có thay đổi nào về ngữ nghĩa khi phân mảnh.

a) Tính đầy đủ (completeness).

Nếu một thể hiện quan hệ R được phân rã thành các mảnh R_1, R_2, \dots, R_n , thì mỗi mục dữ liệu có thể gặp trong R cũng có thể gặp một trong nhiều mảnh R_i . Đặc tính này giống như tính chất phân rã nối không mất thông tin trong chuẩn hoá, cũng quan trọng trong phân mảnh bởi vì nó bảo đảm rằng dữ liệu trong quan hệ R được ánh xạ vào các mảnh và không bị mất. Chú ý rằng trong trường hợp phân mảnh ngang “mục dữ liệu” muốn nói đến là một bộ, còn trong trường hợp phân mảnh dọc, nó muốn nói đến một thuộc tính.

b) Tính tái thiết được (reconstruction).

Nếu một thể hiện quan hệ R được phân rã thành các mảnh R_1, R_2, \dots, R_n , thì cần phải định nghĩa một toán tử quan hệ sao cho

$$R = \bigcup_{i=1}^n R_i \quad F_r$$

Toán tử thay đổi tùy theo từng loại phân mảnh, tuy nhiên điều quan trọng là phải xác định được nó. Khả năng tái thiết một quan hệ từ các mảnh của nó bảo đảm rằng các ràng buộc được định nghĩa trên dữ liệu dưới dạng các phụ thuộc sẽ được bảo toàn.

c) Tính tách biệt (disjointness).

Nếu quan hệ R được phân rã ngang thành các mảnh R_1, R_2, \dots, R_n , và mục dữ liệu d_i nằm trong mảnh R_j , thì nó sẽ không nằm trong mảnh R_k khác ($k \neq j$). Tiêu chuẩn này đảm bảo các mảnh ngang sẽ tách biệt (rời nhau). Nếu quan hệ được phân rã dọc, các thuộc tính khoá chính phải được lặp lại trong mỗi mảnh. Vì thế trong trường hợp phân mảnh dọc, tính tách biệt chỉ được định nghĩa trên các trường không phải là khoá chính của một quan hệ.

Các yêu cầu thông tin

Một điều cần lưu ý trong việc thiết kế phân bố là quá nhiều yếu tố có ảnh hưởng đến một thiết kế tối ưu. tổ chức logic của CSDL, vị trí các ứng dụng, đặc tính truy xuất của các ứng dụng đến CSDL, và các đặc tính của hệ thống máy tính tại mỗi vị trí đều có ảnh hưởng đến các quyết định phân bố. Điều này khiến cho việc diễn đạt bài toán phân bố trở nên hết sức phức tạp.

Các thông tin cần cho thiết kế phân bố có thể chia thành bốn loại:

- Thông tin CSDL

- Thông tin ứng dụng

- Thông tin về mạng

- Thông tin về hệ thống máy tính

Hai loại sau có bản chất hoàn toàn định lượng và được sử dụng trong các mô hình cấp phát chứ không phải trong các thuật toán phân mảnh

2.2.2.1. Phân mảnh ngang

Trong phần này, chúng ta bàn đến các khái niệm liên quan đến phân mảnh ngang (phân bố ngang). Có hai chiến lược phân mảnh ngang cơ bản:

- Phân mảnh nguyên thuỷ (primary horizontal fragmentation) của một quan hệ được thực hiện dựa trên các vị từ được định nghĩa trên quan hệ đó.

- Phân mảnh ngang dẫn xuất (derived horizontal fragmentation) là phân mảnh một quan hệ dựa vào các vị từ được định trên một quan hệ khác.

Hai kiểu phân mảnh ngang

Phân mảnh ngang chia một quan hệ r theo các bộ, vì vậy mỗi mảnh là một tập con các bộ t của quan hệ r.

Phân mảnh nguyên thủy (primary horizontal fragmentation) của một quan hệ được thực hiện dựa trên các vị từ được định nghĩa trên quan hệ đó. Ngược lại phân mảnh ngang dẫn xuất (derived horizontal fragmentation) là phân mảnh một quan hệ dựa vào các vị từ được định trên một quan hệ khác. Như vậy trong phân mảnh ngang *tập các vị từ* đóng vai trò quan trọng.

Trong phần này sẽ xem xét các thuật toán thực hiện các kiểu phân mảnh ngang. Trước tiên chúng ta nêu các thông tin cần thiết để thực hiện phân mảnh ngang.

Yêu cầu thông tin của phân mảnh ngang

a) Thông tin về cơ sở dữ liệu

Thông tin về CSDL muốn nói đến là lược đồ toàn cục và quan hệ gốc, các quan hệ con. Trong ngữ cảnh này, chúng ta cần biết được các quan hệ sẽ kết lại với nhau bằng phép nối hay bằng phép tính khác. với mục đích phân mảnh dẫn xuất, các vị từ được định nghĩa trên quan hệ khác, ta thường dùng mô hình thực thể - liên hệ (entity-relationship model), vì trong mô hình này các mối liên hệ được biểu diễn bằng các đường nối có hướng (các cung) giữa các quan hệ có liên hệ với nhau qua một nối.

Thí dụ 1:

Hình 2.2. Biểu diễn mối liên hệ giữa các quan hệ nhờ các đường nối.

Hình trên trình bày một cách biểu diễn các đường nối giữa các quan hệ. chú ý rằng hướng của đường nối cho biết mối liên hệ một -nhiều. Chẳng hạn với mỗi chức vụ có nhiều nhân viên giữ chức vụ đó, vì thế chúng ta sẽ vẽ một đường nối từ quan

hệ CT (**chi trả**) hướng đến NV (**nhân viên**). Đồng thời mối liên hệ nhiều- nhiều giữa NV và DA(**dự án**) được biểu diễn bằng hai đường nối đến quan hệ PC (**phân công**).

Quan hệ nằm tại đầu (không mũi tên) của đường nối được gọi là chủ nhân (owner) của đường nối và quan hệ tại cuối đường nối (đầu mũi tên) gọi là thành viên (member).

Thí dụ 2:

Cho đường nối L1 của hình 2.2, các hàm owner và member có các giá trị sau:

$$\text{Owner}(L1) = \text{CT}$$

$$\text{Member}(L1) = \text{NV}$$

Thông tin định lượng cần có về CSDL là lực lượng (cardinality) của mỗi quan hệ R, đó là số bộ có trong R, được ký hiệu là card (R)

b) Thông tin về ứng dụng

Để phân bố ngoài thông tin định lượng Card(R) ta còn cần thông tin định tính cơ bản gồm các vị từ được dùng trong các câu vấn tin. Lượng thông tin này phụ thuộc bài toán cụ thể.

Nếu không thể phân tích được hết tất cả các ứng dụng để xác định những vị từ này thì ít nhất cũng phải nghiên cứu được các ứng dụng” quan trọng” nhất.

Vậy chúng ta xác định các vị từ đơn giản (simple predicate). Cho quan hệ R (A_1, A_2, \dots, A_n), trong đó A_i là một thuộc tính được định nghĩa trên một miền biến thiên $D(A_i)$ hay D_i .

Một vị từ đơn giản P được định nghĩa trên R có dạng:

$$P: A_i \theta \text{ Value}$$

Trong đó $\theta \in \{=, <, \neq, \leq, >, \geq\}$ và

value được chọn từ miền biến thiên của A_i (value $\in D_i$).

Như vậy, cho trước lược đồ R, các miền trị D_i chúng ta có thể xác định được tập tất cả các vị từ đơn giản P_r trên R.

Vậy $P_r = \{P: A_i \theta \text{ Value}\}$. Tuy nhiên trong thực tế ta chỉ cần những tập con thực sự của P_r .

Thí dụ 3: Cho quan hệ Dự án như sau:

$$P_1: \text{TênDA} = \text{“thiết bị điều khiển”}$$

$$P_2: \text{Ngân sách} \leq 200000$$

Là các vị từ đơn giản..

Chúng ta sẽ sử dụng ký hiệu Pr_i để biểu thị tập tất cả các vị từ đơn giản được định nghĩa trên quan hệ R_i . Các phần tử của Pr_i được ký hiệu là p_{ij} .

Các vị từ đơn giản thường rất dễ xử lý, các câu vấn tin thường chứa nhiều vị từ phức tạp hơn, là tổ hợp của các vị từ đơn giản. Một tổ hợp cần đặc biệt chú ý, được gọi là vị từ hội sơ cấp (minterm predicate), đó là hội (conjunction) của các vị từ đơn giản. Bởi vì chúng ta luôn có thể biến đổi một biểu thức Boole thành dạng chuẩn hội, việc sử dụng vị từ hội sơ cấp trong một thuật toán thiết kế không làm mất đi tính tổng quát.

Cho một tập $Pr_i = \{p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{im}\}$ là các vị từ đơn giản trên quan hệ R_i , tập các vị từ hội sơ cấp $M_i = \{m_{i1}, m_{i2}, \dots, m_{iz}\}$ được định nghĩa là:

$$M_i = \{m_{ij} \mid m_{ij} = \bigwedge_{k=1}^m p_{ik}^* \text{ với } 1 \leq k \leq m, 1 \leq j \leq z\}$$

Trong đó $p_{ik}^* = p_{ik}$ hoặc $p_{ik}^* = \neg p_{ik}$. Vì thế mỗi vị từ đơn giản có thể xuất hiện trong vị từ hội sơ cấp dưới dạng tự nhiên hoặc dạng phủ định.

Thí dụ 4:

Xét quan hệ CT:

chức vụ	Lương
Kỹ sư điện	40000
Phân tích hệ thống	34000
Kỹ sư cơ khí	27000
Lập trình	24000

Dưới đây là một số vị từ đơn giản có thể định nghĩa được trên PAY.

- p1: chức vụ=" Kỹ sư điện"
- p2: chức vụ=" Phân tích hệ thống "
- p3: chức vụ=" Kỹ sư cơ khí "
- p4: chức vụ=" Lập trình "
- p5: Lương ≤ 30000
- p6: Lương > 30000

Dưới đây là một số các vị từ hội sơ cấp được định nghĩa dựa trên các vị từ đơn giản này

- m1: chức vụ=" Kỹ sư điện " ∧ Lương ≤ 30000
- m2: chức vụ=" Kỹ sư điện " ∧ Lương > 30000

m3: $\neg(\text{chức vụ} = \text{ " Kỹ sư điện " }) \wedge \text{Lương} \leq 30000$

m4: $\neg(\text{chức vụ} = \text{ " Kỹ sư điện " }) \wedge \text{Lương} > 30000$

m5: $\text{chức vụ} = \text{ " Lập trình " } \wedge \text{Lương} \leq 30000$

m6: $\text{chức vụ} = \text{ " Lập trình " } \wedge \text{Lương} > 30000$

Chú ý: + Phép lấy phủ định không phải lúc nào cũng thực hiện được. Thí dụ: xét hai vị từ đơn giản sau: $Cận_dưới \leq A$; $A \leq Cận_trên$. Tức là thuộc tính A có miền trị nằm trong cận dưới và cận trên, khi đó phân bù của chúng là:

$\neg(Cận_dưới \leq A)$;

$\neg(A \leq Cận_trên)$ không xác định được. Giá trị của A trong các phủ định này đã ra khỏi miền trị của A.

Hoặc hai vị từ đơn giản trên có thể được viết lại là:

$Cận_dưới \leq A \leq Cận_trên$ có phần bù là: $\neg(Cận_dưới \leq A \leq Cận_trên)$ không định nghĩa được. Vì vậy khi nghiên cứu những vấn đề này ta chỉ xem xét các vị từ đẳng thức đơn giản.

=> Không phải tất cả các vị từ hội sơ cấp đều có thể định nghĩa được.

+ Một số trong chúng có thể vô nghĩa đối với ngữ nghĩa của quan hệ Chi trả. Ngoài ra cần chú ý rằng m3 có thể được viết lại như sau:

m3: $\text{chức vụ} \neq \text{ " Kỹ sư điện " } \wedge \text{Lương} \leq 30000$

Theo những thông tin định tính về các ứng dụng, chúng ta cần biết hai tập dữ liệu.

Độ tuyển hội sơ cấp (minterm selectivity): số lượng các bộ của quan hệ sẽ được truy xuất bởi câu vấn tin được đặc tả theo một vị từ hội sơ cấp đã cho. Chẳng hạn độ tuyển của m1 trong Thí dụ 4 là zero bởi vì không có bộ nào trong CT thỏa vị từ này. Độ tuyển của m2 là 1. Chúng ta sẽ ký hiệu độ tuyển của một hội sơ cấp m_i là $sel(m_i)$.

Tần số truy xuất (access frequency): tần số ứng dụng truy xuất dữ liệu. Nếu $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_q\}$ là tập các câu vấn tin, $acc(q_i)$ biểu thị cho tần số truy xuất của q_i trong một khoảng thời gian đã cho.

Chú ý rằng mỗi hội sơ cấp là một câu vấn tin. Chúng ta ký hiệu tần số truy xuất của một hội sơ cấp là $acc(m_i)$

Phân mảnh ngang nguyên thủy

Phân mảnh ngang nguyên thủy được định nghĩa bằng một phép toán chọn trên các quan hệ chủ nhân của một lược đồ của CSDL. Vì thế cho biết quan hệ R, các mảnh ngang của R là các R_i :

$$R_i = \sigma_{F_i}(R), \quad 1 \leq i \leq z.$$

Trong đó F_i là công thức chọn được sử dụng để có được mảnh R_i . Chú ý rằng nếu F_i có dạng chuẩn hội, nó là một vị từ hội sơ cấp (m_i).

Thí dụ 5: Xét quan hệ DA

MDA	TênDA	Ngân sách	Địa điểm
P1	Thiết bị đo đạc	150000	Montreal
P2	Phát triển dữ liệu	135000	New York
P3	CAD/CAM	250000	New York
P4	Bảo dưỡng	310000	Paris

Chúng ta có thể định nghĩa các mảnh ngang dựa vào vị trí dự án. Khi đó các mảnh thu được, được trình bày như sau:

$$DA_1 = \sigma_{\text{Địa điểm}="Montreal"}(DA)$$

$$DA_2 = \sigma_{\text{Địa điểm}="New York"}(DA)$$

$$DA_3 = \sigma_{\text{Địa điểm}="Paris"}(DA)$$

DA₁

MDA	TDA	Ngân sách	Địa điểm
P1	Thiết bị đo đạc	150000	Montreal

DA₂

MDA	TênDA	Ngân sách	Địa điểm
P2	Phát triển dữ liệu	135000	New York
P3	CAD/CAM	250000	New York

DA₃

MDA	TênDA	Ngân sách	Địa điểm
P4	thiết bị đo đạc	310000	Paris

Bây giờ chúng ta có thể định nghĩa một mảnh ngang chặt chẽ và rõ ràng hơn
Mảnh ngang R_i của quan hệ R có chứa tất cả các bộ R thỏa vị từ hội sơ cấp m_i
 Một đặc tính quan trọng của các vị từ đơn giản là tính đầy đủ và tính cực tiểu.

- Tập các vị từ đơn giản Pr được gọi là đầy đủ nếu và chỉ nếu xác suất mỗi ứng dụng truy xuất đến một bộ bất kỳ thuộc về một mảnh hội sơ cấp nào đó được định nghĩa theo Pr đều bằng nhau.

Thí dụ 6: Xét quan hệ phân mảnh DA được đưa ra trong Thí dụ 5. Nếu tập ứng dụng $Pr = \{\text{Địa điểm} = \text{"Montreal"}, \text{Địa điểm} = \text{"New York"}, \text{Địa điểm} = \text{"Paris"}, \text{Ngân sách} = 200000\}$ thì Pr không đầy đủ vì có một số bộ của DA không được truy xuất bởi vị từ **Ngân sách** = 200000. Để cho tập vị từ này đầy đủ, chúng ta cần phải xét thêm vị từ **Ngân sách** > 200000 vào Pr. Vậy $Pr = \{\text{Địa điểm} = \text{"Montreal"}, \text{Địa điểm} = \text{"New York"}, \text{Địa điểm} = \text{"Paris"}, \text{Ngân sách} = 200000, \text{Ngân sách} > 200000\}$ là đầy đủ bởi vì mỗi bộ được truy xuất bởi đúng hai vị từ p của Pr. Tất nhiên nếu ta bớt đi một vị từ bất kỳ trong Pr thì tập còn lại không đầy đủ.

Lý do cần phải đảm bảo tính đầy đủ là vì các mảnh thu được theo tập vị từ đầy đủ sẽ nhất quán về mặt logic do tất cả chúng đều thoả vị từ hội sơ cấp. Chúng cũng đồng nhất và đầy đủ về mặt thống kê theo cách mà ứng dụng truy xuất chúng.

Vì thế chúng ta sẽ dùng một tập hợp gồm các vị từ đầy đủ làm cơ sở của phân mảnh ngang nguyên thủy.

- Đặc tính thứ hai của tập các vị từ là tính cực tiểu. Đây là một đặc tính cảm tính. Vị từ đơn giản phải có liên đới (relevant) trong việc xác định một mảnh. Một vị từ không tham gia vào một phân mảnh nào thì có thể coi vị từ đó là thừa. Nếu tất cả các vị từ của Pr đều có liên đới thì Pr là cực tiểu.

Thí dụ 7: Tập Pr được định nghĩa trong Thí dụ 6 là đầy đủ và cực tiểu. Tuy nhiên nếu chúng ta thêm vị từ **TênDA** = "thiết bị đo đạc" vào Pr, tập kết quả sẽ không còn cực tiểu bởi vì vị từ mới thêm vào không có liên đới ứng với Pr. Vị từ mới thêm vào không chia thêm mảnh nào trong các mảnh đã được tạo ra.

Khái niệm đầy đủ gắn chặt với mục tiêu của bài toán. Số vị từ phải đầy đủ theo yêu cầu của bài toán chúng ta mới thực hiện được những vấn đề đặt ra của bài toán. Khái niệm cực tiểu liên quan đến vấn đề tối ưu của bộ nhớ, tối ưu của các thao tác trên tập các câu văn tin. Vậy khi cho trước một tập vị từ Pr để xét tính cực tiểu chúng ta có thể kiểm tra bằng cách vớt bỏ những vị từ thừa để có tập vị từ Pr' là cực tiểu và tất nhiên Pr' cũng là tập đầy đủ với Pr.

Thuật toán COM_MIN: Cho phép tìm tập các vị từ đầy đủ và cực tiểu Pr' từ Pr. Chúng ta tạm quy ước:

Quy tắc 1: Quy tắc cơ bản về tính đầy đủ và cực tiểu, nó khẳng định rằng một quan hệ hoặc một mảnh được phân hoạch thành ít nhất hai phần và chúng được truy xuất khác nhau bởi ít nhất một ứng dụng “.

Thuật toán COM_MIN

Input : R: quan hệ; Pr: tập các vị từ đơn giản;

Output: Pr': tập các vị từ cực tiểu và đầy đủ;

Declare

F: tập các mảnh hội sơ cấp;

Begin

Pr' = ; F = ;

For each vị từ p Pr if p phân hoạch R theo Quy tắc 1 then

Begin

Pr' := Pr' - p;

Pr := Pr - p;

F := F - p; {f_i là mảnh hội sơ cấp theo p_i}

End; {Chúng ta đã chuyển các vị từ có phân mảnh R vào Pr'}

Repeat

For each p Pr if p phân hoạch một mảnh f_k của Pr' theo quy tắc 1 then

Begin

Pr' := Pr' - p;

Pr := Pr - p;

F := F - p;

End;

Until Pr' đầy đủ {Không còn p nào phân mảnh f_k của Pr'}

For each p Pr', if p' mà p<=>p' then

Begin

Pr' := Pr' - p;

F := F - f;

End;

End. {COM_MIN}

Thuật toán bắt đầu bằng cách tìm một vị từ có liên đới và phân hoạch quan hệ đã cho. Vòng lặp **Repeat-until** thêm các vị từ có phân hoạch các mảnh vào tập này, bảo đảm tính đầy đủ của Pr'. Đoạn cuối kiểm tra tính cực tiểu của Pr'. Vì thế cuối cùng ta có tập Pr' là cực tiểu và đầy đủ.

Bước hai của việc thiết kế phân mảnh nguyên thủy là suy dẫn ra tập các vị từ hội sơ cấp có thể được định nghĩa trên các vị từ trong tập Pr' . Các vị từ hội sơ cấp này xác định các mảnh “ứng cử viên” cho bước cấp phát. Việc xác định các vị từ hội sơ cấp là tầm thường; khó khăn chính là tập các vị từ hội sơ cấp có thể rất lớn (thực sự chúng tỷ lệ hàm mũ theo số lượng các vị từ đơn giản). trong bước kế tiếp chúng ta sẽ tìm cách làm giảm số lượng vị từ hội sơ cấp cần được định nghĩa trong phân mảnh.

Bước ba của quá trình thiết kế là loại bỏ một số mảnh vô nghĩa. Điều này được thực hiện bằng cách xác định những vị từ mâu thuẫn với tập các phép kéo theo (implication) I. Chẳng hạn nếu $Pr' = \{p_1, p_2\}$, trong đó

$P_1: att = value_1$

$P_2: att = value_2$

Và miền biến thiên của att là $\{value_1, value_2\}$, rõ ràng I chứa hai phép kéo theo với khẳng định:

$I_1: (att = value_1) \quad (att = value_2)$

$I_2: (att = value_1) \quad (att = value_2)$

Bốn vị từ hội sơ cấp sau đây được định nghĩa theo Pr' :

$M_1: (att = value_1) \quad (att = value_2)$

$M_2: (att = value_1) \quad (att = value_2)$

$M_3: (att = value_1) \quad (att = value_2)$

$M_4: (att = value_1) \quad (att = value_2)$

Trong trường hợp này các vị từ hội sơ cấp m_1, m_4 mâu thuẫn với các phép kéo theo I và vì thế bị loại ra khỏi M.

Thuật toán phân mảnh ngang nguyên thủy được trình bày trong thuật toán 1.2.

Thuật toán 1.2 PHORIZONTAL

Input: R: quan hệ; Pr' : tập các vị từ đơn giản;

Output: M: tập các vị từ hội sơ cấp;

Begin

$Pr' := COM_MIN(R, Pr)$;

Xác định tập M các vị từ hội sơ cấp;

Xác định tập I các phép kéo theo giữa các $p_i \in Pr'$;

For each $m_i \in M$ **do**

Begin

IF m_i mâu thuẫn với I **then**

$M := M - m_i$

End;

End. {PHORIZONTAL}

Thí dụ 8: Chúng ta hãy xét quan hệ **DA**. Giả sử rằng có hai ứng dụng. Ứng dụng đầu tiên được đưa ra tại ba vị trí và cần tìm tên và ngân sách của các dự án khi cho biết vị trí. Theo ký pháp SQL câu vấn tin được viết là:

```
SELECT      TênDA, Ngân sách
FROM        DA
WHERE       địa điểm=giá trị
```

Đối với ứng dụng này, các vị từ đơn giản có thể được dùng là:

P1: Địa điểm="Montreal"

P2: Địa điểm="New York"

P3: Địa điểm="Paris"

Ứng dụng thứ hai là những dự án có ngân sách dưới 200.000 đô la được quản lý tại một vị trí, còn những dự án có ngân sách lớn hơn được quản lý tại một vị trí thứ hai. Vì thế các vị từ đơn giản phải được sử dụng để phân mảnh theo ứng dụng thứ hai là:

P4: ngân sách \leq 200000

P5: ngân sách $>$ 200000

Nếu kiểm tra bằng thuật toán COM_MIN, tập $Pr' = \{p1, p2, p3, p4, p5\}$ rõ ràng đầy đủ và cực tiểu

Dựa trên Pr' chúng ta có thể định nghĩa sáu vị từ hội sơ cấp sau đây tạo ra M:

M1: (Địa điểm="Montreal") (ngân sách \leq 200000)

M2: (Địa điểm="Montreal") (ngân sách $>$ 200000)

M3: (Địa điểm="New York") (ngân sách \leq 200000)

M4: (Địa điểm="New York") (ngân sách $>$ 200000)

M5: (Địa điểm="Paris") (ngân sách \leq 200000)

M6: (Địa điểm="Paris") (ngân sách $>$ 200000)

Đây không phải là các vị từ hội sơ cấp duy nhất có thể được tạo ra. Chẳng hạn vẫn có thể định nghĩa các vị từ:

p1 p2 p3 p4 p5

Tuy nhiên các phép kéo hiển nhiên là:

$I_1: p1 \quad p2 \quad p3$
 $I_2: p2 \quad p1 \quad p3$
 $I_3: p3 \quad p1 \quad p2$
 $I_4: p4 \quad p5$
 $I_5: p5 \quad p4$
 $I_6: p4 \quad p5$
 $I_7: p5 \quad p4$

Cho phép loại bỏ những vị từ hội sơ cấp này và chúng ta còn lại m1 đến m6.

