(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0079365
(43) 공개일자 2015년07월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06F 17/30 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0048640
(22) 출원일자 2014년04월23일
심사청구일자 2014년04월23일
(30) 우선권주장
1020130165501 2013년12월27일 대한민국(KR)

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
(72) 발명자
이영구
대전 서구 청사서로 11, 106동 302호 (월평동, 무지개아파트)
김태연
경기도 수원시 영통구 영통동 968-14/1 신나무실 신영통 631-506
박기성
경기 부천시 원미구 원미로 123-4, E동 4호 (원미동, 백송연립)
(74) 대리인
서재승

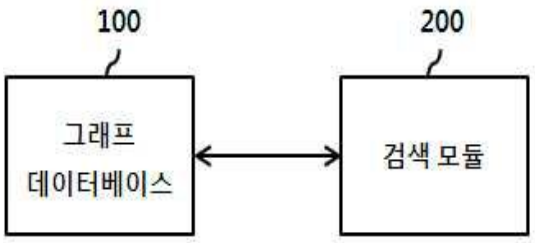
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 **대용량 그래프 데이터베이스의 순환 그래프 분산 검색 방법**

(57) 요 약

본 발명은 대용량 그래프 데이터베이스에서 순환 그래프를 검색하는 방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로 대용량 그래프 데이터베이스를 다수의 그래프 그룹으로 분산하고 각 그래프 그룹에서 버텍스 단위로 순환 그래프를 검색함으로써, 대용량 그래프 데이터베이스에 존재하는 순환 그래프를 빠르고 적은 비용으로 검색할 수 있는 순환 그래프의 검색 방법에 관한 것이다.

대 표 도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 17110-01260
부처명 미래부
연구관리전문기관 정보통신산업진흥원
연구사업명 2013 대학 IT 연구센터육성 지원사업
연구과제명 실시간 모바일 클라우드 서비스 플랫폼 연구개발
기 여 율 1/1
주관기관 경희대학교산학협력단
연구기간 2013.06.01 ~ 2013.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

대용량 그래프 데이터베이스에서 순환 그래프를 검색하는 방법에 있어서,

상기 대용량 그래프 데이터베이스는 다수개의 그래프 그룹으로 분리되어 분산되어 있으며,

각 상기 그래프 그룹을 구성하는 버텍스 중 기준 버텍스에 직접 연결되어 있는 모든 이웃 버텍스로부터 순차적 순환 경로상의 버텍스 식별자를 구비하는 이웃 식별 메시지를 수신하는 단계;

상기 이웃 식별 메시지에서 기준 버텍스의 식별자가 포함되어 있는지 판단하여 순환 그래프를 검색하는 단계;

상기 이웃 식별 메시지에 상기 기준 버텍스의 식별자가 포함되지 않는 경우, 상기 기준 버텍스의 식별자를 상기 이웃 버텍스의 식별자에 순차적으로 추가하여 기준 식별 메시지를 생성하는 단계; 및

상기 기준 식별 메시지를 상기 기준 버텍스에 직접 연결되어 있는 이웃 버텍스로 송신하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 순환 그래프의 분산 검색 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 순환 그래프의 분산 검색 방법은

상기 이웃 식별 메시지에 상기 기준 버텍스의 식별자가 포함되어 있는 경우, 상기 이웃 버텍스의 식별자에 상기 기준 버텍스의 식별자를 추가하여 상기 기준 식별 메시지의 생성을 중단하는 것을 특징으로 하는 순환 그래프의 분산 검색 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서, 상기 순환 그래프를 검색하는 단계는

상기 이웃 식별 메시지의 순차적 순환 경로에서 기준 버텍스가 시작 버텍스인지 판단하는 단계;

상기 기준 버텍스가 시작 버텍스인 경우 상기 기준 버텍스로 시작하여 상기 기준 버텍스로 종료하는 순차적 순환 경로 상의 버텍스로 이루어진 버텍스 조합을 생성하는 단계; 및

상기 생성한 버텍스 조합을 순환 그래프로 검색하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 순환 그래프의 분산 검색 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서, 상기 순환 그래프를 검색하는 단계는

검색한 순환 그래프의 버텍스 조합을 구성하는 버텍스 식별자에 기초하여 상기 검색한 순환 그래프의 버텍스 조합의 동일 여부로 상기 검색한 순환 그래프가 중복 순환 그래프인지 판단하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 순환 그래프의 분산 검색 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 상기 중복 순환 그래프에서 시작 버텍스가 가장 작은 값을 가지는 정규 순환 그래프만을 선택하고, 나머지 중복 순환 그래프를 제거하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 순환 그래프의 분산 검색 방법.

청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 그래프 그룹에서 다른 그래프 그룹과의 경계에 위치하는 경계 버텍스는 다른 그래프 그룹에서 상기 경계 버텍스에 연결되어 있는 주변 버텍스의 식별자 정보를 가지고 있는 것을 특징으로 하는 순환 그래프의 분산 검

색 방법.

청구항 7

대용량 그래프 데이터베이스에서 순환 그래프를 검색하는 장치에 있어서,

다수개의 그래프 그룹으로 분리되어 있는 상기 대용량 그래프 데이터베이스 중 1개의 그래프 그룹이 분산 저장되어 있는 그래프 데이터베이스; 및

상기 그래프 그룹을 구성하는 각 버텍스에서 인접하는 버텍스로부터 순차적 순환 경로상의 식별 메시지를 수신하여 상기 그래프 그룹에 존재하는 순환 그래프를 검색하는 검색 모듈을 포함하는 것을 특징으로 하는 순환 그래프의 분산 검색 장치.

