



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11) 
1-0020187

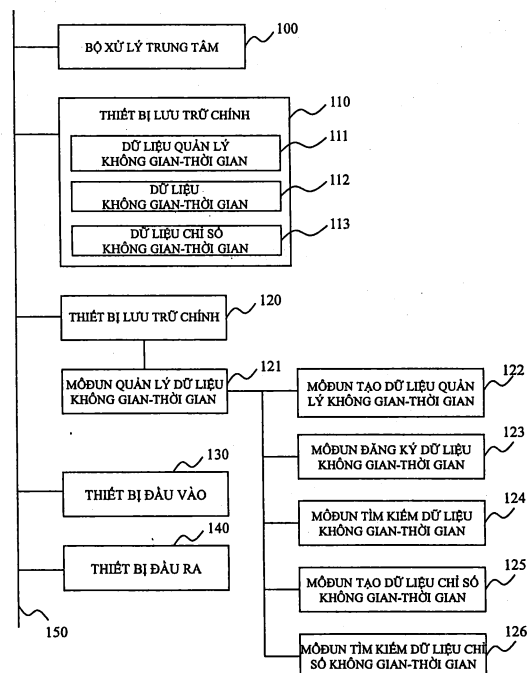
(51)⁷ G06F 17/30

(13) B

- (21) 1-2013-00658 (22) 01.03.2013
(30) 2012-136855 18.06.2012 JP
(45) 25.12.2018 369 (43) 25.12.2013 309
(73) Hitachi, Ltd. (JP)
6-6, Marunouchi 1-chome, Chiyoda-ku, Tokyo, Japan
(72) Hideki HAYASHI (JP), Akinori ASAHARA (JP), Kiyohiro OBARA (JP), Akiko SATO (JP)
(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

(54) HỆ THỐNG QUẢN LÝ DỮ LIỆU KHÔNG GIAN-THỜI GIAN, PHƯƠNG PHÁP QUẢN LÝ DỮ LIỆU KHÔNG GIAN-THỜI GIAN VÀ VẬT GHI ĐỌC ĐƯỢC BẰNG MÁY TÍNH

(57) Sáng chế đề cập đến hệ thống quản lý dữ liệu không gian-thời gian dùng để quản lý dữ liệu chuỗi thời gian được liên kết với vùng không gian-thời gian, bao gồm: bộ xử lý dùng để thực hiện chương trình; bộ nhớ dùng để lưu trữ chương trình; và thiết bị lưu trữ dùng để lưu trữ dữ liệu chuỗi thời gian. Bộ xử lý phân đoạn vùng không gian-thời gian theo thời gian và không gian để tạo các đoạn không gian-thời gian, gán, có tính đến tính lân cận thời gian và không gian của các đoạn không gian-thời gian, các ký hiệu nhận dạng dùng để nhận dạng duy nhất các đoạn không gian-thời gian, mỗi ký hiệu nhận dạng được biểu thị bằng giá trị số nguyên một chiều; và xác định cách sắp xếp dữ liệu chuỗi thời gian sao cho các mẫu dữ liệu của các đoạn không gian-thời gian ở gần nhau theo các ký hiệu nhận dạng được gán được sắp xếp gần nhau trên thiết bị lưu trữ.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến hệ thống quản lý dữ liệu không gian-thời gian dùng để quản lý dữ liệu không gian-thời gian được liên kết với thời gian và không gian, và cụ thể hơn là, sáng chế đề cập đến kỹ thuật đẩy nhanh xử lý tìm kiếm với các điều kiện thời gian và không gian.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong số dữ liệu thay đổi theo thời gian và không gian, dữ liệu thay đổi một cách liên tục theo thời gian bao gồm dữ liệu dưới đây.

(1) Dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới

Dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới là dữ liệu được biểu diễn bằng các lưới tọa độ tứ giác (phẳng hoặc hình lập phương), mỗi lưới tọa độ được gán một giá trị thuộc tính về sự thay đổi phân bố môi trường, ví dụ nhiệt độ không khí, sóng thần, lũ lụt, và CO₂, trong đó giá trị thuộc tính của lưới tọa độ thay đổi theo thời gian.

(2) Dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm

Dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm là dữ liệu được biểu diễn bằng dữ liệu chuỗi thời gian bao gồm các giá trị thời gian và tọa độ về sự thay đổi vị trí của đối tượng đang di chuyển, ví dụ dòng người, giao thông và hàng hóa, trong đó các giá trị tọa độ thay đổi theo thời gian.

Dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới và dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm là dữ liệu thu được từ bộ mô phỏng hoặc bộ cảm biến và có dung lượng lớn với số lượng bản ghi đáng kể. Khi lượng dữ liệu không gian-thời gian lớn như vậy được tìm kiếm ở tốc độ cao với các điều kiện thời gian và không gian, một phương pháp đã được đề xuất trong đó phương pháp này phân đoạn vùng không gian-thời gian để tạo các đoạn không gian-thời gian và liên kết các đoạn không gian-thời gian và dữ liệu không gian-thời gian.

Ví dụ, công bố đơn sáng chế Nhật Bản số JP 2004-62428 A đã bộc lộ kỹ thuật trong đó thông tin thời gian-không gian ba chiều bao gồm thông tin vùng hai chiều (hoặc ba chiều) và thông tin thời gian (hoặc thông tin khoảng thời gian) được bổ sung hoặc được liên kết với dữ liệu để tìm kiếm, và trong đó dữ liệu với thông tin thời gian-không gian ba chiều bao gồm thông tin vị trí và thời gian như là các khóa tìm kiếm theo thời gian và không gian được đưa ra làm kết quả tìm kiếm.

Khi kỹ thuật được mô tả trong JP 2004-62428 A được ứng dụng cho lượng lớn dữ liệu không gian-thời gian mà thay đổi một cách liên tục theo thời gian như đã mô tả trên đây, việc xử lý tìm kiếm không gian-thời gian với các điều kiện thời gian và không gian sẽ tốn nhiều thời gian hơn, cụ thể là xuất hiện các vấn đề như nêu dưới đây.

Trước tiên, các kích cỡ dữ liệu của thông tin vùng không gian và thông tin vùng thời gian biểu diễn các đoạn không gian-thời gian là lớn, và tốn nhiều thời gian để có được dữ liệu đáng kể trong xử lý tìm kiếm dữ liệu không gian-thời gian. Ngoài ra, kích cỡ của dữ liệu chỉ số dùng để tìm kiếm dữ liệu không gian-thời gian ở tốc độ cao là lớn, và do đó tốn nhiều thời gian để tìm kiếm dữ liệu chỉ số trong xử lý tìm kiếm dữ liệu không gian-thời gian.

Thứ hai, dữ liệu không gian-thời gian được lưu trữ vật lý mà không tính đến tính lân cận thời gian và tính lân cận không gian, và do đó tốn nhiều thời gian để có được dữ liệu đáng kể trong xử lý tìm kiếm dữ liệu không gian-thời gian.

Thứ ba, sự thay đổi một cách liên tục theo thời gian của dữ liệu không gian-thời gian không được tính đến. Do đó, để thích ứng sự thay đổi một cách liên tục theo thời gian, thì việc xử lý nội suy cần được thực hiện tại thời gian tìm kiếm, mà điều này tốn nhiều thời gian.

Thứ tư, việc xác định điều kiện của một thuộc tính ngoài các điều kiện thời gian và không gian không được tính đến. Do đó, khi điều kiện thuộc tính được bổ sung cho việc tìm kiếm, thì xử lý tìm kiếm tốn nhiều thời gian.

Thứ năm, mối quan hệ (kiểm tra sự tương giao) của các mẫu dữ liệu không gian-thời gian không được tính đến.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất hệ thống quản lý dữ liệu không gian-thời gian thực hiện được việc tìm kiếm ở tốc độ cao.

Một phương án ưu tiên thực hiện sáng chế sẽ được giải thích sau đây. Phương án này là hệ thống quản lý dữ liệu không gian-thời gian dùng để quản lý dữ liệu chuỗi thời gian được liên kết với vùng không gian-thời gian, hệ thống này bao gồm: bộ xử lý dùng để thực hiện chương trình; bộ nhớ dùng để lưu trữ chương trình; và thiết bị lưu trữ dùng để lưu trữ dữ liệu chuỗi thời gian. Bộ xử lý phân đoạn vùng không gian-thời gian theo thời gian và không gian để tạo các đoạn không gian-thời gian, gán, có tính đến tính lân cận thời gian và không gian của các đoạn không gian-thời gian, các ký hiệu nhận dạng dùng để nhận dạng duy nhất các đoạn không gian-thời gian, mỗi ký hiệu nhận dạng được biểu thị bằng giá trị số nguyên một chiều; và xác định cách sắp xếp dữ liệu chuỗi thời gian sao cho các mẫu dữ liệu của các đoạn không gian-thời gian mà ở gần nhau theo các ký hiệu nhận dạng được gán được sắp xếp gần nhau trên thiết bị lưu trữ.

Theo phương án ví dụ của sáng chế, dữ liệu không gian-thời gian có thể được tìm kiếm ở tốc độ cao.

Sáng chế có thể được hiểu rõ nhờ phần mô tả dưới đây có dựa trên các hình vẽ kèm theo.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là sơ đồ khối minh họa cấu hình phần cứng của hệ thống quản lý dữ liệu không gian-thời gian theo phương án thứ nhất của sáng chế.

Fig.2 là sơ đồ minh họa tổng quan xử lý đăng ký dữ liệu không gian-thời gian theo phương án thứ nhất của sáng chế.

Fig.3 là lưu đồ xử lý đăng ký dữ liệu không gian-thời gian theo phương án thứ nhất của sáng chế.

Fig.4 là lưu đồ xử lý tạo dữ liệu để đăng ký theo phương án thứ nhất của sáng chế.

Fig.5 là lưu đồ xử lý tính toán ID không gian-thời gian theo phương án thứ nhất của sáng chế.

Các hình vẽ từ Fig.6A đến Fig.6D là các sơ đồ minh họa một ví dụ về dữ liệu không gian-thời gian (dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới) trước khi đăng ký hệ thống quản lý dữ liệu không gian-thời gian theo phương án thứ nhất của sáng chế.

Fig.7 là sơ đồ minh họa một ví dụ về dữ liệu quản lý không gian-thời gian theo phương án thứ nhất của sáng chế.

Các hình vẽ từ Fig.8A đến Fig.8C là các sơ đồ minh họa một ví dụ về ID không gian-thời gian cho đoạn không gian-thời gian theo phương án thứ nhất của sáng chế.

Fig.9 là sơ đồ minh họa ví dụ cấu hình của dữ liệu không gian-thời gian mà dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới được đăng ký theo phương án thứ nhất của sáng chế.

Fig.10 là sơ đồ minh họa cách sắp xếp vật lý của dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới theo phương án thứ nhất của sáng chế.

Fig.11 là sơ đồ minh họa tổng quan của việc tìm kiếm dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới theo phương án thứ nhất của sáng chế.

Fig.12 là lưu đồ xử lý tìm kiếm dữ liệu không gian-thời gian theo phương án thứ nhất của sáng chế.

Fig.13 là lưu đồ xử lý tạo chuỗi văn tin theo phương án thứ nhất của sáng chế.

Fig.14 là sơ đồ minh họa một ví dụ về việc tìm kiếm khoảng không gian-thời gian của dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới khi "thời điểm" được xác định làm điều kiện thời gian theo phương án thứ nhất của sáng chế.

Fig.15 là sơ đồ minh họa một ví dụ về việc tìm kiếm khoảng không gian-thời gian của dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới khi "khoảng thời gian" được xác định làm điều kiện thời gian theo phương án thứ nhất của sáng chế.

Fig.16 là sơ đồ minh họa một ví dụ về việc tìm kiếm khoảng không gian-thời gian của dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới khi điều kiện thuộc tính được xác định theo phương án thứ nhất của sáng chế.

Fig.17A và Fig.17B là các sơ đồ minh họa một ví dụ về dữ liệu không gian-thời gian (dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm) trước khi đăng ký hệ thống

quản lý dữ liệu không gian-thời gian theo phương án thứ hai của sáng chế.

Fig.18 là sơ đồ minh họa tổng quan của xử lý đăng ký dữ liệu không gian-thời gian theo phương án thứ hai của sáng chế.

Fig.19 là sơ đồ minh họa một ví dụ về dữ liệu quản lý không gian-thời gian theo phương án thứ hai của sáng chế.

Fig.20 là sơ đồ minh họa ví dụ cấu hình của dữ liệu không gian-thời gian mà dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm được đăng ký theo phương án thứ hai của sáng chế.

Fig.21 là sơ đồ minh họa cách sắp xếp vật lý của dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm theo phương án thứ hai của sáng chế.

Fig.22 là sơ đồ minh họa tổng quan của việc tìm kiếm dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm theo phương án thứ hai của sáng chế.

Fig.23 là sơ đồ minh họa một ví dụ về việc tìm kiếm khoảng không gian-thời gian của dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm khi "thời điểm" được xác định làm điều kiện thời gian theo phương án thứ hai của sáng chế.

Fig.24 là sơ đồ minh họa một ví dụ về sự tìm kiếm khoảng không gian-thời gian của dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm khi "khoảng thời gian" được xác định làm điều kiện thời gian theo phương án thứ hai của sáng chế.

Fig.25A và Fig.25B là các sơ đồ minh họa tổng quan của việc kiểm tra sự tương giao các loại dữ liệu không gian-thời gian khác nhau theo phương án thứ ba của sáng chế.

Fig.26A và Fig.26B là các sơ đồ minh họa một ví dụ về việc kiểm tra sự tương giao đối với trường hợp mà các loại dữ liệu không gian-thời gian khác nhau có cùng độ chi tiết đoạn của các vùng không gian-thời gian theo phương án thứ ba của sáng chế.

Fig.27A là sơ đồ minh họa một ví dụ về dữ liệu quản lý không gian-thời gian theo phương án thứ ba của sáng chế.

Fig.27B là sơ đồ minh họa một ví dụ về ID không gian-thời gian cho đoạn không gian-thời gian theo phương án thứ ba của sáng chế.

Fig.27C là sơ đồ minh họa ví dụ cấu hình của dữ liệu không gian-thời gian mà dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm được đăng ký theo phương án thứ ba

của sáng chế.

Fig.28A và Fig.28B là các sơ đồ minh họa một ví dụ về việc kiểm tra sự tương giao đối với trường hợp mà các loại dữ liệu không gian-thời gian khác nhau có cùng độ chi tiết đoạn của các vùng không gian-thời gian theo phương án thứ ba của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phương án thứ nhất

Fig.1 là sơ đồ khối minh họa cấu hình phần cứng của hệ thống quản lý dữ liệu không gian-thời gian theo phương án thứ nhất của sáng chế.

Hệ thống quản lý dữ liệu không gian-thời gian theo phương án này là máy tính bao gồm bộ xử lý trung tâm 100, thiết bị lưu trữ phụ 110, thiết bị lưu trữ chính 120, thiết bị đầu vào 130, và thiết bị đầu ra 140, trong đó bộ xử lý trung tâm 100, thiết bị lưu trữ phụ 110, thiết bị lưu trữ chính 120, thiết bị đầu vào 130, và thiết bị đầu ra 140 được kết nối qua bus 150.

Bộ xử lý trung tâm 100 là bộ xử lý dùng để thực hiện các chương trình được lưu trữ trong thiết bị lưu trữ chính 120.

Thiết bị lưu trữ phụ 110 là thiết bị lưu trữ bất khả biến có dung lượng lớn, ví dụ, thiết bị lưu trữ từ tính hoặc bộ nhớ tác động nhanh, và lưu trữ dữ liệu được sử dụng bởi bộ xử lý trung tâm 100 tại thời gian thực hiện các chương trình. Cụ thể là, thiết bị lưu trữ phụ 110 lưu trữ dữ liệu quản lý không gian-thời gian 111, dữ liệu không gian-thời gian 112, và dữ liệu chỉ số không gian-thời gian 113.

Dữ liệu quản lý không gian-thời gian 111 là dữ liệu dùng để quản lý dữ liệu không gian-thời gian 112 và được minh họa một cách chi tiết trên Fig.7.

Như được minh họa trên Fig.9, dữ liệu không gian-thời gian 112 bao gồm các trường ID không gian-thời gian và dữ liệu chuỗi thời gian và được tạo thành từ bảng không gian-thời gian ở dạng bảng chẳng hạn. Bảng không gian-thời gian có thể bao gồm giá trị nhỏ nhất và giá trị lớn nhất của các giá trị thuộc tính nếu cần thiết. Dữ liệu không gian-thời gian 112 cũng bao gồm lược đồ dữ liệu không gian-thời gian. Như được minh họa trên Fig.3, lược đồ dữ liệu không gian-thời gian

gian bao gồm tên cột và loại dữ liệu.

Dữ liệu chỉ số không gian-thời gian 113 là chỉ số dùng để tìm kiếm dữ liệu không gian-thời gian (các số và địa chỉ bản ghi mà tại đó các bản ghi được lưu trữ) với ID không gian-thời gian làm khóa, và ví dụ, có thể là chỉ số cây B.

Thiết bị lưu trữ chính 120 là thiết bị lưu trữ khả biến và tốc độ cao như bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên động (DRAM - dynamic random access memory), và lưu trữ hệ điều hành (OS - operating system) và các chương trình ứng dụng. Bộ xử lý trung tâm 100 chạy hệ điều hành để thực hiện chức năng cơ bản của máy tính, và thực hiện các chương trình ứng dụng để thực hiện các chức năng của máy tính.

Cụ thể là, thiết bị lưu trữ chính 120 lưu trữ các chương trình dùng để thực hiện môđun quản lý dữ liệu không gian-thời gian 121, môđun tạo dữ liệu quản lý không gian-thời gian 122, môđun đăng ký dữ liệu không gian-thời gian 123, môđun tìm kiếm dữ liệu không gian-thời gian 124, môđun tạo dữ liệu chỉ số không gian-thời gian 125, và môđun tìm kiếm dữ liệu chỉ số không gian-thời gian 126.

Môđun quản lý dữ liệu không gian-thời gian 121 quản lý dữ liệu không gian-thời gian 112 (và ví dụ, là hệ thống quản lý cơ sở dữ liệu). Môđun tạo dữ liệu quản lý không gian-thời gian 122 tạo dữ liệu quản lý không gian-thời gian 111 dựa trên dữ liệu quản lý không gian-thời gian đầu vào. Môđun đăng ký dữ liệu không gian-thời gian 123 tạo dữ liệu không gian-thời gian 112 dựa trên dữ liệu không gian-thời gian đầu vào.

Môđun tìm kiếm dữ liệu không gian-thời gian 124 tham chiếu dữ liệu không gian-thời gian 112 và thực hiện xử lý tìm kiếm (xác định tổng quan và xác định chi tiết). Môđun tạo dữ liệu chỉ số không gian-thời gian 125 tạo dữ liệu chỉ số dựa trên dữ liệu không gian-thời gian để đăng ký, và đăng ký dữ liệu chỉ số đã được tạo ra với dữ liệu chỉ số không gian-thời gian 113. Môđun tìm kiếm dữ liệu chỉ số không gian-thời gian 126 tham chiếu dữ liệu chỉ số không gian-thời gian 113 và thực hiện xử lý tìm kiếm (xác định tổng quan).

Cần lưu ý là thiết bị lưu trữ phụ 110 có thể lưu trữ các chương trình sẽ được thực hiện bởi bộ xử lý trung tâm 100. Trong trường hợp này, các chương

trình được đọc từ thiết bị lưu trữ phụ 110, được tải lên thiết bị lưu trữ chính 120, và được thực hiện bởi bộ xử lý trung tâm 100.

Thiết bị đầu vào 130 là giao diện người sử dụng như bàn phím hoặc chuột. Thiết bị đầu ra 140 là giao diện người sử dụng như thiết bị hiển thị hoặc máy in.

Cần lưu ý là hệ thống quản lý dữ liệu không gian-thời gian có thể bao gồm giao diện truyền thông để nối với mạng và điều khiển hoạt động truyền thông với thiết bị khác. Trong trường hợp này, hệ thống quản lý dữ liệu không gian-thời gian được nối với thiết bị đầu cuối qua giao diện truyền thông, và thiết bị đầu cuối bao gồm thiết bị đầu vào 130 và thiết bị đầu ra 140 để hệ thống quản lý dữ liệu không gian-thời gian xử lý dữ liệu không gian-thời gian đáp lại yêu cầu từ thiết bị đầu cuối và đưa ra kết quả xử lý đến thiết bị đầu cuối.

Hệ thống quản lý dữ liệu không gian-thời gian có thể được lắp một cách vật lý trên một máy tính, hoặc có thể được lắp trên bộ phận logic được lắp trên ít nhất một máy tính.

Cần lưu ý là các chương trình sẽ được thực hiện bởi bộ xử lý trung tâm 100 được cung cấp cho máy tính qua phương tiện lưu trữ bất khả biến hoặc mạng. Do đó, tốt hơn là, máy tính bao gồm giao diện để đọc phương tiện lưu trữ (như CD-ROM hoặc bộ nhớ tác động nhanh).

Xử lý đăng ký dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới

Fig.2 là sơ đồ minh họa tổng quan của xử lý đăng ký dữ liệu không gian-thời gian theo phương án thứ nhất của sáng chế.

Dữ liệu không gian-thời gian theo phương án này là dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới mà được phân đoạn không gian bằng các lưới tọa độ và trong đó mỗi đoạn không gian-thời gian bao gồm dữ liệu chuỗi thời gian.

Trước tiên, như được minh họa trên Fig.2(a), trước khi đăng ký dữ liệu không gian-thời gian, vùng không gian-thời gian được phân đoạn theo dữ liệu quản lý không gian-thời gian 111 được nhập bởi người sử dụng, để xác định các đoạn không gian-thời gian. Mỗi đoạn không gian-thời gian được liên kết với dữ liệu chuỗi thời gian. Cần lưu ý là như được minh họa trên Fig.2(b), dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới có thể bao gồm các giá trị thuộc tính (từ a1 đến a4)

trong một đoạn không gian-thời gian. Các giá trị thuộc tính bao gồm các giá trị thuộc tính có trong một đoạn không gian-thời gian, hoặc khi không có dữ liệu trên ranh giới của các đoạn không gian-thời gian, dữ liệu được đăng ký trên ranh giới của các đoạn không gian-thời gian bằng cách nội suy sử dụng dữ liệu liền kề.

Sau đó, ID không gian-thời gian của từng mẫu dữ liệu không gian-thời gian được tính toán, và như được minh họa trên Fig.2(c), các đoạn không gian-thời gian (dữ liệu chuỗi thời gian) được liên kết với các ID không gian-thời gian. Các ID không gian-thời gian là các ký hiệu nhận dạng dùng để nhận dạng duy nhất các đoạn không gian-thời gian. ID không gian-thời gian được biểu thị bằng giá trị số nguyên một chiều, và các đoạn không gian-thời gian được liên kết với các ID không gian-thời gian, với kết quả là các đoạn không gian-thời gian có thể được biểu thị bằng các giá trị số nguyên duy nhất. Ngoài ra, các chỉ số (dữ liệu chỉ số không gian-thời gian) 113 của các đoạn không gian-thời gian được liên kết với các ID không gian-thời gian được tạo ra.