Cần nhớ rằng các phép kéo theo phải được định nghĩa theo ngữ nghĩa của CSDL, không phải theo các giá trị hiện tại. Một số mảnh được định nghĩa theo $M=\{m1, \dots, m6\}$ có thể rỗng nhưng chúng vẫn là các mảnh. Kết quả phân mảnh nguyên thủy cho DA là tạo ra sáu mảnh $F_{DA}=\{DA_1, DA_2, DA_3, DA_4, DA_5, DA_6\}$, ở đây có hai mảnh rỗng là $\{DA_2, DA_5\}$

DA₁

MDA	TênDA	Ngân sách	Địa điểm
P1	Thiết bị đo đạc	150000	Montreal

DA₃

MDA	TênDA	Ngân sách	Địa điểm
P2	Phát triển dữ liệu	135000	New York

DA₄

MDA	TênDA	Ngân sách	Địa điểm
P3	CAD/CAM	250000	New York

DA₆

MDA	TênDA	Ngân sách	Địa điểm
P4	bảo dưỡng	310000	Paris

Phân mảnh ngang dẫn xuất

Phân mảnh ngang dẫn xuất được định nghĩa trên một quan hệ thành viên của đường nối dựa theo phép toán chọn trên quan hệ chủ nhân của đường nối đó.

Như thế nếu cho trước một đường nối L , trong đó $\text{owner}(L)=S$ và $\text{member}(L)=R$, và các mảnh ngang dẫn xuất của R được định nghĩa là:

$$R_i = R \mid \succ S_i, \quad 1 \leq i \leq w$$

Trong đó w là số lượng các mảnh được định nghĩa trên R , và $S_i = F_i(S)$ với F_i là công thức định nghĩa mảnh ngang nguyên thủy S_i

Thí dụ 9: Xét đường nối

NV

MNV	TênNV	Chức vụ
E1	J.Doe	Kỹ sư điện
E2	M.Smith	Phân tích
E2	M.Smith	Phân tích
E3	A.Lee	Kỹ sư cơ khí
E3	A.Lee	Kỹ sư cơ khí
E4	J.Miller	Programmer
E5	B.Casey	Phân tích hệ
E6	L.Chu	thống
E7	R.david	Kỹ sư điện
E8	J.Jones	Kỹ sư cơ khí
		Phân tích hệ
		thống

thế thì chúng ta có thể nhóm các kỹ sư thành hai nhóm tùy theo lương: nhóm có lương từ 30.000 đôla trở lên và nhóm có lương dưới 30.000 đô la. Hai mảnh Nhân viên₁ và Nhân viên₂ được định nghĩa như sau:

$$NV_1 = NV \mid \geq CT_1$$

$$NV_2 = NV \mid < CT_2$$

Trong đó $CT_1 = \text{Lương} > 30000 (CT)$

$CT_2 = \text{Lương} > 30000 (CT)$

CT_1

CT_2

Chức vụ	Lương		Chức vụ	Lương
Kỹ sư cơ khí	27000		Kỹ sư điện	40000
Lập trình	24000		Phân tích hệ thống	34000

Kết quả phân mảnh ngang dẫn xuất của quan hệ NV như sau:

NV ₁			NV ₂		
MNV	TênNV	Chức vụ	MNV	TênNV	Chức vụ
E3	A.Lee	Kỹ sư cơ khí	E1	J.Doe	Kỹ sư điện
E4	J.Miller	Lập trình viên	E2	M.Smith	Phân tích hệ thống
E7	R.David	Kỹ sư cơ khí	E5	B.Casey	Phân tích hệ thống
			E6	L.Chu	Kỹ sư điện
			E8	J.Jones	Phân tích hệ thống

Chú ý:

+ Muốn thực hiện phân mảnh ngang dẫn xuất, chúng ta cần ba nguyên liệu (input):

1. Tập các phân hoạch của quan hệ chủ nhân (Thí dụ: CT1, CT2).
2. Quan hệ thành viên
3. Tập các vị từ nối nửa giữa chủ nhân và thành viên (Chẳng hạn CT.Chucvu = NV.Chucvu).

+ Vấn đề phức tạp cần chú ý: Trong lược đồ CSDL, chúng ta hay gặp nhiều đường nối đến một quan hệ R. Như thế có thể có nhiều cách phân mảnh cho quan hệ R. Quyết định chọn cách phân mảnh nào cần dựa trên hai tiêu chuẩn sau:

1. Phân mảnh có đặc tính nối tốt hơn
2. Phân mảnh được sử dụng trong nhiều ứng dụng hơn.

Tuy nhiên, việc áp dụng các tiêu chuẩn trên còn là một vấn đề rắc rối.

Thí dụ 10: Chúng ta tiếp tục với thiết kế phân bố cho CSDL đã bắt đầu từ Thí dụ 9. Và quan hệ NV phân mảnh theo CT. Bây giờ xét ASG. Giả sử có hai ứng dụng sau:

1. Ứng dụng 1: Tìm tên các kỹ sư có làm việc tại một nơi nào đó. Ứng dụng này chạy ở cả ba trạm và truy xuất cao hơn các kỹ sư của các dự án ở những vị trí khác.

2. Ứng dụng 2: Tại mỗi trạm quản lý, nơi quản lý các mẫu tin nhân viên, người dùng muốn truy xuất đến các dự án đang được các nhân viên này thực hiện và cần biết xem họ sẽ làm việc với dự án đó trong bao lâu.

Kiểm định tính đúng đắn

Bây giờ chúng ta cần phải kiểm tra tính đúng của phân mảnh ngang.

a. Tính đầy đủ

+ Phân mảnh ngang nguyên thủy: Với điều kiện các vị từ chọn là đầy đủ, phân mảnh thu cũng được đảm bảo là đầy đủ, bởi vì cơ sở của thuật toán phân mảnh là tập các vị từ cực tiểu và đầy đủ Pr' , nên tính đầy đủ được bảo đảm với điều kiện không có sai sót xảy ra.

+ Phân mảnh ngang dẫn xuất: Có khác chút ít, khó khăn chính ở đây là do vị từ định nghĩa phân mảnh có liên quan đến hai quan hệ. Trước tiên chúng ta hãy định nghĩa qui tắc đầy đủ một cách hình thức.

R là quan hệ thành viên của một đường nối mà chủ nhân là quan hệ S . Gọi A là thuộc tính nối giữa R và S , thế thì với mỗi bộ t của R , phải có một bộ t' của S sao cho

$$t.A=t'.A$$

Quy tắc này được gọi là **ràng buộc toàn vẹn** hay **toàn vẹn tham chiếu**, bảo đảm rằng mọi bộ trong các mảnh của quan hệ thành viên đều nằm trong quan hệ chủ nhân.

b. Tính tái thiết được

Tái thiết một quan hệ toàn cục từ các mảnh được thực hiện bằng toán tử hợp trong cả phân mảnh ngang nguyên thủy lẫn dẫn xuất, Vì thế một quan hệ R với phân mảnh $F_r=\{R_1, R_2, \dots, R_m\}$ chúng ta có

$$R = R_1 \cup R_2 \cup \dots \cup R_m$$

c. Tính tách rời

Với phân mảnh nguyên thủy tính tách rời sẽ được bảo đảm miễn là các vị từ hội sơ cấp xác định phân mảnh có tính loại trừ tương hỗ (mutually exclusive). Với phân mảnh dẫn xuất tính tách rời có thể bảo đảm nếu đồ thị nối thuộc loại đơn giản.

2.2.2.2. Phân mảnh dọc

Một phân mảnh dọc cho một quan hệ R sinh ra các mảnh R_1, R_2, \dots, R_r , mỗi mảnh chứa một tập con thuộc tính của R và cả khoá của R . Mục đích của phân mảnh dọc là phân hoạch một quan hệ thành một tập các quan hệ nhỏ hơn để nhiều ứng dụng chỉ cần chạy trên một mảnh. Một phân mảnh "tối ưu" là phân mảnh sinh ra một lược đồ phân mảnh cho phép giảm tối đa thời gian thực thi các ứng dụng chạy trên mảnh đó.

Phân mảnh dọc tất nhiên là phức tạp hơn so với phân mảnh ngang. Điều này là do tổng số chọn lựa có thể của một phân hoạch dọc rất lớn.

Vì vậy để có được các lời giải tối ưu cho bài toán phân hoạch dọc thực sự rất khó khăn. Vì thế lại phải dùng các phương pháp khám phá (heuristic). Chúng ta đưa ra hai loại heuristic cho phân mảnh dọc các quan hệ toàn cục.

- Nhóm thuộc tính: Bắt đầu bằng cách gán mỗi thuộc tính cho một mảnh, và tại mỗi bước, nối một số mảnh lại cho đến khi thỏa một tiêu chuẩn nào đó. Kỹ thuật này được đề xuất lần đầu cho các CSDL tập trung và về sau được dùng cho các CSDL phân bố.

- Tách mảnh: Bắt đầu bằng một quan hệ và quyết định cách phân mảnh có lợi dựa trên hành vi truy xuất của các ứng dụng trên các thuộc tính.

Bởi vì phân hoạch dọc đặt vào một mảnh các thuộc tính thường được truy xuất chung với nhau, chúng ta cần có một giá trị đo nào đó để định nghĩa chính xác hơn về khái niệm “chung với nhau”. Số đo này gọi là tụ lực hay lực hút (affinity) của thuộc tính, chỉ ra mức độ liên đới giữa các thuộc tính.

Yêu cầu dữ liệu chính có liên quan đến các ứng dụng là tần số truy xuất của chúng. gọi $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_q\}$ là tập các vấn tin của người dùng (các ứng dụng) sẽ chạy trên quan hệ $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$. Thế thì với mỗi câu vấn tin q_i và mỗi thuộc tính A_j , chúng ta sẽ đưa ra một giá trị sử dụng thuộc tính, ký hiệu $use(q_i, A_j)$ được định nghĩa như sau:

$$use(q_i, A_j) = \begin{cases} 1 & \text{nếu thuộc tính } A_j \text{ được vấn tin } q_i \text{ tham chiếu} \\ 0 & \text{trong trường hợp ngược lại} \end{cases}$$

Các vectơ $use(q_i, \quad)$ cho mỗi ứng dụng rất dễ định nghĩa nếu nhà thiết kế biết được các ứng dụng sẽ chạy trên CSDL.

Thí dụ 11:

Xét quan hệ **DA**, giả sử rằng các ứng dụng sau đây chạy trên các quan hệ đó. Trong mỗi trường hợp chúng ta cũng đặc tả bằng SQL.

q1: Tìm ngân sách của một dự án, cho biết mã của dự án

```
SELECT  Ngân sách
```

```
FROM    DA
```

```
WHERE   MDA=giá trị
```

q2: Tìm tên và ngân sách của tất cả mọi dự án

```
SELECT  TênDA, ngân sách
```

```
FROM    DA
```


q3: Tìm tên của các dự án được thực hiện tại một thành phố đã cho

```
SELECT  tênDA
FROM    DA
WHERE   địa điểm=giá trị
```

q4: Tìm tổng ngân sách dự án của mỗi thành phố

```
SELECT  SUM (ngân sách)
FROM    DA
WHERE   Địa điểm=giá trị
```

Dựa theo bốn ứng dụng này, chúng ta có thể định nghĩa ra các giá trị sử dụng thuộc tính. Để cho tiện về mặt ký pháp, chúng ta gọi $A_1=MDA$, $A_2=TênDA$, $A_3=Ngân sách$, $A_4=địa điểm$. Giá trị sử dụng được định nghĩa dưới dạng ma trận, trong đó mục (i,j) biểu thị $use(q_i, A_j)$.

	A_1	A_2	A_3	A_4
q_1	1	0	1	0
q_2	0	1	1	0
q_3	0	1	0	1
q_4	0	0	1	1

Tụ lực của các thuộc tính

Giá trị sử dụng thuộc tính không đủ để làm cơ sở cho việc tách và phân mảnh. Điều này là do chúng không biểu thị cho độ lớn của tần số ứng dụng. Số đo lực hút (affinity) của các thuộc tính $aff(A_i, A_j)$, biểu thị cho cầu nối (bond) giữa hai thuộc tính của một quan hệ theo cách chúng được các ứng dụng truy xuất, sẽ là một đại lượng cần thiết cho bài toán phân mảnh.

Xây dựng công thức để đo lực hút của hai thuộc tính A_i, A_j .

Gọi k là số các mảnh của R được phân mảnh. Tức là $R = R_1 \dots R_k$.

$Q = \{q_1, q_2, \dots, q_m\}$ là tập các câu vấn tin (tức là tập các ứng dụng chạy trên quan hệ R). Đặt $Q(A, B)$ là tập các ứng dụng q của Q mà $use(q, A).use(q, B) = 1$.

Nói cách khác:

$$Q(A, B) = \{q \mid Q: \text{use}(q, A) = \text{use}(q, B) = 1\}$$

Thí dụ dựa vào ma trận trên ta thấy $Q(A_1, A_1) = \{q_1\}$, $Q(A_2, A_2) = \{q_2, q_3\}$, $Q(A_3, A_3) = \{q_1, q_2, q_4\}$, $Q(A_4, A_4) = \{q_3, q_4\}$, $Q(A_1, A_2) = \text{rỗng}$, $Q(A_1, A_3) = \{q_1\}$, $Q(A_2, A_3) = \{q_2\}, \dots$

Số đo lực hút giữa hai thuộc tính A_i, A_j được định nghĩa là:

$$\text{aff}(A_i, A_j) = \sum_{q_k \in Q(A_i, A_j)} \text{ref}_l(q_k) \text{acc}_l(q_k) \quad l = R_1$$

Hoặc:

$$\text{aff}(A_i, A_j) = \sum_{\text{Use}(q_k, A_i)=1} \text{ref}_l(q_k) \text{acc}_l(q_k) \quad l = R_1$$

Trong đó $\text{ref}_l(q_k)$ là số truy xuất đến các thuộc tính (A_i, A_j) cho mỗi ứng dụng q_k tại vị trí R_l và $\text{acc}_l(q_k)$ là số đo tần số truy xuất ứng dụng q_k đến các thuộc tính A_i, A_j tại vị trí l . Chúng ta cần lưu ý rằng trong công thức tính $\text{aff}(A_i, A_j)$ chỉ xuất hiện các ứng dụng q mà cả A_i và A_j đều sử dụng.

Kết quả của tính toán này là một ma trận đối xứng $n \times n$, mỗi phần tử của nó là một số đo được định nghĩa ở trên. Chúng ta gọi nó là ma trận lực tụ (lực hút hoặc ái lực) thuộc tính (AA) (attribute affinity matrix).

Thí dụ 12: Chúng ta hãy tiếp tục với Thí dụ 11. Để cho đơn giản chúng ta hãy giả sử rằng $\text{ref}_l(q_k) = 1$ cho tất cả q_k và R_l . Nếu tần số ứng dụng là:

$$\begin{array}{lll} \text{Acc}_1(q_1) = 15 & \text{Acc}_2(q_1) = 20 & \text{Acc}_3(q_1) = 10 \\ \text{Acc}_1(q_2) = 5 & \text{Acc}_2(q_2) = 0 & \text{Acc}_3(q_2) = 0 \\ \text{Acc}_1(q_3) = 25 & \text{Acc}_2(q_3) = 25 & \text{Acc}_3(q_3) = 25 \\ \text{Acc}_1(q_4) = 3 & \text{Acc}_2(q_4) = 0 & \text{Acc}_3(q_4) = 0 \end{array}$$

Số đo lực hút giữa hai thuộc tính A_1 và A_3 là:

$$\text{Aff}(A_1, A_3) = \sum_{k=1}^3 \text{acc}_k(q_k) = \text{acc}_1(q_1) + \text{acc}_2(q_1) + \text{acc}_3(q_1) = 45$$

Tương tự tính cho các cặp còn lại ta có ma trận ái lực sau:

	A_1	A_2	A_3	A_4
A_1	45	0	45	0
A_2	0	80	5	75
A_3	45	5	53	3
A_4	0	75	3	78

Thuật toán năng lượng nối BEA (Bond Energy Algorithm)

Đến đây ta có thể phân R làm các mảnh của các nhóm thuộc tính dựa vào sự liên đới (lực hút) giữa các thuộc tính, thí dụ tụ lực của A_1, A_3 là 45, của A_2, A_4 là 75, còn của A_1, A_2 là 0, của A_3, A_4 là 3... Tuy nhiên, phương pháp tuyến tính sử dụng trực tiếp từ ma trận này ít được mọi người quan tâm và sử dụng. Sau đây chúng ta xét một phương pháp dùng thuật toán năng lượng nối BEA của Hoffer and Severance, 1975 và Navathe., 1984.

1. Nó được thiết kế đặc biệt để xác định các nhóm gồm các mục tương tự, khác với một sắp xếp thứ tự tuyến tính của các mục.
2. Các kết quả tụ nhóm không bị ảnh hưởng bởi thứ tự đưa các mục vào thuật toán.
3. Thời gian tính toán của thuật toán có thể chấp nhận được là $O(n^2)$, với n là số lượng thuộc tính.
4. Mọi liên hệ qua lại giữa các nhóm thuộc tính tụ có thể xác định được.

Thuật toán BEA nhận nguyên liệu là một ma trận ái lực thuộc tính (AA), hoán vị các hàng và cột rồi sinh ra một ma trận ái lực tụ (CA) (Clustered affinity matrix). Hoán vị được thực hiện sao cho số đo ái lực chung AM (Global Affinity Measure) là lớn nhất. Trong đó AM là đại lượng:

$$AM = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \text{aff}(A_i, A_j) [\text{aff}(A_i, A_{j-1}) + \text{aff}(A_i, A_{j+1}) + \text{aff}(A_{i-1}, A_j) + \text{aff}(A_{i+1}, A_j)]$$

Với $\text{aff}(A_0, A_j) = \text{aff}(A_i, A_0) = \text{aff}(A_{n+1}, A_j) = \text{aff}(A_i, A_{n+1}) = 0$ cho i, j

Tập các điều kiện cuối cùng đề cập đến những trường hợp một thuộc tính được đặt vào CA ở về bên trái của thuộc tính tận trái hoặc ở về bên phải của thuộc tính tận phải trong các hoán vị cột, và bên trên hàng trên cùng và bên dưới hàng cuối cùng trong các hoán vị hàng. Trong những trường hợp này, chúng ta cho 0 là giá trị lực hút aff giữa thuộc tính đang được xét và các lân cận bên trái hoặc bên phải (trên cùng hoặc dưới đáy) của nó hiện chưa có trong CA.

Hàm cực đại hoá chỉ xét những lân cận gần nhất, vì thế nó nhóm các giá trị lớn với các giá trị lớn, giá trị nhỏ với giá trị nhỏ. Vì ma trận lực hút thuộc tính AA có tích chất đối xứng nên hàm số vừa được xây dựng ở trên thu lại thành:

$$AM = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \text{aff}(A_i, A_j) [\text{aff}(A_i, A_{j-1}) + \text{aff}(A_i, A_{j+1})]$$

Quá trình sinh ra ma trận tụ lực (CA) được thực hiện qua ba bước:

Bước 1: Khởi gán:

Đặt và cố định một trong các cột của AA vào trong CA. Thí dụ cột 1, 2 được chọn trong thuật toán này.

Bước 2: Thực hiện lặp

Lấy lần lượt một trong n-i cột còn lại (trong đó i là số cột đã được đặt vào CA) và thử đặt chúng vào trong i+1 vị trí còn lại trong ma trận CA. Chọn nơi đặt sao cho cho ái lực chung AM lớn nhất. Tiếp tục lặp đến khi không còn cột nào để đặt.

Bước 3: Sắp thứ tự hàng

Một khi thứ tự cột đã được xác định, các hàng cũng được đặt lại để các vị trí tương đối của chúng phù hợp với các vị trí tương đối của cột.

Thuật toán BEA

Input: AA - ma trận ái lực thuộc tính;

Output: CA - ma trận ái lực tự sau khi đã sắp xếp lại các hàng các cột;

Begin

{Khởi gán: cần nhớ rằng A là một ma trận n x n}

CA(, 1) AA(, 1)

CA(, 2) AA(, 2)

Index:=3

while index <= n do {chọn vị trí “tốt nhất” cho thuộc tính A_{index} }

begin

for i :=1 to index-1 by 1 do

tính cont(A_{i-1}, A_{index}, A_i);

Tính cont($A_{index-1}, A_{index}, A_{index+1}$); {điều kiện biên}

Loc nơi đặt, được cho bởi giá trị cont lớn nhất;

for i = index downto loc do {xáo trộn hai ma trận}

CA(, j) CA(, j-1);

CA(, loc) AA(, index);

index index+1;

end-while

Sắp thứ tự các hàng theo thứ tự tương đối của cột.

end. {BEA}

Để hiểu rõ thuật toán chúng ta cần biết cont(*,*,*). Cần nhắc lại số đo ái lực chung AM đã được định nghĩa là:

$$AM = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \text{aff}(A_i, A_j) [\text{aff}(A_i, A_{j-1}) + \text{aff}(A_i, A_{j+1})]$$

Và có thể viết lại:

$$AM = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n [\text{aff}(A_i, A_j) \text{aff}(A_i, A_{j-1}) + \text{aff}(A_i, A_j) \text{aff}(A_i, A_{j+1})]$$

$$= \sum_{j=1}^n [\sum_{i=1}^n \text{aff}(A_i, A_j) \text{aff}(A_i, A_{j-1}) + \sum_{i=1}^n \text{aff}(A_i, A_j) \text{aff}(A_i, A_{j+1})]$$

Ta định nghĩa cầu nối (Bond) giữa hai thuộc tính A_x , và A_y là:

$$\text{Bond}(A_x, A_y) = \sum_{z=1}^n \text{aff}(A_z, A_x) \text{aff}(A_z, A_y)$$

Thế thì có thể viết lại AM là:

$$AM = \sum_{j=1}^n [\text{Bond}(A_i, A_{j-1}) + \text{Bond}(A_i, A_{j+1})]$$

Bây giờ xét n thuộc tính sau:

$$A_1 A_2 \dots A_{i-1} \quad A_i A_j \quad A_{j+1} \dots A_n$$

Với $A_1 A_2 \dots A_{i-1}$ thuộc nhóm AM' và $A_i A_j \quad A_{j+1} \dots A_n$ thuộc nhóm AM''

Khi đó số đo lực hút chung cho những thuộc tính này có thể viết lại:

$$AM_{\text{old}} = AM' + AM'' + \text{bond}(A_{i-1}, A_i) + \text{bond}(A_i, A_j) + \text{bond}(A_j, A_{j+1}) +$$

$$\text{bond}(\text{bond}(A_{j+1}, A_j) = \sum_{l=1}^n [\text{bond}(A_l, A_{l-1}) + \text{bond}(A_l, A_{l+1})] + \sum_{l=i+1}^n [\text{bond}(A_l, A_{l-1}) + \text{bond}(A_l, A_{l+1})] + 2\text{bond}(A_i, A_j))$$

Bây giờ xét đến việc đặt một thuộc tính mới A_k giữa các thuộc tính A_i và A_j trong ma trận lực hút tự. Số đo lực hút chung mới có thể được viết tương tự như:

$$AM_{\text{new}} = AM' + AM'' + \text{bond}(A_i, A_k) + \text{bond}(A_k, A_j) + \text{bond}(A_k, A_i) + \text{bond}(A_k, A_j) + \text{bond}(A_j, A_k) \\ = AM' + AM'' + 2\text{bond}(A_i, A_k) + 2\text{bond}(A_k, A_j)$$

Vì thế đóng góp thực (net contribution) cho số đo ái lực chung khi đặt thuộc tính A_k giữa A_i và A_j là:

$$\text{Cont}(A_i, A_k, A_j) = AM_{\text{new}} - AM_{\text{old}} = 2\text{Bond}(A_i, A_k) + 2\text{Bond}(A_k, A_j) - 2\text{Bond}(A_i, A_j)$$

$\text{Bond}(A_0, A_k) = 0$. Nếu thuộc tính A_k đặt bên phải thuộc tính tận bên phải vì chưa có thuộc tính nào được đặt ở cột k+1 của ma trận CA nên $\text{bond}(A_k, A_{k+1}) = 0$.