청구항 8

제 7 항에 있어서, 상기 검색 모듈은

상기 그래프 그룹을 구성하는 버텍스 중 기준 버텍스에 직접 연결되어 있는 모든 이웃 버텍스로부터 수신한, 순차적 순환 경로상의 버텍스 식별자를 구비하는 이웃 식별 메시지에 상기 기준 버텍스의 식별자가 포함되어 있는지 판단하여 순환 그래프를 검색하는 검색부; 및

상기 이웃 식별 메시지에 상기 기준 버텍스의 식별자가 포함되지 않는 경우, 상기 기준 버텍스의 식별자를 상기 이웃 버텍스의 식별자에 추가하여 기준 식별 메시지를 생성하고, 상기 기준 식별 메시지를 상기 기준 버텍스에 직접 연결되어 있는 이웃 버텍스로 송신하는 기준 식별 메시지 생성부를 포함하는 것을 특징으로 하는 순환 그래프 분산 검색 장치.

청구항 9

제 8 항에 있어서, 상기 기준 식별 메시지 생성부는

상기 이웃 식별 메시지에 상기 기준 버텍스의 식별자가 포함되어 있는 경우, 상기 이웃 버텍스의 식별자에 상기 기준 버텍스의 식별자를 추가하여 상기 기준 식별 메시지의 생성을 중단하는 것을 특징으로 하는 순환 그래프의 분산 검색 장치.

청구항 10

제 9 항에 있어서, 상기 검색부는

상기 이웃 식별 메시지의 순차적 순환 경로에서 기준 버텍스가 시작 버텍스인지 판단하는 시작 버텍스 판단부;

상기 기준 버텍스가 시작 버텍스인 경우 상기 기준 버텍스로 시작하여 상기 기준 버텍스로 종료하는 순차적 순환 경로 상의 버텍스로 이루어진 버텍스 조합을 생성하는 버텍스 조합 생성부; 및

상기 생성한 버텍스 조합으로 이루어진 그래프를 순환 그래프로 검색하는 순환 그래프 검색부를 포함하는 것을 특징으로 하는 순환 그래프의 분산 검색 장치.

청구항 11

제 10 항에 있어서, 상기 순환 그래프의 분산 검색 장치는

검색한 순환 그래프의 버텍스 조합을 구성하는 버텍스 식별자에 기초하여 상기 검색한 순환 그래프의 버텍스 조합의 동일 여부로 상기 검색한 순환 그래프가 중복 순환 그래프인지 판단하는 중복 판단부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 순환 그래프의 분산 검색 장치.

청구항 12

제 11 항에 있어서, 상기 중복 판단부는

상기 중복 순환 그래프에서 시작 버텍스가 가장 작은 값을 가지는 정규 순환 그래프만을 선택하고, 나머지 중복 순환 그래프를 제거하는 것을 특징으로 하는 순환 그래프의 분산 검색 장치.

청구항 13

제 7 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 데이터베이스는

상기 그래프 그룹에서 다른 그래프 그룹과의 경계에 위치하는 경계 버텍스에 연결되어 있는 주변 버텍스의 식별자 정보를 가지고 있는 것을 특징으로 하는 순환 그래프의 분산 검색 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 대용량 그래프 데이터베이스에서 순환 그래프를 검색하는 방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로 대용량 그래프 데이터베이스를 다수의 그래프 그룹으로 분산하고 각 그래프 그룹에서 버텍스 단위로 순환 그래프를 검색함으로써, 대용량 그래프 데이터베이스에 존재하는 순환 그래프를 빠르고 적은 비용으로 검색할 수 있는 순환 그래프의 검색 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 페타(peta) 바이트 이상의 규모의 대용량 데이터 분석은 다양한 분야에서 연구되고 있다. 특히, 소셜 네트워크, XML 등과 같은 구조적인 정보를 갖는 대용량의 그래프들을 분석하는 기술이 활발히 연구되고 있다. 예를 들어, 소셜 네트워크에서 사용자 식별자는 노드 버텍스로, 사용자 사이의 관계는 노드 버텍스를 연결하는 노드 에지로 표현될 수 있다. 이러한 대용량의 그래프를 분석하기 위한 연산중의 하나로 순환 그래프가 사용된다. 예를 들어, 소셜 네트워크 분석에서는 그래프 내에서 순환이 발생하는 사용자들을 스팸 사용자로 검출하거나 순환 그래프의 수에 기초하여 대용량 그래프의 복잡도를 판단하기도 한다.

[0003] 순환 그래프(cycle graph)는 그래프에서 순환이 적어도 하나 이상 존재하는 그래프를 의미한다. 기존의 순환 그래프를 탐색하기 위한 연구는 모든 쌍의 최단 경로(all pairs shortest paths)를 이용한 기술과 깊이우선탐색(depth first search, DFS)을 이용한 기술이 제안되었다.

[0004] 최단 경로를 이용한 기술은 기존의 모든 쌍의 최단 경로 알고리즘의 탐색 전략을 이용하여 모든 순환을 찾는 기법으로 많은 연산량을 요구한다는 문제점을 가지며, 분산 시스템에 적용하기 곤란하다는 문제점을 가진다. 한편, 깊이우선탐색을 이용한 기술은 한 노드를 방문한 후에 그에 인접하고, 아직 방문하지 않은 한 노드를 선택하여 이로부터 다시 위 과정을 반복하는 방법이다. 그러나 최근 페타 바이트 이상의 규모를 갖는 대용량 데이터의 출현으로 모든 데이터를 메모리에 적재할 수 없을 뿐만 아니라 그래프를 탐색하기 위해 매우 오랜 수행시간을 갖게 되었다.