Như được minh họa trên Fig.2(d), dữ liệu không gian-thời gian của một đoạn không gian-thời gian bao gồm ID không gian-thời gian, dữ liệu chuỗi thời gian (thời gian, giá trị thuộc tính), và giá trị nhỏ nhất và giá trị lớn nhất của các giá trị thuộc tính. Khi dữ liệu chuỗi thời gian được biểu thị ở dạng nhị phân, dung lượng cần thiết cho dữ liệu chuỗi thời gian có thể được giảm. Ngoài ra, khi thời gian và các giá trị thuộc tính của dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới được biểu thị bằng các giá trị tương đối nhỏ, thì dữ liệu chuỗi thời gian có thể được biểu thị bằng số lượng byte nhỏ. Ngoài ra, khi các giá trị thuộc tính giống nhau xuất hiện nối tiếp trong dữ liệu chuỗi thời gian, kích cỡ dữ liệu có thể được giảm bằng cách nén tương đương để làm thưa dữ liệu ở giữa. Sau đó, các mẫu dữ liệu mà có ràng buộc cao theo thời gian và không gian được sắp xếp gần nhau một cách vật lý. Ví dụ, các mẫu dữ liệu được sắp xếp theo thứ tự từ khoảng thời gian cũ nhất, và đối với cùng khoảng thời gian, các mẫu dữ liệu được sắp xếp theo thứ tự đi qua không gian theo thứ tự Z. Cần lưu ý là thứ tự Z là cách tiếp cận của đường cong lấp đầy không gian đi qua mặt phẳng không gian theo thứ tự từ khoảng cách không gian gần nhất, và đường cong lấp đầy không gian

khác như đường cong Hilbert cũng có thể được sử dụng. Kết quả là, như được minh họa trên Fig.2(e), ID không gian-thời gian được gán cho từng đoạn không gian-thời gian trên mặt phẳng xy trong khoảng thời gian t1.

Khi không gian là ba chiều, phương pháp sắp xếp cần được chọn phụ thuộc vào phương pháp biểu diễn không gian. Ví dụ, khi không gian trong nhà như tòa nhà là đối tượng, có thể có trường hợp mà dữ liệu được quản lý trong 2,5 chiều trong đó mỗi sàn tạo thành không gian hai chiều. Trong trường hợp này, phương pháp hiệu quả là sắp xếp các mẫu dữ liệu theo thứ tự từ khoảng thời gian cũ nhất, đối với cùng khoảng thời gian, sắp xếp các mẫu dữ liệu theo thứ tự các mức độ cao, và đối với cùng mức độ cao, sắp xếp các mẫu dữ liệu theo thứ tự đi qua mặt phẳng không gian tương ứng theo thứ tự Z. Mặt khác, khi việc dịch chuyển các chất trong không khí là đối tượng, thì cần xử lý không gian trong ba chiều. Trong trường hợp này, phương pháp hiệu quả là sắp xếp các mẫu dữ liệu theo thứ tự từ khoảng thời gian cũ nhất và sắp xếp các mẫu dữ liệu theo thứ tự đi qua không gian ba chiều theo thứ tự Z.

Fig.3 là lưu đồ xử lý đăng ký dữ liệu không gian-thời gian theo phương án thứ nhất của sáng chế.

Trước tiên, môđun đăng ký dữ liệu không gian-thời gian 123 tham chiếu lược đồ không gian-thời gian để tạo dữ liệu không gian-thời gian (bảng không gian-thời gian) 112 (S101). Cần lưu ý là bảng không gian-thời gian được tạo ra ở bước S101 chưa có dữ liệu bất kỳ nào được đăng ký.

Ngoài ra, môđun tạo dữ liệu quản lý không gian-thời gian 122 sử dụng dữ liệu quản lý không gian-thời gian đầu vào để tạo dữ liệu quản lý không gian-thời gian (bảng quản lý không gian-thời gian) 111 (S102). Dữ liệu quản lý không gian-thời gian được sử dụng để tạo dữ liệu quản lý không gian-thời gian được đưa vào làm tệp theo định dạng định trước (ví dụ, định dạng CSV).

Ngoài ra, môđun đăng ký dữ liệu không gian-thời gian 123 đọc dữ liệu không gian-thời gian đầu vào như là dữ liệu trước khi đăng ký (S103). Sau đó, môđun đăng ký dữ liệu không gian-thời gian 123 sử dụng dữ liệu trước khi đăng ký để tạo dữ liệu để đăng ký (S104). Cụ thể là, môđun đăng ký dữ liệu không gian-thời gian 123 tính toán các ID không gian-thời gian của dữ liệu sẽ được

đăng ký, nén dữ liệu, nội suy dữ liệu cần thiết (ví dụ, tại ranh giới của các đoạn không gian-thời gian), và sắp xếp lại các mẫu dữ liệu theo các ID không gian-thời gian đã được tính toán. Xử lý tạo dữ liệu để đăng ký được mô tả một cách chi tiết có dựa trên Fig.4.

Sau đó, môđun đăng ký dữ liệu không gian-thời gian 123 đăng ký dữ liệu để đăng ký đã được tạo ra với dữ liệu không gian-thời gian 112. Ngoài ra, môđun tạo dữ liệu chỉ số không gian-thời gian 125 tạo dữ liệu chỉ số không gian-thời gian 113 dựa trên dữ liệu để đăng ký đã được tạo ra.

Fig.4 là lưu đồ xử lý tạo dữ liệu để đăng ký (S104) theo phương án thứ nhất của sáng chế, và minh họa xử lý của bước S104 trên Fig.3.

Dữ liệu không gian-thời gian theo phương án này là dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới mà được phân đoạn bằng các lưới tọa độ và trong đó mỗi đoạn không gian-thời gian bao gồm dữ liệu chuỗi thời gian.

Trước tiên, môđun đăng ký dữ liệu không gian-thời gian 123 xác định việc dữ liệu đã được đọc trước khi đăng ký có bao gồm dữ liệu chưa được xử lý hay không (S111).

Khi xác định được là không có dữ liệu chưa được xử lý, tất cả các mẫu dữ liệu đã được xử lý, và xử lý chuyển đến bước S115. Mặt khác, khi có dữ liệu chưa được xử lý, thu được một mẫu dữ liệu chưa được xử lý (S112), ID không gian-thời gian được tính toán (S113), và ID không gian-thời gian đã được tính toán được liên kết với dữ liệu (S114). Xử lý tính toán ID không gian-thời gian được mô tả một cách chi tiết có dựa trên Fig.5. Theo cách này, ID không gian-thời gian của từng mẫu liệu không gian-thời gian được tính toán, và từng đoạn không gian-thời gian (dữ liệu không gian-thời gian) được liên kết với ID không gian-thời gian, với kết quả là từng đoạn không gian-thời gian có thể được biểu thị bằng giá trị số nguyên duy nhất.

Ở bước S115, dữ liệu đã được xử lý được nhóm lại cho từng ID không gian-thời gian và dữ liệu chuỗi thời gian được tạo ra. Sau đó, nếu cần thiết, dữ liệu đã được nội suy được chèn trên ranh giới của các đoạn không gian-thời gian tương ứng với các ID không gian-thời gian của dữ liệu chuỗi thời gian (S116). Ngoài ra, khi các giá trị thuộc tính giống nhau xuất hiện nối tiếp trong dữ liệu

chuỗi thời gian, tốt hơn là, giảm kích cỡ dữ liệu bằng cách nén tương đương để làm thưa dữ liệu ở giữa.

Sau đó, dữ liệu chuỗi thời gian được nhị phân hóa (S117), và dữ liệu chuỗi thời gian được phân loại theo thứ tự các ID không gian-thời gian giảm dần (S118). Lúc này, các mẫu dữ liệu được phân loại để các mẫu dữ liệu mà có ràng buộc cao theo thời gian và không gian được sắp xếp vật lý gần nhau. Trong trường hợp này, các mẫu dữ liệu được sắp xếp theo thứ tự từ khoảng thời gian cũ nhất, và đối với cùng khoảng thời gian, các mẫu dữ liệu được sắp xếp theo thứ tự đi qua không gian theo thứ tự Z. Nói cách khác, (1) các ID không gian-thời gian có các giá trị nhỏ được gán cho các đoạn không gian-thời gian của các khoảng thời gian cũ, và (2) đối với cùng khoảng thời gian, các ID không gian-thời gian của các giá trị lân cận được gán cho các đoạn không gian-thời gian là gần nhau về khoảng không để các mẫu dữ liệu được đăng ký theo thứ tự các ID không gian-thời gian.

Đặc tính của thứ tự Z là, khi vùng vuông hai chiều song song với các trục trong không gian được xác định, giá trị Z ở phía dưới bên trái (với các tọa độ x và y nhỏ nhất) của vùng luôn lớn hơn giá trị Z ở phía trên bên phải (với các tọa độ x và y lớn nhất). Do đó, vùng không gian có thể được chuyển đổi thành khoảng các giá trị số nguyên một chiều một cách dễ dàng. Ngoài ra, các giá trị Z có thể được tính toán bằng cách chuyển đổi giữa các số nhị phân và thập phân và sắp xếp lại các bit, và do đó, các giá trị Z có thể được tính toán một cách dễ dàng.

Fig.5 là lưu đồ xử lý tính toán ID không gian-thời gian (S113) theo phương án thứ nhất của sáng chế, và minh họa xử lý của bước S113 trên Fig.4.

Trước tiên, môđun đăng ký dữ liệu không gian-thời gian 123 thu được thời gian t và các tọa độ (x, y) có trong dữ liệu trước khi đăng ký (S121). Sau đó, số đoạn t_{id} của trục thời gian của dữ liệu trước khi đăng ký được tính toán (S122). Số đoạn t_{id} biểu thị thứ tự của đoạn không gian-thời gian bao gồm dữ liệu trước khi đăng ký từ điểm gốc (thời gian bắt đầu) theo hướng trục thời gian.

Ngoài ra, số đoạn x_{id} của trục x của dữ liệu trước khi đăng ký được tính toán (S123). Số đoạn x_{id} biểu thị thứ tự của đoạn không gian-thời gian bao gồm

dữ liệu trước khi đăng ký từ điểm gốc (giá trị nhỏ nhất trên trục x) theo hướng trục x . Ngoài ra, số đoạn yid của trục y của dữ liệu trước khi đăng ký được tính toán (S124). Số đoạn yid biểu thị thứ tự của đoạn không gian-thời gian bao gồm dữ liệu trước khi đăng ký từ điểm gốc (giá trị nhỏ nhất trên trục y) theo hướng trục y .

Ở các bước từ S121 đến S123, TMIN là thời gian bắt đầu trên trục thời gian, và tw là chiều rộng đoạn trên trục thời gian. Ngoài ra, XMIN là giá trị nhỏ nhất trên trục x , và xw là chiều rộng đoạn trên trục x . Ngoài ra, YMIN là giá trị nhỏ nhất trên trục y , và yw là chiều rộng đoạn trên trục y .

Tiếp theo, tid được biểu thị bằng số nhị phân $[tid]_2$ có số lượng bit cụ thể Nbt (S125), xid được biểu thị bằng số nhị phân $[xid]_2$ có số lượng bit cụ thể Nbx (S126), và yid được biểu thị bằng số nhị phân $[yid]_2$ có số lượng bit cụ thể Nby (S127). Cần lưu ý là $[]_n$ biểu diễn giá trị số nguyên trong ký hiệu cơ số n .

Sau đó, ID không gian-thời gian Nb bit được chia thành Nbt bit trên và (Nb-Nbt) bit dưới, và $[stid]_2$ được tạo ra bằng cách xếp mảng $[tid]_2$ trong các bit trên và xếp mảng $[yid]_2$ và $[xid]_2$ trong các bit dưới theo thứ tự đã nêu từ các bit trên (S128).

Cuối cùng, $[stid]_2$ được chuyển đổi thành số nhị phân để tính toán stid (S129).

Fig.6A đến Fig.6D là các sơ đồ minh họa một ví dụ về dữ liệu không gian-thời gian (dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới) trước khi đăng ký theo phương án thứ nhất của sáng chế.

Fig.6A đến Fig.6D thể hiện ví dụ về dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới trong không gian hai chiều. Khoảng không gian từ các tọa độ phía dưới bên trái (0, 0) đến các tọa độ phía trên bên phải (100, 100). Ngoài ra, thời gian bắt đầu của dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới là $t=0$, và các trường hợp $t=150$ và $t=300$ được lấy ví dụ với khoảng thời gian 150. Ngoài ra, để phần mô tả được đơn giản, thời gian và các giá trị tọa độ được biểu thị bằng các giá trị số nguyên đơn giản. Trên thực tế, ví dụ, thời gian được biểu diễn bằng năm, tháng, ngày, giờ, phút, và giây hoặc thời gian UNIX (UNIX là tên thương mại, tương tự dưới đây), và các giá trị tọa độ được biểu thị bằng các tọa độ chiều rộng/chiều dài

hoặc hệ tọa độ hình chữ nhật phẳng.

Như được minh họa trên Fig.6A, dữ liệu không gian-thời gian (dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới) bao gồm các trường thời gian, không gian (các giá trị tọa độ), và giá trị thuộc tính. Cột "không gian" trong bảng được minh họa trên Fig.6A biểu thị khoảng không gian của đoạn không gian-thời gian, và các tọa độ phía dưới bên trái và các tọa độ phía trên bên phải của khoảng không gian được ghi.

Fig.6B, Fig.6C, và Fig.6D minh họa các giá trị thuộc tính của các đoạn không gian-thời gian trên mặt phẳng xy lần lượt tại các thời gian $t=0$, $t=150$, và $t=300$. Cần lưu ý là trong ví dụ được minh họa trên Fig.6A đến Fig.6D, một giá trị thuộc tính có trong một đoạn không gian-thời gian.

Trong ví dụ được minh họa, dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới gồm 25 hình vuông mỗi bên được liên kết với các giá trị thuộc tính, và các giá trị thuộc tính cho bốn đoạn không gian-thời gian ở phía dưới bên trái được minh họa một cách cụ thể, và việc minh họa các giá trị thuộc tính cho các đoạn không gian-thời gian khác không được thực hiện.

Fig.7 là sơ đồ minh họa một ví dụ về dữ liệu quản lý không gian-thời gian 111 theo phương án thứ nhất của sáng chế.

Dữ liệu quản lý không gian-thời gian 111 của dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới bao gồm các trường tên dữ liệu, thông số quản lý, và giá trị.

Các tên dữ liệu biểu diễn các loại dữ liệu mà là đối tượng của các thông số quản lý được đăng ký trong dữ liệu quản lý không gian-thời gian 111 và bao gồm, ví dụ, "dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới" và "dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm" (xem Fig.19).

Trong số các thông số quản lý, "số lượng bit của ID không gian-thời gian" xác định số lượng bit của giá trị số nguyên trong đó ID không gian-thời gian được biểu thị. Ngoài ra, "chiều không gian" là "2" đối với mặt phẳng hai chiều xy, và là "3" đối với không gian ba chiều xyz.

Dựa trên dữ liệu quản lý không gian-thời gian 111, số lượng bit không gian (số lượng bit nhỏ nhất cần thiết để biểu thị số lượng đoạn của từng trục của không gian) và số lượng bit thời gian của ID không gian-thời gian có thể được

xác định.

Trong ví dụ về dữ liệu quản lý không gian-thời gian 111 được minh họa trên Fig.7, bốn đoạn theo hướng trục x yêu cầu 2 bit trên trục x, và bốn đoạn theo hướng trục y yêu cầu 2 bit trên trục y, với kết quả là tổng số lượng bit không gian là 4 bit. Số lượng bit thời gian là giá trị thu được bằng cách trừ số lượng bit không gian từ số lượng bit của ID không gian-thời gian, và là 4 bit trong ví dụ về dữ liệu quản lý không gian-thời gian 111 được minh họa trên Fig.7.

Fig.8A đến Fig.8C là các sơ đồ minh họa một ví dụ về các ID không gian-thời gian cho các đoạn không gian-thời gian theo phương án thứ nhất của sáng chế, và minh họa các ID không gian-thời gian của các đoạn không gian-thời gian mà dữ liệu quản lý không gian-thời gian 111 được minh họa trên Fig.7 được ứng dụng.

Như được minh họa trên Fig.8A, các đoạn không gian-thời gian tại các thời gian từ $t=0$ đến 100 được gán các ID không gian-thời gian từ 0 đến 15. Các ID không gian-thời gian được gán bằng cách sử dụng thứ tự Z như mô tả trên đây. Theo cùng cách như vậy, các đoạn không gian-thời gian tại các thời gian từ $t=100$ đến 200 được gán các ID không gian-thời gian từ 16 đến 31 (xem Fig.8B), và các đoạn không gian-thời gian tại các thời gian từ $t=200$ đến 300 được gán các ID không gian-thời gian từ 32 đến 47 (xem Fig.8C).

Fig.9 là sơ đồ minh họa ví dụ cấu hình của dữ liệu không gian-thời gian 112 mà dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới được đăng ký theo phương án thứ nhất của sáng chế.

Dữ liệu không gian-thời gian 112 được minh họa trên Fig.9 được tạo ra bằng cách ứng dụng các định nghĩa của dữ liệu quản lý không gian-thời gian 111 được minh họa trên Fig.7 cho dữ liệu không gian-thời gian (dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới) được minh họa trên Fig.6A.

Như được minh họa trên Fig.9, dữ liệu không gian-thời gian 112 bao gồm các trường ID không gian-thời gian và dữ liệu chuỗi thời gian (thời gian, giá trị thuộc tính) và ví dụ, được tạo thành từ bảng không gian-thời gian ở dạng bảng.

Bảng không gian-thời gian có thể bao gồm giá trị nhỏ nhất và giá trị lớn

nhất của các giá trị thuộc tính nếu cần thiết. "Giá trị thuộc tính MIN" là giá trị nhỏ nhất của các giá trị thuộc tính của dữ liệu chuỗi thời gian của bản ghi, và "giá trị thuộc tính MAX" là giá trị lớn nhất của các giá trị thuộc tính của dữ liệu chuỗi thời gian của bản ghi. "Giá trị thuộc tính MIN" và "giá trị thuộc tính MAX" được sử dụng trong tìm kiếm không gian-thời gian bao gồm điều kiện của các giá trị thuộc tính.

Theo phương án này, để sử dụng trong tìm kiếm không gian-thời gian, dữ liệu được đăng ký trên ranh giới của các đoạn không gian-thời gian. Theo ví dụ này trong đó chiều rộng đoạn đơn vị thời gian là 100, các giá trị thuộc tính tại các thời gian $t=100$ và $t=200$ được nội suy từ dữ liệu thực và được đăng ký. Nội suy có thể là nội suy tuyến tính.

Fig.10 là sơ đồ minh họa cách sắp xếp vật lý của dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới theo phương án thứ nhất của sáng chế.

Trên Fig.10, các giá trị số trong các ô vuông biểu thị các ID không gian-thời gian, và mỗi ô vuông là bản ghi của dữ liệu không gian-thời gian bao gồm dữ liệu chuỗi thời gian, giá trị thuộc tính MIN, và giá trị thuộc tính MAX. Các mẫu dữ liệu không gian-thời gian được sắp xếp trên thiết bị lưu trữ phụ theo thứ tự các ID không gian-thời gian.

Như mô tả trên đây, đối với cùng khoảng thời gian, các mẫu dữ liệu được sắp xếp trên đĩa theo thứ tự từ khoảng cách không gian gần nhất (theo thứ tự các ID không gian-thời gian), và ngoài ra, các mẫu dữ liệu được sắp xếp theo thứ tự các khoảng thời gian.

Trong hệ thống quản lý dữ liệu không gian-thời gian theo phương án này, trường với các độ rộng thời gian và không gian nhất định thường được sử dụng làm điều kiện tìm kiếm, và do đó, các mẫu dữ liệu ở gần trong khoảng cách không gian thường được truy cập tại cùng thời điểm. Do đó, các mẫu dữ liệu ở gần trong khoảng cách không gian có thể được sắp xếp gần nhau trên đĩa, để giảm xử lý I/O trong quá trình tìm kiếm để việc tìm kiếm có thể được thực hiện ở tốc độ cao.

Xử lý tìm kiếm dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới

Tiếp theo, xử lý tìm kiếm dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới được mô

tả.

Fig.11 là sơ đồ minh họa tổng quan của việc tìm kiếm dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới theo phương án thứ nhất của sáng chế.

Dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới theo phương án thứ nhất được tìm kiếm ở hai bước: (1) xác định tổng quan; và (2) xác định chi tiết.

Ở bước xác định tổng quan, các ID không gian-thời gian được sử dụng để trích các đoạn không gian-thời gian thỏa mãn các điều kiện tìm kiếm. Ngoài ra, khi điều kiện giá trị thuộc tính được xác định, các đoạn không gian-thời gian thỏa mãn các điều kiện tìm kiếm được thu hẹp với giá trị thuộc tính MIN và giá trị thuộc tính MAX. Sau đó, ở bước xác định chi tiết, dữ liệu chuỗi thời gian của các đoạn không gian-thời gian được trích ở bước xác định tổng quan được tham chiếu, và dữ liệu chuỗi thời gian phù hợp với các điều kiện tìm kiếm được trích. Cần lưu ý là ở bước xác định chi tiết, dữ liệu chuỗi thời gian được nội suy để xác định việc dữ liệu chuỗi thời gian có phù hợp với các điều kiện tìm kiếm (điều kiện thời gian, điều kiện không gian, và điều kiện thuộc tính) hay không.

Fig.12 là lưu đồ xử lý tìm kiếm dữ liệu không gian-thời gian theo phương án thứ nhất của sáng chế.

Trước tiên, khi các điều kiện tìm kiếm dữ liệu không gian-thời gian được nhập, mô đun tìm kiếm dữ liệu không gian-thời gian 124 tạo chuỗi văn tin để tìm kiếm (S201). Trong quá trình xử lý tạo chuỗi văn tin, bảng quản lý không gian-thời gian 111 được tham chiếu và các ID không gian-thời gian của các đoạn không gian-thời gian phù hợp với các điều kiện tìm kiếm được nhận dạng, để tạo chuỗi văn tin bao gồm các ID không gian-thời gian đã được nhận dạng. Quá trình xử lý tạo chuỗi văn tin được mô tả một cách chi tiết có dựa trên Fig.13.

Các điều kiện tìm kiếm dữ liệu không gian-thời gian bao gồm điều kiện thời gian (thời gian hoặc khoảng thời gian) và điều kiện không gian (đa giác). Khoảng không gian thường được xác định như là đa giác, tuy nhiên, để đơn giản, trường hợp các hình chữ nhật được mô tả dưới đây. Cần lưu ý là khi điều kiện không gian là đa giác chứ không phải là, ví dụ, hình chữ nhật, việc tìm kiếm có thể được thực hiện với hình chữ nhật ngoại tiếp chứa đa giác, và có thể xác định việc kết quả tìm kiếm có ở trong đa giác hay không, để xác định kết

quả tìm kiếm. Phương pháp này cũng ứng dụng được cho trường hợp mà dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm là đối tượng như được mô tả dưới đây. Các điều kiện tìm kiếm dữ liệu không gian-thời gian có thể bao gồm điều kiện các giá trị thuộc tính. Điều kiện các giá trị thuộc tính bao gồm tổ hợp dữ liệu giá trị số (giá trị ngưỡng xác định) và điều kiện (do bằng nhau hoặc không bằng nhau).