Thí dụ 13: Ta xét ma trận được cho trong Thí dụ 12 và tính toán phần đóng góp khi di chuyển thuộc tính A_4 vào giữa các thuộc tính A_1 và A_2 , được cho bằng công thức:

$$\text{Cont}(A_1, A_4, A_2) = 2\text{bond}(A_1, A_4) + 2\text{bond}(A_4, A_2) - 2\text{bond}(A_1, A_2)$$

Tính mỗi số hạng chúng ta được:

$$\text{Bond}(A_1, A_4) = \sum_{z=1}^4 \text{aff}(A_z, A_1) \text{aff}(A_z, A_4) = \text{aff}(A_1, A_1) \text{aff}(A_1, A_4) + \text{aff}(A_2, A_1) \text{aff}(A_2, A_4) + \text{aff}(A_3, A_1) \text{aff}(A_3, A_4) + \text{aff}(A_4, A_1) \text{aff}(A_4, A_4)$$

$$= 45*0 + 0*75 + 45*3 + 0*78 = 135$$

$$\text{Bond}(A_4, A_2) = 11865$$

$$\text{Bond}(A_1, A_2) = 225$$

$$\text{Vì thế } \text{cont}(A_1, A_4) = 2*135 + 2*11865 + 2*225 = 23550$$

Thí dụ 14:

Chúng ta hãy xét quá trình gom tụ các thuộc tính của quan hệ Dự án và dùng ma trận ái lực thuộc tính AA.

bước khởi đầu chúng ta chép các cột 1 và 2 của ma trận AA vào ma trận CA và bắt đầu thực hiện từ cột thứ ba. Có 3 nơi có thể đặt được cột 3 là: (3-1-2), (1, 3, 2) và (1, 2, 3). Chúng ta hãy tính đóng góp số ái lực chung của mỗi khả năng này.

thứ tự (0-3-1):

$$\text{cont}(A_0, A_3, A_1) = 2\text{bond}(A_0, A_3) + 2\text{bond}(A_3, A_1) - 2\text{bond}(A_0, A_1)$$

$$\text{bond}(A_0, A_3) = \text{bond}(A_0, A_1) = 0$$

$$\text{bond}(A_3, A_1) = 45 \cdot 48 + 5 \cdot 0 + 53 \cdot 45 + 3 \cdot 0 = 4410$$

$$\text{cont}(A_0, A_3, A_1) = 8820$$

thứ tự (1-3-2)

$$\text{cont}(A_1, A_3, A_2) = 10150$$

thứ tự (2-3-4)

$$\text{cont}(A_2, A_3, A_4) = 1780$$

Bởi vì đóng góp của thứ tự (1-2-3) là lớn nhất, chúng ta đặt A_3 vào bên phải của A_1 . Tính toán tương tự cho A_4 chỉ ra rằng cần phải đặt nó vào bên phải của A_2 . Cuối cùng các hàng được tổ chức với cùng thứ tự như các cột và các hàng được trình bày trong hình sau:

	A_1	A_2
A_1	45	0
A_2	0	80
A_3	45	5
A_4	0	75

(a)

	A_1	A_3	A_2	A_4
A_1	45	45	0	0
A_2	0	5	80	75
A_3	45	53	5	3
A_4	0	3	75	78

(b)

	A_1	A_3	A_2
A_1	45	45	0
A_2	0	5	80
A_3	45	53	5
A_4	0	3	75

(b)

	A_1	A_3	A_2	A_4
A_1	45	45	0	0
A_3	45	53	5	3
A_2	0	5	80	75
A_4	0	3	75	78

(d)

trong hình trên chúng ta thấy quá trình tạo ra hai tụ: một ở góc trên trái chứa các giá trị ái lực nhỏ, còn tụ kia ở dưới góc phải chứa các giá trị ái lực cao. Quá trình phân

$$CTQ = \sum_{q_i \in TQ} \sum_{S_j} ref_j(q_i) acc_j(q_i)$$

$$CBQ = \sum_{q_i \in BQ} \sum_{S_j} ref_j(q_i) acc(q_i)$$

$$COQ = \sum_{q_i \in OQ} \sum_{S_j} ref_j(q_i) acc(q_i)$$

Mỗi phương trình ở trên đếm tổng số truy xuất đến các thuộc tính bởi các ứng dụng trong các lớp tương ứng của chúng. Dựa trên số liệu này, bài toán tối ưu hoá được định nghĩa là bài toán tìm điểm x ($1 \leq x \leq n$) sao cho biểu thức:

$$Z = CTQ + CBQ - COQ^2$$

lớn nhất. Đặc trưng quan trọng của biểu thức này là nó định nghĩa hai mảnh sao cho giá trị của CTQ và CBQ càng gần bằng nhau càng tốt. Điều này cho phép cân bằng tải trọng xử lý khi các mảnh được phân bố đến các vị trí khác nhau. Thuật toán phân hoạch có độ phức tạp tuyến tính theo số thuộc tính của quan hệ, nghĩa là $O(n)$.

Thuật toán PARTITION

Input: CA: ma trận ái lực tự; R: quan hệ; ref: ma trận sử dụng thuộc tính;

acc: ma trận tần số truy xuất;

Output: F: tập các mảnh;

Begin

{ xác định giá trị z cho cột thứ nhất }

{ các chỉ mục trong phương trình chi phí chỉ ra điểm tách }

tính CTQ_{n-1}

tính CBQ_{n-1}

tính COQ_{n-1}

best $CTQ_{n-1} * CBQ_{n-1} - (COQ_{n-1})^2$

do { xác định cách phân hoạch tốt nhất }

begin

for i from $n-2$ to 1 by -1 do

begin

tính CTQ_i

tính CBQ_i

tính COQ_i

$z = CTQ_i * CBQ_i - (COQ_i)^2$


```

if z > best then
begin
    best = z
    ghi nhận điểm tách bên vào trong hành động xê dịch
end-if
end-for
gọi SHIFT(CA)
end-begin

```

until không thể thực hiện SHIFT được nữa

Xây dựng lại ma trận theo vị trí xê dịch

$R_1 = TA(R) \quad K \quad \{K \text{ là tập thuộc tính khoá chính của } R\}$

$R_2 = BA(R) \quad K$

$F = \{R_1, R_2\}$

End. {partition}

Áp dụng cho ma trận CA từ quan hệ **dự án**, kết quả là định nghĩa các mảnh $F_{\text{dự án}} = \{\text{Dự án}_1, \text{Dự án}_2\}$

Trong đó: $\text{Dự án}_1 = \{A_1, A_3\}$ và $\text{Dự án}_2 = \{A_1, A_2, A_4\}$. Vì thế

$\text{Dự án}_1 = \{\text{Mã dự án, Ngân sách}\}$

$\text{Dự án}_2 = \{\text{Mã dự án, Tên dự án, Địa điểm}\}$

(ở đây Mã dự án là thuộc tính khoá của **Dự án**)

Kiểm tra tính đúng đắn:

Tính đầy đủ: được bảo đảm bằng thuật toán PARTITION vì mỗi thuộc tính của quan hệ toàn cục được đưa vào một trong các mảnh.

Tính tái thiết được: đối với quan hệ R có phân mảnh dọc $F_R = \{R_1, R_2, \dots, R_r\}$ và các thuộc tính khoá K

$$R = \bigcup_{K} R_i, \quad R_i \in F_R$$

Do vậy nếu điều kiện mỗi R_i là đầy đủ phép toán nối sẽ tái thiết lại đúng R. Một điểm quan trọng là mỗi mảnh R_i phải chứa các thuộc tính khoá của R.

2.2.2.3. Phân mảnh hỗn hợp

Trong đa số các trường hợp, phân mảnh ngang hoặc phân mảnh dọc đơn giản cho một lược đồ CSDL không đủ đáp ứng các yêu cầu từ ứng dụng. Trong trường hợp đó phân mảnh dọc có thể thực hiện sau một số mảnh ngang hoặc ngược lại, sinh

ra một lối phân hoạch có cấu trúc cây. Bởi vì hai chiến lược này được áp dụng lần lượt, chọn lựa này được gọi là phân mảnh hỗn hợp.

2.2.3. Cấp phát

2.2.3.1 Bài toán cấp phát

Giả sử đã có một tập các mảnh $F = \{F_1, F_2, \dots, F_n\}$ và một mạng bao gồm các vị trí $S = \{S_1, S_2, \dots, S_m\}$ trên đó có một tập các ứng dụng $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_q\}$ đang chạy.

Bài toán cấp phát là tìm một phân phối “tối ưu” của F cho S .

Tính tối ưu có thể được định nghĩa ứng với hai số đo:

- **Chi phí nhỏ nhất:** Hàm chi phí có chi lưu mảnh F_i vào vị trí S_j , chi phí vận tin mảnh F_i vào vị trí S_j , chi phí cập nhật F_i tại tất cả mọi vị trí có chứa nó và chi phí truyền dữ liệu. Vì thế bài toán cấp phát cố gắng tìm một lược đồ cấp phát với hàm chi phí tổ hợp nhỏ nhất.

- **Hiệu năng:** Chiến lược cấp phát được thiết kế nhằm duy trì một hiệu quả lớn đó là hạ thấp thời gian đáp ứng và tăng tối đa lưu lượng hệ thống tại mỗi vị trí.

Nói chung bài toán cấp phát tổng quát là một bài toán phức tạp và có độ phức tạp là NP-đầy đủ (NP-complete). Vì thế các nghiên cứu đã được dành cho việc tìm ra các thuật giải heuristic tốt để có lời giải gần tối ưu.

2.2.3.2 Yêu cầu về thông tin

Ở giai đoạn cấp phát, chúng ta cần các thông tin định lượng về CSDL, về các ứng dụng chạy trên đó, về cấu trúc mạng, khả năng xử lý và giới hạn lưu trữ của mỗi vị trí trên mạng.

Thông tin về CSDL

Độ tuyến của một mảnh F_j ứng với câu vấn tin q_i . Đây là số lượng các bộ của F_j cần được truy xuất để xử lý q_i . Giá trị này ký hiệu là $sel_i(F_j)$

Kích thước của một mảnh F_j được cho bởi

$$\text{Size}(F_j) = \text{card}(F_j) * \text{length}(F_j)$$

Trong đó: $\text{Length}(F_j)$ là chiều dài (tính theo byte) của một bộ trong mảnh F_j .

Thông tin về Ứng dụng

Hai số liệu quan trọng là số truy xuất đọc do câu vấn tin q_i thực hiện trên mảnh F_j trong mỗi lần chạy của nó (ký hiệu là RR_{ij}), và tương ứng là các truy xuất cập nhật (UR_{ij}). Thí dụ chúng có thể đếm số truy xuất khối cần phải thực hiện theo yêu cầu vấn tin.

Chúng ta định nghĩa hai ma trận UM và RM với các phần tử tương ứng u_{ij} và r_{ij} được đặc tả tương ứng như sau:

$$u_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{nếu vấn tin } q_i \text{ có cập nhật mảnh } F_j \\ 0 & \text{trong trường hợp ngược lại} \end{cases}$$

$$r_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{nếu vấn tin } q_i \text{ có cập nhật mảnh } F_j \\ & \text{trong trường hợp ngược lại} \end{cases}$$

Một vectơ O gồm các giá trị $o(i)$ cũng được định nghĩa, với $o(i)$ đặc tả vị trí đưa ra câu vấn tin q_i .

Thông tin về vị trí

Với mỗi vị trí (trạm) chúng ta cần biết về khả năng lưu trữ và xử lý của nó. Hiển nhiên là những giá trị này có thể tính được bằng các hàm thích hợp hoặc bằng phương pháp đánh giá đơn giản.

+ Chi phí đơn vị tính để lưu dữ liệu tại vị trí S_k sẽ được ký hiệu là USC_k .

+ Đặc tả số đo chi phí LPC_k , là chi phí xử lý một đơn vị công việc tại vị trí S_k . Đơn vị công việc cần phải giống với đơn vị của RR và UR.

Thông tin về mạng

Chúng ta giả sử tồn tại một mạng đơn giản, g_{ij} biểu thị cho chi phí truyền mỗi bó giữa hai vị trí S_i và S_j . Để có thể tính được số lượng thông báo, chúng ta dùng $fsize$ làm kích thước (tính theo byte) của một bó dữ liệu.

2.2.3.3. Mô hình cấp phát

Mô hình cấp phát có mục tiêu làm giảm thiểu tổng chi phí xử lý và lưu trữ dữ liệu trong khi vẫn cố gắng đáp ứng được các đòi hỏi về thời gian đáp ứng. Mô hình của chúng ta có hình thái như sau:

Min (Total Cost)

Ứng với ràng buộc thời gian đáp ứng, ràng buộc lưu trữ, ràng buộc xử lý.

Biến quyết định x_{ij} được định nghĩa là

$x_{ij} = 1$ nếu mảnh F_i được lưu tại vị trí S_j
 $x_{ij} = 0$ trong trường hợp ngược lại

Tổng chi phí

Hàm tổng chi phí có hai thành phần: phần xử lý vấn tin và phần lưu trữ. Vì thế nó có thể được biểu diễn là:

$$TOC = \sum_{q_i} QPC_i + \sum_{S_k} \sum_{F_j} STC_{jk}$$

với QPC_i là chi phí xử lý câu vấn tin ứng dụng q_i , và STC_{jk} là chi phí lưu mảnh F_j tại vị trí S_k .

Chúng ta hãy xét chi phí lưu trữ trước. Nó được cho bởi

$$STC_{jk} = USC_k * \text{size}(F_j) * x_{jk}$$

Chi phí xử lý vấn tin khó xác định hơn. Hầu hết các mô hình cho bài toán cấp phát tập tin FAP tách nó thành hai phần: Chi phí xử lý chỉ đọc và chi phí xử lý chỉ cập nhật. Ở đây chúng tôi đã chọn một hướng tiếp cận khác trong mô hình cho bài toán DAP và xác định nó như là chi phí xử lý vấn tin bao gồm chi phí xử lý là PC và chi phí truyền là TC. Vì thế chi phí xử lý vấn tin QPC cho ứng dụng q_i là

$$QPC_i = PC_i + TC_i$$

Thành phần xử lý PC gồm có ba hệ số chi phí, chi phí truy xuất AC, chi phí duy trì toàn vẹn IE và chi phí điều khiển đồng thời CC:

$$PC_i = AC_i + IE_i + CC_i$$

Mô tả chi tiết cho mỗi hệ số chi phí phụ thuộc vào thuật toán được dùng để hoàn tất các tác vụ đó. Tuy nhiên để minh họa chúng tôi sẽ mô tả chi tiết về AC:

$$AC_i = \sum_{S_k} \sum_{F_j} (u_{ij} * UR_{ij} + r_{ij} * RR_{ij}) * x_{jk} * LPC_k$$

Hai số hạng đầu trong công thức trên tính số truy xuất của vấn tin q_i đến mảnh F_j . Chú ý rằng $(UR_{ij} + RR_{ij})$ là tổng số các truy xuất đọc và cập nhật. Chúng ta giả thiết rằng các chi phí xử lý chúng là như nhau. Ký hiệu tổng cho biết tổng số các truy xuất cho tất cả mọi mảnh được q_i tham chiếu. Nhân với LPC_k cho ra chi phí của truy xuất này tại vị trí S_k . Chúng ta lại dùng x_{jk} để chỉ chọn các giá trị chi phí cho các vị trí có lưu các mảnh.

Một vấn đề rất quan trọng cần đề cập ở đây. Hàm chi phí truy xuất giả sử rằng việc xử lý một câu vấn tin có bao gồm cả việc phân rã nó thành một tập các vấn tin con hoạt tác trên một mảnh được lưu tại vị trí đó, theo sau là truyền kết quả trở lại về vị trí đã đưa ra vấn tin.

Hệ số chi phí duy trì tính toàn vẹn có thể được mô tả rất giống thành phần xử lý ngoại trừ chi phí xử lý cục bộ một đơn vị cần thay đổi nhằm phản ánh chi phí thực sự để duy trì tính toàn vẹn.

Hàm chi phí truyền có thể được đưa ra giống như cách của hàm chi phí truy xuất. Tuy nhiên tổng chi phí truyền dữ liệu cho cập nhật và cho yêu cầu chỉ đọc sẽ khác nhau hoàn toàn. Trong các vấn tin cập nhật, chúng ta cần cho tất cả mọi vị trí biết nơi có các bản sao còn trong vấn tin chỉ đọc thì chỉ cần truy xuất một trong các bản sao là đủ. Ngoài ra vào lúc kết thúc yêu cầu cập nhật thì không cần phải truyền dữ liệu và ngược lại, cho vị trí đưa ra vấn tin ngoài một thông báo xác nhận, còn trong vấn tin chỉ đọc có thể phải có nhiều thông báo truyền dữ liệu.

Thành phần cập nhật của hàm truyền dữ liệu là:

$$TCU_i = \sum_{S_k} u_{ij} * x_{jk} * g_{o(i),k} + \sum_{S_k} u_{ij} * x_{jk} * g_{k,o(i)}$$

Số hạng thứ nhất để gửi thông báo cập nhật từ vị trí gốc o(i) của q_i đến tất cả bản sao cập nhật. Số hạng thứ hai dành cho thông báo xác nhận.

Thành phần chi phí chỉ đọc có thể đặc tả là:

$$TCR_i = \min_{F_j} (u_{ij} * x_{jk} * g_{o(i),k} + r_{ij} * x_{jk} * (sel_i(F_j) * length(F_j) / fsize) * g_{k,o(i)})$$

Số hạng thứ nhất trong TCR biểu thị chi phí truyền yêu cầu chỉ đọc đến những vị trí có bản sao của mảnh cần truy xuất. Số hạng thứ hai để truyền các kết quả từ những vị trí này đến những vị trí yêu cầu. Phương trình này khẳng định rằng trong số các vị trí có bản sao của cùng một mảnh, chỉ vị trí sinh ra tổng chi phí truyền thấp nhất mới được chọn để thực hiện thao tác này.

Bây giờ hàm chi phí tính cho vấn tin q_i có thể được tính là:

$$TC_i = TCU_i + TCR_i$$

Ràng buộc

Ràng buộc thời gian đáp ứng cần được đặc tả là thời gian thực thi của q_i thời gian đáp ứng lớn nhất của q_i q_i Q

Người ta thích đặc tả số đo chi phí của hàm theo thời gian bởi vì nó đơn giản hoá đặc tả về ràng buộc thời gian thực thi.

Ràng buộc lưu trữ là: STC_{jk} khả năng lưu trữ tại vị trí S_k, S_k S_{Fj} F

Trong đó ràng buộc xử lý là:

tải trọng xử lý của q_i tại vị trí S_k khả năng xử lý của S_k, S_k S.

qi Q

CHƯƠNG 3. XỬ LÝ VẤN TIN

Ngữ cảnh được chọn ở đây là phép tính quan hệ và đại số quan hệ. Như chúng ta đã thấy các quan hệ phân bố được cài đặt qua các mảnh. Thiết kế CSDL có vai trò hết sức quan trọng đối với việc xử lý vấn tin vì định nghĩa các mảnh có mục đích làm tăng tính cục bộ tham chiếu, và đôi khi tăng khả năng thực hiện song song đối với những câu vấn tin quan trọng nhất. Vai trò của thể xử lý vấn tin phân bố là ánh xạ câu vấn tin cấp cao trên một CSDL phân bố vào một chuỗi các thao tác của đại số quan hệ trên các mảnh. Một số chức năng quan trọng biểu trưng cho ánh xạ này. Trước tiên câu vấn tin phải được phân rã thành một chuỗi các phép toán quan hệ được gọi là vấn tin đại số. Thứ hai, dữ liệu cần truy xuất phải được cục bộ hóa để các thao tác trên các quan hệ được chuyển thành các thao tác trên dữ liệu cục bộ (các mảnh). Cuối cùng câu vấn tin đại số trên các mảnh phải được mở rộng để bao gồm các thao tác truyền thông và được tối ưu hóa để hàm chi phí là thấp nhất. Hàm chi phí muốn nói đến các tính toán như thao tác xuất nhập đĩa, tài nguyên CPU, và mạng truyền thông.

3.1. Bài toán xử lý vấn tin

Có hai phương pháp tối ưu hóa cơ bản được sử dụng trong các bộ xử lý vấn tin: phương pháp biến đổi đại số và chiến lược ước lượng chi phí.

Phương pháp biến đổi đại số đơn giản hóa các câu vấn tin nhờ các phép biến đổi đại số nhằm hạ thấp chi phí trả lời câu vấn tin, độc lập với dữ liệu thực và cấu trúc vật lý của dữ liệu.

Nhiệm vụ chính của thể xử lý vấn tin quan hệ là biến đổi câu vấn tin cấp cao thành một câu vấn tin tương đương ở cấp thấp hơn được diễn đạt bằng đại số quan hệ. Câu vấn tin cấp thấp thực sự sẽ cài đặt chiến lược thực thi vấn tin. Việc biến đổi này phải đạt được cả tính đúng đắn lẫn tính hiệu quả. Một biến đổi được xem là đúng đắn nếu câu vấn tin cấp thấp có cùng ngữ nghĩa với câu vấn tin gốc, nghĩa là cả hai cùng cho ra một kết quả. Một câu vấn tin có thể có nhiều cách biến đổi tương đương thành đại số quan hệ. Bởi vì mỗi chiến lược thực thi tương đương đều sử dụng tài nguyên máy tính rất khác nhau, khó khăn chính là chọn ra được một chiến lược hạ thấp tối đa việc tiêu dùng tài nguyên.