[0005] 최근 대용량 그래프 알고리즘들을 효율적으로 분산처리하기 위한 프리겔(Pregel) 프레임워크가 제안되었다. 프리겔은 버텍스 단위로 알고리즘을 분할하여 분산처리한다. 깊이 우선 탐색 기법을 프리겔에 적용하여 대용량 그래프 데이터베이스에 존재하는 순환 그래프를 검색하는 경우 하나의 노드 버텍스를 시작점으로 하는 순환들을 모두 검출한 후에만 또 다른 노드 버텍스들을 시작점으로 하는 순환들을 검출할 수 있기 때문에 종래 깊이우선탐색 기법을 프리겔과 같은 분산 검색 시스템에 적용하기 곤란한다.

[0006] 또한 종래 깊이우선탐색 기법을 이용한 순환 그래프의 검색 방법은 순차적 순환 경로 상에 위치하는 노드 버텍스 개수 크기의 방문기록배열(Visited Record Array)을 사용하여 노드 버텍스를 방문할 때마다 방문 여부를 방문기록배열에 표시하고, 방문기록배열에서 동일한 노드 버텍스가 존재하는 경우 중복 순환 그래프로 판단하기 때문에 대용량의 그래프 데이터베이스에서 중복 순환 그래프를 판단하기 위하여 큰 저장공간과 오랜 시간이 필요하다는 문제점을 가진다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 위에서 언급한 종래 대용량 그래프 데이터베이스에서 순환 그래프를 검색하는 방법이 가지는 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명이 이루고자 하는 목적은 대용량 그래프 데이터베이스를 다수의 그래프 그룹으로 분산하여 대용량 그래프 데이터베이스에 존재하는 순환 그래프를 검색하는 방법을 제공하는 것이다.

[0008] 한편, 본 발명이 이루고자 하는 다른 목적은 대용량 그래프 데이터베이스를 다수의 그래프 그룹으로 분산하고 각 그래프 그룹에서 버텍스 단위로 순환 그래프를 검색하여 대용량 그래프 데이터베이스에서 순환 그래프를 빠르고 적은 비용으로 검색할 수 있는 방법을 제공하는 것이다.

[0009] 또한 본 발명이 이루고자 하는 또 다른 목적은 각 그래프 그룹에서 검색한 순환 그래프를 구성하는 버텍스의 식별자로 이루어진 정규 코드에 기초하여 중복된 순환 그래프를 제거할 수 있는 순환 그래프의 검색 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 대용량 그래프 데이터베이스에서 순환 그래프를 검색하는 방법은 대용량 그래프 데이터베이스가 다수개의 그래프 그룹으로 분리되어 분산되어 있으며,

[0011] 각 그래프 그룹을 구성하는 버텍스 중 기준 버텍스에 직접 연결되어 있는 모든 이웃 버텍스로부터 순차적 순환 경로상의 버텍스 식별자를 구비하는 이웃 식별 메시지를 수신하는 단계와, 이웃 식별 메시지에서 기준 버텍스의 식별자가 포함되어 있는지 판단하여 순환 그래프를 검색하는 단계와, 이웃 식별 메시지에 기준 버텍스의 식별자가 포함되지 않는 경우 기준 버텍스의 식별자를 이웃 버텍스의 식별자에 순차적으로 추가하여 기준 식별 메시지를 생성하는 단계와, 기준 식별 메시지를 기준 버텍스에 직접 연결되어 있는 이웃 버텍스로 송신하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0012] 여기서 상기 이웃 식별 메시지에 상기 기준 버텍스의 식별자가 포함되어 있는 경우, 이웃 버텍스의 식별자에 기준 버텍스의 식별자를 추가하여 상기 기준 식별 메시지의 생성을 중단하는 것을 특징으로 한다.

[0013] 바람직하게 순환 그래프를 검색하는 단계는 이웃 식별 메시지의 순차적 순환 경로에서 기준 버텍스가 시작 버텍스인지 판단하는 단계와, 기준 버텍스가 시작 버텍스인 경우 기준 버텍스로 시작하여 기준 버텍스로 종료하는 순차적 순환 경로 상의 버텍스로 이루어진 버텍스 조합을 생성하는 단계와, 생성한 버텍스 조합을 순환 그래프로 검색하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 바람직하게, 순환 그래프를 검색하는 단계는 검색한 순환 그래프의 버텍스 조합을 구성하는 버텍스 식별자에 기초하여 검색한 순환 그래프의 버텍스 조합의 동일 여부로 검색한 순환 그래프가 중복 순환 그래프인지 판단하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에 따른 순환 그래프의 검색 방법은 중복 순환 그래프에서 시작 버텍스가 가장 작은 값을 가지는 정규 순환 그래프만을 선택하고, 나머지 중복 순환 그래프를 제거하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0016] 여기서 그래프 그룹에서 다른 그래프 그룹과의 경계에 위치하는 경계 버텍스는 다른 그래프 그룹에서 경계 버텍스에 연결되어 있는 주변 버텍스의 식별자 정보를 가지고 있는 것을 특징으로 한다.

[0017] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따른 대용량 그래프 데이터베이스에서 순환 그래프를 검색하는 장치는 다수개의 그래프 그룹으로 분리되어 있는 대용량 그래프 데이터베이스 중 1개의 그래프 그룹이 분산 저장되어 있는 그래프 데이터베이스와, 그래프 그룹을 구성하는 각 버텍스에서 인접하는 버텍스로부터 순차적 순환 경로상의 식별 메시지를 수신하여 그래프 그룹에 존재하는 순환 그래프를 검색하는 검색 모듈을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0018] 바람직하게, 검색 모듈은 그래프 그룹을 구성하는 버텍스 중 기준 버텍스에 직접 연결되어 있는 모든 이웃 버텍스로부터 수신한, 순차적 순환 경로상의 버텍스 식별자를 구비하는 이웃 식별 메시지에 기준 버텍스의 식별자가 포함되어 있는지 판단하여 순환 그래프를 검색하는 검색부와, 이웃 식별 메시지에 기준 버텍스의 식별자가 포함되지 않는 경우 기준 버텍스의 식별자를 이웃 버텍스의 식별자에 추가하여 기준 식별 메시지를 생성하고 기준 식별 메시지를 기준 버텍스에 직접 연결되어 있는 이웃 버텍스로 송신하는 기준 식별 메시지 생성부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0019] 여기서 기준 식별 메시지 생성부는 이웃 식별 메시지에 기준 버텍스의 식별자가 포함되어 있는 경우, 이웃 버텍스의 식별자에 기준 버텍스의 식별자를 추가하여 기준 식별 메시지의 생성을 중단하는 것을 특징으로 한다.