Tiếp theo, môđun tìm kiếm dữ liệu chỉ số không gian-thời gian 126 thực hiện việc xác định tổng quan (S202). Cụ thể là, môđun tìm kiếm dữ liệu chỉ số không gian-thời gian 126 tham chiếu dữ liệu chỉ số không gian-thời gian 113 để nhận dạng dữ liệu của các ID không gian-thời gian phù hợp với điều kiện của các ID không gian-thời gian có trong chuỗi văn tin. Sau đó, môđun tìm kiếm dữ liệu không gian-thời gian 124 nhận dữ liệu của các ID không gian-thời gian, được nhận dạng bằng môđun tìm kiếm dữ liệu chỉ số không gian-thời gian 126, từ dữ liệu không gian-thời gian 112. Cần lưu ý là khi các điều kiện tìm kiếm dữ liệu không gian-thời gian bao gồm điều kiện của các giá trị thuộc tính, môđun tìm kiếm dữ liệu chỉ số không gian-thời gian 126 tham chiếu giá trị thuộc tính MIN và giá trị thuộc tính MAX của dữ liệu không gian-thời gian để xác định việc dữ liệu không gian-thời gian có thỏa mãn điều kiện của các giá trị thuộc tính hay không. Sau đó, ở bước xác định tổng quan (S202), các tùy chọn kết quả được xác định.

Tiếp theo, môđun tìm kiếm dữ liệu không gian-thời gian 124 sử dụng kết quả xác định tổng quan để thực hiện xác định chi tiết (S203). Cụ thể là, môđun tìm kiếm dữ liệu không gian-thời gian 124 tham chiếu dữ liệu của các đoạn không gian-thời gian của các tùy chọn kết quả để xác định việc dữ liệu chuỗi thời gian của mỗi trong số các đoạn không gian-thời gian có thỏa mãn điều kiện thời gian, điều kiện không gian, và điều kiện thuộc tính hay không. Cần lưu ý là khi không có dữ liệu chuỗi thời gian tương ứng với các điều kiện tìm kiếm, nội suy được thực hiện với dữ liệu chuỗi thời gian trong các đoạn không gian-thời gian để tạo các giá trị thuộc tính tương ứng với các điều kiện tìm kiếm (thời gian và không gian). Sau đó, các kết quả phù hợp với các điều kiện tìm kiếm được trích bằng việc xác định chi tiết (S203).

Fig.13 là lưu đồ xử lý tạo chuỗi văn tin theo phương án thứ nhất của sáng

ché.

Trước tiên, tại thời gian của điều kiện thời gian, môđun tìm kiếm dữ liệu không gian-thời gian 124 tính toán ID không gian-thời gian (stid1) của các tọa độ phía dưới bên trái của hình chữ nhật của điều kiện không gian (S211), và tính toán ID không gian-thời gian (stid2) của các tọa độ phía trên bên phải của hình chữ nhật của điều kiện không gian (S212). Để tính toán các ID không gian-thời gian ở các bước S211 và S212, xử lý tính toán ID không gian-thời gian mô tả trên đây (Fig.5) có thể được sử dụng. Cần lưu ý là khi khoảng thời gian được xác định làm điều kiện thời gian, ID không gian-thời gian (stid1) tại thời gian nhỏ nhất trong khoảng thời gian đã được xác định được tính toán ở bước S211, và ID không gian-thời gian (stid2) tại thời gian lớn nhất trong khoảng thời gian đã được xác định được tính toán ở bước S212.

Tiếp theo, môđun tìm kiếm dữ liệu không gian-thời gian 124 xác định việc các đoạn không gian-thời gian có các ID không gian-thời gian stid1 hoặc nhiều hơn và stid2 hoặc ít hơn thỏa mãn điều kiện thời gian và điều kiện không gian, và loại trừ các giá trị số nguyên không thỏa mãn điều kiện thời gian và điều kiện không gian để chỉ giữ các giá trị số nguyên thỏa mãn các điều kiện (S213).

Ngoài ra, môđun tìm kiếm dữ liệu không gian-thời gian 124 biểu diễn khoảng các giá trị số nguyên liên tục như một phạm vi (S214), và biểu diễn khoảng tìm kiếm một chiều của chuỗi văn tin bằng ít nhất một phạm vi đã được tạo ra (S215).

Fig.14 là sơ đồ minh họa một ví dụ về việc tìm kiếm khoảng không gian-thời gian của dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới khi "thời điểm" được xác định làm điều kiện thời gian.

Trong ví dụ được minh họa trên Fig.14, các điều kiện tìm kiếm bao gồm điều kiện thời gian $t=50$ và điều kiện không gian $(x, y)=(0, 0)$ đến $(50, 50)$. Kết quả tìm kiếm được tạo thành từ tập hợp khoảng không gian theo mạng lưới và dữ liệu chuỗi thời gian.

Trước tiên, ở bước xác định tổng quan, các điều kiện tìm kiếm được chuyển đổi thành khoảng tìm kiếm các ID không gian-thời gian. Việc chuyển đổi

này có thể được tính toán bằng cách sử dụng khoảng thời gian và không gian của các điều kiện tìm kiếm và tham chiếu dữ liệu quản lý không gian-thời gian (Fig.7) (phương pháp được mô tả có dựa trên Fig.5 được sử dụng). Trong ví dụ được minh họa trên Fig.14, xác định tổng quan cung cấp các đoạn không gian-thời gian được minh họa bằng các đường nét đứt làm các tùy chọn kết quả, và thu được các bản ghi thỏa mãn $0 \leq (\text{ID không gian-thời gian}) \leq 3$ làm các tùy chọn kết quả từ dữ liệu không gian-thời gian 112.

Tiếp theo, ở bước xác định chi tiết, dữ liệu chuỗi thời gian của mỗi trong số các đoạn không gian-thời gian được tham chiếu, và xác định việc các tùy chọn kết quả được trích ở bước xác định tổng quan có thỏa mãn các điều kiện tìm kiếm hay không. Trong ví dụ được minh họa trên Fig.14, tất cả các bản ghi được trích ở bước xác định tổng quan thỏa mãn các điều kiện, và do đó, tất cả các tùy chọn kết quả được giữ làm các kết quả cuối cùng.

Trong ví dụ được minh họa trên Fig.14, giá trị thuộc tính tại thời gian $t=50$ được xác định. Tuy nhiên, dữ liệu tại thời gian $t=50$ không có trong "dữ liệu chuỗi thời gian" và do đó, được nội suy. Cụ thể là, nội suy tuyến tính được thực hiện dựa trên các giá trị thuộc tính trước và sau thời gian $t=50$. Ví dụ, trong trường hợp của bản ghi với ID không gian-thời gian 0, nội suy tuyến tính được thực hiện bằng cách sử dụng dữ liệu chuỗi thời gian (0, 0) và dữ liệu chuỗi thời gian (100, 2) để tính toán dữ liệu chuỗi thời gian (50, 1).

Khoảng không gian theo mạng lưới của kết quả tìm kiếm là các tọa độ phía dưới bên trái và các tọa độ phía trên bên phải của khoảng không gian của các lưới tọa độ, và dữ liệu chuỗi thời gian ở dạng danh sách có thời gian và giá trị thuộc tính là các thành phần. Trong ví dụ được minh họa trên Fig.14, điều kiện thời gian là thời gian, và do đó, dữ liệu chuỗi thời gian của mỗi trong số các đoạn không gian-thời gian bao gồm chỉ một thành phần.

Fig.15 là sơ đồ minh họa một ví dụ về việc tìm kiếm khoảng không gian-thời gian của dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới khi "khoảng thời gian" được xác định làm điều kiện thời gian.

Trong ví dụ được minh họa trên Fig.15, các điều kiện tìm kiếm bao gồm điều kiện thời gian $t=50$ đến 150 và điều kiện không gian $(x, y)=(0, 0)$ đến (50,

50). Kết quả tìm kiếm được tạo thành từ tập hợp khoảng không gian theo mạng lưới và dữ liệu chuỗi thời gian.

Trước tiên, ở bước xác định tổng quan, các điều kiện tìm kiếm được chuyển đổi thành khoảng tìm kiếm các ID không gian-thời gian. Việc chuyển đổi này có thể được tính toán bằng cách sử dụng khoảng thời gian (thời gian bắt đầu và thời gian kết thúc) và khoảng không gian của các điều kiện tìm kiếm và tham chiếu dữ liệu quản lý không gian-thời gian (Fig.7) (phương pháp được mô tả có dựa trên Fig.5 được sử dụng). Trong ví dụ được minh họa trên Fig.15, việc xác định tổng quan cung cấp các đoạn không gian-thời gian thỏa mãn $0 \leq (\text{ID không gian-thời gian}) \leq 3$ hoặc $16 \leq (\text{ID không gian-thời gian}) \leq 19$ làm các tùy chọn kết quả, và thu được các bản ghi của các tùy chọn kết quả từ dữ liệu không gian-thời gian 112.

Tiếp theo, ở bước xác định chi tiết, dữ liệu chuỗi thời gian của mỗi trong số các đoạn không gian-thời gian được tham chiếu, và xác định việc các tùy chọn kết quả được trích ở bước xác định tổng quan có thỏa mãn các điều kiện tìm kiếm hay không. Trong ví dụ được minh họa trên Fig.15, tất cả các bản ghi được trích ở bước xác định tổng quan thỏa mãn các điều kiện, và do đó, các tùy chọn kết quả được giữ làm các kết quả cuối cùng.

Trong ví dụ được minh họa trên Fig.15, các giá trị thuộc tính tại các thời gian $t=50$ và $t=150$ được xác định. Tuy nhiên, dữ liệu tại thời gian $t=50$ không có trong "dữ liệu chuỗi thời gian", và do đó, được nội suy. Cụ thể là, nội suy tuyến tính được thực hiện dựa trên các giá trị thuộc tính trước và sau thời gian $t=50$. Ví dụ, trong trường hợp của bản ghi có ID không gian-thời gian 0, nội suy tuyến tính được thực hiện bằng cách sử dụng dữ liệu chuỗi thời gian (0, 0) và dữ liệu chuỗi thời gian (100, 2) để tính toán dữ liệu chuỗi thời gian (50, 1).

Khoảng không gian theo mạng lưới của kết quả tìm kiếm là các tọa độ phía dưới bên trái và các tọa độ phía trên bên phải của khoảng không gian của các lưới tọa độ, và dữ liệu chuỗi thời gian ở dạng danh sách có thời gian và các giá trị thuộc tính như là các thành phần. Trong ví dụ được minh họa trên Fig.15, điều kiện thời gian là khoảng thời gian, và do đó, dữ liệu chuỗi thời gian của mỗi trong số các đoạn không gian-thời gian bao gồm các giá trị thuộc tính tương

ứng với thời gian bắt đầu và thời gian kết thúc và dữ liệu chuỗi thời gian (các giá trị thuộc tính tại thời gian $t=100$ giữa thời gian bắt đầu và thời gian kết thúc) của các bản ghi nhận được ở bước xác định tổng quan.

Fig.16 là sơ đồ minh họa một ví dụ về việc tìm kiếm khoảng không gian-thời gian của dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới khi điều kiện thuộc tính được xác định.

Trong ví dụ được minh họa trên Fig.16, các điều kiện tìm kiếm bao gồm điều kiện thời gian $t=50$, điều kiện không gian $(x, y)=(0, 0)$ đến $(50, 50)$, và điều kiện thuộc tính (giá trị thuộc tính) ≤ 1 . Kết quả tìm kiếm được tạo thành từ tập hợp khoảng không gian theo mạng lưới và dữ liệu chuỗi thời gian.

Trước tiên, ở bước xác định tổng quan, các điều kiện tìm kiếm được chuyển đổi thành khoảng tìm kiếm các ID không gian-thời gian. Việc chuyển đổi này có thể được tính toán bằng cách sử dụng khoảng thời gian và không gian của các điều kiện tìm kiếm và tham chiếu dữ liệu quản lý không gian-thời gian 111 (Fig.7) (phương pháp được mô tả có dựa trên Fig.5 được sử dụng). Trong ví dụ được minh họa trên Fig.16, việc xác định tổng quan cung cấp các đoạn không gian-thời gian thỏa mãn $0 \leq (\text{ID không gian-thời gian}) \leq 3$ và (giá trị thuộc tính MAX) ≤ 1 làm các tùy chọn kết quả, và thu được các bản ghi của các tùy chọn kết quả từ dữ liệu không gian-thời gian 112. Cần lưu ý là các bản ghi với giá trị thuộc tính MAX 1 hoặc nhỏ hơn được chọn ở bước xác định tổng quan vì khi giá trị lớn nhất của các giá trị thuộc tính là 1 hoặc nhỏ hơn, thì có khả năng là các giá trị thuộc tính của dữ liệu không gian-thời gian có trong các đoạn không gian-thời gian là 1 hoặc nhỏ hơn.

Tiếp theo, ở bước xác định chi tiết, dữ liệu chuỗi thời gian của mỗi trong số các đoạn không gian-thời gian được tham chiếu, và xác định việc các tùy chọn kết quả được trích ở bước xác định tổng quan có thỏa mãn các điều kiện tìm kiếm hay không. Trong ví dụ được minh họa trên Fig.16, tất cả các bản ghi được trích ở bước xác định tổng quan thỏa mãn các điều kiện, và do đó, tất cả các tùy chọn kết quả được giữ làm các kết quả cuối cùng.

Trong ví dụ được minh họa trên Fig.16, giá trị thuộc tính tại thời gian $t=50$ được xác định. Tuy nhiên, dữ liệu tại thời gian $t=50$ không có trong "dữ

liệu chuỗi thời gian", và do đó, được nội suy. Cụ thể là, nội suy tuyến tính được thực hiện dựa trên các giá trị thuộc tính trước và sau thời gian $t=50$. Ví dụ, trong trường hợp của bản ghi với ID không gian-thời gian 0, nội suy tuyến tính được thực hiện bằng cách sử dụng dữ liệu chuỗi thời gian (0, 0) và dữ liệu chuỗi thời gian (100, 2) để tính toán dữ liệu chuỗi thời gian (50, 1).

Khoảng không gian theo mạng lưới của kết quả tìm kiếm là các tọa độ phía dưới bên trái và các tọa độ phía trên bên phải của khoảng không gian của các lưới tọa độ, và dữ liệu chuỗi thời gian ở dạng danh sách có thời gian và các giá trị thuộc tính là các thành phần. Trong ví dụ được minh họa trên Fig.16, điều kiện thời gian là thời gian, và do đó, dữ liệu chuỗi thời gian của mỗi trong số các đoạn không gian-thời gian bao gồm chỉ một thành phần.

Phương án thứ hai

Tiếp theo, phương án thứ hai của sáng chế được mô tả. Theo phương án này, hệ thống quản lý dữ liệu không gian-thời gian có thể xử lý dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm được mô tả.

Fig.17A và Fig.17B là các sơ đồ minh họa một ví dụ về dữ liệu không gian-thời gian (dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm) trước khi đăng ký hệ thống quản lý dữ liệu không gian-thời gian theo phương án thứ hai của sáng chế.

Fig.17A và Fig.17B thể hiện ví dụ về dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới của không gian hai chiều. Khoảng không gian từ các tọa độ phía dưới bên trái (0, 0) đến các tọa độ phía trên bên phải (100, 100). Ngoài ra, thời gian bắt đầu của dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới là $t=0$, và các trường hợp $t=150$ và $t=300$ được lấy ví dụ với khoảng thời gian 150. Ngoài ra, để phần mô tả được đơn giản, thời gian và các giá trị tọa độ được biểu diễn bằng các giá trị số nguyên đơn. Ví dụ, trên thực tế, thời gian được biểu diễn bằng năm, tháng, ngày, giờ, phút, và giây hoặc thời gian UNIX, và các giá trị tọa độ được biểu diễn bằng các tọa độ chiều dài/chiều rộng hoặc hệ tọa độ hình chữ nhật phẳng.

Như được minh họa trên Fig.17A, dữ liệu không gian-thời gian (dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm) bao gồm các trường thời gian, không gian (các giá trị tọa độ), và ID đối tượng. Trong cột "không gian" trong bảng được minh họa trên Fig.17A, các giá trị tọa độ của vị trí mà đối tượng được định vị tại đó được ghi.

ID đối tượng là ký hiệu nhận dạng dùng để nhận dạng duy nhất đối tượng.

Fig.17B minh họa các vị trí (các tọa độ) của các đối tượng đang di chuyển có các ID đối tượng 1 và 2 tại các thời gian $t=0$, $t=150$, và $t=300$ trên mặt phẳng xy (các đoạn không gian-thời gian).

Fig.18 là sơ đồ minh họa tổng quan của xử lý đăng ký dữ liệu không gian-thời gian theo phương án thứ hai của sáng chế.

Dữ liệu không gian-thời gian theo phương án này là dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm mà được phân đoạn bằng các lưới tọa độ và trong đó mỗi đoạn bao gồm dữ liệu chuỗi thời gian (thời gian, các tọa độ, giá trị thuộc tính).

Trước tiên, như được minh họa trên Fig.18(a), trước khi đăng ký dữ liệu không gian-thời gian, thời gian và không gian được phân đoạn theo dữ liệu quản lý không gian-thời gian 111 được nhập bởi người sử dụng, để xác định các đoạn không gian-thời gian. Mỗi đoạn không gian-thời gian được ràng buộc với dữ liệu chuỗi thời gian. Cần lưu ý là như được minh họa trên Fig.18(b), dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm có thể bao gồm các mẫu dữ liệu chuỗi thời gian trong một đoạn không gian-thời gian. Các mẫu dữ liệu chuỗi thời gian bao gồm, khi không có dữ liệu ở vị trí trên các quỹ đạo trong một đoạn không gian-thời gian hoặc trên ranh giới của các đoạn không gian-thời gian, dữ liệu được đăng ký trên ranh giới của các đoạn không gian-thời gian bằng cách nội suy sử dụng dữ liệu liền kề.

Sau đó, ID không gian-thời gian của từng mẫu dữ liệu không gian-thời gian được tính toán, và như được minh họa trên Fig.18(c), các đoạn không gian-thời gian (ID đối tượng và dữ liệu chuỗi thời gian) được liên kết với các ID không gian-thời gian. ID không gian-thời gian được biểu diễn bằng giá trị số nguyên một chiều, và các đoạn không gian-thời gian được liên kết với các ID không gian-thời gian, với kết quả là các đoạn không gian-thời gian có thể được biểu diễn bằng các giá trị số nguyên duy nhất. Ngoài ra, các chỉ số (dữ liệu chỉ số không gian-thời gian) 113 của các đoạn không gian-thời gian được liên kết với các ID không gian-thời gian được tạo ra.

Như được minh họa trên Fig.18(d), dữ liệu không gian-thời gian của một đoạn không gian-thời gian bao gồm ID không gian-thời gian, ID đối tượng, dữ

liệu chuỗi thời gian (thời gian, các giá trị tọa độ, giá trị thuộc tính), và giá trị nhỏ nhất và giá trị lớn nhất của các giá trị thuộc tính. Khi thời gian, các giá trị tọa độ, và các giá trị thuộc tính của dữ liệu chuỗi thời gian của dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm được biểu diễn bằng các giá trị tương đối, dữ liệu chuỗi thời gian có thể được biểu diễn bằng số lượng byte nhỏ. Ngoài ra, khi cùng các giá trị tọa độ và các giá trị thuộc tính xuất hiện nối tiếp trong dữ liệu chuỗi thời gian, kích cỡ dữ liệu có thể được giảm bằng cách nén tương đương để làm thưa dữ liệu ở giữa.

Sau đó, các mẫu dữ liệu liên quan cao được phân loại để được sắp xếp gần nhau một cách vật lý. Ví dụ, các mẫu dữ liệu được sắp xếp theo thứ tự từ khoảng thời gian cũ nhất, và đối với cùng khoảng thời gian, các mẫu dữ liệu được sắp xếp theo thứ tự đi qua không gian theo thứ tự Z. Kết quả là, như được minh họa trên Fig.18(e), ID không gian-thời gian được gán cho từng đoạn không gian-thời gian trên mặt phẳng xy trong khoảng thời gian t_1 .

Fig.19 là sơ đồ minh họa một ví dụ về dữ liệu quản lý không gian-thời gian 111 theo phương án thứ hai của sáng chế.

Dữ liệu quản lý không gian-thời gian 111 của dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm bao gồm các trường tên dữ liệu, thông số quản lý, và giá trị. Dữ liệu quản lý không gian-thời gian 111 theo phương án thứ hai khác dữ liệu quản lý không gian-thời gian 111 (Fig.7) theo phương án thứ nhất mô tả trên đây ở chỗ tên dữ liệu là "dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm", và tương tự như dữ liệu quản lý không gian-thời gian 111 theo phương án thứ nhất được mô tả trên đây ở các điểm khác. Do đó, phần mô tả chi tiết không được thực hiện.

Fig.20 là sơ đồ minh họa ví dụ cấu hình của dữ liệu không gian-thời gian 112 mà dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm được đăng ký theo phương án thứ hai của sáng chế.

Dữ liệu không gian-thời gian 112 được minh họa trên Fig.20 được tạo ra bằng cách ứng dụng các định nghĩa của dữ liệu quản lý không gian-thời gian 111 được minh họa trên Fig.19 cho dữ liệu không gian-thời gian (dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm) được minh họa trên Fig.17A.

Như được minh họa trên Fig.20, dữ liệu không gian-thời gian (dữ liệu

chuỗi thời gian theo điểm) 112 bao gồm các trường ID không gian-thời gian, ID đối tượng, và dữ liệu chuỗi thời gian (thời gian, các tọa độ) và ví dụ, được tạo thành từ bảng không gian-thời gian ở dạng bảng. Cần lưu ý là dữ liệu chuỗi thời gian có thể bao gồm các giá trị thuộc tính ngoài thời gian và các tọa độ. Trong trường hợp này, bảng không gian-thời gian có thể bao gồm giá trị nhỏ nhất và giá trị lớn nhất (giá trị thuộc tính MIN và giá trị thuộc tính MAX) của các giá trị thuộc tính. Giá trị thuộc tính MIN và giá trị thuộc tính MAX được xác định trong dữ liệu không gian-thời gian 112 (Fig.9) theo phương án thứ nhất mô tả trên đây.

Theo phương án này, để sử dụng trong quá trình tìm kiếm không gian-thời gian, dữ liệu được đăng ký trên ranh giới của các đoạn không gian-thời gian. Theo ví dụ này trong đó chiều rộng đoạn đơn vị thời gian là 100, các giá trị thuộc tính tại các thời gian $t=100$ và $t=200$ được nội suy từ dữ liệu thực và được đăng ký. Ví dụ, trong bản ghi có ID không gian-thời gian 0 và ID đối tượng 1, nội suy có thể được thực hiện bằng cách sử dụng dữ liệu chuỗi thời gian (0, 10, 10) và (150, 10, 40) để tạo dữ liệu (75, 10, 25) trên đường $y=25$. Theo cùng cách như vậy, trong bản ghi có ID không gian-thời gian 2 và ID đối tượng 1, nội suy có thể được thực hiện bằng cách sử dụng dữ liệu chuỗi thời gian (0, 10, 10) và (150, 10, 40) để tạo dữ liệu (100, 10, 30) trên đường $t=100$.

Fig.21 là sơ đồ minh họa cách sắp xếp vật lý của dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm theo phương án thứ hai của sáng chế.