Thí dụ 3.1:

Chúng ta hãy xét một tập con của lược đồ CSDL đã được cho

NV(MNV, TênNV, Chức vụ)

PC(MNV, MDA, Nhiệm vụ, Thời gian)

Và một câu vấn tin đơn giản sau:

“Cho biết tên của các nhân viên hiện đang quản lý một dự án”

Biểu thức vấn tin bằng phép tính quan hệ theo cú pháp của SQL là:

```
SELECT    TênNV
FROM      NV, PC
WHERE     NV.MNV=PC.MNV
          AND  Nhiệmvụ="Quản lý"
```

Hai biểu thức tương đương trong đại số quan hệ do biến đổi chính xác từ câu vấn tin trên là:

$$\text{TênNV}(\text{Nhiệmvụ}=\text{"Quản lý"} \text{ NV.MNV=PC.MNV (NV x PC)})$$

và

$$\text{TênNV}(\text{NV}|\><|_{\text{MNV}}(\text{Nhiệmvụ}=\text{"Quản lý"}(\text{PC})))$$

Hiển nhiên là trong câu vấn tin thứ hai, chúng ta tránh sử dụng tích Descartes, vì thế tiêu dùng ít tài nguyên máy tính hơn câu vấn tin thứ nhất và vì vậy nên được giữ lại.

Trong bối cảnh tập trung, chiến lược thực thi vấn tin có thể được diễn tả chính xác bằng một mở rộng của đại số quan hệ. Nhiệm vụ chính của thể xử lý vấn tin tập trung là đối với một câu vấn tin đã cho, nó phải chọn ra được một câu vấn tin đại số tốt nhất trong số những câu vấn tin tương đương. Bởi vì đây là bài toán phức tạp về mặt tính toán khi số lượng các quan hệ khá lớn, nên nói chung nó thường được rút lại ở yêu cầu là chọn được một lời giải gần tối ưu.

Trong các hệ phân bố, đại số quan hệ không đủ để diễn tả các chiến lược thực thi. Nó phải được cung cấp thêm các phép toán trao đổi dữ liệu giữa các vị trí. Bên cạnh việc chọn thứ tự cho các phép toán đại số quan hệ, thể xử lý vấn tin phân bố cũng phải chọn các vị trí tốt nhất để xử lý dữ liệu, và có thể cả cách biến đổi dữ liệu. Kết quả là không gian lời giải các chiến lược thực thi tăng lên, làm cho việc xử lý vấn tin phân bố tăng lên rất nhiều.

Thí dụ 3.2:

Thí dụ này minh họa tầm quan trọng của việc chọn lựa vị trí và cách truyền dữ liệu của một câu vấn tin đại số. Chúng ta xét câu vấn tin của thí dụ trên:

$$\text{TênNV}(\text{NV}|\><|_{\text{MNV}}(\text{Nhiệmvụ}=\text{"Quản lý"}(\text{PC})))$$

chúng ta giả sử rằng các quan hệ NV và PC được phân mảnh ngang như sau:

$$\text{NV}_1 = \text{MNV} \text{ "E3"}(\text{NV})$$

$$NV_2 = \text{MNV} > \text{"E3"}(NV)$$

$$PC_1 = \text{MNV} \text{ "E3"}(PC)$$

$$PC_2 = \text{MNV} \text{ "E3"}(PC)$$

Các mảnh PC_1 , PC_2 , NV_1 , NV_2 theo thứ tự được lưu tại các vị trí 1, 2, 3 và 4 và kết quả được lưu tại vị trí 5

Mũi tên từ vị trí i đến vị trí j có nhãn R chỉ ra rằng quan hệ R được chuyển từ vị trí i đến vị trí j . Chiến lược A sử dụng sự kiện là các quan hệ EMP và ASG được phân mảnh theo cùng một cách để thực hiện song song các phép toán chọn và nối. chiến lược B tập trung tất cả các dữ liệu tại vị trí lưu kết quả trước khi xử lý câu vấn tin.

Để đánh giá việc tiêu dùng tài nguyên của hai chiến lược này, chúng ta sử dụng một mô hình chi phí đơn giản sau. Chúng ta giả sử rằng thao tác truy xuất một bộ (tuple access) được ký hiệu là tupacc, là một đơn vị và thao tác truyền một bộ (tuple transfer) tuptrans là 10 đơn vị. Đồng thời chúng ta cũng giả sử là các quan hệ NV và PC tương ứng có 400 và 1000 bộ, và có 20 giám đốc dự án thống nhất cho các vị trí. Cuối cùng chúng ta giả sử rằng các quan hệ PC và NV được gom tụ cục bộ tương ứng theo

các thuộc tính Nhiệm vụ và MNV. Vì vậy có thể truy xuất trực tiếp đến các bộ của PC dựa trên giá trị của thuộc tính Nhiệm vụ (tương ứng là MNV cho NV)

* Tổng chi phí của chiến lược A có thể được tính như sau:

1. Tạo ra PC' bằng cách chọn trên PC cần	$(10+10)*\text{tupacc}$	= 20
2. Truyền PC' đến vị trí của NV cần	$(10+10)*\text{tuptrans}$	= 200
3. Tạo NV' bằng cách nối PC' và NV' cần	$(10+10)*\text{tupacc}*2$	= 40
4. Truyền NV' đến vị trí nhận kết quả cần	$(10+10)*\text{tuptrans}$	= 200
Tổng chi phí		460

* Tổng chi phí cho chiến lược B có thể được tính như sau:

1. Truyền NV đến vị trí 5 cần	$400*\text{tuptrans}$	= 4.000
2. truyền PC đến vị trí 5 cần	$1000*\text{tuptrans}$	= 10.000
3. Tạo ra PC' bằng cách chọn trên PC cần	$1000*\text{tupacc}$	= 1.000
4. Nối NV và PC cần	$400*20*\text{tupacc}$	= <u>8.000</u>
Tổng chi phí là		23.000

Trong chiến lược B, chúng ta đã giả sử rằng các phương pháp truy xuất các quan hệ NV và PC dựa trên các thuộc tính Nhiệm vụ và MNV bị mất tác dụng do việc truyền dữ liệu. Đây là một giả thiết hợp lý trong thực tế. Chiến lược A tốt hơn với hệ số 50 “rất có ý nghĩa”. Hơn nữa nó đưa ra một cách phân phối công việc giữa các vị trí. Khác biệt còn cao hơn nữa nếu chúng ta giả thiết là tốc độ truyền chậm hơn và/ hoặc mức độ phân mảnh cao hơn.

Chỉ số đánh giá tiêu dùng tài nguyên là tổng chi phí (total cost) phải trả khi xử lý vấn tin. Tổng chi phí là tổng thời gian cần để xử lý các phép toán vấn tin tại các vị trí khác nhau và truyền dữ liệu giữa các vị trí. Một công cụ khác là thời gian đáp ứng của câu vấn tin, là thời gian cần thiết để chạy câu vấn tin. Vì các phép toán có thể được thực hiện song song tại các vị trí khác nhau, thời gian đáp ứng có thể nhỏ hơn nhiều so với tổng chi phí của nó. Trong môi trường CSDL phân bố, tổng chi phí cần phải giảm thiểu là chi phí CPU, chi phí xuất nhập và chi phí truyền. Chi phí CPU là chi phí phải trả khi thực hiện các thao tác trên dữ liệu trong bộ nhớ chính. Chi phí xuất nhập (I/O) là thời gian cần thiết cho các thao tác xuất nhập đĩa. Chi phí truyền tin là thời gian cần để trao đổi dữ liệu giữa các vị trí tham gia vào trong quá trình thực thi câu vấn tin. Chi phí này phải trả khi phải xử lý các thông báo (định dạng/ giải định dạng) và khi truyền dữ liệu trên mạng. Chi phí truyền có lẽ là yếu tố quan trọng nhất được xét đến trong CSDL phân bố.

Độ phức tạp của các phép toán quan hệ: các phép toán chọn, Chiếu (Không loại bỏ trùng lặp) có độ phức tạp là $O(n)$; Các phép chiếu (Có loại bỏ trùng lặp), trùng lặp, nối, nối nửa, chia có độ phức tạp là $O(n \cdot \log_n)$; Tích Descartes có độ phức tạp là $O(n^2)$ (N biểu thị lực lượng của quan hệ nếu các bộ thu được độc lập với nhau)

Đánh giá:

+ Các thao tác có tính chọn lựa làm giảm đi lực lượng cần phải thực hiện trước tiên.

+ Các phép toán cần phải được sắp xếp để tránh thực hiện tích Descartes hoặc để lại thực hiện sau.

3.2. Phân rã vấn đề

Phân rã vấn đề là giai đoạn đầu tiên của quá trình xử lý câu vấn đề. Nó biến đổi câu vấn đề ở dạng phép tính quan hệ thành câu vấn đề đại số quan hệ. Các vấn đề nhập xuất đều tham chiếu các quan hệ toàn cục và không dùng đến các thông tin phân bố dữ liệu. Vì thế phân rã vấn đề đều giống nhau trong cả hệ thống tập trung lẫn phân bố, câu vấn đề xuất sẽ đúng về ngữ nghĩa và đạt chất lượng theo nghĩa là đã loại bỏ các hành động không cần thiết. Phân rã vấn đề có thể xem như bốn bước liên tiếp nhau: Chuẩn hoá, phân tích, loại bỏ dư thừa, viết lại câu vấn đề

Chuẩn hoá

Mục đích của chuẩn hoá (normalization) là biến đổi câu vấn đề thành một dạng chuẩn để xử lý tiếp. Chuẩn hoá một vấn đề nói chung gồm có đặt các lượng từ và lượng từ hoá vấn đề bằng cách áp dụng độ ưu tiên của các toán tử logic.

Với các ngôn ngữ quan hệ như SQL, biến đổi quan trọng nhất là lượng từ hoá vấn đề (mệnh đề Where), có thể đó là một vị từ phi lượng từ với độ phức tạp nào đó với tất cả các lượng từ cần thiết (hoặc) được đặt phía trước. Có hai dạng chuẩn có thể cho vị từ, một có thứ bậc cao cho AND () và loại còn lại cho thứ bậc cao OR (). Dạng chuẩn hội là hội (vị từ) của các tuyển vị từ (các vị từ):

$$(p_{11} \ p_{12} \ \dots \ p_{1n}) \ \dots \ (p_{m1} \ p_{m2} \ \dots \ p_{mn})$$

trong đó p_{ij} là một vị từ đơn giản. Ngược lại, một lượng từ hoá ở dạng chuẩn tuyển như sau:

$$(p_{11} \ p_{12} \ \dots \ p_{1n}) \ \dots \ (p_{m1} \ p_{m2} \ \dots \ p_{mn})$$

Biến đổi các vị từ phi lượng từ là tầm thường bằng cách sử dụng các quy tắc tương đương cho các phép toán logic (, ,):

$$1. p_1 \ p_2 \ \dots \ p_2 \ p_1$$

$$2. p_1 \ p_2 \ \dots \ p_2 \ p_1$$

3. $p_1 (p_2 p_3) (p_1 p_2) p_3$
4. $p_1 (p_2 p_3) (p_1 p_2) p_3$
5. $p_1 (p_2 p_3) (p_1 p_2) (p_1 p_3)$
6. $p_1 (p_2 p_3) (p_1 p_2) (p_1 p_3)$
7. $(p_1 p_2) p_1 p_2$
8. $(p_1 p_2) p_1 p_2$
9. $(p) p$

Trong dạng chuẩn tắc tuyến, câu vấn tin có thể được xử lý như các câu vấn tin con hội độc lập, được nối bằng phép hợp (tương ứng với các tuyến mệnh đề).

Nhận xét: Dạng chuẩn tuyến ít được dùng vì dẫn đến các vị từ nối và chọn trùng nhau. Dạng chuẩn hội hay dùng trong thực tế

Thí dụ 3.3:

Tìm tên các nhân viên đang làm việc ở dự án P₁ trong 12 tháng hoặc 24 tháng.

Câu vấn tin được diễn tả bằng SQL như sau:

```
SELECT    TênNV
FROM      NV, PC
WHERE     NV.MNV=PC.MNV
AND       PC.MDA= "P1"
AND       Thời gian=12 OR Thời gian=24
```

Lượng từ hoá ở dạng chuẩn hội là:

```
NV.MNV=PC.MNV PC.MDA= "P1" (Thời gian=12 Thời gian=24)
```

Còn lượng từ hoá ở dạng chuẩn tuyến là

```
(NV.MNV=PC.MNV PC.MDA="P1" Thời gian=12)
```

```
(NV.MNV=PC.MNV PC.MDA="P1" Thời gian=24)
```

Ở dạng sau, xử lý hai hội độc lập có thể là một công việc thừa nếu các biểu thức con chung không được loại bỏ.

Phân tích

Phân tích câu vấn tin cho phép phớt bỏ các câu vấn tin đã chuẩn hoá nhưng không thể tiếp tục xử lý được hoặc không cần thiết, những lý do chính là do chúng sai kiểu hoặc sai ngữ nghĩa.

- Một câu vấn tin gọi là sai kiểu nếu nó có một thuộc tính hoặc tên quan hệ chưa được khai báo trong lược đồ toàn cục, hoặc nếu nó áp dụng cho các thuộc tính có kiểu không thích hợp.

Select MaDA

From TênNV >200

- Một câu vấn tin gọi là sai nghĩa nếu các thành phần của nó không tham gia vào việc tạo ra kết quả.

Nếu các các vấn tin không chứa các tuyến và phủ định ta có thể dùng đồ thị vấn tin. Vấn tin chứa phép chọn nối chiếu.

- Biểu diễn bằng đồ thị vấn tin:

+ 1 nút biểu thị quan hệ kết quả

+ Các nút khác biểu thị cho quan hệ toán hạng

+ Một cạnh giữa hai nút không phải là quan hệ quả biểu diễn cho một nối

+ Cạnh mà nút đích là kết quả sẽ biểu thị cho phép chiếu.

+ Các nút không phải là kết quả sẽ được gán nhãn là một vị từ chọn hoặc 1 vị từ nối (chính nó).

- Đồ thị nối: một đồ thị con quan trọng của đồ thị vấn tin, nó chỉ có các nối.

Thí dụ 3.4:

PC (MãNV, MaDA, NV_u, Tgian)

NV (MaNV, TênNV, CV_u)

DA (MaDA, TênDA, Kphí, Điểm)

“Tìm tên, NV_u các của những người có CV_u=’TP’ đã làm việc ở dự án ‘CAD/CAM’ trong hơn 3 năm”

Select TênNV

From PC, NV,DA

Where PC.MaNV = NV.MaNV and PC.MaDA=DA.MaDA
and TênDA=’CAD/CAM’ and CV_u =’TP’ and tgian >36

Các vị từ đơn giản:

p1: PC.MaNV = NV.MaNV

p2: PC.MaDA=DA.MaDA

p3: TênDA=’CAD/CAM’

p4: CV_u =’TP’

p5: tgian >36

Thí dụ 3.5:

Select TênNV

From PC, NV,DA

Where PC.MaNV = NV.MaNV

and TênDA='CAD/CAM' and CVụ ='TP' and tgian >36

=> Đồ thị không liên thông

Nhận xét: Câu vấn tin sai ngữ nghĩa nếu đồ thị vấn tin của nó không liên thông: 1 hoặc nhiều đồ thị con bị tách rời với đồ thị kết quả.

Loại bỏ dư thừa

Một câu vấn tin của người sử dụng thường được diễn tả trên một khung nhìn có thể được bổ sung thêm nhiều vị từ để có được sự tương ứng khung nhìn - quan hệ, bảo đảm được tính toàn vẹn ngữ nghĩa và bảo mật. Thế nhưng lượng từ hoá vấn tin đã được sửa đổi này có thể chứa các vị từ dư thừa, có thể phải khiến lặp lại một số công việc. Một cách làm đơn giản vấn tin là loại bỏ các vị từ thừa

- Loại bỏ vị từ dư thừa bằng qui tắc lũy đẳng: 10

1. p p p

6. p v True True

$$2. p \vee p \quad p$$

$$3. p \quad \text{True} \quad p$$

$$4. p \vee \text{False} \quad p$$

$$5. p \quad \text{False} \quad \text{False}$$

$$7. p \quad p \quad \text{False}$$

$$8. p \vee p \quad \text{True}$$

$$9. p1 \quad (p1 \vee p2) \quad p1$$

$$10. p1 \vee (p1 \quad p2) \quad p1$$

Thí dụ 3.6 :

Select CV_U

From NV

Where (Not (CV_U = 'TP') and (CV_U='TP' or CV_U='PP') and not (CV_U='PP')) or TênNV='Mai'

p1: CV_U = 'TP'

Lượng từ hoá:

p2: CV_U='PP'

(p1 (p1 v p2) p2) v p3

p3: TênNV='Mai'

áp dụng : (p1 ((p1 p2) v (p2 p2))) v p3

áp dụng 3: (p1 p1 p2) v (p1 p2 p2) v p3

áp dụng 7: (False p2) v (p1 False) v p3

áp dụng 5: False v False v p3 = p3

Viết lại: Select CV_U

From NV

where TênNV='Mai'

Viết lại câu vấn tin

Bước này được chia thành hai bước nhỏ:

- (1) Biến đổi câu vấn tin từ phép tính quan hệ thành đại số quan hệ
- (2) Cấu trúc lại câu vấn tin đại số nhằm cải thiện hiệu năng.

Để cho dễ hiểu, chúng ta sẽ trình bày câu vấn tin đại số quan hệ một cách hình ảnh bằng cây toán tử. Một cây toán tử là một cây với mỗi nút lá biểu thị cho một quan hệ được lưu trong CSDL và các nút không phải là nút lá biểu thị cho một quan hệ trung gian được sinh ra bởi các phép toán quan hệ. Chuỗi các phép toán đi theo hướng từ lá đến gốc biểu thị cho kết quả vấn tin.

Biến đổi câu vấn tin phép tính quan hệ bộ thành một cây toán tử có thể thu được dễ dàng bằng cách sau. Trong SQL, các nút lá có sẵn trong mệnh đề FROM. Thứ hai nút gốc được tạo ra như một phép chiếu chứa các thuộc tính kết quả. Các thuộc tính này nằm trong mệnh đề SELECT của câu vấn tin SQL. Thứ ba, lượng từ hoá (mệnh đề Where của SQL) được dịch thành chuỗi các phép toán quan hệ thích hợp (phép chọn, nối, hợp, ..) đi từ các nút lá đến nút gốc. Chuỗi này có thể được cho trực tiếp qua thứ tự xuất hiện của các vị từ và toán tử.

Thí dụ 3.7:

Câu vấn tin: “tìm tên các nhân viên trừ J.Doe đã làm cho dự án CAD/CAM trong một hoặc hai năm”.

Biểu thức SQL là:

```
SELECT    TênNV
FROM      DA, PC, NV
WHERE     PC.MNV=NВ.MNV
AND       PC.MDA=DA.MDA
AND       TênNV    “J.Doe”
AND       DA.TênDA=”CAD/CAM”
AND       (Thời gian=12 OR Thời gian=24)
```

Các thể được ánh xạ thành cây trong hình dưới.

Bằng cách áp dụng các quy tắc biến đổi, nhiều cây có thể được thấy rằng tương đương với cây được tạo ra bằng phương pháp được mô tả ở trên. Sáu quy tắc tương đương hữu ích nhất và được xem là các phép toán đại số quan hệ cơ bản :

R, S, T là những quan hệ, trong đó R được định nghĩa trên các thuộc tính $A=\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ và quan hệ S được định nghĩa trên các thuộc tính $B=\{B_1, B_2, \dots, B_n\}$.

1. Tính giao hoán của phép toán hai ngôi

$$\begin{array}{ccc} R \times S & S \times R \\ \times & \times \\ R & S \end{array}$$

Quy tắc này cũng áp dụng được cho hợp nhưng không áp dụng cho hiệu tập hợp hay nối nữa.

2. Tính kết hợp của các phép toán hai ngôi

$$\begin{array}{ccc} (R \times S) \times T & R \times (S \times T) \\ (R \quad S) \quad T & R \quad (S \quad T) \end{array}$$

3- Tính lũy đẳng của các phép toán đơn ngôi

Nếu R được định nghĩa trên tập thuộc tính A và $A' \subseteq A, A'' \subseteq A$ và $A' \subseteq A''$ thì

$$p_{A'}(A') \subseteq p_{A''}(A'') \subseteq p_A(A)$$

trong đó p_i là một vị từ được áp dụng cho thuộc tính A_i

4. Giao hoán phép chọn với phép chiếu

$$A_1 \dots A_n \left(p_{A_p}(R) \right) = A_1 \dots A_n \left(p_{A_p} \left(A_1 \dots A_n, A_p(R) \right) \right)$$

Chú ý rằng nếu A_p là phần tử của $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ thì phép chiếu cuối cùng trên $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ ở vế phải của hệ thức không có tác dụng.

5. Giao hoán phép chọn với phép toán hai ngôi

$$\begin{array}{ccc} p_{A_i}(R \times S) & = & (p_{A_i}(R)) \times S \\ p_{A_i}(R \quad p_{A_j, B_k} S) & = & (p_{A_i}(R)) \quad p_{A_j, B_k} S \\ p_{A_i}(R \quad T) & = & p_{A_i}(R) \quad p_{A_i}(T) \end{array}$$

6-Giao hoán phép chiếu với phép toán hai ngôi

Nếu $C=A' \cup B'$, trong đó $A' \subseteq A, B' \subseteq B$, và A, B là các tập thuộc tính tương ứng của quan hệ R và S, chúng ta có

$$\begin{array}{ccc} c(R \times S) & = & A(R) \cup B(S) \\ c(R \quad p_{A_i, B_j} S) & = & A(R) \quad p_{A_i, B_j} B(S) \\ c(R \quad S) & = & A(R) \cup B(S) \end{array}$$

Các quy tắc trên có thể được sử dụng để cấu trúc lại cây một cách có hệ thống nhằm loại bỏ các cây “xấu”. Một thuật toán tái cấu trúc đơn giản sử dụng heuristic trong đó có áp dụng các phép toán đơn ngôi (chọn/ chiếu) càng sớm càng tốt nhằm giảm bớt kích thước của quan hệ trung gian.

Tái cấu trúc cây trong hình trên sinh ra cây trong hình sau. Kết quả được xem là đạt chất lượng theo nghĩa là nó tránh truy xuất nhiều lần đến cùng một quan hệ và các phép toán chọn lựa nhiều nhất được thực hiện trước tiên.

3.3. Cục bộ hóa dữ liệu phân bố

Tầng cục bộ hóa dữ liệu chịu trách nhiệm dịch câu vấn tin đại số trên quan hệ toàn cục sang câu vấn tin đại số trên các mảnh vật lý. Cục bộ hóa có sử dụng các thông tin được lưu trong một lược đồ phân mảnh.

Tầng này xác định xem những mảnh nào cần cho câu vấn tin và biến đổi câu vấn tin phân bố thành câu vấn tin trên các mảnh. Tạo ra câu vấn tin theo mảnh được thực hiện qua hai bước. Trước tiên vấn tin phân bố được ánh xạ thành vấn tin theo mảnh bằng cách thay đổi mỗi quan hệ phân bố bằng chương trình tái thiết của nó. Thứ hai vấn tin theo mảnh được đơn giản hoá và tái cấu trúc để tạo ra một câu vấn tin “có chất lượng”. Quá trình đơn giản hoá và tái cấu trúc có thể được thực hiện theo những quy tắc được sử dụng trong tầng phân rã. Giống như trong tầng đó, câu vấn tin theo mảnh cuối cùng nói chung chưa đạt đến tối ưu bởi vì thông tin liên quan đến các mảnh chưa được sử dụng.