[0020] 바람직하게, 검색부는 이웃 식별 메시지의 순차적 순환 경로에서 기준 버텍스가 시작 버텍스인지 판단하는 시작 버텍스 판단부와, 기준 버텍스가 시작 버텍스인 경우 기준 버텍스로 시작하여 기준 버텍스로 종료하는 순차적 순환 경로 상의 버텍스로 이루어진 버텍스 조합을 생성하는 버텍스 조합 생성부와, 생성한 버텍스 조합으로 이루어진 그래프를 순환 그래프로 검색하는 순환 그래프 검색부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0021] 바람직하게, 본 발명의 일 실시예에 따른 순환 그래프의 분산 검색 장치는 검색한 순환 그래프의 버텍스 조합을 구성하는 버텍스 식별자에 기초하여 검색한 순환 그래프의 버텍스 조합의 동일 여부로 검색한 순환 그래프가 중복 순환 그래프인지 판단하는 중복 판단부를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0022] 여기서 중복 판단부는 중복 순환 그래프에서 시작 버텍스가 가장 작은 값을 가지는 정규 순환 그래프만을 선택하고, 나머지 중복 순환 그래프를 제거하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0023] 본 발명의 일 실시예에 따른, 대용량 그래프 데이터베이스에서 순환 그래프를 검색하는 방법은 다음과 같은 효과를 가진다.

[0024] 본 발명의 일 실시예에 따른 순환 그래프의 검색 방법은 대용량 그래프 데이터베이스를 다수의 그래프 그룹으로 분산하고 각 그래프 그룹에서 버텍스 단위로 순환 그래프를 검색함으로써, 대용량 그래프 데이터베이스에 존재하는 순환 그래프를 빠르고 적은 비용으로 검색할 수 있다.

[0025] 또한 본 발명의 일 실시예에 따른 순환 그래프의 검색 방법은 각 그래프 그룹에서 검색한 순환 그래프를 구성하는 버텍스 조합의 정규 코드를 계산함으로써, 버텍스 조합의 정규 코드에 기초하여 검색한 순환 그래프 중 중복된 순환 그래프를 용이하게 제거할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른, 다수의 그래프 그룹으로 이루어진 대용량 그래프 데이터베이스의 일 예를 도시하고 있다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 대용량 그래프 데이터베이스에서 순환 그래프를 분산 검색하는 장치를 설명하기 위한 기능 블록도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 검색 모듈을 보다 구체적으로 설명하기 위한 기능 블록도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 대용량 그래프 데이터베이스에서 순환 그래프를 검색하는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 5는 순환 그래프 1개로 이루어진 그래프에서 순환 그래프를 검색하는 방법의 일 예를 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 순환 그래프 2개로 이루어진 그래프에서 순환 그래프를 검색하는 방법의 일 예를 설명하기 위한 도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 대용량 그래프 데이터베이스에서 순환 그래프를 검색하는 단계를 보다 구체적으로 설명하기 위한 흐름도이다.

도 8은 중복 순환 그래프에서 정규 순환 그래프를 판단하는 일 예를 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 이하 첨부한 도면을 참고로 본 발명의 일 실시예에 따른 대용량 그래프 데이터베이스에서 순환 그래프를 검색하는 방법 및 그 장치에 대해 보다 구체적으로 설명한다.

[0028] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른, 다수의 그래프 그룹으로 이루어진 대용량 그래프 데이터베이스의 일 예를 도시하고 있다.

[0029] 도 1을 참고로 살펴보면, 원으로 표현된 다수의 노드 버텍스와 노드 버텍스 사이를 연결하는 에지로 구성되어 있는 대용량 그래프 데이터베이스가 존재한다. 여기서 노드 버텍스는 소셜 네트워크의 경우 사용자 이름, 아이디 등과 같은 사용자 식별자이며, 노드 에지는 사용자의 관계를 연결한다.

[0030] 대용량 그래프 데이터베이스는 다수의 그래프 그룹(GG1, GG2, GG3)으로 구분되어 그래프 그룹 단위로 순환 그래프를 검색하는 장치에 분산 저장되어 있는데, 순환 그래프를 검색하는 장치는 각 그래프 그룹 단위로 각 그래프 그룹을 구성하는 모든 버텍스를 기준으로 동시에 그래프 그룹에 존재하는 순환 그래프를 검색한다.

[0031] 여기서 그래프 그룹에서 다른 그래프 그룹과의 경계에 위치하는 경계 버텍스는 다른 그래프 그룹에서 경계 버텍스에 연결되어 있는 주변 버텍스의 식별자 정보를 가지는데, 예를 들어 그래프 그룹(GG1)의 경계 버텍스A는 그래프 그룹(GG1)의 경계에 위치하는 그래프 그룹(GG3)에서 경계 버텍스A에 연결되어 있는 주변 버텍스B의 식별자

정보를 가지고 있다. 이러한 주변 버텍스B의 식별자 정보는 그래프 데이터베이스에 저장될 수 있다.