Trên Fig.21, các giá trị số trong các ô vuông biểu thị ID không gian-thời gian và ID đối tượng theo thứ tự từ bên trái, và mỗi ô vuông là bản ghi dữ liệu không gian-thời gian bao gồm dữ liệu chuỗi thời gian (giá trị thuộc tính MIN và giá trị thuộc tính MAX nếu cần thiết). Các mẫu dữ liệu không gian-thời gian được sắp xếp trên thiết bị lưu trữ phụ theo thứ tự các ID không gian-thời gian.

Như mô tả trên đây, đối với cùng khoảng thời gian, các mẫu dữ liệu được sắp xếp trên đĩa theo thứ tự từ khoảng cách không gian gần nhất (theo thứ tự các ID không gian-thời gian), và ngoài ra, các mẫu dữ liệu được sắp xếp theo thứ tự các khoảng thời gian.

Trong hệ thống quản lý dữ liệu không gian-thời gian theo phương án này,

trường với các độ rộng thời gian và không gian nhất định thường được sử dụng làm điều kiện tìm kiếm, và do đó, các mẫu dữ liệu ở gần trong khoảng cách không gian thường được truy cập tại cùng thời điểm. Do đó, các mẫu dữ liệu ở gần trong khoảng cách không gian có thể được sắp xếp gần nhau trên đĩa, để giảm xử lý I/O trong quá trình tìm kiếm để việc tìm kiếm có thể được thực hiện ở tốc độ cao.

Xử lý tìm kiếm dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm

Tiếp theo, xử lý tìm kiếm dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm theo phương án thứ hai được mô tả. Xử lý tìm kiếm dữ liệu chuỗi thời gian theo phương án thứ hai giống như xử lý tìm kiếm dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới theo phương án thứ nhất mô tả trên đây (Fig.12 và Fig.13), và do đó, lưu đồ không được mô tả.

Fig.22 là sơ đồ minh họa tổng quan của việc tìm kiếm dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm theo phương án thứ hai của sáng chế.

Dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm theo phương án thứ hai được tìm kiếm ở hai bước: (1) xác định tổng quan; và (2) xác định chi tiết.

Các chi tiết của bước xác định tổng quan và xác định chi tiết là giống như các chi tiết của việc xác định theo phương án thứ nhất mô tả trên đây. Cần lưu ý là cũng ở bước xác định chi tiết theo phương án thứ hai, như theo phương án thứ nhất mô tả trên đây, dữ liệu chuỗi thời gian được nội suy để xác định việc dữ liệu chuỗi thời gian có phù hợp với các điều kiện tìm kiếm (điều kiện thời gian, điều kiện không gian, và điều kiện thuộc tính) hay không.

Fig.23 là sơ đồ minh họa một ví dụ về việc tìm kiếm khoảng không gian-thời gian của dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm khi "thời gian" được xác định làm điều kiện thời gian.

Trong ví dụ được minh họa trên Fig.23, các điều kiện tìm kiếm bao gồm điều kiện thời gian $t=50$ và điều kiện không gian $(x, y)=(0, 0)$ đến $(50, 50)$. Kết quả tìm kiếm được tạo thành từ tập hợp ID đối tượng và dữ liệu chuỗi thời gian.

Trước tiên, ở bước xác định tổng quan, các điều kiện tìm kiếm được chuyển đổi thành khoảng tìm kiếm các ID không gian-thời gian. Chuyển đổi này có thể được tính toán bằng cách sử dụng khoảng thời gian và không gian của các

điều kiện tìm kiếm và tham chiếu dữ liệu quản lý không gian-thời gian 111 (Fig.19) (phương pháp được mô tả có dựa trên Fig.5 được sử dụng). Trong ví dụ được minh họa trên Fig.23, xác định tổng quan cung cấp các đoạn không gian-thời gian được minh họa trong đường nét đứt làm các tùy chọn kết quả, và thu được các bản ghi thỏa mãn $0 \leq (\text{ID không gian-thời gian}) \leq 3$ làm các tùy chọn kết quả từ dữ liệu không gian-thời gian 112.

Tiếp theo, ở bước xác định chi tiết, dữ liệu chuỗi thời gian của mỗi trong số các đoạn không gian-thời gian được tham chiếu, và xác định xem các tùy chọn kết quả được trích ở bước xác định tổng quan có thỏa mãn các điều kiện tìm kiếm hay không. Trong ví dụ được minh họa trên Fig.23, trong số các bản ghi được trích ở bước xác định tổng quan, bản ghi có ID không gian-thời gian 2 và ID đối tượng 1 là dữ liệu không gian-thời gian tại các thời gian $t=75$ đến 100, mà không thỏa mãn điều kiện thời gian, và do đó, bản ghi được loại trừ khỏi các kết quả. Cần lưu ý là trong ví dụ được minh họa trên Fig.23, các giá trị tọa độ tại thời gian 50 có thể được xác định dựa trên bản ghi có ID không gian-thời gian 0 và ID đối tượng 2 cũng như bản ghi có ID không gian-thời gian 1 và ID đối tượng 2, nhưng các bản sao được loại bỏ khỏi các kết quả cuối cùng.

Trong ví dụ được minh họa trên Fig.23, giá trị thuộc tính tại thời gian $t=50$ được xác định. Tuy nhiên, khi dữ liệu tại thời gian $t=50$ không có trong "dữ liệu chuỗi thời gian", dữ liệu sẽ được nội suy. Cụ thể là, nội suy tuyến tính được thực hiện dựa trên các giá trị thuộc tính trước và sau thời gian $t=50$. Ví dụ, đối với dữ liệu không gian-thời gian có ID đối tượng 1, nội suy tuyến tính được thực hiện bằng cách sử dụng dữ liệu chuỗi thời gian (0, 10, 10) và dữ liệu chuỗi thời gian (75, 10, 25) để tính toán dữ liệu chuỗi thời gian (50, 10, 20).

Dữ liệu chuỗi thời gian là kết quả tìm kiếm ở dạng danh sách có thời gian và các tọa độ của các điểm là các thành phần. Trong ví dụ được minh họa trên Fig.23, điều kiện thời gian là thời gian, và do đó, dữ liệu chuỗi thời gian của từng ID đối tượng chỉ bao gồm một thành phần.

Fig.24 là sơ đồ minh họa một ví dụ về việc tìm kiếm khoảng không gian-thời gian của dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm khi "khoảng thời gian" được xác định làm điều kiện thời gian.

Trong ví dụ được minh họa trên Fig.24, các điều kiện tìm kiếm bao gồm điều kiện thời gian $t=50$ đến 150 và điều kiện không gian của hình chữ nhật có $(x, y)=(0, 0)$ đến $(50, 50)$. Kết quả tìm kiếm được tạo thành từ tập hợp ID đối tượng và dữ liệu chuỗi thời gian.

Trước tiên, ở bước xác định tổng quan, các điều kiện tìm kiếm được chuyển đổi thành khoảng tìm kiếm các ID không gian-thời gian. Chuyển đổi này có thể được tính toán bằng cách sử dụng khoảng thời gian (thời gian bắt đầu và thời gian kết thúc) và khoảng không gian của các điều kiện tìm kiếm và tham chiếu dữ liệu quản lý không gian-thời gian (Fig.19) (phương pháp được mô tả có dựa trên Fig.5 được sử dụng). Trong ví dụ được minh họa trên Fig.24, xác định tổng quan cung cấp các đoạn không gian-thời gian thỏa mãn $0 \leq (\text{ID không gian-thời gian}) \leq 3$ hoặc $16 \leq (\text{ID không gian-thời gian}) \leq 19$ làm các tùy chọn kết quả, và thu được các bản ghi của các tùy chọn kết quả từ dữ liệu không gian-thời gian 112.

Tiếp theo, ở bước xác định chi tiết, dữ liệu chuỗi thời gian của mỗi trong số các đoạn không gian-thời gian được tham chiếu, và xác định xem các tùy chọn kết quả được trích ở bước xác định tổng quan có thỏa mãn các điều kiện tìm kiếm hay không. Trong ví dụ được minh họa trên Fig.24, tất cả các bản ghi được trích ở bước xác định tổng quan thỏa mãn các điều kiện, và do đó, tất cả các tùy chọn kết quả được giữ làm các kết quả cuối cùng.

Trong ví dụ được minh họa trên Fig.24, các giá trị thuộc tính tại các thời gian $t=50$ và $t=150$ được xác định. Tuy nhiên, dữ liệu tại thời gian $t=50$ không có trong "dữ liệu chuỗi thời gian", và do đó, được nội suy. Cụ thể là, nội suy tuyến tính được thực hiện dựa trên các giá trị thuộc tính trước và sau thời gian $t=50$. Ví dụ, đối với dữ liệu không gian-thời gian có ID đối tượng 1, nội suy tuyến tính được thực hiện bằng cách sử dụng dữ liệu chuỗi thời gian $(0, 10, 10)$ và dữ liệu chuỗi thời gian $(75, 10, 25)$ để tính toán dữ liệu chuỗi thời gian $(50, 10, 20)$.

Dữ liệu chuỗi thời gian như là kết quả tìm kiếm ở dạng danh sách có thời gian và các tọa độ của các điểm như là các thành phần, và được nhóm lại cho từng ID đối tượng. Trong ví dụ được minh họa trên Fig.24, điều kiện thời gian là

khoảng thời gian, và do đó, dữ liệu chuỗi thời gian của từng ID đối tượng bao gồm các giá trị thuộc tính tương ứng với thời gian bắt đầu và thời gian kết thúc, dữ liệu chuỗi thời gian (các giá trị thuộc tính tại thời gian $t=75$) đã được nhập, và dữ liệu chuỗi thời gian (các giá trị thuộc tính tại thời gian $t=100$ giữa thời gian bắt đầu và thời gian kết thúc) của các bản ghi thu được ở bước xác định tổng quan.

Phương án thứ ba

Tiếp theo, phương án thứ ba của sáng chế được mô tả. Theo phương án thứ ba này, cả dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới và dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm có thể được xử lý, và việc xử lý kiểm tra sự tương giao để tạo ràng buộc cả hai dữ liệu này được thực hiện.

Fig.25A và Fig.25B là các sơ đồ minh họa tổng quan của kiểm tra sự tương giao cho các loại dữ liệu không gian-thời gian khác nhau theo phương án thứ ba của sáng chế.

Trong quá trình kiểm tra sự tương giao đối với dữ liệu không gian-thời gian, dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới và dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm được ràng buộc để xác định việc các điều kiện tìm kiếm (điều kiện thời gian, điều kiện không gian, và điều kiện thuộc tính) có được thỏa mãn hay không.

Cụ thể là, tại thời gian xác định tổng quan, như được minh họa trên Fig.25A, ID không gian-thời gian (khi điều kiện của giá trị thuộc tính được xác định, giá trị thuộc tính MIN và giá trị thuộc tính MAX) được sử dụng để trích các đoạn không gian-thời gian của dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới mà phù hợp với các điều kiện tìm kiếm. Sau đó, các đoạn không gian-thời gian đã được trích của dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới và các đoạn không gian-thời gian của dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm được ràng buộc với nhau.

Sau đó, tại thời gian xác định chi tiết, như được minh họa trên Fig.25B, dữ liệu chuỗi thời gian của từng bản ghi được tham chiếu, và xác định xem dữ liệu chuỗi thời gian có thỏa mãn các điều kiện tìm kiếm hay không.

Ví dụ, trong trường hợp mà dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới là dữ liệu mô phỏng mức nước và dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm là dữ liệu mô phỏng của các đối tượng đang di chuyển (ví dụ, người), tại thời điểm (hoặc

khoảng thời gian) cụ thể và trong khoảng không gian cụ thể, việc tìm kiếm được thực hiện để thu được, khi điều kiện thuộc tính thỏa mãn độ sâu nước là 1m hoặc lớn hơn, dữ liệu về các đối tượng đang di chuyển (cụ thể là, người bị ảnh hưởng bởi lũ lụt) có trong các đoạn không gian-thời gian của dữ liệu mô phỏng mức nước.

Cụ thể là, việc xác định được thực hiện bởi các bước dưới đây:

- (1) ở bước xác định tổng quan, tập hợp st của các ID không gian-thời gian thỏa mãn điều kiện thời gian t, điều kiện không gian g, và điều kiện thuộc tính a;
- (2) ở bước xác định tổng quan, thu được dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm tương ứng với tập hợp st của các ID không gian-thời gian; và
- (3) ở bước xác định chi tiết, thu được dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm thỏa mãn điều kiện thời gian t và điều kiện không gian g.

Fig.26A và Fig.26B là các sơ đồ minh họa một ví dụ về kiểm tra sự tương giao đối với trường hợp mà các loại dữ liệu không gian-thời gian khác nhau có cùng độ chi tiết đoạn của các vùng không gian-thời gian, và minh họa một ví dụ về kiểm tra sự tương giao của dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới được minh họa trên Fig.9 và dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm được minh họa trên Fig.20.

Trong ví dụ được minh họa trên Fig.26A và Fig.26B, các điều kiện tìm kiếm bao gồm điều kiện thời gian $t=50$, điều kiện không gian của hình chữ nhật có $(x, y)=(0, 0)$ đến $(50, 50)$, và điều kiện thuộc tính của (giá trị thuộc tính của dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới) ≥ 1 . Kết quả tìm kiếm được tạo thành từ tập hợp ID đối tượng và dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm.

Trước tiên, ở bước xác định tổng quan, như được minh họa trên Fig.26A, các điều kiện tìm kiếm được chuyển đổi thành khoảng tìm kiếm các ID không gian-thời gian. Chuyển đổi này có thể được tính toán bằng cách sử dụng khoảng thời gian và không gian của các điều kiện tìm kiếm và tham chiếu dữ liệu quản lý không gian-thời gian (Fig.7) (phương pháp được mô tả có dựa trên Fig.5 được sử dụng). Trong ví dụ được minh họa trên Fig.26A, ở bước xác định tổng quan, các bản ghi thỏa mãn $0 \leq (\text{ID không gian-thời gian của dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới}) \leq 3$, và trong đó ID không gian-thời gian của dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới và ID không gian-thời gian của dữ liệu chuỗi thời gian theo

điểm là giống nhau, và thu được các bản ghi thỏa mãn (giá trị thuộc tính MIN của dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới) ≥ 1 làm các tùy chọn kết quả từ dữ liệu không gian-thời gian 112.

Tiếp theo, ở bước xác định chi tiết, như được minh họa trên Fig.26B, dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới được tham chiếu, và giá trị thuộc tính tại thời gian $t=50$ được tính toán bằng cách nội suy tuyến tính. Các giá trị thuộc tính tại $t=50$ được tính toán cho tất cả các bản ghi được trích ở bước xác định tổng quan thỏa mãn điều kiện thuộc tính, và do đó, tất cả các tùy chọn kết quả được giữ làm các kết quả cuối cùng.

Sau đó, xử lý hủy bỏ bản sao để xóa cùng dữ liệu chuỗi thời gian với cùng ID đối tượng được thực hiện để tạo các kết quả tìm kiếm.

Dữ liệu chuỗi thời gian như là kết quả tìm kiếm ở dạng danh sách có thời gian và các tọa độ của các điểm là các thành phần. Trong ví dụ được minh họa trên Fig.26A và Fig.26B, điều kiện thời gian là thời gian, và do đó, dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm của từng ID đối tượng chỉ bao gồm một thành phần.

Tiếp theo, trường hợp mà dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới và dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm có các độ chi tiết đoạn khác nhau của các vùng không gian-thời gian được mô tả.

Trước tiên, trước khi một ví dụ về kiểm tra sự tương giao được mô tả, dữ liệu được sử dụng trong quá trình kiểm tra sự tương giao được mô tả.

Fig.27A là sơ đồ minh họa một ví dụ về dữ liệu quản lý không gian-thời gian 111 theo phương án thứ ba của sáng chế. Dữ liệu quản lý không gian-thời gian 111 của dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm theo phương án thứ ba bao gồm các trường tên dữ liệu, thông số quản lý, và giá trị. Dữ liệu quản lý không gian-thời gian 111 theo phương án thứ ba khác dữ liệu quản lý không gian-thời gian 111 (Fig.19) theo phương án thứ hai mô tả trên đây ở chỗ chiều rộng đoạn đơn vị trục x và chiều rộng đoạn đơn vị trục y là 50, và tương tự như dữ liệu quản lý không gian-thời gian 111 theo phương án thứ hai mô tả trên đây ở các điểm khác. Do đó, phần mô tả chi tiết không được thực hiện.

Fig.27B là sơ đồ minh họa một ví dụ về các ID không gian-thời gian cho các đoạn không gian-thời gian theo phương án thứ ba của sáng chế, và minh họa

các ID không gian-thời gian của các đoạn không gian-thời gian mà dữ liệu quản lý không gian-thời gian 111 được minh họa trên Fig.27A được ứng dụng.

Như được minh họa trên Fig.27B, các đoạn không gian-thời gian tại các thời gian t từ 0 đến 100 được gán các ID không gian-thời gian từ 0 đến 3. Các ID không gian-thời gian được gán bằng cách sử dụng thứ tự Z như mô tả trên đây. Cũng theo cách này, các đoạn không gian-thời gian tại các thời gian t từ 100 đến 200 được gán các ID không gian-thời gian từ 4 đến 7, và các đoạn không gian-thời gian tại các thời gian t từ 200 đến 300 được gán các ID không gian-thời gian từ 8 đến 11.

Fig.27C là sơ đồ minh họa ví dụ cấu hình của dữ liệu không gian-thời gian 112 mà dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm được đăng ký theo phương án thứ ba của sáng chế.

Dữ liệu không gian-thời gian 112 được minh họa trên Fig.27C được tạo ra bằng cách ứng dụng các định nghĩa của dữ liệu quản lý không gian-thời gian 111 được minh họa trên Fig.27A cho dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm được minh họa trên Fig.17A.

Như được minh họa trên Fig.27C, dữ liệu không gian-thời gian (dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm) 112 bao gồm các trường ID không gian-thời gian, ID đối tượng, và dữ liệu chuỗi thời gian (thời gian, các tọa độ) và ví dụ, được tạo thành từ bảng không gian-thời gian ở dạng bảng. Cần lưu ý là dữ liệu chuỗi thời gian có thể bao gồm các giá trị thuộc tính cũng như thời gian và các tọa độ. Trong trường hợp này, bảng không gian-thời gian có thể bao gồm giá trị nhỏ nhất và giá trị lớn nhất (giá trị thuộc tính MIN và giá trị thuộc tính MAX) của các giá trị thuộc tính. Giá trị thuộc tính MIN và giá trị thuộc tính MAX như được định nghĩa trong dữ liệu không gian-thời gian 112 (Fig.9) theo phương án thứ nhất mô tả trên đây.

Tham chiếu Fig.28A và Fig.28B, kiểm tra sự tương giao đối với trường hợp mà các loại dữ liệu không gian-thời gian khác nhau có các độ chi tiết đoạn khác nhau của các vùng không gian-thời gian được mô tả. Fig.28A và Fig.28B minh họa một ví dụ về kiểm tra sự tương giao của dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới được minh họa trên Fig.9 và dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm được

minh họa trên Fig.27C.

Trong ví dụ được minh họa trên Fig.28A và Fig.28B, các điều kiện tìm kiếm bao gồm điều kiện thời gian $t=50$, điều kiện không gian của hình chữ nhật có $(x, y)=(0, 0)$ đến $(50, 50)$, và điều kiện thuộc tính của (giá trị thuộc tính của dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới) ≥ 1 . Kết quả tìm kiếm được tạo thành từ tập hợp ID đối tượng và dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm.

Trước tiên, ở bước xác định tổng quan, như được minh họa trên Fig.28A, các điều kiện tìm kiếm được chuyển đổi thành khoảng tìm kiếm các ID không gian-thời gian. Chuyển đổi này có thể được tính toán bằng cách sử dụng khoảng thời gian và không gian của các điều kiện tìm kiếm và tham chiếu dữ liệu quản lý không gian-thời gian (Fig.7) (phương pháp được mô tả có dựa trên Fig.5 được sử dụng). Trong ví dụ được minh họa trên Fig.28A, ở bước xác định tổng quan, các bản ghi thỏa mãn $0 \leq (\text{ID không gian-thời gian của dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới}) \leq 3$, và trong đó $(\text{ID không gian-thời gian của dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới} \& [00001111]_2)/4$ và $(\text{ID không gian-thời gian của dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm} \& [00001111]_2)$ là giống nhau, và thu được các bản ghi thỏa mãn (giá trị thuộc tính MIN của dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới) ≥ 1 làm các tùy chọn kết quả từ dữ liệu không gian-thời gian 112.

Ở bước xác định tổng quan, với điều kiện là $(\text{ID không gian-thời gian của dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới} \& [00001111]_2)/4$ và $(\text{ID không gian-thời gian của dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm} \& [00001111]_2)$ là giống nhau, ID không gian-thời gian của dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới và ID không gian-thời gian của dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm được liên kết với nhau. Trong trường hợp này, "&" biểu diễn tích số bit, và các bit của ID không gian-thời gian mà được gán cho thời gian được che để tính toán ID không gian. Ngoài ra, độ chi tiết đoạn của vùng không gian-thời gian của chuỗi thời gian theo mạng lưới mịn hơn 4 lần so với độ chi tiết đoạn của vùng không gian-thời gian của chuỗi thời gian theo điểm, và do đó, ID không gian-thời gian (phần ID không gian) của dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới được chia cho 4.

Như trong ví dụ này, khi các đường đoạn của dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm và các đường đoạn của dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới trùng nhau

và các chiều rộng đoạn của các trục ở trong quan hệ là bội số của $2n$, bằng việc chia 2 lần $2n$, các ID không gian-thời gian của dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới và các ID không gian-thời gian của dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm có thể được ràng buộc.

Tiếp theo, ở bước xác định chi tiết, như được minh họa trên Fig.28B, dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới được tham chiếu, và giá trị thuộc tính tại thời gian $t=50$ được tính toán bằng nội suy tuyến tính. Các giá trị thuộc tính tại $t=50$ được tính toán cho tất cả các bản ghi được trích ở bước xác định tổng quan thỏa mãn điều kiện thuộc tính, và do đó, tất cả các tùy chọn kết quả được giữ làm các kết quả cuối cùng.

Sau đó, xử lý hủy bỏ bản sao để xóa cùng dữ liệu chuỗi thời gian với cùng ID đối tượng được thực hiện để tạo các kết quả tìm kiếm.

Dữ liệu chuỗi thời gian như là kết quả tìm kiếm ở dạng danh sách có thời gian và các tọa độ của các điểm như là các thành phần. Trong ví dụ được minh họa trên Fig.28A và Fig.28B, điều kiện thời gian là thời gian, và do đó, dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm của từng ID đối tượng chỉ bao gồm một thành phần.

Như mô tả trên đây, theo phương án này, dữ liệu không gian-thời gian có thể được nhóm lại theo các đơn vị đoạn không gian-thời gian, để giảm lượng dữ liệu của dữ liệu đáng kể. Ngoài ra, các ID không gian-thời gian, là các giá trị số nguyên một chiều, được gán cho các đoạn không gian-thời gian, và do đó, lượng dữ liệu của dữ liệu chỉ số có thể được giảm.