- Cục bộ hoá dữ liệu sẽ xác định các mảnh nào cần cho câu vấn tin. Biến đổi câu vấn tin phân bố thành các câu vấn tin theo mảnh.
- Trong phần này đối với mỗi kiểu phân mảnh ta sẽ trình bày các kỹ thuật rút gọn để tạo các câu vấn tin tối ưu và đơn giản hơn.
- Ta sẽ sử dụng các qui tắc biến đổi và các khám phá, chẳng hạn đẩy các phép toán đơn ngôi xuống thấp như có thể.

Rút gọn phân mảnh ngang nguyên thuỷ

- Việc phân mảnh ngang phân bố 1 quan hệ dựa trên các vị từ chọn

Thí dụ 3.8:

NV (MaNV, TenNV, CV₁)

$$NV1 = \text{MaNV} \text{ 'E3' } (NV)$$

$$NV2 = \text{'E3' < MaNV} \text{ 'E6' } (NV) \quad NV = NV1 \quad NV2 \quad NV3$$

$$NV3 = \text{MaNV > 'E6' } (NV)$$

Cách làm:

+ Xác định sau khi tái cấu trúc lại cây con, xem cây nào tạo ra các quan hệ rỗng thì loại bỏ chúng đi.

+ Phân mảnh ngang có thể được dùng để đơn giản hoá phép chọn và phép nối

Rút gọn với phép chọn: Chọn trên các mảnh có lượng từ mâu thuẫn với lượng từ hoá của qui tắc phân mảnh sẽ sinh ra quan hệ rỗng ta loại bỏ chúng.

$$r_j = \text{nếu } t \text{ thuộc } r : (t(p_i) \quad t(p_j))$$

Trong đó p_i, p_j là các vị từ chọn, t biểu thị cho 1 bộ, $t(p)$ biểu thị “vị từ p đúng với t ”.

Ví dụ: $NV1 = \text{MaNV} \cdot 'E3'(NV)$

$$NV2 = 'E3' < \text{MaNV} \cdot 'E6'(NV)$$

$$NV3 = \text{MaNV} > 'E6'(NV)$$

Select MaNV

From NV

Where MaNV='E5'

Rút gọn với phép nối

- Nối trên các quan hệ phân mảnh ngang có thể được đơn giản khi các quan hệ nối được phân mảnh theo thuộc tính nối.

- Đơn giản hoá gồm có phân phối các nối trên các hợp rồi bỏ đi các nối vô dụng.

$$(r1 \quad r2) \mid > < \mid s = (r1 \mid > < \mid s) \quad (r2 \mid > < \mid s)$$

đó r_i là các mảnh còn r, s là các quan hệ

Bằng phép biến đổi này, các hợp có thể được di chuyển lên trên cây toán tử để tất cả các nối có thể có các mảnh đều được lộ ra. Các nối vô dụng được bỏ đi khi các lượng từ hoá của các mảnh có mâu thuẫn.

Thí dụ 3.9:

Cho 2 quan hệ được phân mảnh

$NV(\text{MaNV}, \text{TênNV}, \text{CVụ})$

$PC(\text{MaNV}, \text{MaDA}, \text{NVụ}, \text{Tg})$

$NV1 = \text{MaNV} \leq E3 \text{ (NV)}$

$NV2 = E3 < \text{MaNV} \leq E6 \text{ (NV)}$

$NV3 = \text{MaNV} > E6 \text{ (NV)}$

$PC1 = \text{MaNV} \leq E3 \text{ (PC)}$

$PC2 = \text{MaNV} > E3 \text{ (NV)}$

Câu hỏi:

```
Select *
From NV, PC
Where NV.MaNV = PC.MaNV
```

Rút gọn cho phân mảnh dọc

Phân mảnh dọc phân bố một quan hệ dựa trên các thuộc tính chiếu. Chương trình cục bộ hoá cho một quan hệ phân mảnh dọc gồm có nối của các mảnh theo thuộc tính chung.

Thí dụ 3.10:

$NV(\text{MaNV}, \text{TênNV}, \text{CVụ})$

$NV1 = \text{MaNV}, \text{TênNV}(\text{NV})$

$NV2 = \text{MaNV}, \text{CVụ}(\text{NV})$

Chương trình cục bộ hoá: $NV = NV1 \bowtie NV2$

Cách làm: Vấn đề trên phân mảnh dọc có thể được rút gọn bằng cách xác định các quan hệ trung gian vô dụng và loại bỏ các cây con đã sinh ra chúng

$A = \{A_1, A_2, \dots\}$ và được phân mảnh dọc thành $r_i(A')$ trong đó $A' = A$

$r_i(D, A')$ là vô dụng nếu tập thuộc tính chiếu D không thuộc A'

Thí dụ 3.11:

NV(MaNV, TênNV, CVụ)

NV1 = $\pi_{\text{MaNV, TênNV}}(\text{NV})$

NV2 = $\pi_{\text{MaNV, CVụ}}(\text{NV})$

Select TênNV

From NV

Rút gọn cho phân mảnh ngang dẫn xuất

- Phân mảnh ngang dẫn xuất là một cách để phân phối hai quan hệ mà nhờ đó có thể cải thiện khả năng xử lý các điểm giao nhau giữa phép chọn và phép nối.

- Nếu quan hệ r phải phân mảnh dẫn xuất theo quan hệ s, các mảnh của r và s giống nhau ở thuộc tính nối sẽ nằm cùng vị trí. Ngoài ra s có thể được phân mảnh theo vị từ chọn.

- Phân mảnh dẫn xuất chỉ được sử dụng cho mối liên hệ 1 – N (phân cấp) từ s đến r: trong đó 1 bộ của s có thể khớp với nhiều bộ của r

Thí dụ 3.12:

NV(MaNV, TênNV, CVụ)

NV1 = $\pi_{\text{CVụ}=\text{'TP'}}(\text{NV})$

NV2 = $\pi_{\text{CVụ} \neq \text{'TP'}}(\text{NV})$

PC(MaNV, MaDA, NVụ, Tg)

PC1 = PC \bowtie NV1

$$PC2 = PC \mid > < NV2$$

“Đưa ra tất cả các thuộc tính của NV, PC với NV_{ij} = ”PP”

Select *

From NV, PC

Where NV.MaNV = PC.MaNV and NV.CV_{ij} = ”PP”

Câu vấn tin trên các mảnh NV1, NV2, PC1, PC2 đã được định nghĩa. Đây phép chọn xuống các mảnh NV1. NV2 câu vấn tin rút gọn lại do mâu thuẫn với vị từ chọn của NV1 => loại bỏ NV1

Rút gọn cho phân mảnh ngang hỗn hợp

Mục tiêu: Hỗ trợ hiệu quả các câu vấn tin có chứa phép chiếu, chọn và nối

Câu vấn tin trên các mảnh hỗn hợp có thể được rút gọn bằng cách tổ hợp các qui tắc tương ứng đã được dùng trong các phân mảnh ngang nguyên thủy, phân mảnh dọc, phân mảnh ngang dẫn xuất.

Qui tắc:

- 1/ Loại bỏ các quan hệ rỗng được tạo ra bởi các phép toán chọn mâu thuẫn trên các mảnh ngang.
- 2/ Loại bỏ các quan hệ vô dụng được tạo ra bởi các phép chiếu trên các mảnh dọc
- 3/ Phân phối các nối cho các hợp nằm cô lập và loại bỏ các nối vô dụng.

Thí dụ 3.13:

$$\begin{array}{l}
 \text{MaNV, TênNV, CV}_{ij} \quad NV1 = \text{MaNV} \ E4 \ (\ \text{MaNV, TênNV} \ (NV) \) \\
 \text{MaNV, TênNV, CV}_{ij} \quad NV2 = \text{MaNV} \ > E4 \ (\ \text{MaNV, TênNV} \ (NV) \) \\
 \text{MaNV, CV}_{ij} \quad NV3 = \text{MaNV, CV}_{ij} \ (NV)
 \end{array}$$

Chương trình cục bộ hoá NV = (NV1 NV2) |><| NV3

Câu vấn tin: Tên của nhân viên có mã E5

3.4. Tối ưu hoá vấn tin phân bố

Trong phần này chúng ta sẽ giới thiệu về quá trình tối ưu hóa nói chung, bất kể môi trường là phân bố hay tập chung. Vấn tin cần tối ưu giả thiết là được diễn tả bằng đại số quan hệ trên các quan hệ CSDL (có thể là các mảnh) sau khi đã viết lại vấn tin từ biểu thức phép tình quan hệ.

Tối ưu hóa vấn tin muốn nói đến quá trình sinh ra một *hoạch định thực thi vấn tin* (query execution plan, QEP) biểu thị cho chiến lược thực thi vấn tin. Hoạch định được chọn phải hạ thấp tối đa hàm chi phí. Thế tối ưu hóa vấn tin, là một đơn thể phần mềm chịu trách nhiệm thực hiện tối ưu hóa, thường được xem là cấu tạo bởi ba thành phần: một *không gian tìm kiếm* (search space), một *mô hình chi phí* (cost model) và một *chiến lược tìm kiếm* (search strategy) (xem hình 1.4.4). Không gian tìm kiếm là tập các hoạch định thực thi biểu diễn cho câu vấn tin. Những hoạch định này là tương đương, theo nghĩa là chúng sinh ra cùng một kết quả nhưng khác nhau ở thứ tự thực hiện các thao tác và cách thức cài đặt những thao tác này, vì thế khác nhau về hiệu năng. Không gian tìm kiếm thu được bằng cách áp dụng các quy tắc biến đổi, chẳng hạn những qui tắc cho đại số quan hệ đã mô tả trong phần viết lại câu vấn tin. Mô hình chi phí tiên đoán chi phí của một hoạch định thực thi đã cho. Để cho chính xác, mô hình chi phí phải có đủ thông tin cần thiết về môi trường thực thi phân bố. Chiến lược tìm kiếm sẽ khám phá không gian tìm kiếm và chọn ra hoạch định tốt nhất dựa theo mô hình chi phí. Nó định nghĩa xem các hoạch định nào cần được kiểm tra và theo thứ

tự nào. Chi tiết về môi trường (tập trung hay phân bố) được ghi nhận trong không gian và mô hình chi phí.

3.4.1. Không gian tìm kiếm

Các hoạch định thực thi vấn tin thường được trừu tượng hóa qua cây toán tử), trên đó định nghĩa thứ tự thực hiện các phép toán. Chúng ta bổ sung thêm các thông tin như thuật toán tốt nhất được chọn cho mỗi phép toán. Đối với một câu vấn tin đã cho, không gian tìm kiếm có thể được định nghĩa như một tập các cây toán tử tương đương, có được bằng cách áp dụng các qui tắc biến đổi. Để nêu bật các đặc trưng của thể tối ưu hóa vấn tin, chúng ta thường tập trung các *cây nối* (join tree), là cây toán tử với các phép toán nối hoặc tích Descartes. Lý do là các hoán vị thứ tự nối các tác dụng quan trọng nhất đến hiệu năng của các vấn tin quan hệ.

CÂU VẤN TIN

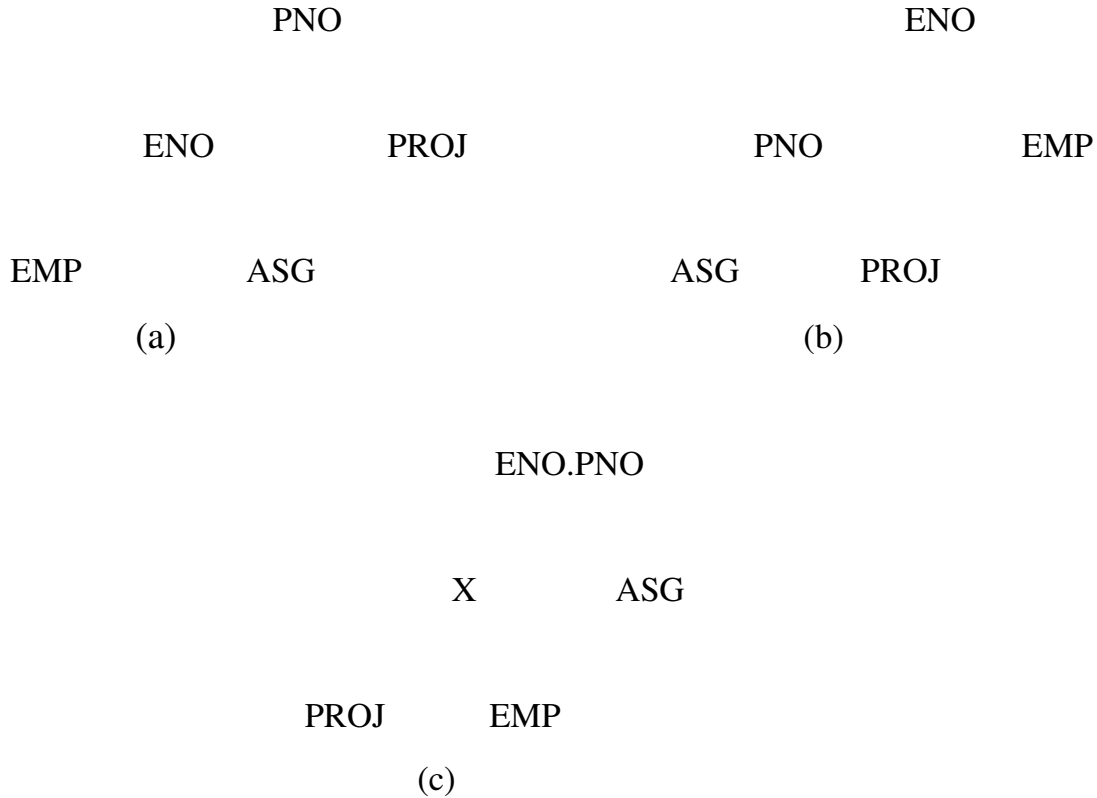
TẠO RA KHÔNG GIAN TÌM KIẾM

Thí dụ 3.14:

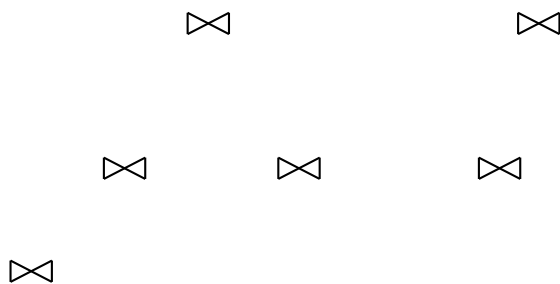
Xét câu vấn tin sau:

```
SELECT      ENAME
FROM        EMP, ASG, PROJ
WHERE       EMP, ENO=ASG.ENO
AND        ASG, PNO=PROJ . PNO
```

Hình sau minh họa ba cây nối tương đương cho vấn tin đó, thu được bằng cách sử dụng tính chất kết hợp của các toán tử hai ngôi. Mỗi cây này có thể được gán một chi phí dựa trên chi phí của mỗi toán tử. Cây nối (c) bắt đầu với một tích Des-cartes có thể có chi phí cao hơn rất nhiều so với cây còn lại.



Với một câu vấn tin phức tạp (có gồm nhiều quan hệ và nhiều toán tử), số caaytoans tử tương đương có thể rất nhiều. Thí dụ số cây nối có thể thu được từ việc áp dụng tính giao hoán và kết hợp là $O(N!)$ cho N quan hệ. Việc đánh giá một không gian tìm kiếm lớn có thể mất quá nhiều thời gian tối ưu hóa, đôi khi còn tốn hơn cả thời gian thực thi thực sự. Vì thế, thể tối ưu hóa thường hạn chế kích thước cần xem xét của không gian tìm kiếm. Hạn chế thứ nhất là dùng các heuristic. Một heuristic thông dụng nhất là thực hiện phép chọn và chiếu khi truy xuất đến quan hệ cơ sở. Một heuristic thông dụng khác là tránh lấy các tích Descartes không được chính câu vấn tin yêu cầu. Thí dụ trong hình trên cây toán tử (c) không phải là phần được thể tối ưu hóa xem xét trong không gian tìm kiếm.



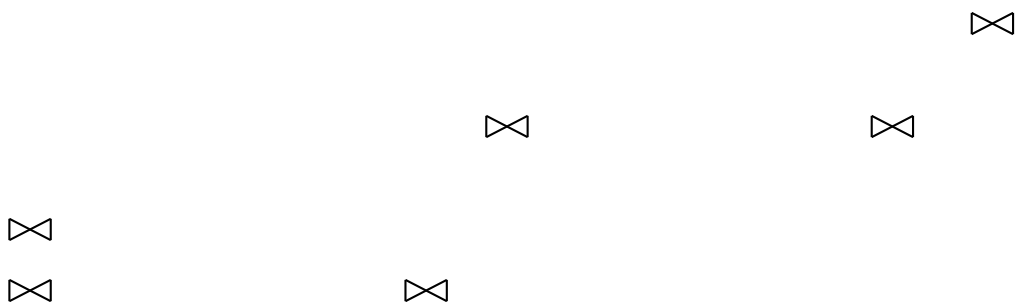
a) Cây nối tuyến tính

b) Cây nối xum xuê

Một hạn chế quan trọng khác ứng với hình dạng của cây nối. Hai loại cây nối thường được phân biệt Cây nối tuyến tính và cây nối xum xuê (xem Hình 9.3). Một cây tuyến tính (linear tree) là cây với mỗi nút toán tử có ít nhất một toán hạng là một quan hệ cơ sở. Một cây xum xuê (bushy tree) thì tổng quát hơn và có thể có các toán tử không có quan hệ cơ sở làm toán hạng (nghĩa là cả hai toán hạng đều là các quan hệ trung gian). Nếu chỉ xét các cây tuyến tính, kích thước của không gian tìm kiếm được rút gọn lại thành $O(2^N)$. Tuy nhiên trong môi trường phân bố, cây xum xuê rất có lợi cho việc thực hiện song song.

3.4.2. Chiến lược tìm kiếm

Chiến lược tìm kiếm hay được các thể tối ưu hóa vấn tin sử dụng nhất là *quy hoạch động* (dynamic programming) có tính chất *đơn định* (deterministic). Các chiến lược đơn định tiến hành bằng cách xây dựng các hoạch định, bắt đầu từ các quan hệ cơ sở, nối thêm nhiều quan hệ tại mỗi bước cho đến khi thu được tất cả mọi hoạch định khả hữu như trong Hình 9.4.. Quy hoạch động xây dựng tất cả mọi hoạch định khả hữu *theo hướng ngang* (breadth-first) trước khi nó chọn ra hoạch định “tốt nhất”. Để hạ thấp chi phí tối ưu hóa, các hoạch định từng phần rất có khả năng không dẫn đến một hoạch định tối ưu đều được xén bỏ ngay khi có thể. Ngược lại, một chiến lược đơn định khác là thuật toán thiển cận chỉ xây dựng một hoạch định *theo hướng sâu* (depth-first).



Quy hoạch động hầu như có bản chất vét cạn và bảo đảm tìm ra được các hoạch định. Nó phải trả một chi phí có thể chấp nhận được (theo thời gian và không gian) khi số quan hệ trong câu vấn tin khá nhỏ. Tuy nhiên lối tiếp cận này có chi phí quá cao khi số quan hệ lớn hơn 5 hoặc 6. Vì lý do này mà các chú ý gần đây đang tập trung vào các *chiến lược ngẫu nhiên hóa* (randomized strategy) để làm giảm độ phức tạp của tối ưu hóa nhưng không bảo đảm tìm được hoạch định tốt nhất. Không giống như các chiến lược đơn định, các chiến lược ngẫu nhiên hóa cho phép thể tối ưu hóa đánh đổi thời gian tối ưu hóa và thời gian thực thi.

Chiến lược ngẫu nhiên hóa chẳng hạn như tập trung vào việc tìm kiếm lời giải tối ưu xung quanh một số điểm đặc biệt nào đó. Chúng không đảm bảo sẽ thu được một lời giải tốt nhất nhưng tránh được chi phí quá cao của tối ưu hóa tính theo việc tiêu dùng bộ nhớ và thời gian. Trước tiên một hoặc nhiều hoạch định khởi đầu được xây dựng bằng một chiến lược thiên cận. Sau đó thuật toán tìm cách cải thiện hoạch định này bằng cách thăm các *lân cận* (neighbor) của nó. Một lân cận thu được bằng cách áp dụng một *biến đổi ngẫu nhiên* cho một hoạch định. Thí dụ về một biến đổi điển hình gồm có hoán đổi hai quan hệ toán hạng được chọn ngẫu nhiên của hoạch định như trong đã chứng tỏ bằng thực nghiệm rằng các chiến lược ngẫu nhiên hóa có hiệu năng tốt hơn các chiến lược đơn định khi vấn tin có chứa khá nhiều quan hệ.



3.4.3. Mô hình chi phí phân bố

Mô hình chi phí của thể tối ưu hóa gồm có các hàm chi phí để dự đoán chi phí của các toán tử, số liệu thống kê, dữ liệu cơ sở và các công thức để ước lượng kích thước các kết quả trung gian.

Hàm chi phí

Chi phí của một chiến lược thực thi phân bố có thể được diễn tả ứng với tổng thời gian hoặc với thời gian đáp ứng. *Tổng thời gian* (total time) là tổng tất cả các thành phần thời gian (còn được gọi là chi phí), còn *thời gian đáp ứng* (response time) là thời gian tính từ khi khởi hoạt đến lúc hoàn thành câu vấn tin. Công thức tổng quát để xác định tổng chi phí được mô tả như sau:

$$Total_time = T_{CPU} * \#insts + T_{I/O} * \#I/Os + T_{MSG} * \#msgs + T_{TR} * \#bytes$$

Hai thành phần đầu tiên là thời gian xử lý cục bộ, trong đó T_{CPU} là thời gian của một chỉ thị CPU và $T_{I/O}$ là thời gian cho một thao tác xuất nhập đĩa. Thời gian truyền được biểu thị qua hai thành phần cuối cùng. T_{MSG} là thời gian cố định cần để khởi hoạt và nhận một thông báo, còn T_{TR} là thời gian cần để truyền một đơn vị dữ liệu từ vị trí này đến vị trí khác. Đơn vị dữ liệu ở đây tính theo byte ($\#byte$ là tổng kích thước của tất cả các thông báo), nhưng cũng có thể tính theo những đơn vị khác (thí dụ theo gói). Thông thường chúng ta giả thiết T_{TR} là một giá trị không đổi. Điều này có thể không đúng trong các mạng WAN, trong đó một số vị trí nằm xa hơn so với một số khác. Tuy nhiên giả thiết này làm đơn giản quá trình tối ưu hóa rất nhiều. Vì thế thời gian truyền $\#byte$ dữ liệu từ vị trí này đến vị trí khác được giả thuyết là một hàm tuyến tính theo $\#bytes$:

$$CT(\#bytes) = T_{MSG} + T_{TR} * \#bytes$$

Các chi phí nói chung được diễn tả theo đơn vị thời gian, và từ đó có thể chuyển thành các đơn vị khác (thí dụ như đô la).