[0032] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 대용량 그래프 데이터베이스에서 순환 그래프를 분산 검색하는 장치를 설명하기 위한 기능 블록도이다.

[0033] 도 2를 참고로 보다 구체적으로 살펴보면, 그래프 데이터베이스(100)는 다수개의 그래프 그룹으로 분리되어 있는 대용량 그래프 데이터베이스 중 적어도 1개 이상의 그래프 그룹이 분산 저장되어 있다.

[0034] 검색모듈(200)은 그래프 그룹을 구성하는 각 버텍스를 기준으로 기준 버텍스에 인접하는 이웃 버텍스로부터 인접 버텍스까지의 순차적 순환 경로상의 버텍스 식별자를 구비하는 식별 메시지를 수신하며, 수신한 식별 메시지의 순차적 순환 경로상의 버텍스 식별자에 자신의 버텍스 식별자가 포함되어 있는지 여부로 그래프 그룹에 존재하는 순환 그래프를 검색한다.

[0035] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 검색 모듈을 보다 구체적으로 설명하기 위한 기능 블록도이다.

[0036] 도 3을 참고로 살펴보면, 검색부(210)는 그래프 그룹을 구성하는 버텍스 중 기준 버텍스에 직접 연결되어 있는 모든 이웃 버텍스로부터 수신한, 이웃 버텍스까지의 순차적 순환 경로상의 버텍스 식별자를 구비하는 이웃 식별 메시지에 기준 버텍스의 식별자가 포함되어 있는지 판단하여 순환 그래프를 검색한다. 여기서 기준 버텍스는 이웃 식별 메시지를 수신하여 순환 그래프가 존재하는지 판단하는 버텍스를 의미하는데, 본 발명에서는 그래프 그룹에 존재하는 모든 버텍스 각각을 기준으로 동시에 순환 그래프가 존재하는지 검색하므로, 그래프 그룹에 존재하는 모든 버텍스는 기준 버텍스로 동작하며, 기준 버텍스에 인접하고 있는 버텍스는 상대적으로 이웃 버텍스로 동작한다.

[0037] 기준 식별 메시지 생성부(220)는 이웃 식별 메시지에 기준 버텍스의 식별자가 포함되지 않는 경우, 기준 버텍스의 식별자를 이웃 버텍스의 식별자에 추가하여 기준 식별 메시지를 생성하고, 기준 식별 메시지를 기준 버텍스에 직접 연결되어 있는 이웃 버텍스로 송신한다. 여기서 기준 식별 메시지 생성부(220)는 이웃 식별 메시지에 기준 버텍스의 식별자가 포함되어 있는 경우, 이웃 버텍스의 식별자에 기준 버텍스의 식별자를 추가하여 기준 식별 메시지의 생성을 중단한다.

[0038] 중복 판단부(230)는 검색부(210)에서 검색한, 그래프 그룹에 존재하는 순환 그래프의 버텍스 조합을 구성하는 버텍스 식별자에 기초하여 검색한 순환 그래프의 버텍스 조합의 동일 여부로 검색한 순환 그래프가 중복 순환 그래프인지 판단하며, 중복 순환 그래프인 경우 시작 버텍스가 가장 작은 값을 가지는 정규 순환 그래프만을 선택하고 나머지 중복 순환 그래프를 제거한다.

[0039] 검색부(210)를 보다 구체적으로 살펴보면, 검색부(210)는 이웃 식별 메시지의 순차적 순환 경로에서 기준 버텍스가 시작 버텍스인지 판단하는 시작 버텍스 판단부(211)와, 기준 버텍스가 시작 버텍스인 경우 기준 버텍스로 시작하여 기준 버텍스로 종료하는 순차적 순환 경로 상의 버텍스로 이루어진 버텍스 조합을 생성하는 버텍스 조합 생성부(213) 및 생성한 버텍스 조합으로 이루어진 그래프를 순환 그래프로 검색하는 순환 그래프 검색부(215)를 포함한다.

[0040] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 대용량 그래프 데이터베이스에서 순환 그래프를 검색하는 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0041] 도 4를 참고로 보다 구체적으로 살펴보면, 그래프 그룹의 각 버텍스는 자신을 기준 버텍스로 하여 기준 버텍스에 에지로 직접 연결되어 있는 이웃 버텍스로부터 이웃 식별 메시지를 수신한다(S110). 이웃 식별 메시지에는 이웃 버텍스까지의 순차적 순환 경로에 위치하는 버텍스의 식별자가 포함되어 있다. 여기서 순차적 순환 경로란 이웃 버텍스까지 이웃 버텍스의 이웃 버텍스로부터 이웃 식별 메시지를 수신하는 경로를 의미한다.

[0042] 이웃 식별 메시지에 기준 버텍스의 식별자가 포함되어 있는지 판단하여(S120), 이웃 식별 메시지에서 기준 버텍스를 시작 버텍스로 하고 이웃 식별자의 순차적 버텍스 조합을 포함하여 기준 버텍스로 종료하는 순차적 순환 경로 상의 버텍스로 이루어진 순환 그래프를 검색한다(S150).

[0043] 그러나 이웃 식별 메시지에 기준 버텍스의 식별자가 포함되어 있지 않은 경우, 이웃 식별 메시지에 구비되어 있

는 이웃 버텍스의 식별자에 기준 버텍스의 식별자를 순차적으로 추가하여 기준 식별 메시지를 생성하고(S130), 생성한 기준 식별 메시지를 기준 버텍스에 에지로 연결되어 있는 모든 이웃 버텍스로 송신한다(S140).

[0044] 기준 식별 메시지를 수신한 이웃 버텍스는 앞서 설명한 S110 내지 S150 단계를 반복한다.