Ngoài ra, các ID không gian-thời gian được gán có tính đến tính lân cận thời gian và không gian của các đoạn không gian-thời gian và dữ liệu không gian-thời gian được lưu trữ theo thứ tự các ID không gian-thời gian, và do đó, trong quá trình xử lý tìm kiếm dữ liệu không gian-thời gian, dữ liệu đáng kể có thể thu được một cách nhanh chóng để việc tìm kiếm có thể được đẩy nhanh. Ngoài ra, các ID không gian-thời gian được gán trong cùng khoảng thời gian theo thứ tự từ khoảng cách không gian gần nhất, cụ thể là, nhấn mạnh vào tính lân cận không gian với tần số tìm kiếm cao hơn, và do đó, việc tìm kiếm có thể được đẩy nhanh hơn.

Ngoài ra, trong một đoạn không gian-thời gian, dữ liệu không gian-thời

gian được đăng ký trên ranh giới của các đoạn, và do đó, cấu trúc dữ liệu có thể được chấp nhận trong đó có tính đến sự thay đổi theo thời gian một cách liên tục của dữ liệu không gian-thời gian. Do biết được khoảng dữ liệu trong đoạn không gian-thời gian, nên xử lý tìm kiếm có thể được thực hiện ở tốc độ cao. Ngoài ra, mỗi đoạn không gian-thời gian có giá trị lớn nhất và giá trị nhỏ nhất của dữ liệu như là các thuộc tính, và do đó, ngay cả khi điều kiện tìm kiếm được xác định với thuộc tính, thì xử lý tìm kiếm vẫn có thể được thực hiện ở tốc độ cao.

Ngoài ra, xác định tổng quan được thực hiện bằng cách tính toán các ID không gian-thời gian từ điều kiện thời gian và điều kiện không gian tại thời gian xử lý tìm kiếm, và so sánh điều kiện thuộc tính với ít nhất một trong số giá trị thuộc tính MIN và giá trị thuộc tính MAX để trích các tùy chọn kết quả, và xác định chi tiết để trích các kết quả tìm kiếm được thực hiện bằng cách so khớp dữ liệu chuỗi thời gian và các điều kiện tìm kiếm của các tùy chọn kết quả. Do đó, số lượng các bản ghi mà dữ liệu không gian-thời gian được đọc từ đó có thể được giảm để xử lý tìm kiếm có thể được thực hiện ở tốc độ cao.

Ngoài ra, các mẫu dữ liệu không gian-thời gian được ràng buộc theo các đơn vị đoạn không gian-thời gian, và do đó, kiểm tra sự tương giao trong đó các mẫu dữ liệu không gian-thời gian được liên kết có thể được thực hiện.

Sáng chế đã được mô tả một cách chi tiết và được minh họa bằng các hình vẽ kèm theo, tuy nhiên, sáng chế không bị giới hạn ở các chi tiết này mà bao hàm các cải biến và các dạng tương đương hiển nhiên khác nhau trong phạm vi các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Hệ thống quản lý dữ liệu không gian-thời gian dùng để quản lý dữ liệu chuỗi thời gian được liên kết với vùng không gian-thời gian, hệ thống này bao gồm:

bộ xử lý được tạo cấu hình để thực hiện chương trình;

bộ nhớ dùng để lưu trữ chương trình; và

thiết bị lưu trữ dùng để lưu trữ dữ liệu chuỗi thời gian,

trong đó bộ xử lý được tạo cấu hình để:

phân đoạn vùng không gian-thời gian theo thời gian và không gian để tạo các đoạn không gian-thời gian;

gán, có tính đến tính lân cận thời gian và không gian của các đoạn không gian-thời gian, các ký hiệu nhận dạng dùng để nhận dạng duy nhất các đoạn không gian-thời gian, mỗi ký hiệu nhận dạng được biểu thị bằng giá trị số nguyên một chiều; trong đó:

các ký hiệu nhận dạng của tập hợp các giá trị thứ nhất mà nhỏ hơn tập hợp các giá trị thứ hai được gán cho các đoạn không gian-thời gian của khoảng thời gian thứ nhất mà cũ hơn khoảng thời gian thứ hai theo đó các ký hiệu nhận dạng của tập hợp các giá trị thứ hai được gán, và

đối với các đoạn không gian-thời gian của khoảng thời gian giống nhau, các ký hiệu nhận dạng của các giá trị lân cận được gán cho các đoạn không gian-thời gian gần nhau về khoảng cách không gian; và

xác định cách sắp xếp dữ liệu chuỗi thời gian sao cho các mẫu dữ liệu của các đoạn không gian-thời gian ở gần nhau theo các ký hiệu nhận dạng được gán được sắp xếp gần nhau trên thiết bị lưu trữ.

2. Hệ thống quản lý dữ liệu không gian-thời gian theo điểm 1, trong đó bộ xử lý được tạo cấu hình để liên kết dữ liệu chuỗi thời gian trên ranh giới của mỗi trong số các đoạn không gian-thời gian với mỗi trong số các đoạn không gian-thời gian.

3. Hệ thống quản lý dữ liệu không gian-thời gian theo điểm 2, trong đó bộ xử lý được tạo cấu hình để tạo dữ liệu chuỗi thời gian tại ranh giới của mỗi trong số các đoạn không gian-thời gian bằng nội suy tuyến tính.

4. Hệ thống quản lý dữ liệu không gian-thời gian theo điểm 1,

trong đó dữ liệu chuỗi thời gian bao gồm dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới bao gồm ít nhất một mẫu dữ liệu trong các đoạn không gian-thời gian, và dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm bao gồm ít nhất một tọa độ không gian trong các đoạn không gian-thời gian,

trong đó bộ xử lý được tạo cấu hình để:

gán một trong số ký hiệu nhận dạng chung và các ký hiệu nhận dạng được ràng buộc cho dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới và dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm, và

xác định một trong số ký hiệu nhận dạng chung và các ký hiệu nhận dạng được ràng buộc để tìm kiếm dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới và dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm mà liên kết với nhau.

5. Hệ thống quản lý dữ liệu không gian-thời gian theo điểm 1,

trong đó bộ xử lý được tạo cấu hình để tìm kiếm dữ liệu chuỗi thời gian ở bước xác định thứ nhất và bước xác định thứ hai,

trong đó ở bước xác định thứ nhất, bộ xử lý được tạo cấu hình để tính toán các ký hiệu nhận dạng của các đoạn không gian-thời gian thỏa mãn các điều kiện tìm kiếm về thời gian và không gian, và trích các đoạn không gian-thời gian tương ứng với các ký hiệu nhận dạng được tính toán làm các tùy chọn kết quả, và

trong đó ở bước xác định thứ hai, bộ xử lý được tạo cấu hình để so khớp dữ liệu chuỗi thời gian được liên kết với các đoạn không gian-thời gian được trích làm các tùy chọn kết quả và các điều kiện tìm kiếm để nhờ đó tạo các kết quả tìm kiếm.

6. Hệ thống quản lý dữ liệu không gian-thời gian theo điểm 5,

trong đó dữ liệu của các đoạn không gian-thời gian bao gồm giá trị lớn nhất và giá trị nhỏ nhất của dữ liệu chuỗi thời gian trong các đoạn không gian-thời gian, và

trong đó ở bước xác định thứ nhất, bộ xử lý được tạo cấu hình để:

so sánh các điều kiện tìm kiếm của dữ liệu chuỗi thời gian với ít nhất một trong số giá trị lớn nhất và giá trị nhỏ nhất của dữ liệu chuỗi thời gian; và

trích các đoạn không gian-thời gian tương ứng với các ký hiệu nhận dạng được tính toán và thỏa mãn các điều kiện tìm kiếm của dữ liệu chuỗi thời gian làm các tùy chọn kết quả.

7. Phương pháp quản lý dữ liệu không gian-thời gian được thực hiện bởi hệ thống máy tính để quản lý dữ liệu chuỗi thời gian được liên kết với vùng không gian-thời gian, trong đó hệ thống máy tính bao gồm bộ xử lý dùng để thực hiện chương trình, bộ nhớ dùng để lưu trữ chương trình, và thiết bị lưu trữ dùng để lưu trữ dữ liệu chuỗi thời gian, phương pháp quản lý dữ liệu không gian-thời gian này bao gồm các bước:

phân đoạn, bằng bộ xử lý, vùng không gian-thời gian theo thời gian và không gian để tạo các đoạn không gian-thời gian;

gán, bằng bộ xử lý, có tính đến tính lân cận thời gian và không gian của các đoạn không gian-thời gian, các ký hiệu nhận dạng dùng để nhận dạng duy nhất các đoạn không gian-thời gian, mỗi ký hiệu nhận dạng được biểu thị bằng giá trị số nguyên một chiều, trong đó:

các ký hiệu nhận dạng của tập hợp các giá trị thứ nhất mà nhỏ hơn tập hợp các giá trị thứ hai được gán cho các đoạn không gian-thời gian của khoảng thời gian thứ nhất mà cũ hơn khoảng thời gian thứ hai theo đó các ký hiệu nhận dạng của tập hợp các giá trị thứ hai được gán, và

đối với các đoạn không gian-thời gian của khoảng thời gian giống nhau, các ký hiệu nhận dạng của các giá trị lân cận được gán cho các đoạn không gian-thời gian gần nhau về khoảng cách không gian; và

xác định, bằng bộ xử lý, cách sắp xếp dữ liệu chuỗi thời gian sao cho các mẫu dữ liệu của các đoạn không gian-thời gian ở gần nhau theo các ký hiệu nhận dạng được gán được sắp xếp gần nhau trên thiết bị lưu trữ.

8. Phương pháp quản lý dữ liệu không gian-thời gian theo điểm 7, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước liên kết, bằng bộ xử lý, dữ liệu chuỗi thời gian trên ranh giới của mỗi trong số các đoạn không gian-thời gian với mỗi trong số các đoạn không gian-thời gian.

9. Phương pháp quản lý dữ liệu không gian-thời gian theo điểm 8, trong đó

phương pháp này còn bao gồm bước tạo, bằng bộ xử lý, dữ liệu chuỗi thời gian tại ranh giới của mỗi trong số các đoạn không gian-thời gian bằng nội suy tuyến tính.

10. Phương pháp quản lý dữ liệu không gian-thời gian theo điểm 7,

trong đó dữ liệu chuỗi thời gian bao gồm dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới gồm ít nhất một mẫu dữ liệu trong các đoạn không gian-thời gian, và dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm bao gồm ít nhất một tọa độ không gian trong các đoạn không gian-thời gian, và

trong đó phương pháp quản lý dữ liệu không gian-thời gian còn bao gồm các bước:

gán, bằng bộ xử lý, một trong số ký hiệu nhận dạng chung và các ký hiệu nhận dạng được ràng buộc cho dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới và dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm; và

xác định, bằng bộ xử lý, một trong số ký hiệu nhận dạng chung và các ký hiệu nhận dạng được ràng buộc để tìm kiếm dữ liệu chuỗi thời gian theo mạng lưới và dữ liệu chuỗi thời gian theo điểm mà liên kết với nhau.

11. Phương pháp theo điểm 7, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước tìm kiếm, bằng bộ xử lý, dữ liệu chuỗi thời gian ở bước xác định thứ nhất và bước xác định thứ hai,

trong đó ở bước xác định thứ nhất, bộ xử lý tính toán các ký hiệu nhận dạng của các đoạn không gian-thời gian thỏa mãn các điều kiện tìm kiếm về thời gian và không gian, và trích các đoạn không gian-thời gian tương ứng với các ký hiệu nhận dạng được tính toán làm các tùy chọn kết quả, và

trong đó ở bước xác định thứ hai, bộ xử lý so khớp dữ liệu chuỗi thời gian được liên kết với các đoạn không gian-thời gian được trích làm các tùy chọn kết quả và các điều kiện tìm kiếm để nhờ đó tạo các kết quả tìm kiếm.

12. Phương pháp quản lý dữ liệu không gian-thời gian theo điểm 11,

trong đó dữ liệu của các đoạn không gian-thời gian bao gồm giá trị lớn nhất và giá trị nhỏ nhất của dữ liệu chuỗi thời gian trong các đoạn không gian-thời gian, và

trong đó bước xác định thứ nhất bao gồm bước:

so sánh, bằng bộ xử lý, các điều kiện tìm kiếm của dữ liệu chuỗi thời gian với ít nhất một trong số giá trị lớn nhất và giá trị nhỏ nhất của dữ liệu chuỗi thời gian; và

trích, bằng bộ xử lý, các đoạn không gian-thời gian tương ứng với các ký hiệu nhận dạng được tính toán và thỏa mãn các điều kiện tìm kiếm của dữ liệu chuỗi thời gian làm các tùy chọn kết quả.

13. Vật ghi đọc được bằng máy tính, chứa ít nhất một chuỗi lệnh để điều khiển hệ thống máy tính để quản lý dữ liệu chuỗi thời gian được liên kết với vùng không gian-thời gian, trong đó hệ thống máy tính bao gồm bộ xử lý dùng để thực hiện chương trình, bộ nhớ dùng để lưu trữ chương trình, và thiết bị lưu trữ dùng để lưu trữ dữ liệu chuỗi thời gian, các lệnh mà khi được thực hiện sẽ khiến hệ thống máy tính thực hiện:

phân đoạn vùng không gian-thời gian theo thời gian và không gian để tạo các đoạn không gian-thời gian;

gán, có tính đến tính lân cận thời gian và không gian của các đoạn không gian-thời gian, các ký hiệu nhận dạng dùng để nhận dạng duy nhất các đoạn không gian-thời gian, mỗi ký hiệu nhận dạng được biểu thị bằng giá trị số nguyên một chiều, trong đó:

các ký hiệu nhận dạng của tập hợp các giá trị thứ nhất mà nhỏ hơn tập hợp các giá trị thứ hai được gán cho các đoạn không gian-thời gian của khoảng thời gian thứ nhất mà cũ hơn khoảng thời gian thứ hai theo đó các ký hiệu nhận dạng của tập hợp các giá trị thứ hai được gán, và

đối với các đoạn không gian-thời gian của khoảng thời gian giống nhau, các ký hiệu nhận dạng của các giá trị lân cận được gán cho các đoạn không gian-thời gian gần nhau về khoảng cách không gian; và

xác định cách sắp xếp dữ liệu chuỗi thời gian sao cho các mẫu dữ liệu của các đoạn không gian-thời gian ở gần nhau theo các ký hiệu nhận dạng được gán được sắp xếp gần nhau trên thiết bị lưu trữ.