Giá trị tương đối của các hệ số chi phí đặc trưng cho môi trường CSDL phân bố. Topo mạng có ảnh hưởng rất lớn đến tỷ số giữa các thành phần này. Trong mạng WAN như Internet, thời gian truyền thường là hệ số chiếm đa phần. Tuy nhiên trong các mạng LAN thì các hệ số thành phần cân bằng hơn. Những nghiên cứu ban đầu đã chỉ ra rằng tỷ số giữa thời gian truyền và thời gian xuất nhập một trang vào khoảng 20:1 đối với mạng WAN, đối với các mạng Ethernet điển hình (10Mbds) thì vào khoảng 1:1,6. Vì thế phần lớn các hệ DBMS phân bố được thiết kế trên các mạng WAN đều bỏ qua chi phí xử lý cục bộ và tập trung vào vấn đề cực tiểu hóa chi phí truyền. Ngược lại các DBMS phân bố được thiết kế cho mạng LAN đều xét đến cả ba thành phần chi phí này. Các mạng nhanh hơn cả mạng WAN lẫn mạng LAN đã cải thiện các tỷ lệ nêu trên thiên về chi phí truyền khi tất cả mọi thứ khác đều như nhau. Tuy nhiên thời gian truyền vẫn là một yếu tố chiến đa phần trong các mạng WAN như Internet bởi vì dữ liệu cần phải được di chuyển đi đến các vị trí xa hơn.

Khi thời gian đáp ứng vấn tin là hàm mục tiêu của thể tối ưu hóa, chúng ta cần phải xét đến vấn đề xử lý cục bộ song song và truyền song song. Công thức tổng quát của thời gian đáp ứng là:

$$Response_time = T_{CPU} * seq_ \#insts + T_{I/O} * seq_ \#I/Os \\ + T_{MSG} * seq_ \#msgs + T_{TR} * seq_ \#bytes$$

Trong đó $seq_ \#x$, với x có thể là các chỉ thị ($insts$), các xuất nhập I/O, các thông báo ($msgs$) hoặc $bytes$, là số lượng x tối đa phải được thực hiện một cách tuần tự khi thực hiện vấn tin. Vì vậy mọi xử lý và truyền dữ liệu thực hiện song song đều được bỏ qua.

Thí dụ 3.15:

Chúng ta minh họa sự khác biệt giữa tổng chi phí và thời gian đáp ứng qua thí dụ trong Hình 6, trong đó kết quả trả lời được tính tại vị trí 3, dữ liệu được lấy từ vị trí 1 và 2. Để đơn giản, chúng ta phải giả sử rằng chỉ xét đến chi phí truyền.

Giả sử rằng T_{MSG} và T_{TR} được diễn tả theo đơn vị thời gian. Tổng chi phí truyền x đơn vị dữ liệu từ vị trí 1 đến vị trí 3 và y đơn vị dữ liệu từ vị trí 2 đến vị trí 3 là

$$Total_time = 2 T_{MSG} + T_{TR} * (x + y)$$

Thời gian đáp ứng cho câu vấn tin này có thể tính xấp xỉ là:

$$Response_time = \max \{T_{MSG} + T_{TR} * x; T_{MSG} + T_{TR} * y\}$$

bởi vì các thao tác truyền dữ liệu được thực hiện song song.

Hạ thấp tối đa thời gian đáp ứng được thực hiện bằng cách làm tăng mức độ thực thi song song. Tuy nhiên điều này không có nghĩa là tổng thời gian cũng được hạ thấp. Ngược lại nó có thể làm tăng tổng thời gian, thí dụ như do tăng xử lý song song cục bộ và truyền song song. Hạ thấp tổng thời gian cho thấy là đã cải thiện được việc sử dụng tài nguyên, vì thế làm tăng lưu lượng của hệ thống. Trong thực hành cần cân đối cả hai thời gian này.

Số liệu thống kê CSDL

Tác nhân chính ảnh hưởng đến hiệu quả hoạt động của một chiến lược thực thi là kích thước các quan hệ trung gian đã được tạo ra. Khi một phép toán tiếp theo nằm tại một vị trí khác, quan hệ trung gian phải được di chuyển đến đó. Đó chính là điều khiến chúng ta phải ước lượng kích thước của các kết quả trung gian của các phép toán đại số quan hệ nhằm giảm thiểu lượng dữ liệu phải truyền. Việc ước lượng này dựa trên các thông tin thống kê về các quan hệ cơ sở và các công thức để dự đoán lực lượng của các kết quả. Dĩ nhiên là có những được mất giữa tính chính xác của các số liệu thống kê và chi phí quản lý chúng: số liệu càng chính xác, chi phí càng cao. Đối với một quan hệ R được định nghĩa trên tập thuộc tính $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ và được phân mảnh là R_1, R_2, \dots, R_n dữ liệu thống kê điển hình như sau:

1. Đối với mỗi thuộc tính A_i chiều dài (theo số byte) được ký hiệu là $length(A_i)$, và đối với mỗi thuộc tính A_i của mỗi mảnh R_j , số lượng phân biệt các giá trị của A_i , là lực lượng khi chiếu mảnh R_j trên A_i , được ký hiệu là $card(\pi_{A_i}(R_j))$.

2. Ứng với miền của mỗi thuộc tính A_i trên một tập giá trị sắp thứ tự được (thí dụ số nguyên hoặc số thực), giá trị lớn nhất và nhỏ nhất được ký hiệu là $\max(A_i)$ và $\min(A_i)$.

3. Ứng với miền của mỗi thuộc tính A_i lực lượng của miền được ký hiệu là $\text{card}(\text{dom}[A_i])$. Giá trị này cho biết số lượng các giá trị duy nhất trong $\text{dom}[A_i]$.

4. Số lượng các bộ trong mỗi mảnh R_j được ký hiệu là $\text{card}(R_j)$

Đôi khi dữ liệu thống kê cũng bao gồm *hệ số chọn nối* (join selectivity factor) đối với một số cặp quan hệ, nghĩa là tỷ lệ các bộ có tham gia vào nối. Hệ số được chọn nối được ký hiệu là SF_j của quan hệ R và S là một giá trị thực giữa 0 và 1.:

$$SF_j = \frac{\text{card}(R \bowtie S)}{\text{card}(R) * \text{card}(S)}$$

Chẳng hạn hệ số chọn nối 0.5 tương ứng với một quan hệ nối cực lớn, trong khi đó hệ số 0.001 tương ứng với một quan hệ khá nhỏ. Chúng ta nói rằng nối có *độ chọn kém* trong trường hợp đầu và *độ chọn tốt* trong trường hợp sau:

Dữ liệu thống kê này rất có ích cho việc dự đoán kích thước quan hệ trung gian.

$$\text{Size}(R) = \text{card}(R) * \text{length}(R)$$

Trong đó $\text{length}(R)$ là chiều dài (theo byte) của một bộ của R , được tính từ các chiều dài của các thuộc tính của R . Việc ước lượng $\text{card}(R)$, số lượng các bộ trong R , đòi hỏi phải sử dụng các công thức được cho trong phần tiếp theo.

Lực lượng của các kết quả trung gian

Dữ liệu thống kê rất có ích khi đánh giá lực lượng của các kết quả trung gian. Hai giả thiết đơn giản thường được đưa ra về CSDL. Phân phối của các giá trị thuộc tính trong một quan hệ được giả định là thống nhất, và tất cả mọi thuộc tính đều được độc lập, theo nghĩa là giá trị của một thuộc tính không ảnh hưởng đến giá trị của các thuộc tính khác. Hai giả thiết này thường không đúng trong thực tế, tuy nhiên chúng làm cho bài toán dễ giải quyết hơn. Trong những đoạn sau, chúng ta trình bày các công thức ước lượng, lực lượng các kết quả của các phép toán đại số cơ bản (phép chọn, phép chiếu, tích Descartes, nối, nối nửa, hợp, và hiệu). Quan hệ toán hạng được ký hiệu là R và S . Hệ số chọn của một phép toán đó được biểu thị là SF_{OP} , với OP biểu thị cho phép toán.

Phép chọn. Lực lượng của phép chọn là:

$$\text{Card}(\sigma_F(R)) = SF_S(F) * \text{card}(R)$$

Trong đó $SF_S(F)$ phụ thuộc vào công thức chọn và có thể được tính như sau, với $p(A_i)$ và $p(A_j)$ biểu thị cho vị trí từ thuộc tính A_i và A_j .

$$SF_S(A = value) = \frac{card(\pi_A(R))}{max(A) - value}$$

$$SF_S(A > value) = \frac{max(A) - min(A)}{value - min(A)}$$

$$SF_S(A < value) = \frac{max(A) - min(A)}{value - min(A)}$$

$$SF_S(p(A_i) \wedge p(A_j)) = SF_S(p(A_i)) * SF_S(p(A_j))$$

$$SF_S(p(A_i) \vee p(A_j)) = SF_S(p(A_i)) * SF_S(p(A_j)) - (SF_S(p(A_i)) * SF_S(p(A_j)))$$

$$SF_S(A_i \in \{value\}) = SF_S(A = value) * card(\{values\})$$

Phép chiếu. Chiếu có thể loại bỏ hoặc không loại bỏ các bộ giống nhau. Ở đây chúng ta xem như chiếu có kèm theo cả việc loại bỏ này. Một phép chiếu bất kỳ rất khó ước lượng chính xác bởi vì mối tương quan giữa các thuộc tính được chiếu thường không được biết. Tuy nhiên có hai trường hợp đặc biệt có ích nhưng việc ước lượng hoàn toàn tầm thường. Nếu chiếu của quan hệ R dựa trên thuộc tính A duy nhất, lực lượng chỉ là số bộ thu được khi thực hiện phép chiếu. Nếu một trong các thuộc tính chiếu là khóa của R thì

$$card(\pi_A(R)) = card(R)$$

Tích Descartes. Lực lượng của tích Descartes của quan hệ R và S là

$$card(R \times S) = card(R) * card(S)$$

Nối. Không có một phương pháp tổng quát nào để tính lực lượng của nối mà không cần thêm thông tin bổ sung. Cận trên của lực lượng cho nối là lực lượng của tích Descartes. Một số hệ thống, chẳng hạn như hệ INGRES phân bố sử dụng cận trên này, một ước lượng hơi quá đáng. R^* sử dụng thương số của trên này với một hằng số, phản ánh sự kiện là kết quả nối luôn nhỏ hơn tích Descartes. Tuy nhiên có một trường hợp xảy ra khá thường xuyên nhưng việc ước lượng lại khá đơn giản. Nếu R được thực hiện nối bằng với S trên thuộc tính A của R và thuộc tính B của S , trong đó A là khóa của quan hệ R và B là khóa ngoại của quan hệ S thì lực lượng của kết quả đó có thể tính xấp xỉ là:

$$\text{Card}(R \bowtie_{A=B} S) = \text{card}(S)$$

Bởi vì mỗi bộ của S khớp với tối đa một bộ của R. Hiển nhiên là điều này cũng đúng nếu B là khóa của S và A là khóa ngoại của R. Tuy nhiên ước lượng này là cận trên bởi vì nó giả sử rằng mỗi bộ của S đều tham gia vào trong nối. Đối với những nối quan trọng khác, chúng ta cần duy trì hệ số chọn nối SF_J như thành phần của các thông tin thống kê. Trong trường hợp đó lực lượng của kết quả là:

$$\text{Card}(R \bowtie S) = \text{SF}_J * \text{card}(R) * \text{card}(S)$$

Nối nửa. Hệ số chọn của nối nửa giữa R và S cho bởi tỷ lệ phần trăm các bộ của R có nối với các bộ của S. Một xấp xỉ cho hệ số chọn nối nửa được đưa ra trọng là:

$$\text{SF}_{SJ}(R \bowtie S) = \frac{\text{Card}(\pi_A(S))}{\text{Card}(\text{dom}[A])}$$

Công thức này chỉ phụ thuộc vào thuộc tính A và S. Vì thế nó thường được gọi là hệ số chọn của thuộc tính A và S, ký hiệu là SF_{SJ}(S.A), và là hệ số chọn của S.A trên bất kỳ một thuộc tính nào có thể nối được với nó. Vì thế lực lượng của nối nửa được cho bởi:

$$\text{Card}(R \bowtie S) = \text{SF}_{SJ}(S.A) * \text{card}(R)$$

Xấp xỉ này có thể được xác nhận trên một trường hợp rất thường gặp, đó là khi R.A là khóa ngoại của S (S.A là khóa chính). Trong trường hợp này, hệ số chọn nối nửa là 1 bởi vì $\text{card}(\pi_A(S)) = \text{Card}(\text{dom}[A])$ cho thấy rằng lực lượng của nối nửa là $\text{card}(R)$.

Phép hợp. Rất khó ước lực lượng trong trường hợp của R và S bởi vì các bộ giống nhau bị loại bỏ trong hợp. Chúng ta chỉ trình bày công thức đơn giản cho các cận trên và dưới, tương ứng là:

$$\begin{aligned} \text{card}(R) + \text{card}(S) \\ \max\{\text{card}(R), \text{card}(S)\} \end{aligned}$$

Chú ý rằng những công thức này giả thiết R và S không chứa các bộ giống nhau.

Hiệu. Giống như phép hợp, chúng ta chỉ trình bày các cận trên và dưới. Cận trên của $\text{card}(R - S)$ là $\text{card}(R)$, còn cận dưới là 0.

3.4.4. Xếp thứ tự nối trong các vấn đề tin theo mảnh

Như chúng ta đã biết việc sắp xếp các nối là một nội dung quan trọng trong quá trình tối ưu hóa vấn đề tin tập trung. Xếp thứ tự nối trong ngữ cảnh phân bố dĩ nhiên là quan trọng hơn bởi vì nối các mảnh làm tăng thời gian truyền. Hiện có hai cách tiếp cận cơ bản để sắp thứ tự các nối trong các vấn đề tin mảnh. Một là tối ưu hóa trực tiếp

việc xếp thứ tự nối, còn cách kia thì thay các nối bằng các tổ hợp của nối nữa nhằm giảm thiểu chi phí truyền.

Xếp thứ tự nối.

Một số thuật toán tối ưu hóa việc sắp thứ tự nối một cách trực tiếp mà không dùng các nối nữa. Các thuật toán của hệ INGRES phân bố và System R* là đại diện cho nhóm này. Mục đích của phần này là trình bày các vấn đề phức tạp của việc sắp thứ tự nối và tạo tiền đề cho phần tiếp theo có sử dụng nối nữa để tối ưu hóa các câu vấn tin nối.

Chúng ta cần đưa ra một số giả thiết nhằm tập trung vào các vấn đề chính. Bởi vì câu vấn tin được cục bộ hóa và được diễn tả trên các mảnh, chúng ta không cần phải phân biệt giữa các mảnh của cùng một quan hệ và các mảnh được lưu tại một vị trí cụ thể. Nhằm tập trung vào việc sắp thứ tự nối, chúng ta bỏ qua thời gian xử lý cục bộ, với giả thiết là các thao tác rút gọn (chọn, chiếu) được thực hiện cục bộ hoặc trước khi, hoặc trong khi nối, (cần nhớ rằng thực hiện phép chọn trước không phải lúc nào cũng hiệu quả). Vì thế chúng ta chỉ xét các câu vấn tin nối mà các quan hệ toán hạng được lưu tại các vị trí khác nhau. Chúng ta giả sử rằng việc di chuyển quan hệ được thực hiện theo chế độ *mỗi lần một tập* chứ không phải *nối lần một bộ*. Cuối cùng chúng ta bỏ qua thời gian truyền dữ liệu để có được dữ liệu tại vị trí kết quả.

Trước tiên chúng ta tập trung vào một vấn đề đơn giản hơn là truyền toán hạng trong một nối. Câu vấn tin là $R \bowtie S$, trong đó R và S là các quan hệ được lưu tại những vị trí khác nhau. Chọn lựa quan hệ để truyền, hiển nhiên là gửi quan hệ nhỏ đến vị trí của quan hệ lớn, cho ra hai khả năng như được trình bày trong Hình 7. Để có thể đưa ra một chọn lựa, chúng ta cần ước lượng kích thước của R và S . Bây giờ chúng ta xét trường hợp có nhiều hơn hai quan hệ trong một nối. Giống như trường hợp một nối đơn, mục đích của thuật toán xếp thứ tự nối là truyền những quan hệ nhỏ. Khó khăn nảy sinh từ sự kiện là các nối có thể làm giảm hoặc tăng kích thước của các quan hệ trung gian. Vì thế ước lượng kích thước kết quả nối là điều bắt buộc nhưng cũng rất khó. Một giải pháp là ước lượng chi phí truyền của tất cả các chiến lược rồi chọn ra một chiến lược tốt nhất. Tuy nhiên số lượng của các chiến lược sẽ tăng nhanh theo số quan hệ. Lối tiếp cận này, được dùng trong System*R, có chi phí tối ưu hóa cao, mặc dù nó sẽ được “trả lại” rất nhanh nếu câu vấn tin được thực hiện thường xuyên.

nếu $\text{size}(R) < \text{size}(S)$

nếu $\text{size}(R) > \text{size}(S)$

Thí dụ 3.16:

Xét câu vấn tin được biểu diễn dưới dạng đại số quan hệ:

PROJ \bowtie PNO EMP ENO ASG

Với đồ thị nối được trình bày trong Hình 8. Chú ý rằng chúng ta đã đưa ra một số giả thiết về vị trí của ba quan hệ. Câu vấn tin này có thể được thực hiện ít nhất là bằng năm cách khác nhau. Chúng ta mô tả những chiến lược này bằng những chương trình sau, trong đó (R → vị trí j) biểu thị “quan hệ R được chuyển đến vị trí j”

Vị trí 2

ENO

PNO

Vị trí 1

Vị trí 3

1. EMP → vị trí 2. Vị trí 2 tính EMP' = EMP \bowtie ASG.EMP' → vị trí 3. Vị trí 3 tính EMP' \bowtie PROJ

2. ASG → vị trí 1. Vị trí 1 tính EMP' = EMP \bowtie ASG.EMP' → vị trí 3. Vị trí 3 tính EMP' \bowtie PROJ

3. ASG → vị trí 3. Vị trí 3 tính ASG' = ASG \bowtie PROJ.ASG' → vị trí 1. Vị trí 1 tính ASG' \bowtie EMP

4. PROJ → vị trí 2. Vị trí 2 tính PROJ' = PROJ \bowtie ASG. PROJ → vị trí 1. Vị trí 1 tính PROJ' \bowtie EMP

5. EMP → vị trí 2. PROJ → vị trí 2. Vị trí 2 tính EMP \bowtie PROJ \bowtie ASG

Để chọn ra một chương trình trong số này, chúng ta phải biết hoặc dự đoán được các kích thước: size (EMP), size (ASG), size (PROJ), size (EMP \bowtie ASG) và size (ASG \bowtie PROJ).

Hơn nữa nếu xem xét cả thời gian đáp ứng, việc tối ưu hóa phải tính đến vấn đề là truyền dữ liệu có thể được thực hiện song song trong chiến lược 5. Một phương án khác để liệt kê tất cả các giải pháp là dùng các heuristic chỉ xét đến kích thước các quan hệ toán hạng bằng cách giả thiết, chẳng hạn là lực lượng của nối được tạo ra là tích của các lực lượng. Trong trường hợp này, các quan hệ được xếp thứ tự theo kích thước và thứ tự thực hiện được cho bởi cách xếp thứ tự và đồ thị nối. Thí dụ thứ tự (EMP, ASG, PROJ) có thể sử dụng chiến lược 1, còn thứ tự (PROJ, ASG, EMP) có thể dùng chiến lược 4.

Các thuật toán dựa trên nối nửa

Trong phần này chúng ta trình bày xem phải sử dụng nối nửa như thế nào để hạ thấp tổng thời gian của các vấn tin nối. Ở đây chúng ta cũng dùng giả thiết giống như trong phần 1. Thiểu sót chính của phương pháp nối được mô tả trong phần trước đó là

toàn bộ quan hệ toán hạng phải được truyền qua lại giữa các vị trí. Đối với một quan hệ, nối nửa hành động như một tác nhân rút gọn kích thước giống như một phép chọn.

Nối của hai quan hệ R và S trên thuộc tính A, được lưu tương ứng tại vị trí 1 và 2, có thể được tính bằng cách thay một hoặc cả hai toán hạng bằng một nối nửa với quan hệ kia nhờ các quy tắc sau đây.

$$\begin{aligned} R \bowtie_A S &\Leftrightarrow (R \bowtie_A S) \bowtie_A S \\ &\Leftrightarrow R \bowtie_A (S \bowtie_A R) \\ &\Leftrightarrow (R \bowtie_A S) \bowtie_A (S \bowtie_A R) \end{aligned}$$

Chọn lựa giữa một trong ba chiến lược nối nửa đòi hỏi phải ước lượng các chi phí tương ứng của chúng. Sử dụng nối nửa sẽ có ích nếu chi phí tạo và gửi nó đến vị trí kia nhỏ hơn chi phí gửi toàn bộ quan hệ toán hạng và thực hiện nối thực hiện. Để minh họa ích lợi của nối nửa, chúng ta hãy so sánh các chi phí của hai chọn lựa. R \bowtie_A S với $(R \bowtie_A S) \bowtie_A S$, giả thiết rằng $size(R) < size(S)$

Chương trình sau đây, sử dụng ký pháp của phần 1, dùng nối nửa:

1. $\pi_A(S) \rightarrow$ vị trí 1
2. Vị trí 1 tính $R' = R \bowtie_A S$
3. $R' \rightarrow$ vị trí 2
4. Vị trí 2 tính $R' \bowtie_A S$

Để cho đơn giản, chúng ta hãy bỏ qua hằng T_{MSG} trong thời gian truyền với giả thiết là toán hạng $T_{TR} * size(R)$ lớn hơn nó rất nhiều. Sau đó chúng ta có thể so sánh hai chọn lựa này theo số lượng dữ liệu được truyền. Chi phí của thuật toán dựa trên nối là chi phí truyền quan hệ R đến vị trí 2. Chi phí của thuật toán dựa trên nối nửa là chi phí của bước 1 và 3 ở trên. Vì thế phương pháp nối nửa sẽ tốt hơn nếu:

$$Size(\pi_A(S)) + size(R \bowtie_A S) < size(R)$$

Phương pháp nối nửa tốt hơn nếu nối hành động như một tác nhân rút gọn đầy đủ, nghĩa là nếu chỉ một số ít các bộ của R tham gia vào trong nối. Phương pháp nối tốt hơn nếu hầu như tất cả các bộ của R đều tham gia vào nối bởi vì phương pháp nối nửa đòi hỏi thêm một lần truyền kết quả chiếu trên thuộc tính nối. Chi phí của bước thực hiện chiếu có thể hạ thấp tối đa bằng các mã hóa kết quả chiếu trong các mảng Bit, nhờ đó làm giảm đi chi phí truyền các giá trị thuộc tính được nối. Điều quan trọng cần biết rằng không có cách tiếp cận nào là tốt nhất; chúng cần được xem như là những hỗ trợ cho nhau.

Tổng quát hơn nối nửa có thể làm giảm đi kích thước của quan hệ toán hạng có trong các câu vấn tin đa nối. Tuy nhiên việc tối ưu hóa vấn tin sẽ trở lên phức tạp hơn trong trường hợp này. Hãy xét lại đồ thị nối của các quan hệ EMP, ASG, PROJ được cho trong Hình 9. Chúng ta có thể áp dụng thuật toán nối trước đây bằng cách dùng các nối nửa cho từng nối. Vì thế một thí dụ về một chương trình tính $EMP \bowtie_{ASG} \bowtie_{PROJ}$

PROJ là $EMP' \bowtie_{ASG'} EMP \bowtie_{PROJ}$, trong đó $EMP' = EMP \bowtie_{ASG}$ và $ASG' = ASG \bowtie_{PROJ}$

Tuy nhiên chúng ta có thể rút gọn thêm nữa kích thước của một quan hệ toán hạng bằng cách dùng nhiều nối nữa, Thí dụ EMP' trong chương trình ở trên có thể được thay bằng EMP'' và được tính bằng:

$$EMP'' = EMP \bowtie (ASG \bowtie PROJ)$$

Bởi vì nếu $size(ASG \bowtie PROJ) \leq size(ASG)$ chúng ta có $size(EMP'') \leq size(EMP')$. Do đó theo cách này, EMP được rút bởi một chuỗi nối nữa: $EMP \bowtie (ASG \bowtie PROJ)$.