[0045] 여기서 이웃 식별 메시지에 기준 버텍스의 식별자가 포함되어 있는 경우, 이웃 버텍스의 식별자에 기준 버텍스의 식별자를 추가하여 기준 식별 메시지의 생성을 중단한다.

[0046] 도 5는 순환 그래프를 검색하는 방법의 일 예를 설명하기 위한 도면이다.

[0047] 먼저, 도 5(a)를 참고로 살펴보면, 그래프는 1, 2, 3의 버텍스 식별자를 가지는 3개의 노드로 이루어진다. 버텍스 1은 에지로 연결되어 있는 이웃 버텍스 2로 버텍스 1의 식별자를 구비하는 기준 식별 메시지를 송신하며, 버텍스 2는 에지로 연결되어 있는 이웃 버텍스 3으로 버텍스 2의 식별자를 구비하는 기준 식별 메시지를 송신하며, 버텍스 3은 에지로 연결되어 있는 이웃 버텍스 1로 버텍스 3의 식별자를 구비하는 기준 식별 메시지를 송신한다. 여기서 기준 식별 메시지를 송신하는 버텍스는 이웃 버텍스에 대해 상대적으로 기준 버텍스이며, 기준 버텍스는 에지로 연결되어 있는 모든 이웃 버텍스로 기준 식별 메시지를 송신하지만, 이하에서는 설명의 간소화를 위해 일방향으로 송신되는 기준 식별 메시지에 기반하여 설명한다. 버텍스 1이 이웃 버텍스 3으로부터 수신한 이웃 식별 메시지에는 이웃 버텍스 3의 식별자만이 구비되어 있는데, 이웃 버텍스 3으로부터 수신한 이웃 식별 메시지에 기초하여 이웃 식별 메시지에 버텍스 1의 식별자가 포함되어 있는지 판단한다. 이와 동일하게 버텍스 2, 버텍스 3도 각각 이웃 버텍스 1, 이웃 버텍스 2로부터 수신한 이웃 식별 메시지에 버텍스 2, 버텍스 3의 식별자가 포함되어 있는지 판단한다.

[0048] 이웃 식별 메시지에 기준 버텍스 1, 2, 3의 식별자가 포함되어 있지 않은 경우, 도 5(b)를 참고로 살펴보면 기준 버텍스 1은 이웃 식별 메시지에 포함되어 있는 이웃 버텍스 식별자에 기준 버텍스 1의 식별자를 추가하여 버텍스 식별자(3, 1)을 구비하는 기준 식별 메시지를 생성하고, 생성한 기준 식별 메시지를 이웃 버텍스 2로 송신한다. 이와 동일하게, 기준 버텍스 2, 3도 각각 이웃 버텍스 1로부터 수신한 이웃 식별 메시지와 이웃 버텟스 2로부터 수신한 이웃 식별 메시지의 이웃 버텍스 식별자에 기준 버텍스 식별자를 추가하여 기준 식별 메시지를 생성하고, 생성한 기준 식별 메시지를 이웃 버텍스 3, 1로 각각 송신한다. 버텍스 1은 이웃 버텍스 3으로부터 수신한 이웃 식별 메시지에는 구비되어 있는 순차적 순환 경로 상의 이웃 버텍스 식별자(2, 3)에 기초하여 이웃 버텍스 3으로부터 수신한 이웃 식별 메시지에 버텍스 1의 식별자가 포함되어 있는지 판단한다. 이와 동일하게 버텍스 2, 버텍스 3도 각각 이웃 버텍스 1, 이웃 버텍스 2으로부터 수신한 이웃 식별 메시지에 버텍스 2, 버텍스 3의 식별자가 포함되어 있는지 판단한다.

[0049] 이웃 식별 메시지에 기준 버텍스 1, 2, 3의 식별자가 포함되어 있지 않은 경우, 도 5(c)를 참고로 살펴보면 기준 버텍스 1은 이웃 버텍스 3으로부터 수신한 이웃 식별 메시지에 포함되어 있는 이웃 버텍스 식별자에 기준 버텍스 1의 식별자를 추가하여 버텍스 식별자(2, 3, 1)을 구비하는 기준 식별 메시지를 생성하고, 생성한 기준 식별 메시지를 이웃 버텍스 2로 송신한다. 이와 동일하게, 기준 버텍스 2, 3도 각각 이웃 버텍스 1로부터 수신한 이웃 식별 메시지, 이웃 버텍스 2로부터 수신한 이웃 식별 메시지의 이웃 버텍스 식별자에 기준 버텍스 식별자를 추가하여 기준 식별 메시지를 생성하고, 생성한 기준 식별 메시지를 이웃 버텍스 3, 1로 송신한다. 기준 버텍스 1은 이웃 버텍스 3으로부터 수신한 이웃 식별 메시지에 구비되어 있는 순차적 순환 경로 상의 이웃 버텍스 식별자(1, 2, 3)에 기초하여 이웃 버텍스 3으로부터 수신한 이웃 식별 메시지에 버텍스 1의 식별자가 포함되어 있는지 판단한다. 이와 동일하게 기준 버텍스 2, 버텍스 3도 각각 이웃 버텍스 1, 이웃 버텍스 2으로부터 수신한 이웃 식별 메시지에 기준 버텍스 2, 기준 버텍스 3의 식별자가 포함되어 있는지 판단한다.

[0050] 기준 버텍스 1은 이웃 버텍스 3으로부터 수신한 이웃 식별 메시지에 기준 버텍스 1의 식별자가 포함되어 있는 경우, 이웃 버텍스 3으로부터 수신한 이웃 식별 메시지의 이웃 버텍스 식별자(1, 2, 3)에 기초하여 이웃 버텍스 식별자가 기준 버텍스1로 시작하여 기준 버텍스로 종료하는 순차적 순환 경로 상의 버텍스로 이루어진 버텍스 조합의 순환 그래프(1->2->3)를 검색한다. 이와 동일하게, 기준 버텍스 2, 기준 버텍스 3도 각각 순환 그래프(2->3->1), (3->1->2)을 검색한다.