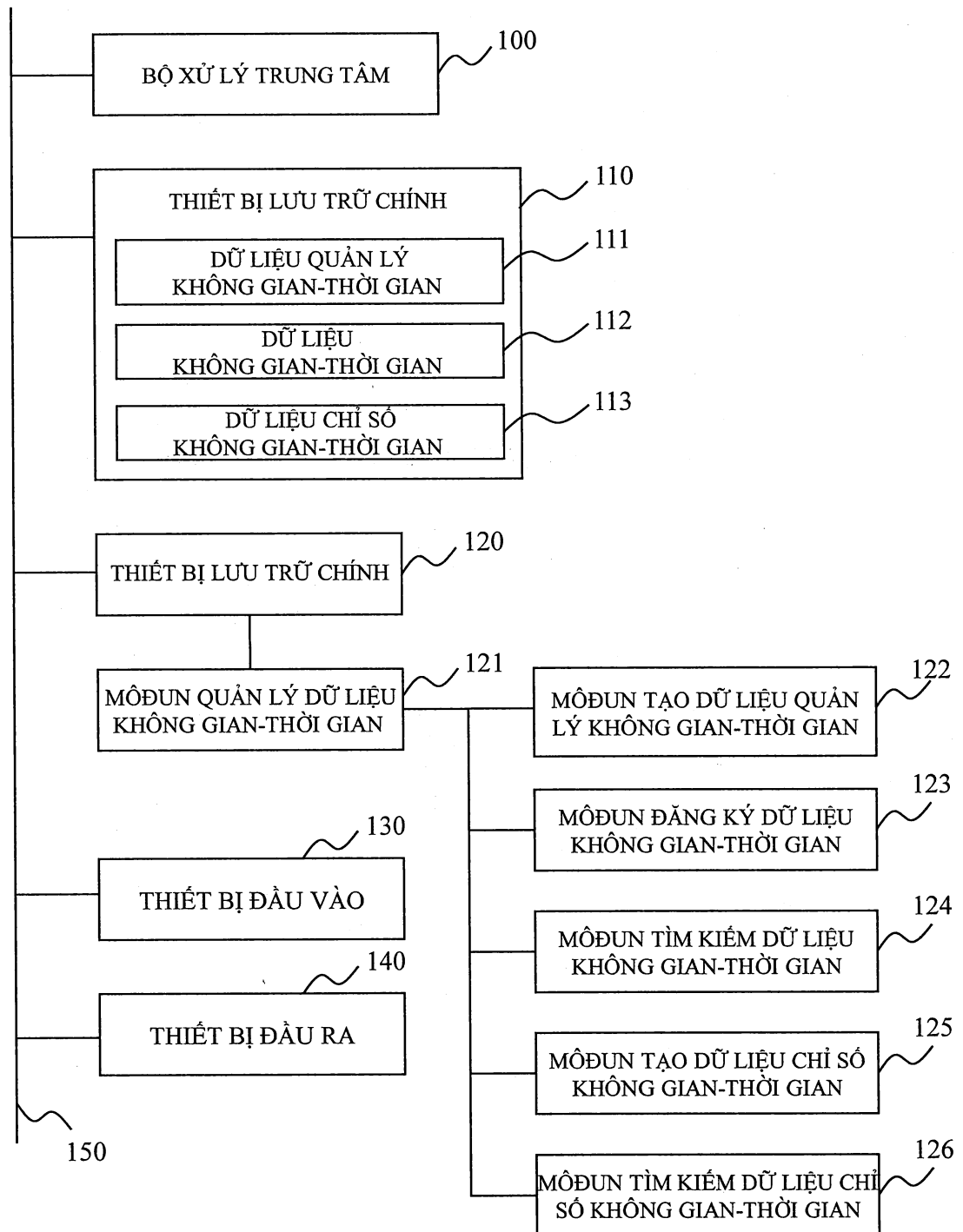


Fig.1

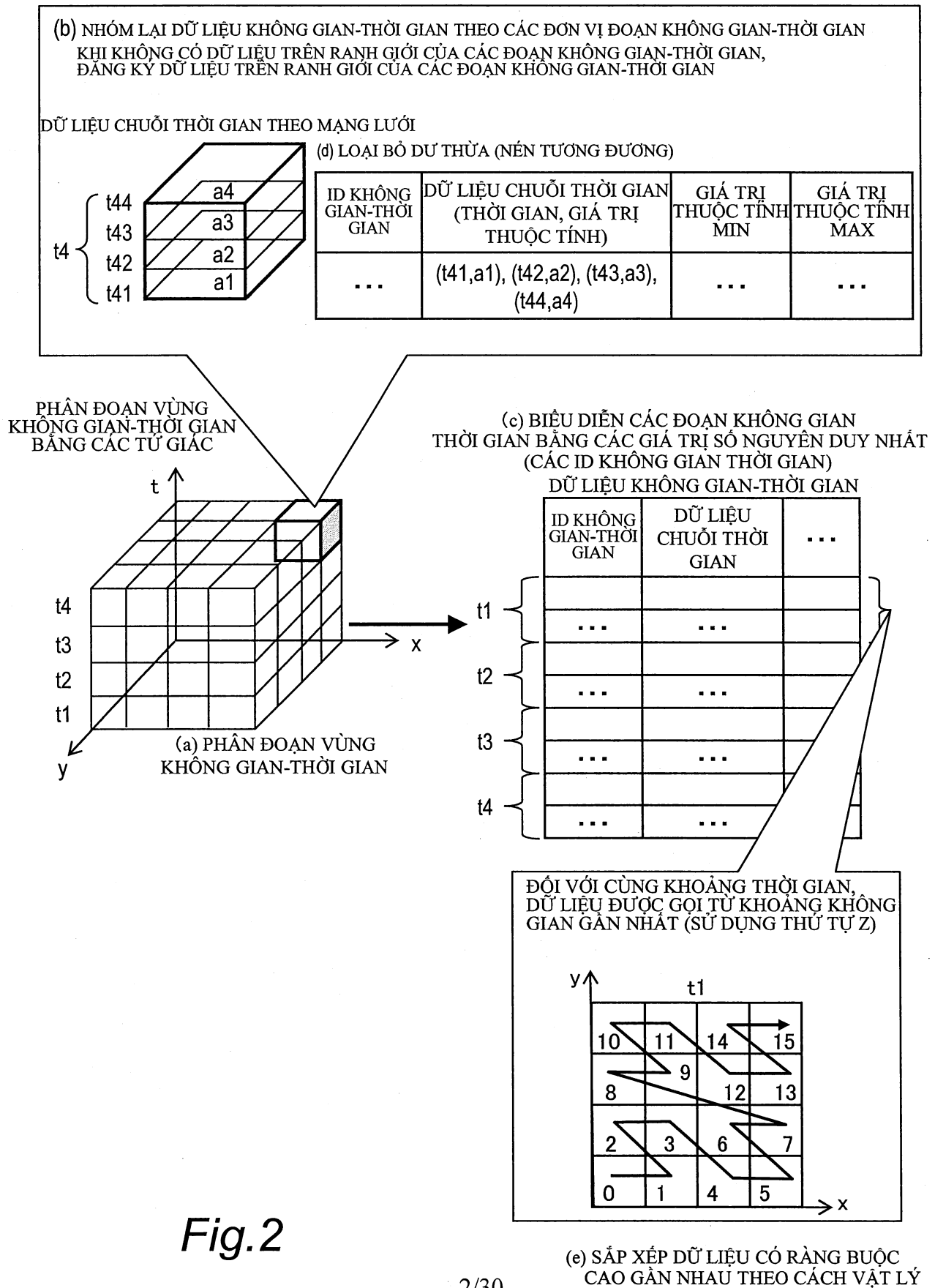


Fig.2

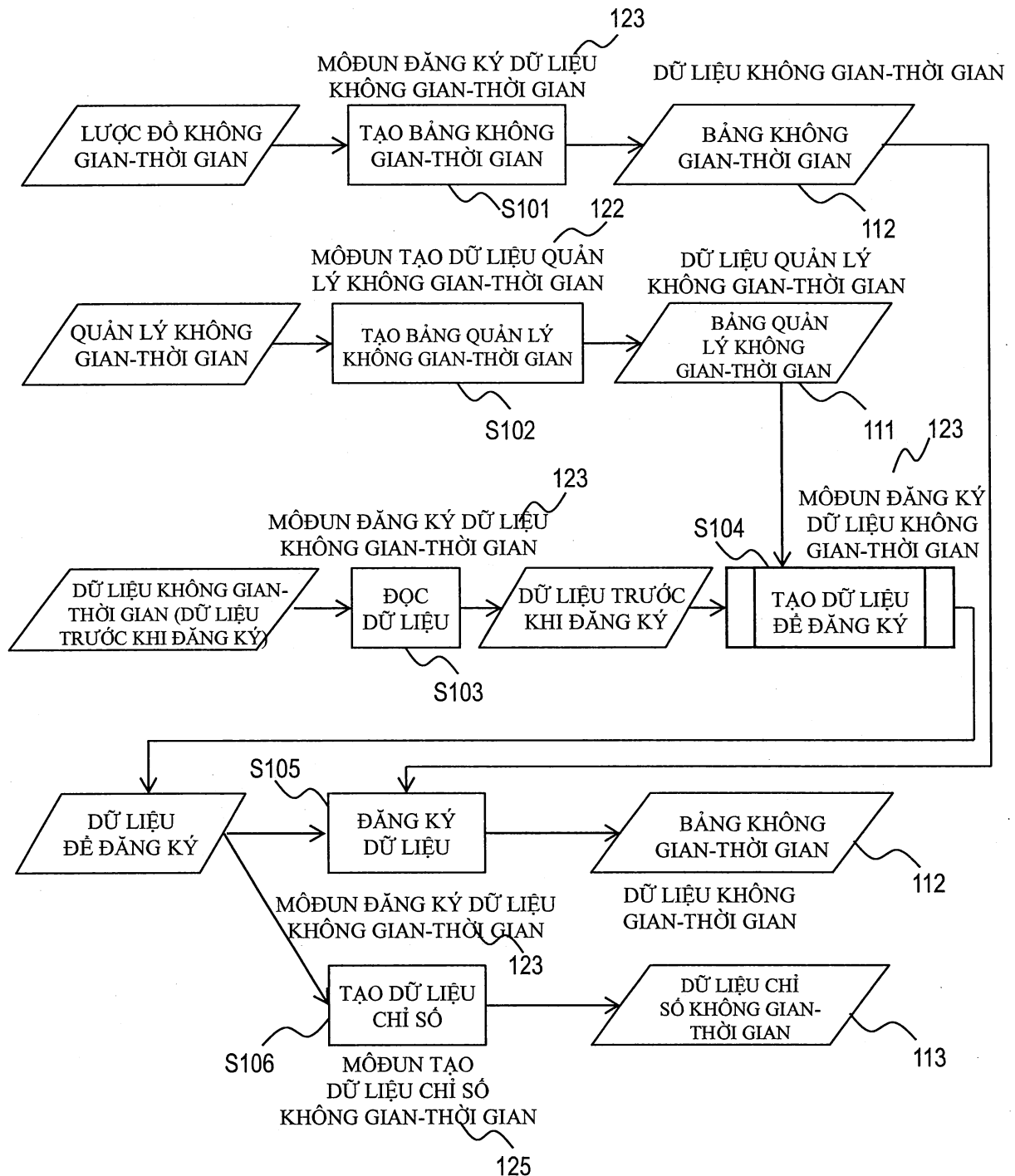
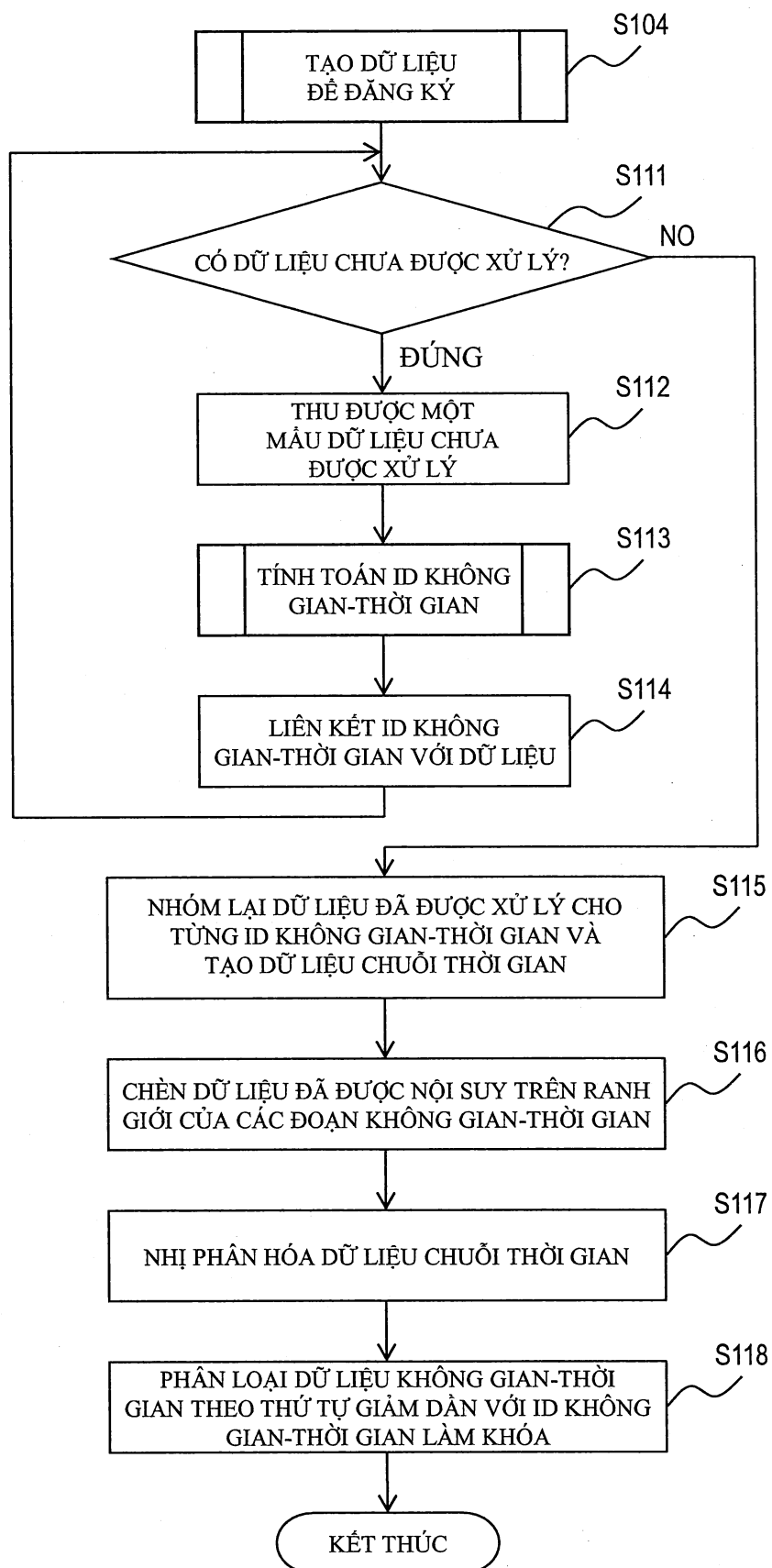


Fig.3

*Fig.4*

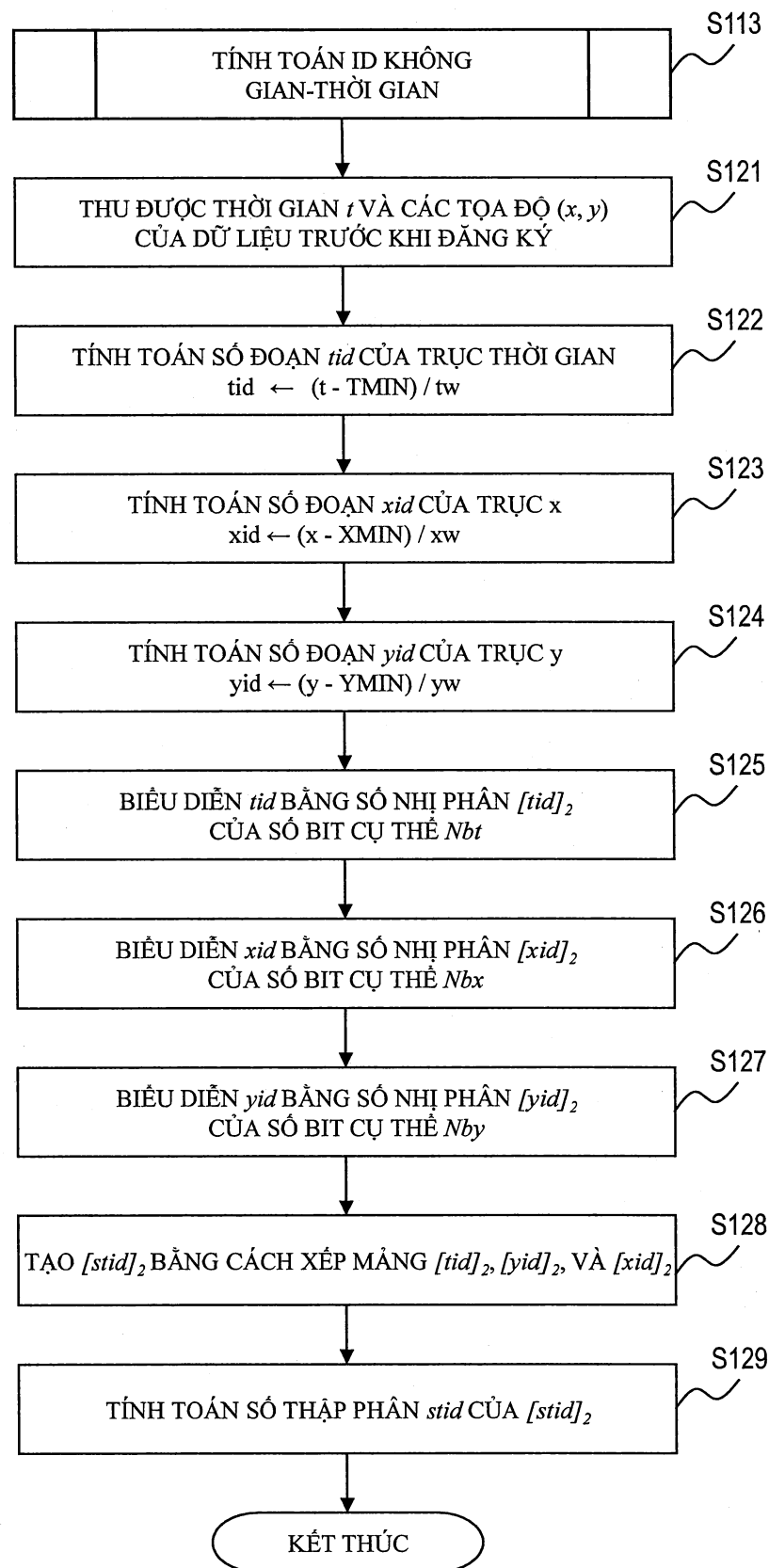


Fig.5

DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO MẠNG LƯỚI

THỜI GIAN	KHÔNG GIAN	GIÁ TRỊ THUỘC TÍNH
0	(0,0), (25,25)	0
0	(25, 0), (50, 25)	0
0	(0, 25), (25, 50)	3
0	(25, 25), (50, 50)	3
...	...	...
150	(0, 0), (25, 25)	3
150	(25, 0), (50, 25)	3
150	(0, 25), (25, 50)	9
150	(25, 25), (50, 50)	9
...	...	...
300	(0, 0), (25, 25)	6
300	(25, 0), (50, 25)	6
300	(0, 25), (25, 50)	15
300	(25, 25), (50, 50)	15
...	...	...

Fig.6A

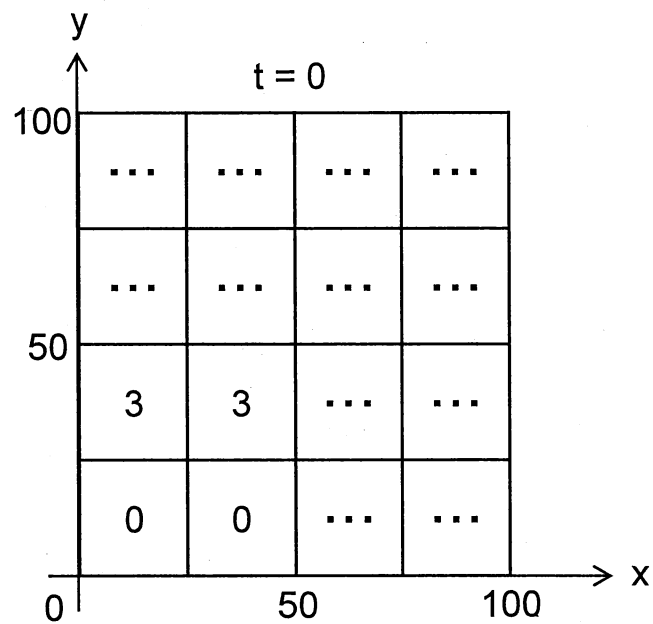


Fig.6B

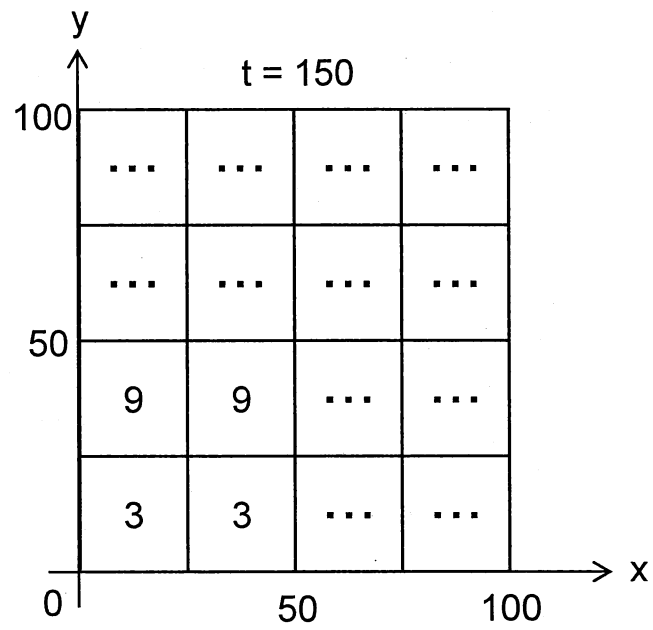


Fig. 6C

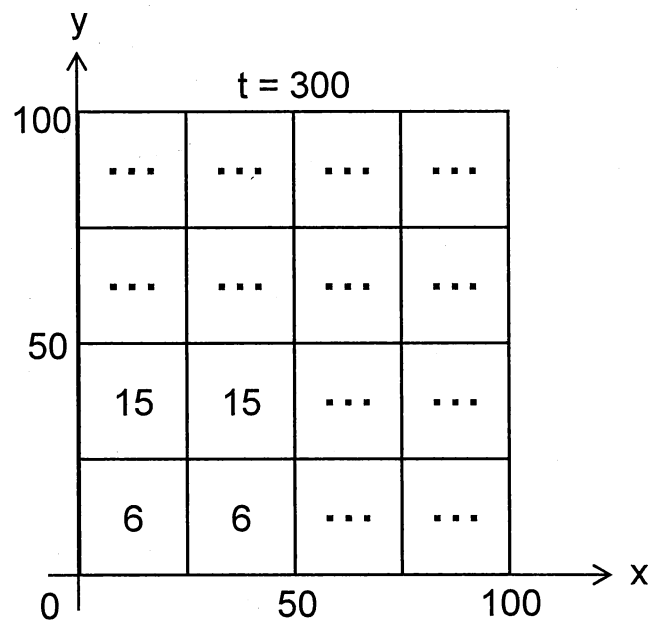
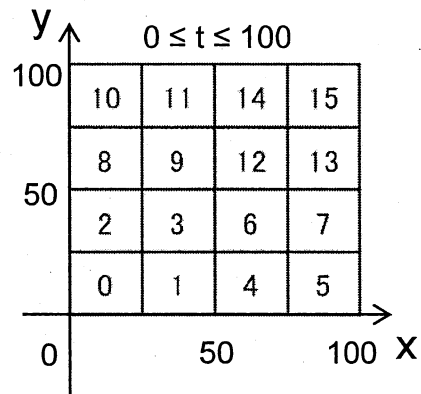
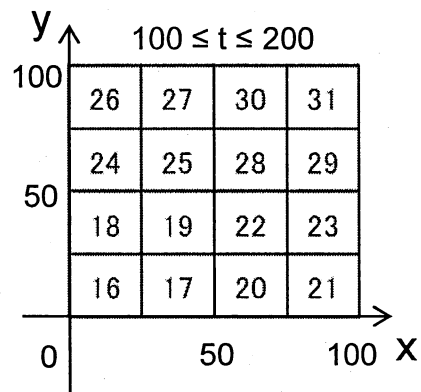
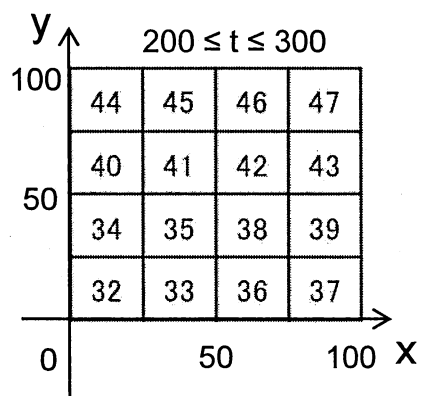


Fig. 6D

TÊN DỮ LIỆU	THÔNG SỐ QUẢN LÝ	GIÁ TRỊ
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO MẠNG LƯỚI	SỐ LƯỢNG BIT CỦA ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN	8
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO MẠNG LƯỚI	KÍCH CỠ KHÔNG GIAN	2
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO MẠNG LƯỚI	ĐƠN VỊ KHÔNG GIAN	MÉT
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO MẠNG LƯỚI	GIÁ TRỊ NHỎ NHẤT TRỰC x	0
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO MẠNG LƯỚI	GIÁ TRỊ LỚN NHẤT TRỰC x	100
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO MẠNG LƯỚI	ĐỘ RỘNG ĐOẠN ĐƠN VỊ TRỰC x	25
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO MẠNG LƯỚI	GIÁ TRỊ NHỎ NHẤT TRỰC y	0
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO MẠNG LƯỚI	GIÁ TRỊ LỚN NHẤT TRỰC y	100
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO MẠNG LƯỚI	ĐỘ RỘNG ĐOẠN ĐƠN VỊ TRỰC y	25
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO MẠNG LƯỚI	ĐƠN VỊ KHÔNG GIAN	GIÂY
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO MẠNG LƯỚI	THỜI GIAN BẮT ĐẦU KHOẢNG THỜI GIAN	0
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO MẠNG LƯỚI	ĐỘ RỘNG ĐOẠN ĐƠN VỊ THỜI GIAN	100

Fig. 7

*Fig. 8A**Fig. 8B**Fig. 8C*

DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO MẠNG LƯỚI

112

ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN	DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN	GIÁ TRỊ THUỘC TÍNH MIN	GIÁ TRỊ THUỘC TÍNH MAX
0	(0, 0), (100, 2)	0	2
1	(0, 0), (100, 2)	0	2
2	(0, 3), (100, 7)	3	7
3	(0, 3), (100, 7)	3	7
...	...	...	...
16	(100, 2), (150, 3), (200, 4)	2	4
17	(100, 2), (150, 3), (200, 4)	2	4
18	(100, 7), (150, 9), (200, 11)	7	11
19	(100, 7), (150, 9), (200, 11)	7	11
...	...	...	...
32	(200, 4), (300, 6)	4	6
33	(200, 4), (300, 6)	4	6
34	(200, 11), (300, 15)	11	15
35	(200, 11), (300, 15)	11	15
...	...	...	...

Fig.9

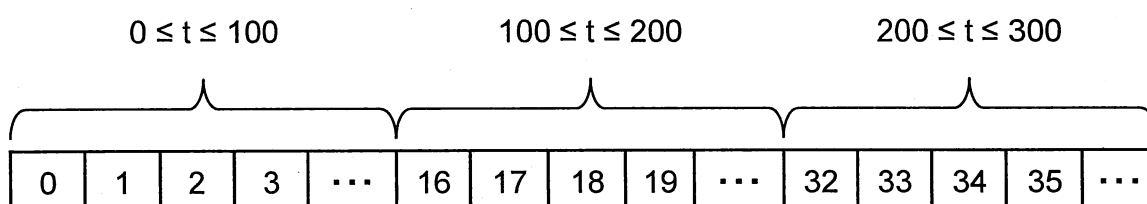
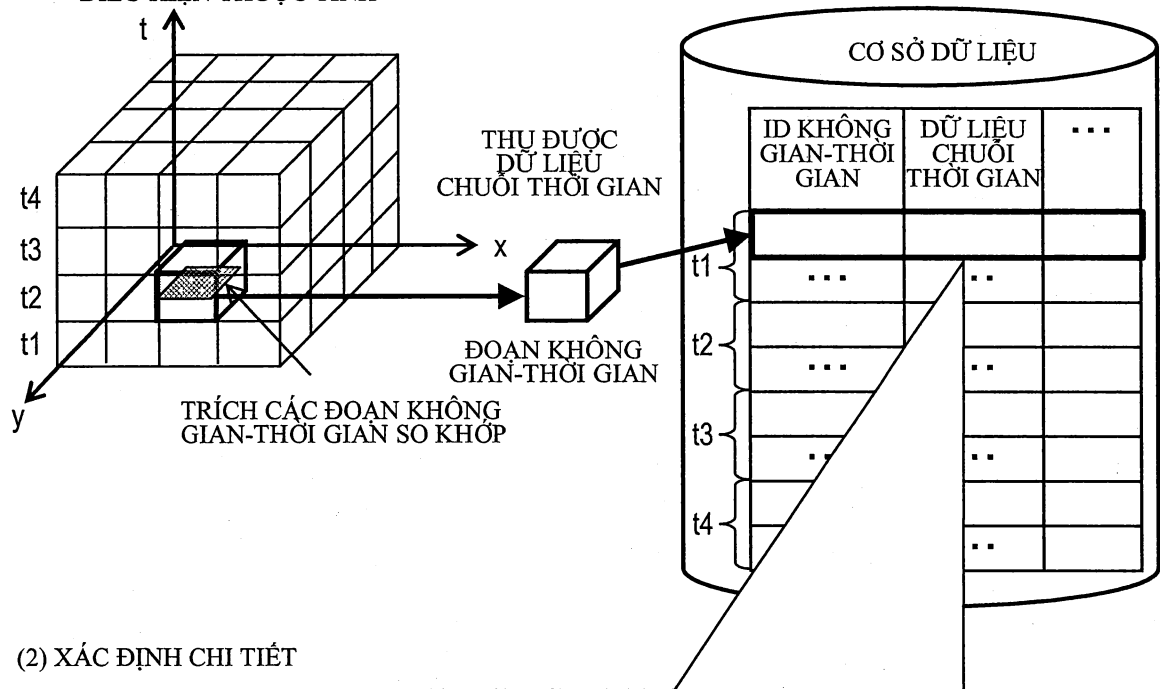


Fig.10

(1) XÁC ĐỊNH TỔNG QUAN

CÁC ĐIỀU KIỆN TÌM KIẾM

- ĐIỀU KIỆN THỜI GIAN: THỜI GIAN (THỜI ĐIỂM/KHOẢNG THỜI GIAN)
- ĐIỀU KIỆN KHÔNG GIAN: KHOẢNG KHÔNG GIAN
- ĐIỀU KIỆN THUỘC TÍNH



(2) XÁC ĐỊNH CHI TIẾT

CÁC ĐIỀU KIỆN TÌM KIẾM

- ĐIỀU KIỆN THỜI GIAN: THỜI GIAN (THỜI ĐIỂM/KHOẢNG THỜI GIAN)
- ĐIỀU KIỆN KHÔNG GIAN: KHOẢNG KHÔNG GIAN
- ĐIỀU KIỆN THUỘC TÍNH