Một dãy nối nữa như thế được gọi là một chương trình nối nữa cho EMP. Tương tự chúng ta có thể có các chương trình nối nữa cho một quan hệ bất kỳ. Thí dụ PROJ có thể được rút gọn bằng một chương trình nối nữa $PROJ \bowtie (ASG \bowtie EMP)$ Tuy nhiên không phải tất cả các quan hệ có trong một câu vấn tin đều cần phải rút gọn; đặc biệt chúng ta có thể bỏ qua những quan hệ không có mặt trong các nối cuối cùng.

Đối với một quan hệ đã cho sẽ có nhiều chương trình nối nữa khác nhau. Số lượng các khả năng thực hiện tỷ lệ là mũ theo số quan hệ. Thế nhưng có một chương trình nối nữa tối ưu, được gọi là trình rút gọn hoàn toàn, mà với mỗi quan hệ R nó rút gọn R nhiều hơn các chương trình khác. Vấn đề là tìm ra trình rút gọn hoàn toàn này. Một phương pháp đơn giản là ước lượng kết quả rút gọn kích thước của tất cả mọi chương trình nối nữa khả hữu và chọn ra chương trình tốt nhất, các bài toán liệt kê gặp phải hai vấn đề.

1. Một lớp vấn tin có các chu trình trong đồ thị nối, được gọi là vấn tin có vòng (cyclic queries), và loại vấn tin này không có trình rút gọn hoàn toàn (full reducer).

2. Một loại vấn tin khác, được gọi là vấn tin cây (Tree queries) thì có trình rút gọn hoàn toàn nhưng số lượng các chương trình nối nữa cần kiểm tra tỷ lệ làm hàm mũ theo số lượng quan hệ, khiến cho phương pháp liệt kê trở thành các loại bài toán NP-hard.

Trong những đoạn sau chúng ta thảo luận về các giải pháp cho những bài toán này.

Thí dụ 3.17:

Xét các quan hệ sau, trong đó có thêm thuộc tính CITY cho các quan hệ EMP (có tên mới là ET) và PROJ (có tên mới là PT) của CSDL:

ET (ENO, ENAME, TITLE, CITY)

ASG (ENO, PNO, RESP, DUR)

PT (PNO, PNAME, BUDGET, CITY)

Câu vấn tin sau xuất tên của tất cả nhân viên sống trong thành phố có dự án của họ đang được thực hiện

SELECT ET.ENAME

FROM ET, ASG, PT

WHERE ET.ENO = ASG.ENO

AND ASG.PNO = PT.PNO

AND ET.CITY = PT.CITY

Không có trình rút gọn hoàn toàn nào cho câu vấn tin trong Thí dụ 9.7. Thực sự có thể dẫn xuất được các chương trình nối nửa để rút gọn nó nhưng số lượng các phép toán nhân với số lượng các bộ trong mỗi quan hệ khiến cho lối tiếp cận này không hiệu quả. Một giải pháp là biến đổi đồ thị có vòng thành một cây bằng cách loại bỏ một cung của đồ thị và thêm vào các vị từ thích hợp cho các cung khác sao cho vị từ được loại bỏ toàn nhờ tính bắc cầu

ET.ENO=ASG.ENO
and ET.CITY= ASG.CITY

ET.ENO=ASG.ENO

ASG.PNO=PT.PNO

(a) vấn tin có vòng

(b) Vấn tin không vòng tương đương

Ở thí dụ hình b, trong đó cung (ET, PT) được loại bỏ, vị từ được thêm vào ET.CITY= ASG.CITY và ASG.CITY= PT.CITY kéo theo ET.CITY=PT.CITY nhờ tính bắc cầu. Vì thế câu vấn tin không vòng tương đương với vấn tin có vòng. Việc thêm những vị từ này dẫn đến việc thêm thuộc tính CITY trong quan hệ ASG. Vì thế các giá trị cho thuộc tính CITY phải được gửi tới ET hoặc ASG.

Mặc dù trình rút gọn hoàn toàn cho các vấn tin cây có tồn tại, bài toán tìm ra chúng thuộc loại NP-hard. Tuy nhiên có một lớp vấn tin quan trọng gọi là vấn tin mắt xích (chained query) có một thuật toán đa thức cho chúng. Một vấn tin mắt xích có một đồ thị nối, trong đó các quan hệ có thể được sắp thứ tự, và mỗi quan hệ chỉ nối với quan hệ kế tiếp theo thứ tự đó. Thí dụ câu vấn tin trong hình trên là một vấn tin mắt xích. Do rất khó cài đặt một thuật toán với các trình rút gọn hoàn toàn, phần lớn các hệ thống đều dùng các nối nửa đơn lẻ để rút gọn kích thước quan hệ.

So sánh nối và nối nửa

Nếu so sánh và nối nửa phải thực hiện nhiều phép toán hơn nhưng rất có thể trên các toán hạng nhỏ hơn. Hình trên minh họa những khác biệt này qua một cặp chiên lược nối và nối nửa tương đương cho câu vấn tin có đồ thị nối được cho trong Hình

11. Nối của hai quan hệ EMP \bowtie ASG trong hình được thực hiện bằng cách gửi một quan hệ, chẳng hạn ASG đến vị trí của quan hệ kia EMP và hoàn toàn nối tại vị trí đó. Tuy nhiên khi dùng nối nửa thì tránh phải truyền quan hệ ASG. Thay vào đó là truyền các giá trị thuộc tính nối của EMP đến vị trí của ASG, sau đó là truyền các bộ đối so sánh được của quan hệ ASG đến vị trí của quan hệ EMP, rồi hoàn tất nối ở đó. Nếu chiều dài thuộc tính nối nhỏ hơn chiều dài của một bộ và nối nửa có độ tuyến chọn tốt thì phương pháp nối nửa có thể làm tăng thời gian xử lý cục bộ bởi vì một trong hai quan hệ được nối phải truy xuất hai lần. Thí dụ các quan hệ EMP và PROJ được truy xuất hai lần. Hơn nữa nối của hai quan hệ trung gian sinh ra từ nối nửa không tận dụng được chỉ mục có sẵn trên quan hệ cơ sở. Vì thế sử dụng nối nửa có thể không phải là ý kiến hay nếu thời gian truyền dữ liệu không phải là yếu tố chiếm ưu thế như trường hợp các mạng cục bộ.

Nối nửa vẫn có ích trong các mạng tốc độ cao nếu chúng ta có độ tuyến chọn rất tốt và được cài đặt bằng các mảng bit. Một mảng bit BA[1:n] rất có ích trong việc mã hóa các giá trị thuộc tính nối có trong quan hệ. Chúng ta hãy xét nối nửa $R \bowtie S$. Thế thì BA[i] được đặt là 1 nếu tồn tại một giá trị thuộc tính nối A al trong quan hệ S sao cho $h(val) = i$ trong đó h là một hàm băm. Bằng không thì BA[i] được đặt bằng 0. Một mảng bit như thế sẽ nhỏ hơn nhiều so với một danh sách các giá trị thuộc tính nối. Vì thế truyền một mảng bit thay vì giá trị thuộc tính nối đến vị trí của quan hệ R sẽ tiết kiệm được thời gian truyền tin. Nối nửa có thể được thực hiện như sau. Mỗi bộ của quan hệ R có giá trị thuộc tính nối là val sẽ thuộc về nối nửa nếu $BA[h(val)] = 1$.

CHƯƠNG 4. QUẢN LÝ GIAO DỊCH

4.1. Các khái niệm

Quản lý giao dịch

Giao dịch

Có nhiều định nghĩa khác nhau về *giao dịch* (transaction). Trong đó có 2 định nghĩa được nhiều người sử dụng là của Jeffrey D. Ullman và M.Tamer Ozsü và Patrick Valduriez

Jeffrey D. Ullman [10] cho rằng, *giao dịch* là một thực hiện của một chương trình. Chương trình này có thể là một câu vấn tin hoặc một chương trình trong ngôn ngữ chủ, trong đó có gắn vào một ngôn ngữ vấn tin. Một *giao dịch* sẽ được đọc dữ liệu từ một CSDL vào vùng làm việc riêng (private workspace), thực hiện các tính toán trong vùng làm việc này và ghi dữ liệu từ vùng làm việc này vào cơ sở dữ liệu. Như vậy, các tính toán do *giao dịch* thực hiện không làm thay đổi cơ sở dữ liệu cho đến khi các giá trị mới được ghi vào cơ sở dữ liệu.

Một định nghĩa khác của M. Tamer Ozsü và Patrick Valduriez cho rằng *giao dịch* là một đơn vị tính toán nhất quán và tin cậy. Điều này có nghĩa là, một *giao dịch* thực hiện một truy xuất trên cơ sở dữ liệu, gây ra một sự biến đổi trạng thái. Nếu cơ sở dữ liệu đã nhất quán trước khi thực hiện *giao dịch* thì cũng sẽ nhất quán khi kết thúc *giao dịch* cho dù *giao dịch* này có thực hiện đồng thời với các *giao dịch* khác hoặc xảy ra sự cố trong lúc nó được thực hiện.

Nói chung, một *giao dịch* được xem như được tạo bởi một dãy các thao tác đọc và ghi trên cơ sở dữ liệu cùng với các bước tính toán cần thiết. Theo nghĩa này, một *giao dịch* được xem như một chương trình có các câu vấn tin truy vấn đến cơ sở dữ liệu được gắn vào. *Giao dịch* là một thực hiện của một chương trình. Một câu vấn tin cũng có thể được xem là một chương trình và được đưa ra như một *giao dịch*.

Quản lý giao dịch: Bộ quản lý giao dịch (transaction manager - TM) chịu trách nhiệm điều phối việc thực hiện các thao tác cơ sở dữ liệu của các ứng dụng. Bộ quản lý giao dịch cài đặt một giao diện cho các ứng dụng, bao gồm các lệnh: *begin-transaction*, *read*, *write*, *commit* và *abort*. Các lệnh này được xử lý trong một DBMS phân bố.

Mục dữ liệu

Mục dữ liệu (item) là các đơn vị dữ liệu trong cơ sở dữ liệu. Bản chất và kích thước các *mục dữ liệu* do nhà thiết kế chọn. Kích thước của các đơn vị này được lựa chọn sao cho việc truy xuất dữ liệu có hiệu quả. Chẳng hạn trong mô hình dữ liệu quan hệ, chúng ta có thể chọn các mục lớn như các quan hệ, hoặc các mục nhỏ như các bộ hay thành phần của các bộ. Kích thước của các *mục dữ liệu* được hệ thống sử dụng gọi là độ *mịn* (granularity) của hệ thống. Một hệ thống được gọi là *mịn* (fine-grained), nếu nó sử dụng các mục dữ liệu nhỏ và hệ thống là *thô* (coarse-grained), nếu nó sử dụng các mục dữ liệu lớn. Độ càng thô sẽ giảm chi phí quản lý việc truy cập các mục, ngược lại độ càng mịn lại cho phép nhiều hoạt động đồng thời hơn.

Phương pháp thông dụng nhất để điều khiển việc truy cập các mục là sử dụng *khoá chốt* (lock). *Bộ quản lý khoá chốt* (lock manager) là thành phần của DBMS chịu trách nhiệm theo dõi một mục *I* hiện có giao dịch nào đang đọc ghi vào các thành phần của *I* hay không. Nếu có thì bộ quản lý khoá chốt sẽ cản trở ngăn cản không cho giao dịch khác truy cập *I* trong trường hợp truy cập có thể xảy ra xung đột, chẳng hạn việc bán một ghế trên một chuyến máy bay hai lần.

Bộ xếp lịch và các giao thức

Để ngăn ngừa sự bế tắc người ta có thể sử dụng *bộ lập lịch* (scheduler) và các *giao thức*.

Bộ lập lịch là một thành phần của hệ thống cơ sở dữ liệu, có vai trò làm trọng tài phân xử các yêu cầu đang có xung đột, chịu trách nhiệm sắp xếp một lịch biểu cho các thao tác của các giao dịch. Chẳng hạn chúng ta đã biết cách loại bỏ khoá sống của một bộ lập lịch “đến trước phục vụ trước”. Một bộ lập lịch cũng có thể xử lý các khoá gài và tính bất khả tuần tự bằng cách:

Nó cũng có thể buộc một giao dịch phải đợi cho đến khi khoá mà giao dịch yêu cầu được giải phóng.

Buộc một giao dịch phải huỷ bỏ và tái thực hiện.

Giao thức theo nghĩa tổng quát nhất, chỉ là một hạn chế trên chuỗi các bước nguyên tử mà một giao dịch có thể thực hiện, là các qui tắc mà các giao dịch phải tuân theo. Chẳng hạn, chiến lược tránh khoá gài bằng cách yêu cầu khoá chốt trên các mục theo một thứ tự cố định nào đó chính là một giao thức.

Các tính chất của giao dịch

1) Tính nguyên tử

Quản lý giao dịch là một cố gắng làm cho các thao tác phức tạp xuất hiện dưới dạng nguyên tử (atomic). Nghĩa là một thao tác có thể xảy ra trọn vẹn hoặc không xảy ra. Nếu xảy ra, không có biến cố hay *giao dịch* nào cùng xảy ra trong suốt thời gian tồn tại của nó. Cách thông dụng nhằm đảm bảo được tính nguyên tử của các giao dịch là *phương pháp tuần tự hoá* (serialization). Phương pháp này làm cho các giao dịch được thực hiện tuần tự.

Một giao dịch không có tính nguyên tử nếu:

- Trong một hệ thống phân chia thời gian, lát thời gian cho giao dịch T có thể kết thúc trong khi T đang tính toán và các hoạt động của một giao dịch khác sẽ được thực hiện trước khi T hoàn tất. Hoặc
- Một giao dịch không thể hoàn tất được. Chẳng hạn khi nó phải chấm dứt giữa chừng, có thể vì nó thực hiện một phép tính không hợp lệ, hoặc có thể do đòi hỏi những dữ liệu không được quyền truy xuất. Bản thân hệ thống CSDL có thể buộc giao dịch này ngừng lại vì nhiều lý do. Chẳng hạn giao dịch có thể bị kẹt trong một khoá gài.

Trong thực tế, mỗi giao dịch đều có một chuỗi các bước cơ bản như: *đọc* hay *ghi* một *mục dữ liệu* (item) vào CSDL và *thực hiện các phép tính toán số học đơn giản trong vùng làm việc*, hoặc các bước sơ đẳng khác như các bước *khoá chốt*, *giải phóng khoá*, *ủy thác (hoàn tất)* giao dịch và có thể có những bước khác nữa. Chúng ta luôn giả sử rằng những bước sơ đẳng này là nguyên tử. Thậm chí thao tác kết thúc *lát thời gian* xảy ra khi đang tính toán cũng có thể xem là nguyên tử. Bởi vì nó xảy ra trong vùng làm việc cục bộ và không có gì có thể ảnh hưởng đến vùng làm việc đó cho đến khi giao dịch đang thực hiện dở các phép tính số học được tái hoạt động trở lại.

2) Tính nhất quán (consistency)

Tính nhất quán của một giao dịch chỉ đơn giản là tính đúng đắn của nó. Nói cách khác, một giao dịch là một chương trình đúng đắn, ánh xạ cơ sở dữ liệu từ trạng thái nhất quán này sang trạng thái nhất quán khác. Việc xác nhận rằng các giao dịch nhất quán là vấn đề điều khiển dữ liệu ngữ nghĩa. Cơ sở dữ liệu có thể tạm thời không nhất quán khi giao dịch đang thực hiện, nhưng nó phải trở về trạng thái nhất quán khi kết thúc giao dịch.

Tính nhất quán giao dịch muốn nói đến hành động của các giao dịch đồng thời. Chúng ta mong rằng CSDL vẫn nhất quán ngay cả khi có một số yêu cầu của người sử dụng đồng thời truy nhập đến CSDL. Tính chất phức tạp nảy sinh khi xét đến các CSDL có nhân bản.

Nếu cơ sở dữ liệu được nhân bản, tất cả các bản sao phải có trạng thái giống nhau vào lúc kết thúc giao dịch. Điều này gọi là tính tương đương một bản, và trạng thái nhất quán của các bản sao được gọi là trạng thái nhất quán tương hỗ.

3) Tính biệt lập

Tính biệt lập là tính chất của các giao dịch, đòi hỏi mỗi giao dịch phải luôn nhìn thấy cơ sở dữ liệu nhất quán. Nói cách khác, một giao dịch đang thực thi không thể làm lộ ra các kết quả của nó cho những giao dịch khác đang cùng hoạt động trước khi nó uỷ thác.

Có một số lý do cần phải nhấn mạnh đến tính biệt lập:

Một là phải duy trì tính nhất quán qua lại giữa các giao dịch. Nếu hai giao dịch đồng thời truy xuất đến một mục dữ liệu đang được một trong chúng cập nhật thì không thể bảo đảm rằng giao dịch thứ hai đọc được giá trị đúng.

Hai là, tính biệt lập cho phép khắc phục các hiện tượng huỷ bỏ dây chuyền (cascading abort). Bởi vì nếu mỗi giao dịch cho phép các giao dịch khác đọc các mục mà nó đang thay đổi trước khi có uỷ thác, nếu nó bị huỷ bỏ, mọi thao tác đọc các giá trị những mục này cũng phải huỷ bỏ theo. Điều này gây những chi phí đáng kể cho DBMS.

Vấn đề biệt lập có liên quan trực tiếp đến tính nhất quán CSDL và vì thế là đề tài của điều khiển đồng thời.

4) Tính bền vững

Tính bền vững muốn nói đến tính chất của giao dịch bảo đảm rằng một khi giao dịch uỷ thác, kết quả của nó được duy trì cố định và không bị xoá ra khỏi CSDL. Vì thế DBMS bảo đảm rằng kết quả của giao dịch sẽ vẫn tồn tại dù có xảy ra các sự cố hệ thống. Đây chính là lý do mà chúng ta đã nhấn mạnh rằng giao dịch uỷ thác trước khi nó thông báo cho người sử dụng biết rằng nó đã hoàn tất thành công, tính bền vững đưa ra các vấn đề khôi phục dữ liệu, nghĩa là cách *khôi phục CSDL* về trạng thái nhất quán mà ở đó mọi hành động đã uỷ thác đều được phản ánh.

Tính khả tuần tự của các lịch biểu và việc sử dụng chúng

Mục đích của giao thức điều khiển tương tranh là xếp lịch thực hiện sao cho không xảy ra sự tác động lẫn nhau giữa chúng. Có một giải pháp đơn giản: Chỉ cho phép một giao dịch thực hiện tại một thời điểm. Nhưng mục đích của hệ quản trị cơ sở dữ liệu đa người dùng lại là tối đa hoá sự thực hiện đồng thời trong hệ thống sao cho những giao dịch thực hiện đồng thời không ảnh hưởng lẫn nhau.

Lịch biểu là một dãy (có thứ tự) các thao tác của một tập các giao dịch tương tranh mà trong đó thứ tự của mỗi thao tác trong mỗi giao dịch được bảo toàn.

Đây là vấn đề xử lý hoạt động đồng thời có liên quan đến các nhà thiết kế CSDL chứ không phải các nhà thiết kế các hệ thống đồng thời tổng quát.

Giả sử chúng ta có một tập các giao dịch $S = \{T_1, T_2, T_3, \dots\}$.

Lịch biểu tuần tự: Chúng ta thấy ngay rằng nếu các giao dịch thực hiện *tuần tự* theo một thứ tự nào đó, các thao tác của mỗi giao dịch được thực hiện kế tiếp nhau, không có một thao tác nào của các giao dịch khác xen kẽ vào thì các sự cố tranh chấp chắc chắn không xảy ra và trong CSDL chúng ta có một kết quả nào đó.

Chúng ta định nghĩa một *lịch biểu* cho một tập các giao dịch S là *thứ tự (có thể xen kẽ) các bước cơ bản của các giao dịch (khóa, đọc, ghi, ...)* được thực hiện.

Các bước của một giao dịch đã cho phải xuất hiện trong lịch biểu theo đúng thứ tự xảy ra trong giao dịch đó.

Lịch biểu không tuần tự: Là lịch mà trong đó các thao tác của một tập các giao dịch tương tranh được xen kẽ vào nhau.

Bởi vì *luôn có lịch biểu tuần tự* cho tập giao dịch S vì vậy chúng ta sẽ giả sử rằng hoạt động của các giao dịch đồng thời là *đúng đắn* nếu và chỉ nếu *tác dụng của nó giống như tác dụng có được của lịch biểu tuần tự*.

Lịch biểu được gọi là *khả tuần tự* (serializable) nếu *tác dụng của nó giống với tác dụng của một lịch biểu tuần tự*.

Lịch biểu được gọi là *bất khả tuần tự* nếu tác dụng của nó không giống với tác dụng của lịch biểu tuần tự.

Mục tiêu của bộ xếp lịch là với một tập các giao dịch đồng thời, đưa ra được một lịch biểu khả tuần tự.

Trong việc tuần tự hoá, thứ tự của các thao tác đọc và ghi rất quan trọng:

- Nếu hai thao tác chỉ đọc một mục dữ liệu thì chúng sẽ không ảnh hưởng đến nhau và thứ tự giữa chúng không quan trọng
- Nếu hai thao tác đọc hay ghi trên hai mục dữ liệu hoàn toàn khác nhau thì chúng sẽ không ảnh hưởng đến nhau và thứ tự giữa chúng không quan trọng
- Nếu một thao tác ghi một mục dữ liệu và một thao tác khác đọc hay ghi trên chính mục dữ liệu này thì thứ tự giữa chúng rất quan trọng.

Xét các lịch biểu

Lịch biểu tuần tự		Lịch biểu khả tuần tự		Lịch biểu bất khả tuần tự	
T ₁	T ₂	T ₁	T ₂	T ₁	T ₂
Read A		ReadA		ReadA	
A:=A-10			ReadB	A:=A-10	
WriteA		A:=A-10			ReadB
Read B			B:=B - 20	WriteA	
B:=B+1 0		WriteA			B:=B-20
WriteB			WriteB	ReadB	
	ReadB	ReadB			WriteB
	B:=B-20		Read C	B:=B+1 0	
	WriteB	B:=B+1 0			ReadC
	Read C		C:=C+2 0	WriteB	
	C:=C+2 0	WriteB			C:=C+2 0
	Write C		WriteC		Write C

(a)

(b)

(c)

Hình 4.1. Một số lịch biểu

Hình 4.1 (a) là một lịch biểu tuần tự

Hình 4.1 (b) là lịch biểu khả tuần tự

Hình 4.1 (c) là lịch biểu bất khả tuần tự

Trong thực tế, qua các tính chất của đại số đơn thuận chúng ta có thể gặp một lịch biểu là bất khả tuần tự nhưng nó cho cùng kết quả so với lịch biểu tuần tự.

Các kỹ thuật điều khiển tương tranh bằng khoá

Khoá

Khoá (Lock) là một đặc quyền của một giao dịch được bộ quản lý khoá trao cho để có thể truy cập trên một mục dữ liệu. Hay khoá là một biến gắn với một mục dữ liệu trong cơ sở dữ liệu để biểu diễn trạng thái của một mục dữ liệu này trong mối liên quan đến thao tác thực hiện trên đó. Bộ quản lý khoá cũng có thể thu hồi lại khoá này. Tại một thời điểm, mục dữ liệu X có một trong 3 trạng thái:

- Có *khoá đọc* (read-lock)(còn gọi là khoá chia sẻ – shared lock): chỉ cho phép một giao dịch đọc một mục nhưng không được cập nhật trên mục này.