[0051] 도 5를 참고로 설명한 순환 그래프의 검색은 프리겔(Pregel)과 같은 분산 처리 프레임워크를 이용하여 수행될 수 있는데, 프리겔은 버텍스 단위로 기설계한 함수에 따라 버텍스의 값을 변경하거나 다른 버텍스에게 메시지를 보내는 슈퍼스텝이란 과정으로 동작한다. 프리겔은 활성화와 비활성화라는 두 가지의 버텍스 상태가 존재하는

데 활성화 상태의 버텍스들은 사용자가 정의한 함수를 수행하며 연결된 버텍스에 메시지를 전달한다. 이때 더 이상 전송하는 메시지가 없을 때 비활성화 상태가 되며, 메시지를 전송받아 값이 변경되는 작업이 발생하지 않으면 이때 또한 비활성화 상태로 전이가 발생한다. 이러한 프리겔은 모든 버텍스가 비활성화 상태이거나 버텍스 간 메시지 전달이 발생하지 않을 때 종료하게 된다.

[0052] 도 6은 순환 그래프 2개로 이루어진 그래프에서 순환 그래프를 검색하는 방법의 일 예를 설명하기 위한 도면이다.

[0053] 도 6에 도시되어 있는 그래프에서 순환 그래프를 검색하는 방법은 앞서 도 5를 참고로 설명한 순환 그래프의 검색 방법과 동일하며 다만 2개 이상의 순환 그래프로 형성되어 있는 경우 1개의 버텍스가 다수의 이웃 식별 메시지를 수신한다는 점에서 차이가 있다.

[0054] 먼저, 도 6(a)를 참고로 살펴보면 그래프는 1, 2, 3, 4의 버텍스 식별자를 가지는 4개의 노드로 이루어졌다. 버텍스 1은 에지로 연결되어 있는 이웃 버텍스 2로 버텍스 1의 식별자를 구비하는 기준 식별 메시지를 송신하며, 버텍스 2는 에지로 연결되어 있는 이웃 버텍스 3으로 버텍스 2의 식별자를 구비하는 기준 식별 메시지를 송신하며, 버텍스 3은 에지로 연결되어 있는 이웃 버텍스 1, 4로 버텍스 3의 식별자를 구비하는 기준 식별 메시지를 송신하며, 버텍스 4는 에지로 연결되어 있는 이웃 버텍스 1로 버텍스 4의 식별자를 구비하는 기준 식별 메시지를 송신한다. 각 기준 버텍스 1, 2, 3, 4는 이웃 식별 메시지에 각 기준 버텍스의 식별자가 포함되어 있는지 판단한다.

[0055] 이웃 식별 메시지에 기준 버텍스 1, 2, 3, 4의 식별자가 포함되어 있지 않은 경우, 도 6(b)에 도시되어 있는 바와 같이 기준 버텍스 1, 2, 3, 4는 각각 이웃 식별 메시지에 포함되어 있는 이웃 버텍스 식별자에 기준 버텍스 식별자를 추가하여 기준 식별 메시지를 생성하고, 이웃 버텍스로 생성한 기준 식별 메시지를 송신한다. 기준 버텍스 1은 이웃 버텍스 3, 4로부터 각각 이웃 식별 메시지를 수신하며, 기준 버텍스 1은 각각의 이웃 식별 메시지에 기준 버텍스 식별자를 추가하여 2개의 기준 식별 메시지를 생성하며, 생성한 2개의 기준 식별 메시지를 이웃 버텍스 2로 송신한다.

[0056] 이웃 식별 메시지에 기준 버텍스 1, 2, 3, 4의 식별자가 포함되어 있지 않은 경우, 도 6(c)에 도시되어 있는 바와 같이 기준 버텍스 1, 2, 3, 4는 각각 이웃 식별 메시지에 포함되어 있는 이웃 버텍스 식별자에 기준 버텍스 식별자를 추가하여 기준 식별 메시지를 생성하고, 이웃 버텍스로 생성한 기준 식별 메시지를 송신한다.

[0057] 기준 버텍스 1은 이웃 버텍스 3으로부터 수신한 이웃 식별 메시지에 구비되어 있는 순차적 순환 경로 상의 이웃 버텍스 식별자(1,2,3)에 기초하여 이웃 버텍스 3으로부터 수신한 이웃 식별 메시지에 버텍스 1의 식별자가 포함되어 있는 것으로 판단한다. 이와 동일하게 기준 버텍스 2, 버텍스 3도 각각 이웃 버텍스 1, 이웃 버텍스 2으로부터 수신한 이웃 식별 메시지에 기준 버텍스 2, 기준 버텍스 3의 식별자가 포함되어 있는 것으로 판단한다.

[0058] 기준 버텍스 1은 이웃 버텍스 3으로부터 수신한 이웃 식별 메시지의 이웃 버텍스 식별자(1,2,3)에 기초하여 순환 그래프(1->2->3)를 검색하고, 기준 버텍스 2는 이웃 버텍스 1로부터 수신한 이웃 식별 메시지의 이웃 버텍스 식별자(2,3,1)에 기초하여 순환 그래프(2->3->1)를 검색하며, 기준 버텍스 3은 이웃 버텍스 2로부터 수신한 이웃 식별 메시지의 이웃 버텍스 식별자(3,1,2)에 기초하여 순환 그래프(3->1->2)를 검색한다. 이웃 식별 메시지의 이웃 버텍스 식별자에 기준 버텍스가 포함되어 있는 경우, 이웃 버텍스의 식별자에 기준 버텍스의 식별자를 추가하여 기준 버텍스에서 기준 식별 메시지의 생성을 중단한다.