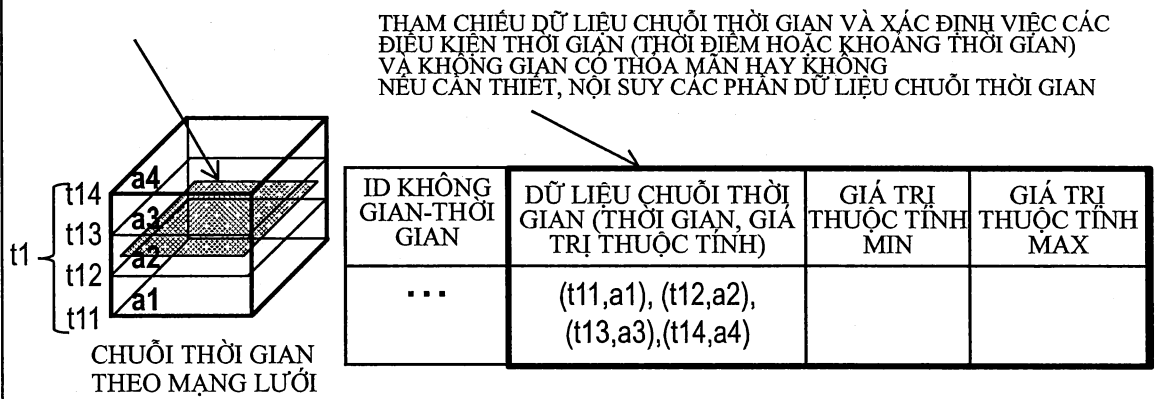


Fig.11

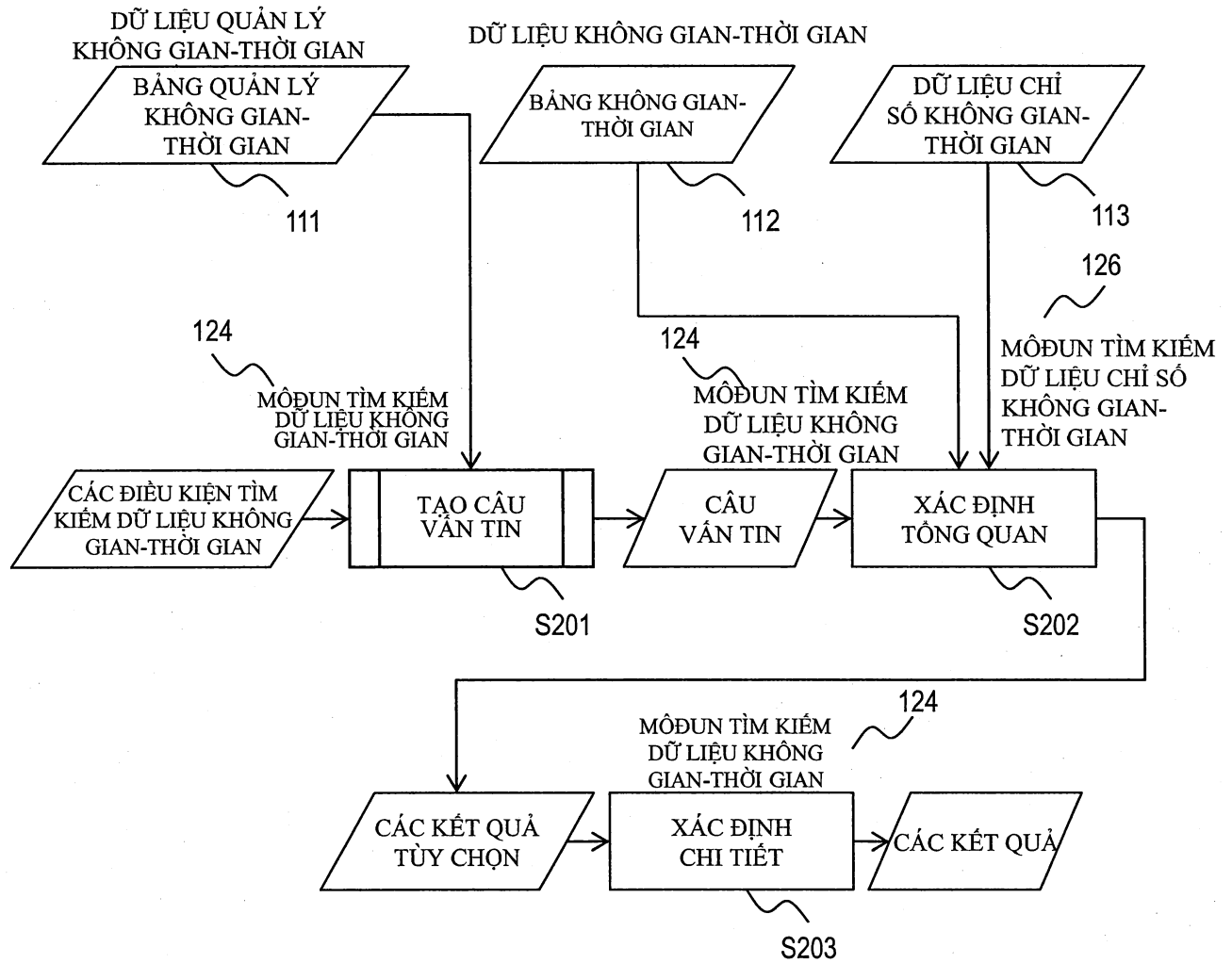


Fig.12

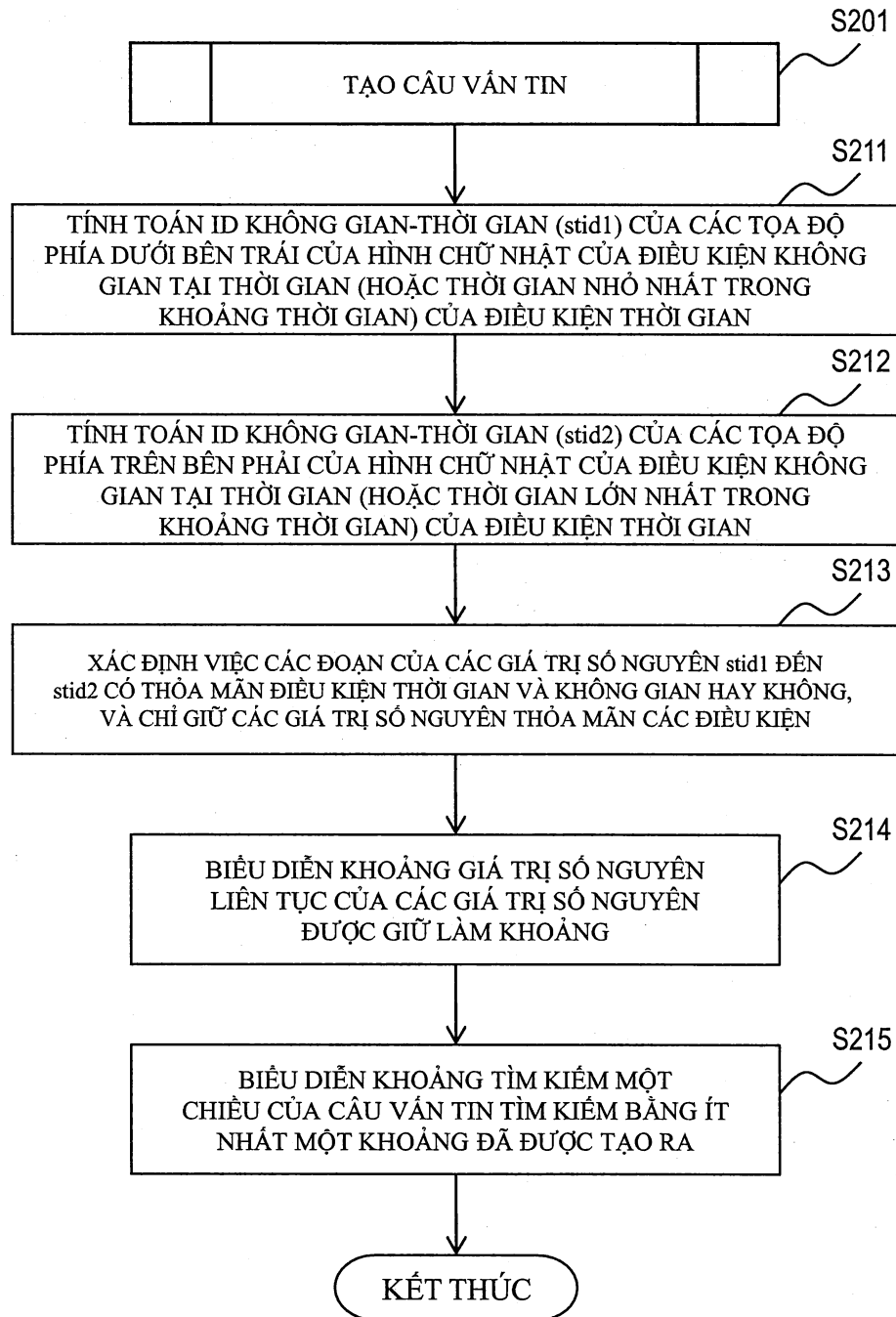


Fig.13

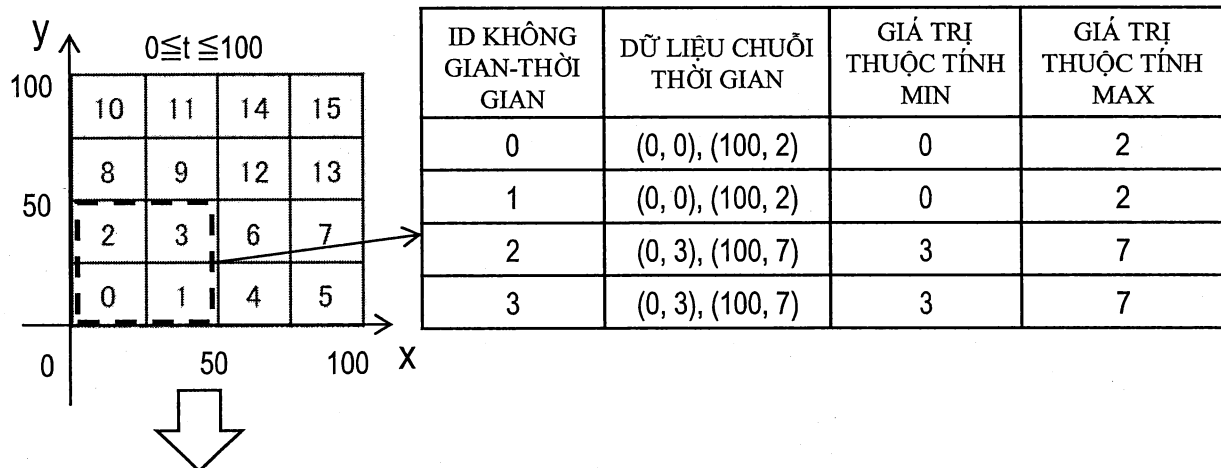
CÁC ĐIỀU KIỆN TÌM KIẾM

- ĐIỀU KIỆN THỜI GIAN: THỜI GIAN $t = 50$
- ĐIỀU KIỆN KHÔNG GIAN: HÌNH CHỮ NHẬT $(x, y) = (0, 0) - (50, 50)$
- CÁC THUỘC TÍNH THU ĐƯỢC: KHOẢNG KHÔNG GIAN THEO MẠNG LƯỚI, DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN



XÁC ĐỊNH TỔNG QUAN

- THU ĐƯỢC CÁC BẢN GHI THỎA MÃN $0 \leq (\text{ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN}) \leq 3$



XÁC ĐỊNH CHI TIẾT

- XÁC ĐỊNH XEM KẾT QUẢ CỦA XÁC ĐỊNH TỔNG QUAN CÓ THỎA MÃN CÁC ĐIỀU KIỆN TÌM KIẾM HAY KHÔNG
- KẾT QUẢ LÀ, TẤT CẢ CÁC BẢN GHI THỎA MÃN CÁC ĐIỀU KIỆN TÌM KIẾM

CÁC KẾT QUẢ TÌM KIẾM

KHOẢNG KHÔNG GIAN THEO MẠNG LƯỚI	DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN
(0,0), (25,25)	(50, 1)
(25, 0), (50, 25)	(50, 1)
(0, 25), (25, 50)	(50, 4)
(25, 25), (50, 50)	(50, 4)

Fig.14

CÁC ĐIỀU KIỆN TÌM KIẾM

- ĐIỀU KIỆN THỜI GIAN: THỜI GIAN $t = [50, 150]$
- ĐIỀU KIỆN KHÔNG GIAN: HÌNH CHỮ NHẬT $(x, y) = (0, 0) - (50, 50)$
- CÁC THUỘC TÍNH THU ĐƯỢC: KHOẢNG KHÔNG GIAN THEO MẠNG LƯỚI, DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN



XÁC ĐỊNH TỔNG QUAN

THU ĐƯỢC CÁC BẢN GHI THỎA MÃN $0 \leq (\text{ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN}) \leq 3$ HOẶC $16 \leq (\text{ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN}) \leq 19$

ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN	DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN	GIÁ TRỊ THUỘC TÍNH MIN	GIÁ TRỊ THUỘC TÍNH MAX
0	(0, 0), (100, 2)	0	2
1	(0, 0), (100, 2)	0	2
2	(0, 3), (100, 7)	3	7
3	(0, 3), (100, 7)	3	7
16	(100, 2), (150, 3), (200, 4)	2	4
17	(100, 2), (150, 3), (200, 4)	2	4
18	(100, 7), (150, 9), (200, 11)	7	11
19	(100, 7), (150, 9), (200, 11)	7	11



XÁC ĐỊNH CHI TIẾT

- XÁC ĐỊNH XEM CÁC KẾT QUẢ XÁC ĐỊNH TỔNG QUAN CÓ THỎA MÃN CÁC ĐIỀU KIỆN TÌM KIẾM HAY KHÔNG
- TẤT CẢ CÁC BẢN GHI THỎA MÃN CÁC ĐIỀU KIỆN TÌM KIẾM

CÁC ĐIỀU KIỆN TÌM KIẾM

KHOẢNG KHÔNG GIAN THEO MẠNG LƯỚI	DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN
HÌNH CHỮ NHẬT (0,0), (25,25)	(50, 1), (100, 2), (150, 3)
HÌNH CHỮ NHẬT (25, 0), (50, 25)	(50, 1), (100, 2), (150, 3)
HÌNH CHỮ NHẬT (0, 25), (25, 50)	(50, 4), (100, 7), (150, 9)
HÌNH CHỮ NHẬT (25, 25), (50, 50)	(50, 4), (100, 7), (150, 9)

Fig. 15

CÁC ĐIỀU KIỆN TÌM KIẾM

- ĐIỀU KIỆN THỜI GIAN: THỜI GIAN $t = 50$
- ĐIỀU KIỆN KHÔNG GIAN: HÌNH CHỮ NHẬT $(x, y) = (0, 0) - (50, 50)$
- ĐIỀU KIỆN THUỘC TÍNH: GIÁ TRỊ THUỘC TÍNH ≤ 1
- CÁC THUỘC TÍNH THU ĐƯỢC: KHOẢNG KHÔNG GIAN THEO MẠNG LƯỚI, DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN



XÁC ĐỊNH TỔNG QUAN

THU ĐƯỢC CÁC BẢN GHI THỎA MÃN $0 \leq (\text{ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN}) \leq 3$ VÀ $(\text{GIÁ TRỊ THUỘC TÍNH MAX}) \leq 1$

ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN	DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN	GIÁ TRỊ THUỘC TÍNH MIN	GIÁ TRỊ THUỘC TÍNH MAX
0	(0, 0), (100, 2)	0	2
1	(0, 0), (100, 2)	0	2



XÁC ĐỊNH CHI TIẾT

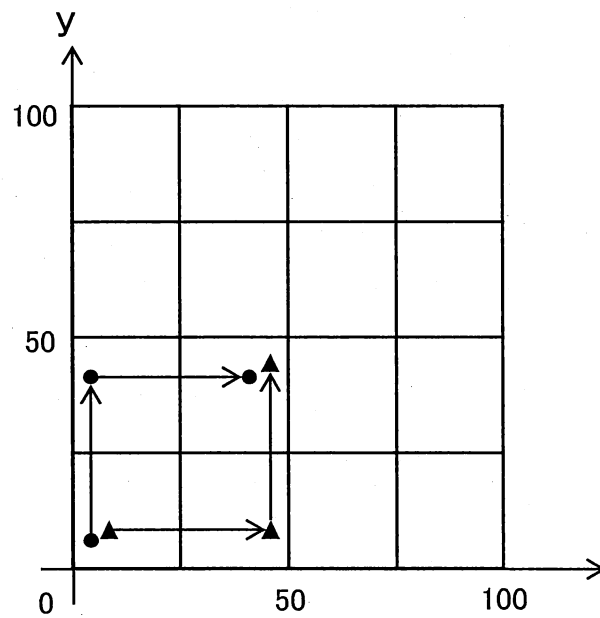
CÁC KẾT QUẢ TÌM KIẾM

KHOẢNG KHÔNG GIAN THEO MẠNG LƯỚI	DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN
HÌNH CHỮ NHẬT (0,0), (25,25)	(50, 1)
HÌNH CHỮ NHẬT (25, 0), (50, 25)	(50, 1)

Fig.16

DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM

THỜI GIAN	KHÔNG GIAN	ID ĐỐI TƯỢNG
0	(10, 10)	1
0	(15, 15)	2
...	...	...
150	(10, 40)	1
150	(45, 15)	2
...	...	...
300	(40, 40)	1
300	(45, 45)	2
...	...	...

Fig.17A*Fig.17B*

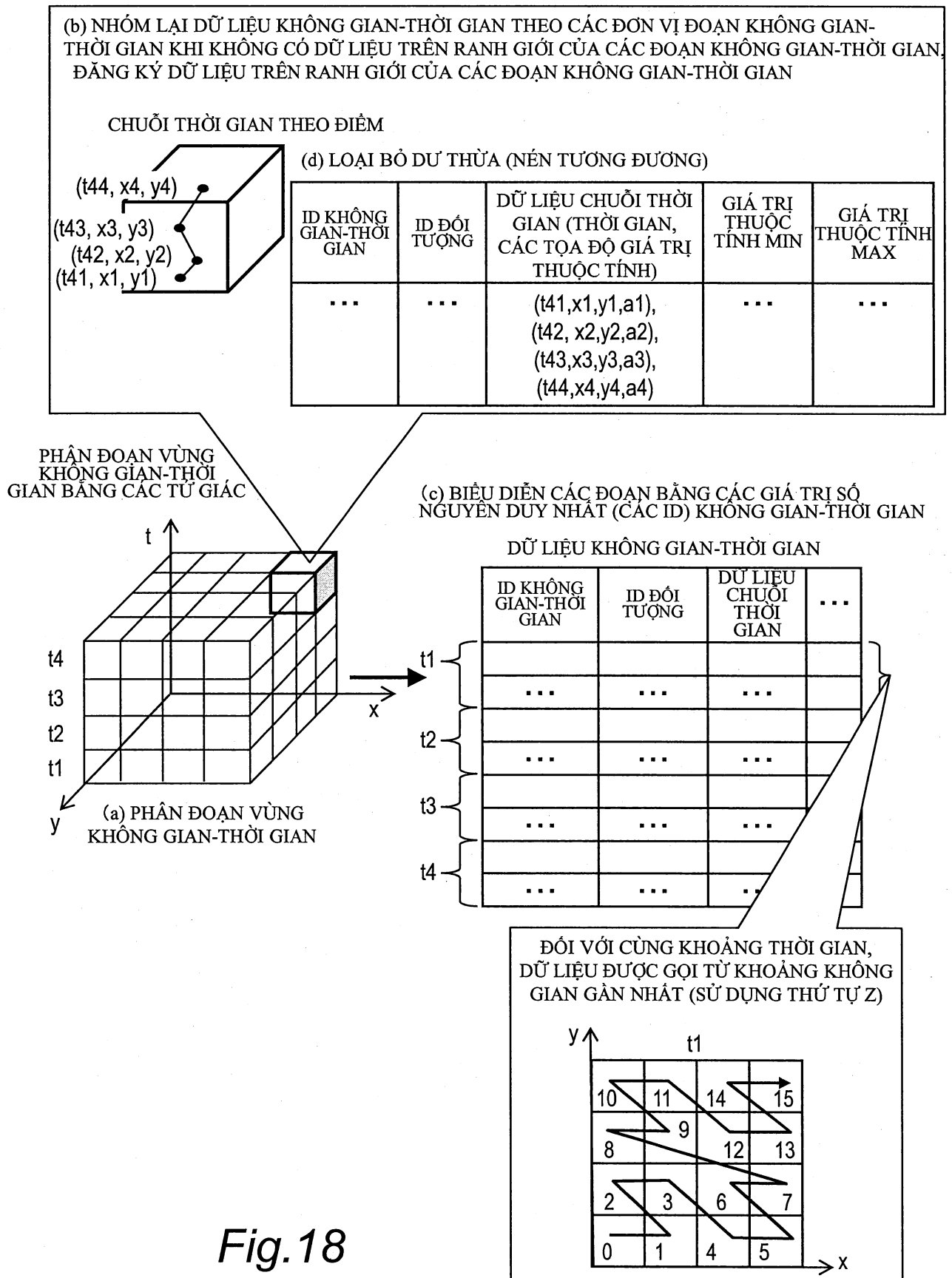


Fig.18

(e) SẮP XẾP DỮ LIỆU CÓ RÀNG BUỘC CAO GẦN NHAU THEO CÁCH VẬT LÝ

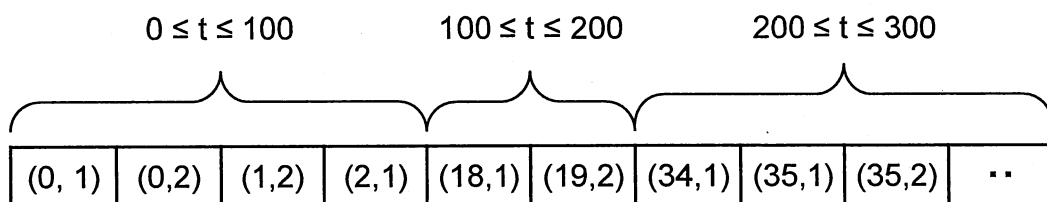
TÊN DỮ LIỆU	THÔNG SỐ QUẢN LÝ	GIÁ TRỊ
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM	SỐ LƯỢNG BIT CỦA ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN	8
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM	KÍCH CỠ KHÔNG GIAN	2
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM	ĐƠN VỊ KHÔNG GIAN	MÉT
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM	GIÁ TRỊ NHỎ NHẤT TRỤC x	0
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM	GIÁ TRỊ LỚN NHẤT TRỤC x	100
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM	ĐỘ RỘNG ĐOẠN ĐƠN VỊ TRỤC x	25
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM	GIÁ TRỊ NHỎ NHẤT TRỤC y	0
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM	GIÁ TRỊ LỚN NHẤT TRỤC y	100
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM	ĐỘ RỘNG ĐOẠN ĐƠN VỊ TRỤC y	25
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM	ĐƠN VỊ THỜI GIAN	GIÂY
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM	THỜI GIAN BẮT ĐẦU CỦA KHOẢNG THỜI GIAN	0
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM	ĐỘ RỘNG ĐOẠN ĐƠN VỊ THỜI GIAN	100

Fig.19

DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM

112

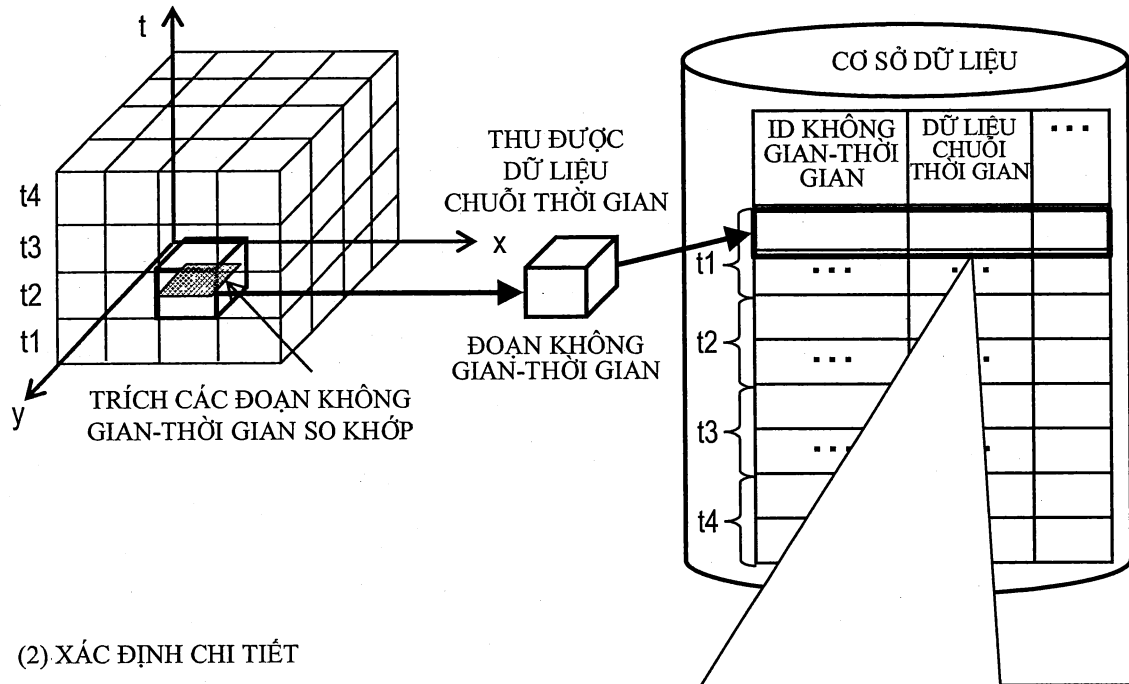
ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN	ID ĐỐI TƯỢNG	DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN
0	1	(0, 10, 10), (75, 10, 25)
0	2	(0, 15, 15), (50, 25, 15)
1	2	(50, 25, 15), (100, 35, 15)
2	1	(75, 10, 25), (100, 10, 30)
18	1	(100, 10, 30), (150, 10, 40), (200, 20, 40)
19	2	(100, 35, 15), (150, 45, 15), (200, 45, 25)
34	1	(200, 20, 40), (225, 25, 40)
35	1	(225, 25, 40), (300, 40, 40)
35	2	(200, 45, 25), (300, 45, 45)
...	...	...