- Có *khoá ghi* (write-lock) (còn gọi là khoá độc quyền – exclusive lock): cho phép thực hiện cả hai thao tác đọc ghi.

- *Không có khoá.*

Các khoá được sử dụng theo cách sau:

+ Bất kỳ một giao dịch nào cần truy cập vào một mục dữ liệu trước hết phải khoá mục dữ liệu đó lại. Giao dịch sẽ yêu cầu một khoá đọc nếu chỉ cần đọc dữ liệu và yêu cầu khoá ghi nếu vừa cần đọc và cần ghi dữ liệu.

+ Nếu mục dữ liệu đó chưa bị khoá bởi một giao dịch nào khác thì khoá sẽ được cấp phát theo đúng yêu cầu.

+ Nếu mục dữ liệu đó đang bị khoá, HQT CSDL sẽ xác định xem khoá được yêu cầu có tương thích với khoá hiện hành hay không. Khi một giao dịch yêu cầu cấp một khoá đọc cho nó trên một mục dữ liệu mà trên mục đó đang có một khoá đọc (của giao dịch khác) thì khoá yêu cầu này được cấp phát. Trong trường hợp khoá yêu cầu là khoá ghi thì giao dịch yêu cầu khoá sẽ phải chờ cho đến khi khoá hiện hành được giải phóng mới được cấp khoá.

+ Một giao dịch tiếp tục giữ một khoá cho đến thời điểm khoá đó được giải phóng, thời điểm này hoặc nằm trong quá trình thực hiện giao dịch hoặc là thời điểm giao dịch được chuyển giao hay bị huỷ bỏ. Chỉ khi khoá ghi được giải phóng thì kết quả của thao tác ghi mới thấy được đối với các giao dịch khác.

Một số hệ thống còn cho phép giao dịch đưa các khoá đọc trên một mục dữ liệu và sau đó nâng cấp khoá lên thành khoá ghi. Điều này cho phép một giao dịch kiểm tra dữ liệu trước, sau đó mới quyết định có cập nhật hay không.

Bộ quản lý khoá lưu các khoá trong một *bảng khoá* (lock table).

Khi điều khiển các hoạt động tương tranh bằng khoá, có thể xảy ra các tình huống:

Khoá sống (live-lock) là tình huống mà một giao dịch yêu cầu khoá trên một mục mà chẳng bao giờ nhận được khoá trong khi luôn có một giao dịch khác giữ khoá trên mục này (*khoá sống* trên mục A của giao dịch T là khoá không khoá được A vì A luôn bị khoá bởi một giao dịch khác), mặc dù có một số lần giao dịch này có cơ hội nhận khoá trên mục đó. Rất nhiều giải pháp đã được các nhà thiết kế hệ điều hành đề xuất vấn đề giải quyết *khoá sống*. Có thể sử dụng một chiến lược đơn giản “*đến trước, phục vụ trước*” để loại bỏ được khoá sống.

Bế tắc hay *khoá gài* (deadlock) là tình huống mà trong đó mỗi giao dịch trong một tập hay nhiều giao dịch đang đợi nhận khoá của một mục hiện đang bị khoá bởi một giao dịch khác trong một tập giao dịch đó và ngược lại (một mục trong giao dịch này bị *gài* bởi giao dịch khác và ngược lại).

Ví dụ Giả sử có hai giao dịch đồng thời T_1 và T_2 như sau:

T_1 : Lock A ; Lock B ; Unlock A ; Unlock B ;

T_2 : Lock B ; Lock A ; Unlock B ; Unlock A ;

T_1 và T_2 cùng có thể thực hiện một số tác vụ nào đó trên A và B. Giả sử T_1 và T_2 được thực hiện cùng lúc. T_1 yêu cầu và được trao khoá trên A, còn T_2 yêu cầu và được trao khoá trên B. Do đó khi T_1 yêu cầu khoá trên B nó sẽ phải đợi vì T_2 đã khoá B. Tương tự T_2 yêu cầu khoá trên A nó sẽ phải đợi vì T_1 đã khoá A. Kết quả là không một giao dịch nào tiếp tục hoạt động được: mỗi giao dịch đều phải đợi giao dịch kia mở khoá, và chúng đều phải đợi nhưng chẳng bao giờ nhận được khoá như yêu cầu.

Để tránh bế tắc có thể sử dụng các giải pháp:

(i) *Buộc các giao dịch phải đưa ra tất cả các yêu cầu khoá cùng một lúc và bộ quản lý khoá trao tất cả các khoá cho chúng nếu được, hoặc không trao và cho giao dịch này đợi nếu một hay nhiều khoá được yêu cầu đang bị giữ bởi một giao dịch khác.*

(ii) *Gán một thứ tự tuyến tính cho các mục và yêu cầu tất cả các giao dịch phải xin khoá theo đúng thứ tự này.*

(iii) *Một cách khác để xử lý bế tắc là định kỳ kiểm tra yêu cầu khoá và phát hiện có xảy ra bế tắc không. Bằng cách dùng đồ thị chờ, với các nút biểu diễn các giao dịch và các cung $T_i \rightarrow T_j$ biểu thị T_j đang đợi nhận khoá trên một mục đang được T_i giữ. Nếu trong đồ thị có chu trình, sự bế tắc sẽ xảy ra, và nếu không có chu trình thì kết*

luận không có khoá gài hay bế tắc. Nếu một khoá gài bị phát hiện, khi đó hệ thống sẽ buộc một trong các giao dịch bị bế tắc phải khởi động lại và tác dụng của giao dịch đó trên cơ sở dữ liệu phải được hoàn toàn trả lại.

4. 2. Mô hình khoá cơ bản

Khoá (Lock) là một đặc quyền truy cập trên một mục dữ liệu mà bộ quản lý khoá (lock manager) có thể trao cho một giao dịch hoặc thu hồi lại. Trong các mô hình giao dịch có sử dụng khoá không chỉ có các thao tác đọc và ghi các mục mà còn có thao tác khoá (lock) và mở khoá (unlock) chúng. Mỗi mục được khoá phải được mở khoá sau đó. Với một mục A, giữa bước lock A và unlock A kế tiếp của một giao dịch, giao dịch này phải được coi là đang giữ một khoá trên A.

Trong mô hình này, chúng ta dựa trên các giả định sau:

- Một khoá phải được đặt trên một mục trước khi đọc hay ghi mục đó.
- Các thao tác khoá hoạt động trên cơ sở đồng bộ hoá, nghĩa là nếu một giao dịch khoá một mục đã bị khoá trước đó bởi một giao dịch khác, nó không thể thao tác trên mục này cho đến khi khoá này được giải phóng bằng lệnh mở khoá do giao dịch đang giữ khoá trước đó thực hiện.
- Mỗi giao dịch đều có thể mở được mọi khoá do chính nó khoá.
- Một giao dịch sẽ không yêu cầu khoá một mục nếu nó đang hiện giữ khoá của mục đó, hoặc mở khoá một mục mà nó hiện không giữ khoá trên mục đó.

Các lịch biểu tuân theo quy tắc này được gọi là *hợp lệ* .

Ví dụ : Xét hai giao dịch đồng thời T_1 và T_2 cùng truy xuất đến mục dữ liệu A theo mô hình này sẽ là:

T_1	Lock A	T_2	Lock A
	Read A		Read A
	$A:=A+1$		$A:=A+1$
	Write A		Write A
	Unlock A		Unlock A

Nếu T_1 bắt đầu trước T_2 , nó sẽ yêu cầu khoá trên mục A. Giả sử không có giao dịch nào đang khoá A, bộ quản lý khoá sẽ cho nó khoá mục này. Khi đó chỉ có T_1 mới được truy xuất đến mục này. Nếu T_2 bắt đầu trước khi T_1 chấm dứt thì T_2 thực hiện Lock A, hệ thống buộc T_2 phải đợi. Chỉ đến khi T_1 thực hiện lệnh Unlock A, hệ thống mới cho phép T_2 tiến hành. Như vậy, T_1 hoàn thành trước khi T_2 bắt đầu và kết quả là sau hai giao dịch, giá trị của A sẽ là 32

Với mô hình này, để kiểm tra tính khả tuần tự của một lịch biểu, ta sẽ xem xét thứ tự mà các giao dịch khoá một mục đã cho. Thứ tự này phải thống nhất với thứ tự trong lịch biểu tuần tự tương đương. Đây thực chất là việc kiểm tra một đồ thị có chu trình hay không.

Thuật toán 2.1: Kiểm tra tính khả tuần tự của một lịch biểu.

Nhập: Một lịch biểu S cho một tập các giao dịch T_1, T_2, \dots, T_k .

Xuất: Khẳng định S có khả tuần tự hay không? Nếu có thì đưa ra một lịch biểu tuần tự tương đương với S .

Phương pháp:

Bước 1: Tạo ra một đồ thị có hướng G (gọi là đồ thị tuần tự hoá), có các nút là các giao dịch, các cung của đồ thị này được xác định như sau:

Gọi S là a_1, a_2, \dots, a_n

trong đó mỗi a_i là một thao tác của một giao dịch có dạng

T_j : Lock A_m hoặc T_j : Unlock A_m

với T_j là giao dịch thực hiện thao tác khoá hoặc mở mục A_m .

Nếu a_i là T_j : Unlock A_m

thì hành động a_p kế tiếp a_i có dạng T_s : Lock A_m . Nếu $s > j$ thì vẽ một cung từ T_j đến T_s . Cung này có nghĩa là trong lịch biểu tuần tự tương đương, T_j phải đi trước T_s .

Bước 2: Kiểm tra, G có chu trình thì S bất khả tuần tự. Nếu G không có chu trình thì ta tìm một thứ tự tuyến tính cho các giao dịch, trong đó T_i đi trước T_j khi có một cung đi từ T_i đến T_j . Để tìm thứ tự tuyến tính đó, ta thực hiện quá trình sắp xếp topo như sau. Đầu tiên ta xuất phát từ một nút T_i không có cung vào (ta luôn tìm thấy một nút như thế, nếu không thì G là một đồ thị có chu trình), liệt kê T_i rồi loại bỏ T_i ra khỏi G . Sau đó lặp lại quá trình trên cho đến khi đồ thị không còn nút nào nữa. Khi đó, thứ tự các nút được liệt kê là thứ tự tuần tự của các giao dịch.

Ví dụ 2.3: Giả sử ta có lịch biểu của ba giao dịch T_1, T_2, T_3 như sau

T_1 : Lock A

T_2 : Lock B

T_2 : Lock C

T_2 : Unlock B

T_1 : Lock B

T_1 : Unlock A
 T_2 : Lock A
 T_2 : Unlock C
 T_2 : Unlock A
 T_3 : Lock A
 T_3 : Lock C
 T_1 : Unlock B
 T_3 : Unlock C
 T_3 : Unlock A

Hình 2.4 Đồ thị thứ tự các giao dịch

Đồ thị có 3 nút T_1 , T_2 và T_3 . Các cung được xây dựng như sau:

ở bước (4) ta có T_2 : Unlock B, bước tiếp theo có lệnh Lock B là bước (5) T_1 : Lock B. Vậy ta vẽ một cung từ $T_2 \rightarrow T_1$.

ở bước (6) ta có T_1 : Unlock A, bước tiếp theo có lệnh Lock A là bước (7) T_2 : Lock A. Vậy ta vẽ một cung từ $T_1 \rightarrow T_2$.

ở bước (8) ta có T_2 : Unlock C, bước tiếp theo có lệnh Lock C là bước (11) T_3 : Lock C. Vậy ta vẽ một cung từ $T_2 \rightarrow T_3$.

ở bước (9) ta có T_2 :Unlock A, bước tiếp theo có lệnh Lock A là bước (10) có T_3 : Lock A. Vậy ta vẽ một cung từ $T_2 \rightarrow T_3$.

Đồ thị này có một chu trình nên lịch biểu đã cho bất khả tuần tự.

Ví dụ : Lịch biểu của ba giao dịch T_1 , T_2 , T_3

- (1) T_2 : Lock A
- (2) T_2 : Unlock A
- (3) T_3 : Lock A
- (4) T_3 : Unlock A

- (5) T_1 : Lock B
- (6) T_1 : Unlock B
- (7) T_2 : Lock B
- (8) T_2 : Unlock B

Hình 2.5. Đồ thị tuần tự cho ba giao dịch

4.3. Mô hình khoá đọc và khoá ghi

Trong mô hình khoá cơ bản, ta giả sử rằng khi khoá một mục có thể thay đổi mục đó. Trên thực tế, có những trường hợp một giao dịch truy cập một mục theo nghĩa chỉ đọc giá trị của mục đó không thay đổi giá trị của mục đó. Vì vậy nếu ta phân biệt hai loại truy cập: chỉ đọc (read only) và đọc ghi (read write), thì ta có thể tiến hành được một số thao tác đồng thời bị cấm trong mô hình khoá cơ bản. Khi đó, ta phân biệt hai loại khoá như sau:

Khoá đọc (read lock or shared lock) ký hiệu RLock hoạt động như sau: một giao dịch T chỉ muốn đọc một mục A sẽ thực hiện lệnh RLock A, ngăn không cho bất kỳ giao dịch khác ghi giá trị mới vào A trong khi T đã khoá A, nhưng các giao dịch khác vẫn có thể giữ một khoá đọc trên A cùng lúc với T.

Khoá ghi (write lock) ký hiệu WLock hoạt động như trong mô hình khoá cơ bản, nghĩa là một giao dịch muốn thay đổi giá trị của mục A sẽ thực hiện lệnh WLock A. Khi đó không một giao dịch nào được lấy khoá đọc hoặc khoá ghi trên mục đó.

Cả khoá đọc và khoá ghi đều được mở bằng lệnh Unlock. Ngoài các giả định như mô hình khoá cơ bản, ta có thêm giả định rằng một giao dịch có thể yêu cầu một khoá ghi trên mục mà nó đang giữ khoá đọc.

Hai lịch biểu là tương đương nếu:

- Chúng sinh ra cùng một giá trị cho mỗi mục, và
- Mỗi khoá đọc được áp dụng bởi một giao dịch xảy ra trong cả hai lịch biểu vào những lúc mục bị khoá có cùng giá trị.

Thuật toán 2.2: Kiểm tra tính khả tuần tự của các lịch biểu với các khoá đọc / ghi

Nhập: Một lịch biểu S cho một tập các giao dịch T_1, T_2, \dots, T_k .

Xuất: Khẳng định S có khả tuần tự hay không? Nếu có thì đưa ra một lịch biểu tuần tự tương đương với S .

Phương pháp:

Bước 1: Chúng ta xây dựng một đồ thị có hướng G (gọi là đồ thị tuần tự hoá), có các nút là các giao dịch. Các cung của đồ thị được xác định bằng quy tắc sau:

Giả sử trong S , T_i nhận khoá đọc hoặc khoá ghi mục A , T_j là giao dịch kế tiếp khoá ghi A , và $i < j$, thì ta sẽ đặt một cung từ T_i đến T_j .

Giả sử trong S , giao dịch T_i khoá ghi A , T_m là khoá đọc A sau khi T_i mở khoá A nhưng trước các giao dịch khác khoá ghi A , và $i < m$, thì ta sẽ đặt một cung từ T_i đến T_m .

Bước 2: Kiểm tra, nếu G có chu trình thì S bất khả tuần tự. Nếu G không có chu trình thì một sắp xếp topo của G là thứ tự tuần tự của các giao dịch này.

Ví dụ 2.5: Một lịch biểu của bốn giao dịch :

- (1) T_2 : RLock A
- (2) T_3 : RLock A
- (3) T_2 : WLock B
- (4) T_2 : Unlock A
- (5) T_3 : WLock A
- (6) T_2 : Unlock B
- (7) T_1 : RLock B
- (8) T_3 : Unlock A
- (9) T_4 : RLock B
- (10) T_1 : RLock A
- (11) T_4 : Unlock B
- (12) T_1 : WLock C
- (13) T_1 : Unlock A
- (14) T_4 : WLock A
- (15) T_4 : Unlock A
- (16) T_1 : Unlock B
- (17) T_1 : Unlock C

Đồ thị tuần tự hoá của lịch biểu này được trình bày trong hình 2.6.

Các nút là bốn giao dịch T_1, T_2, T_3, T_4 . Các cung được xác định như sau:

ở bước (4) T_2 mở khoá mục A

Bước (5) T_3 khoá ghi mục A, T_3 phải đi sau T_2 , có một cung từ T_2 đến T_3 .

ở bước (6) T_2 mở khoá mục B

Bước (7) T_1 các khoá đọc mục B và T_4 ở bước (9). Như vậy T_1 và T_4 phải đi sau T_3 , có một cung từ T_2 đến các nút này.

ở bước (8) T_3 mở khoá mục A,

Bước (10) T_1 là khoá đọc mục A và khoá ghi mục A của T_4 ở bước (14). Như vậy T_1 và T_4 phải đi sau T_3 , có một cung từ T_3 đến các nút này.

ở bước (13) T_1 mở khoá mục A, bước (14) T_4 khoá ghi mục A, T_4 phải đi sau T_1 , có một cung từ T_1 đến T_4 .

Sắp xếp topo cho đồ thị ta được thứ tự các giao dịch là: T_1 T_2 T_3 T_4

Giao thức hai pha của mô hình trước cũng có thể áp dụng cho mô hình này. Các khoá đọc và khoá ghi đều đi trước bước mở khoá, và điều đó sẽ đảm bảo tính khả tuần tự của lịch biểu.

Trong mô hình này ta cũng rút ra được qui tắc liên quan đến việc trao khoá như sau:

Một khoá đọc trên một mục có thể được trao cho một giao dịch nếu không có khoá ghi nào đang được một giao dịch khác giữ trên nó.

Một khoá ghi trên một mục chỉ có thể được trao cho một giao dịch nếu không có khoá đọc hoặc khoá ghi nào đang được một giao dịch khác giữ trên mục đó.

4.4. Thuật toán điều khiển tương tranh bằng nhãn thời gian

Để đảm bảo tính khả tuần tự của các lịch biểu, ngoài các mô hình sử dụng khoá như đã trình bày ở trên. Ta còn sử dụng nhãn thời gian (timestamp). ý tưởng chính là gán cho mỗi giao dịch một nhãn thời gian, đó chính là điểm bắt đầu của giao dịch.

Thiết lập nhãn thời gian

Nếu tất cả các giao dịch đều được bộ lập lịch *gán nhãn thời gian* thì bộ lập lịch sẽ duy trì bộ đếm số lượng các giao dịch đã được lập lịch. Khi có một giao dịch mới yêu cầu được lập lịch, bộ lập lịch sẽ tăng bộ đếm số lượng này lên một đơn vị và gán trị số đó cho giao dịch có yêu cầu. Như vậy, không thể xảy ra trường hợp hai giao dịch có cùng nhãn thời gian, và thứ tự tương đối giữa các *nhãn thời gian* của các giao dịch cũng chính là thứ tự mà các giao dịch được thực hiện.

Một cách *gán nhãn thời gian* khác cho các giao dịch là dùng giá trị của đồng hồ hệ thống tại thời điểm bắt đầu giao dịch.

Trong trường hợp tồn tại nhiều bộ xếp lịch do hệ thống CSDL chạy trên một máy đa bộ xử lý hoặc trong hệ CSDL phân bố, thì ta phải gán thêm một hậu tố duy nhất cho mỗi nhãn thời gian. Hậu tố này chính là định danh của bộ xử lý tương ứng. Khi đó, việc đồng bộ hoá các bộ đếm hoặc đồng hồ được dùng ở mỗi bộ xử lý là một yêu cầu quan trọng để đảm bảo tính khả tuần tự của các lịch biểu.

Đảm bảo tính khả tuần tự bằng nhãn thời gian

Qui tắc duy trì thứ tự tuần tự của nhãn thời gian như sau. Giả sử ta có một giao dịch có nhãn thời gian t đang muốn thực hiện một thao tác X trên một mục có thời điểm đọc t_r và thời điểm ghi t_w thì:

a/ Cho thực hiện thao tác này nếu:

$$X = \text{Read và } t < t_w \text{ hoặc}$$

$$X = \text{Write và } t < t_r \text{ và } t < t_w$$

Trong trường hợp trước, đặt thời điểm đọc là t nếu $t > t_r$, và trong trường hợp sau, đặt thời điểm ghi là t nếu $t > t_w$.

b/ Không thực hiện gì nếu $X = \text{Write và } t < t_r$.

c/ Huỷ bỏ giao dịch này nếu: $X = \text{Read và } t < t_w$ hoặc

$$X = \text{Write và } t < t_r$$

Ví dụ : Trong đó RLock được xem là Read, WLock được xem là Write, các bước Unlock không tồn tại. Các giao dịch T_1, T_2, T_3, T_4 có các nhãn thời gian lần lượt là 100, 200, 300, 400.

Ở bước (1), T_2 (có nhãn thời gian là $t = 200$) đọc A (có $WT = 0$), tức $t < t_w$. Thao tác này là được phép, và vì $t > t_r$ (bằng 0) nên RT của A được đặt lại là 200.

Tương tự ở bước (2), T_3 (có nhãn thời gian là $t = 300$) đọc A (có $WT = 0$), tức $t < t_w$. Thao tác này là được phép, và vì $t > t_r$ (bằng 200) nên RT của A được đặt lại là 300.

ở bước (3) , T_2 (có nhãn thời gian là $t = 200$) ghi B (có $RT = 0$ và $WT = 0$), tức $t > t_w$. Thao tác này là được phép, vì $t > t_w$ (bằng 0) nên WT của B được đặt lại là 200.

ở bước (4) , T_3 (có nhãn thời gian là $t = 300$) ghi A (có $RT = 300$ và $WT=0$), tức $t > t_w$. Thao tác này là được phép, vì $t > t_w$ (bằng 0) nên WT của A được đặt lại là 300.

ở bước (5) , T_1 (có nhãn thời gian là $t = 100$) đọc B (có $WT = 200$), tức $t < t_w$. Vì vậy thao tác này bị huỷ bỏ.

TT	T_1	T_2	T_3	T_4	A	B	C
	100	200	300	400	RT=0 WT=0	RT=0 WT=0	RT=0 WT=0
(1)		Read A			RT=20 0		
(2)			Read A		RT=30 0		
(3)		Write B				WT=20 0	
(4)			Write A		WT=30 0		
(5)	Read B T_1 bị huỷ bỏ						

Trong quá trình thực hiện giao dịch CSDL có thể tạm thời không nhất quán nhưng CSDL phải nhất quán khi giao dịch kết thúc. Tính tin cậy dựa vào hai khả năng sau:

+ Khả năng phục hồi nhanh của hệ thống khi nhiều kiểu lỗi xảy ra (Khi các lỗi xảy ra hệ thống có thể chịu đựng được và có thể tiếp tục cung cấp các dịch vụ).

+ Khôi phục: đạt được trạng thái nhất quán. Trở về trạng thái nhất quán trước đó hoặc tiếp tới trạng thái nhất quán mới sau khi xảy ra lỗi. Nhất quán về giao tác liên quan tới sự thực hiện các truy nhập trùng nhau.

Việc quản lý giao tác tiếp xúc với các vấn đề luôn giữ CSDL trong trạng thái nhất quán khi xảy ra các truy nhập trùng nhau và các lỗi.