Fig.20*Fig.21*

(1) XÁC ĐỊNH TỔNG QUAN

CÁC ĐIỀU KIỆN TÌM KIẾM

- ĐIỀU KIỆN THỜI GIAN: THỜI GIAN (THỜI ĐIỂM/KHOẢNG THỜI GIAN)
- ĐIỀU KIỆN KHÔNG GIAN: KHOẢNG KHÔNG GIAN
- ĐIỀU KIỆN THUỘC TÍNH



(2) XÁC ĐỊNH CHI TIẾT

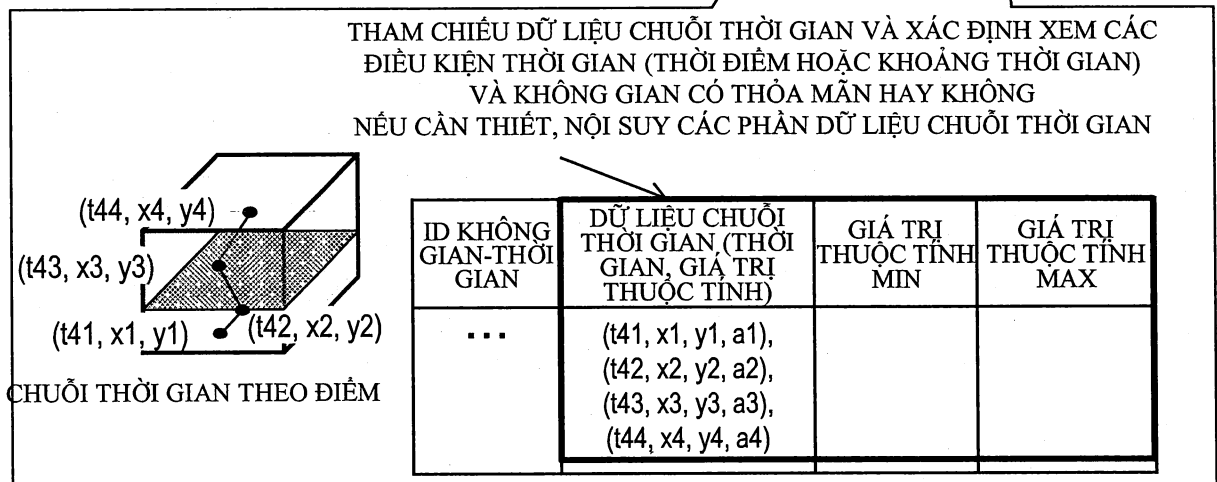


Fig.22

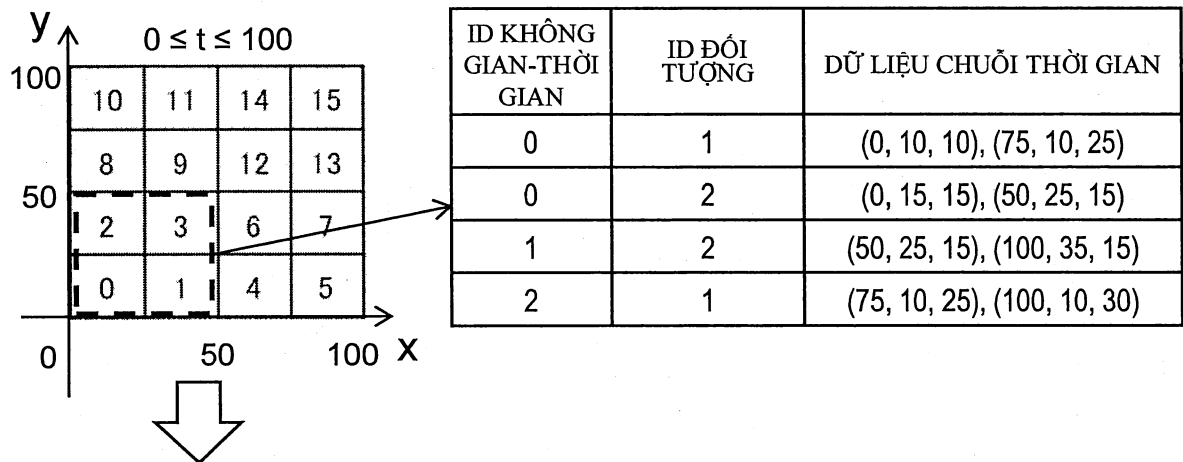
CÁC ĐIỀU KIỆN TÌM KIẾM

- ĐIỀU KIỆN THỜI GIAN: THỜI GIAN $t = 50$
- ĐIỀU KIỆN KHÔNG GIAN: HÌNH CHỮ NHẬT $(x, y) = (0, 0) - (50, 50)$
- CÁC THUỘC TÍNH THU ĐƯỢC: ID ĐỐI TƯỢNG, DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN



XÁC ĐỊNH TỔNG QUAN

- THU ĐƯỢC CÁC BẢN GHI THỎA MÃN $0 \leq (\text{ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN}) \leq 3$



XÁC ĐỊNH CHI TIẾT

- XÁC ĐỊNH VIỆC CÁC KẾT QUẢ XÁC ĐỊNH TỔNG QUAN CÓ THỎA MÃN CÁC ĐIỀU KIỆN TÌM KIẾM HAY KHÔNG
 → BẢN GHI (ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN, ID ĐỐI TƯỢNG) = (2, 1) KHÔNG THỎA MÃN CÁC ĐIỀU KIỆN THỜI GIAN THAM CHIẾU TỚI DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN, VÀ DO ĐÓ ĐƯỢC LOẠI TRỪ KHỎI CÁC KẾT QUẢ

CÁC KẾT QUẢ TÌM KIẾM

ID ĐỐI TƯỢNG	DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN
1	(50, 10, 20)
2	(50, 25, 15)

Fig.23

CÁC ĐIỀU KIỆN TÌM KIẾM

- ĐIỀU KIỆN THỜI GIAN: THỜI GIAN $t = [50, 150]$
- ĐIỀU KIỆN KHÔNG GIAN: HÌNH CHỮ NHẬT $(x, y) = (0, 0) - (50, 50)$
- CÁC THUỘC TÍNH THU ĐƯỢC: ID ĐỐI TƯỢNG, DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN



XÁC ĐỊNH TỔNG QUAN

THU ĐƯỢC CÁC BẢN GHI THỎA MÃN $0 \leq (\text{ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN}) \leq 3$ HOẶC $16 \leq (\text{ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN}) \leq 19$

DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN	ID ĐỐI TƯỢNG	DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN
0	1	(0, 10, 10), (75, 10, 25)
0	2	(0, 15, 15), (50, 25, 15)
1	2	(50, 25, 15), (100, 35, 15)
2	1	(75, 10, 25), (100, 10, 30)
18	1	(100, 10, 30), (150, 10, 40), (200, 20, 40)
19	2	(100, 35, 15), (150, 45, 15), (200, 45, 25)



XÁC ĐỊNH CHI TIẾT

CÁC KẾT QUẢ TÌM KIẾM

ID ĐỐI TƯỢNG	DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN
1	(50, 10, 20), (75, 10, 25), (100, 10, 30), (150, 10, 40)
2	(50, 25, 15), (100, 35, 15), (150, 45, 15)

Fig.24

RÀNG BUỘC CÁC MẪU DỮ LIỆU KHÁC NHAU THEO CÁC ĐƠN VỊ ĐOẠN KHÔNG GIAN
THỜI GIAN TẠI THỜI GIAN XÁC ĐỊNH TỔNG QUAN

DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO MẠNG LƯỚI

DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM

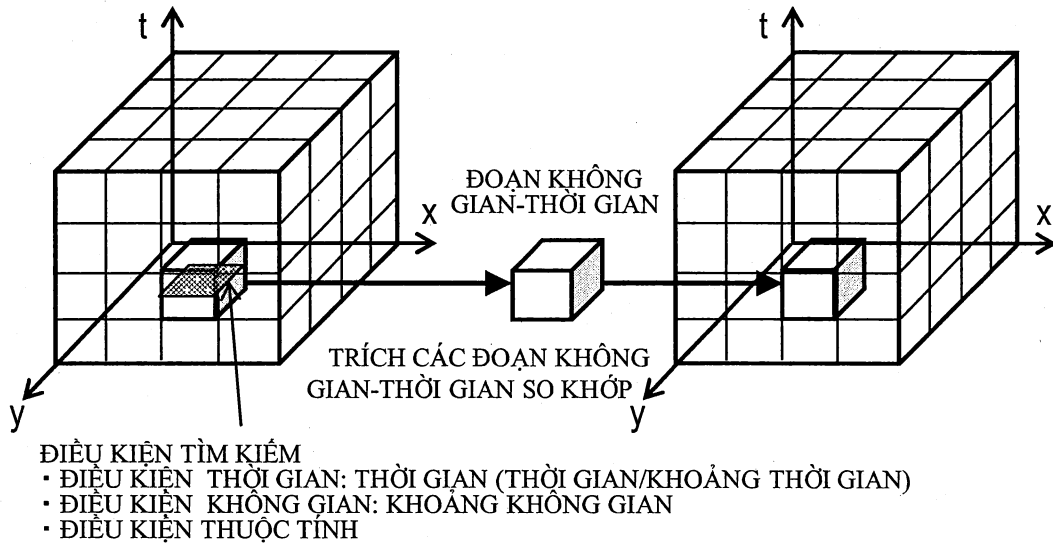


Fig.25A

LIÊN KẾT CÁC BẢNG VỚI CÁC ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN

ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN	DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN (THỜI GIAN, GIÁ TRỊ THUỘC TÍNH)	GIÁ TRỊ THUỘC TÍNH MIN	GIÁ TRỊ THUỘC TÍNH MAX
...	...	...	...
...	...	...	...
...	...	...	...

THAM CHIẾU DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN VÀ XÁC ĐỊNH VIỆC CÁC ĐIỀU KIỆN THỜI GIAN, ĐIỀU KIỆN KHÔNG GIAN, VÀ ĐIỀU KIỆN THUỘC TÍNH CÓ THỎA MÃN HAY KHÔNG

ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN	ID ĐỐI TƯỢNG	DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN (THỜI GIAN, GIÁ TRỊ THUỘC TÍNH)	GIÁ TRỊ THUỘC TÍNH MIN	GIÁ TRỊ THUỘC TÍNH MAX
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...

Fig.25B

CÁC ĐIỀU KIỆN TÌM KIẾM

- ĐIỀU KIỆN THỜI GIAN: THỜI GIAN $t = 50$
- ĐIỀU KIỆN KHÔNG GIAN: HÌNH CHỮ NHẬT $(x, y) = (0, 0) - (50, 50)$
- ĐIỀU KIỆN THUỘC TÍNH: (GIÁ TRỊ THUỘC TÍNH CỦA DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM THỜI GIAN THEO MẠNG LƯỚI) ≥ 1
- CÁC THUỘC TÍNH THU ĐƯỢC: ID ĐỐI TƯỢNG, DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM



XÁC ĐỊNH TỔNG QUAN

THU ĐƯỢC CÁC BẢN GHI THỎA MẶN:

$0 \leq (\text{ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN CỦA DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN LƯỚI TỌA ĐỘ}) \leq 3$; VÀ

$(\text{ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN CỦA DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO MẠNG LƯỚI}) = (\text{ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN CỦA DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM}); \text{ VÀ}$
 $(\text{GIÁ TRỊ THUỘC TÍNH MIN CỦA DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO MẠNG LƯỚI}) \geq 1$

CÁC KẾT QUẢ XÁC ĐỊNH TỔNG QUAN

ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN	DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO MẠNG LƯỚI	GIÁ TRỊ THUỘC TÍNH MIN	GIÁ TRỊ THUỘC TÍNH MAX	ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN	ID ĐỐI TƯỢNG	DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM
0	(0, 0), (100, 2)	0	2	0	1	(0, 10, 10), (75, 10, 25)
0	(0, 0), (100, 2)	0	2	0	2	(0, 15, 15), (50, 25, 15)
1	(0, 0), (100, 2)	0	2	1	2	(50, 25, 15), (100, 35, 15)
2	(0, 3), (100, 7)	3	7	2	1	(75, 10, 25), (100, 10, 30)

DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN LƯỚI TỌA ĐỘ

DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM

Fig.26A

XÁC ĐỊNH CHI TIẾT

THAM CHIẾU “DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO MẠNG LƯỚI” VÀ TÍNH TOÁN GIÁ TRỊ THUỘC TÍNH TẠI THỜI GIAN 50 BẰNG NỘI SUY TUYẾN TÍNH

→TẤT CẢ CÁC BẢN GHI CỦA XÁC ĐỊNH TỔNG QUAN THỎA MÃN ĐIỀU KIỆN THUỘC TÍNH ((GIÁ TRỊ THUỘC TÍNH CỦA DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO MẠNG LƯỚI) ≥ 1).

ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN	DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN
0	(50, 1)
0	(50, 1)
1	(50, 1)
2	(50, 2)



THAM CHIẾU “DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM” VÀ TÍNH TOÁN CÁC GIÁ TRỊ TỌA ĐỘ TẠI THỜI GIAN 50 BẰNG NỘI SUY TUYẾN TÍNH.

ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN	ID ĐỐI TƯỢNG	DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN
0	1	(50, 10, 20)
0	2	(50, 25, 15)
1	2	(50, 25, 15)
2	1	(50, 10, 20)



CÁC KẾT QUẢ XÁC ĐỊNH CHI TIẾT LOẠI BỎ DƯ THỪA VÀ TẠO CÁC BẢN GHI KẾT QUẢ

ID ĐỐI TƯỢNG	DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN
1	(50, 10, 20)
2	(50, 25, 15)

Fig.26B

TÊN DỮ LIỆU	THÔNG SỐ QUẢN LÝ	GIÁ TRỊ
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM	SỐ LƯỢNG BIT CỦA ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN	8
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM	KÍCH CỠ KHÔNG GIAN	2
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM	ĐƠN VỊ KHÔNG GIAN	MÉT
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM	GIÁ TRỊ NHỎ NHẤT TRỤC x	0
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM	GIÁ TRỊ LỚN NHẤT TRỤC x	100
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM	ĐỘ RỘNG ĐOẠN ĐƠN VỊ TRỤC x	50
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM	GIÁ TRỊ NHỎ NHẤT TRỤC y	0
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM	GIÁ TRỊ LỚN NHẤT TRỤC y	100
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM	ĐỘ RỘNG ĐOẠN ĐƠN VỊ TRỤC y	50
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM	ĐƠN VỊ THỜI GIAN	GIÂY
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM	ĐƠN VỊ KHÔNG GIAN	0
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM	THỜI GIAN BẮT ĐẦU KHOẢNG THỜI GIAN	100

Fig.27A

GÁN ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN CHO TỪNG ĐOẠN
CỦA VÙNG KHÔNG GIAN-THỜI GIAN

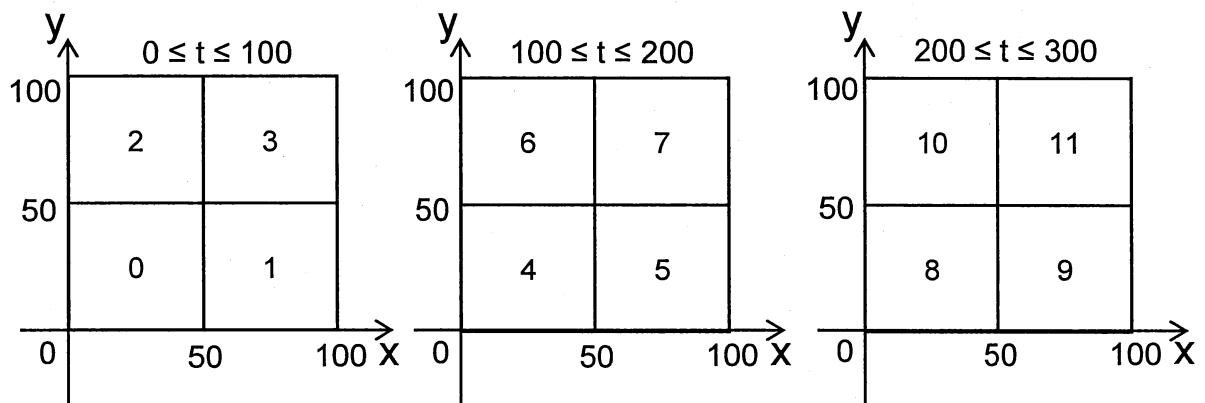


Fig.27B

DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM

112

ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN	ID ĐỐI TƯỢNG	DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN
0	1	(0, 10, 10), (100, 10, 30)
0	2	(0, 15, 15), (100, 35, 15)
4	1	(100, 10, 30), (150, 10, 40), (200, 20, 40)
4	2	(100, 35, 15), (150, 45, 15), (200, 45, 25)
8	1	(200, 20, 40), (300, 40, 40)
8	2	(200, 45, 25), (300, 45, 45)
...	...	...

Fig.27C

CÁC ĐIỀU KIỆN TÌM KIẾM

- TÌM KIẾM TỪ: DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO MẠNG LƯỚI,
DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM
- ĐIỀU KIỆN THỜI GIAN: THỜI GIAN $t = 50$
- ĐIỀU KIỆN KHÔNG GIAN: HÌNH CHỮ NHẬT $(x, y) = (0, 0) - (50, 50)$
- ĐIỀU KIỆN THUỘC TÍNH: (GIÁ TRỊ THUỘC TÍNH CỦA DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO MẠNG LƯỚI) ≥ 1
- CÁC THUỘC TÍNH THU ĐƯỢC: ID ĐỐI TƯỢNG, DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM



XÁC ĐỊNH TỔNG QUAN

THU ĐƯỢC CÁC BẢN GHI THỎA MÃN CÁC ĐIỀU KIỆN DƯỚI ĐÂY:

$0 \leq (\text{ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN CỦA DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO MẠNG LƯỚI}) \leq 3$; VÀ

$(\text{ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN CỦA DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO MẠNG LƯỚI} \& [00001111]_2) / 4 =$

$(\text{ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN CỦA DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM} \& [00001111]_2)$; VÀ

$(\text{GIÁ TRỊ THUỘC TÍNH MIN CỦA DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO MẠNG LƯỚI}) \geq 1$

CÁC KẾT QUẢ XÁC ĐỊNH TỔNG QUAN

ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN	DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO MẠNG LƯỚI	GIÁ TRỊ THUỘC TÍNH MIN	GIÁ TRỊ THUỘC TÍNH MAX	ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN	ID ĐỐI TƯỢNG	DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM
0	(0, 0), (100, 2)	0	2	0	1	(0, 10, 10), (100, 10, 30)
0	(0, 0), (100, 2)	0	2	0	2	(0, 15, 15), (100, 35, 15)
1	(0, 0), (100, 2)	0	2	0	1	(0, 10, 10), (100, 10, 30)
1	(0, 0), (100, 2)	0	2	0	2	(0, 15, 15), (100, 35, 15)

DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO MẠNG LƯỚI DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM

Fig.28A

XÁC ĐỊNH CHI TIẾT

THAM CHIẾU " DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO MẠNG LƯỚI " VÀ TÍNH TOÁN GIÁ TRỊ TẠI THỜI GIAN 50.

→TẤT CẢ CÁC BẢN GHI CỦA XÁC ĐỊNH TỔNG QUAN THỎA MÃN ĐIỀU KIỆN THUỘC TÍNH ((GIÁ TRỊ THUỘC TÍNH CỦA DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO MẠNG LƯỚI) ≥ 1).

ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN	DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN
0	(50, 1)
0	(50, 1)
1	(50, 1)
1	(50, 1)
2	(50, 5)
2	(50, 5)



THAM CHIẾU "DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM" VÀ TÍNH TOÁN CÁC GIÁ TRỊ TỌA ĐỘ TẠI THỜI GIAN 50 BẰNG NỘI SUY TUYẾN TÍNH.

ID KHÔNG GIAN-THỜI GIAN	ID ĐỐI TƯỢNG	DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN
0	1	(50, 10, 20)
0	2	(50, 25, 15)
0	1	(50, 10, 20)
0	2	(50, 25, 15)
0	1	(50, 10, 20)
0	2	(50, 25, 15)



CÁC KẾT QUẢ XÁC ĐỊNH CHI TIẾT
LOẠI BỎ DƯ THỪA VÀ TẠO CÁC BẢN GHI KẾT QUẢ

ID ĐỐI TƯỢNG	DỮ LIỆU CHUỖI THỜI GIAN THEO ĐIỂM
1	(50, 10, 20)
2	(50, 25, 15)

Fig.28B