[0059] 한편, 이웃 버텍스 4로부터 수신한 이웃 식별 메시지의 이웃 버텍스 식별자(2,3,4)에는 기준 버텍스 1의 식별자가 포함되어 있지 않으며, 이웃 버텍스 1로부터 수신한 이웃 식별 메시지의 이웃 버텍스 식별자(3,4,1)에는 기준 버텍스 2의 식별자가 포함되어 있지 않으며, 이웃 버텍스 2로부터 수신한 이웃 식별 메시지의 이웃 버텍스 식별자(4,1,2)에는 기준 버텍스 3의 식별자가 포함되어 있지 않으며, 이웃 버텍스 3으로부터 수신한 이웃 식별 메시지의 이웃 버텍스 식별자(1,2,3)에는 기준 버텍스 4의 식별자가 포함되어 있지 않다.

[0060] 이웃 식별 메시지에 기준 버텍스 1, 2, 3, 4의 식별자가 포함되어 있지 않은 경우, 도 6(d)에 도시되어 있는 바와 같이 기준 버텍스 1, 2, 3, 4는 각각 이웃 식별 메시지에 포함되어 있는 이웃 버텍스 식별자에 기준 버텍스 식별자를 추가하여 기준 식별 메시지를 생성하고, 이웃 버텍스로 생성한 기준 식별 메시지를 송신한다.

[0061] 기준 버텍스 1은 이웃 버텍스 4로부터 수신한 이웃 식별 메시지의 이웃 버텍스 식별자(1,2,3,4)에 기초하여 순

환 그래프(1->2->3->4)를 검색하고, 기준 버텍스 2는 이웃 버텍스 1로부터 수신한 이웃 식별 메시지의 이웃 버텍스 식별자(2,3,4,1)에 기초하여 순환 그래프(2->3->4->1)를 검색하며, 기준 버텍스 3은 이웃 버텍스 2로부터 수신한 이웃 식별 메시지의 이웃 버텍스 식별자(3,4,1,2)에 기초하여 순환 그래프(3->4->1->2)를 검색하며, 기준 버텍스 4는 이웃 버텍스 3으로부터 수신한 이웃 식별 메시지의 이웃 버텍스 식별자(4,1,2,3)에 기초하여 순환 그래프(4->1->2->3)를 검색한다. 이웃 식별 메시지의 이웃 버텍스 식별자에 기준 버텍스가 포함되어 있는 경우, 이웃 버텍스의 식별자에 기준 버텍스의 식별자를 추가하여 기준 버텍스에서 기준 식별 메시지의 생성을 중단한다.

[0062] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 대용량 그래프 데이터베이스에서 순환 그래프를 검색하는 단계를 보다 구체적으로 설명하기 위한 흐름도이다.

[0063] 도 7을 참고로 살펴보면, 이웃 식별 메시지에 구비되어 있는 이웃 버텍스 식별자의 순차적 순환 경로에서 기준 버텍스가 시작 버텍스인지 판단하고(S151), 기준 버텍스가 이웃 버텍스 식별자의 순차적 순환 경로에서 시작 버텍스인 경우 기준 버텍스로 시작하여 기준 버텍스로 종료하는 순차적 순환 경로 상의 버텍스로 이루어진 버텍스 조합을 생성한다(S153). 생성한 버텍스 조합을 구성하는 버텍스 식별자에 기초하여 버텍스 조합의 동일 여부로 버텍스 조합으로 이루어진 순환 그래프가 중복 순환 그래프인지 판단한다(S155).

[0064] 중복 순환 그래프의 버텍스 조합에서 시작 버텍스가 가장 작은 값을 가지는 중복 순환 그래프를 정규 순환 그래프로 판단하고, 정규 순환 그래프를 제외한 나머지 중복 순환 그래프를 제거하여 최종적으로 순환 그래프를 검색한다(S157).

[0065] 도 8은 중복 순환 그래프에서 정규 순환 그래프를 판단하는 일 예를 설명하기 위한 도면이다.

[0066] 도 8을 참고로 살펴보면, 도 5에 도시되어 있는 그래프의 기준 버텍스 1, 2, 3에서 생성한 순환 그래프의 버텍스 조합은 각각 (1,2,3), (2,3,1) 및 (3,1,2)이고, 도 6에 도시되어 있는 그래프의 기준 1, 2, 3, 4에서 생성한 순환 그래프의 버텍스 조합은 각각 (1,2,3,4), (2,3,4,1), (3,4,1,2), (4,1,2,3)이다. 버텍스 조합을 구성하는 버텍스 식별자의 동일 여부로 중복 순환 그래프를 판단하는데, 도 5에서 기준 버텍스 1, 2, 3에서 생성한 버텍스 조합은 서로 동일하므로 중복 순환 그래프이며, 도 6에서 기준 버텍스 1, 2, 3, 4에서 생성한 버텍스 조합은 서로 동일하므로 중복 순환 그래프이다. 이들 중복 순환 그래프의 버텍스 조합 (1,2,3), (2,3,1) 및 (3,1,2)에서 시작 버텍스가 가장 낮은 값을 가지는 (1,2,3)를 정규 순환 그래프로 판단하고 나머지 중복 순환 그래프 (2,3,1), (3,1,2)을 제거한다. 그리고 중복 순환 그래프의 버텍스 조합 (1,2,3,4), (2,3,4,1), (3,4,1,2), (4,1,2,3)에서 시작 버텍스가 가장 낮은 값을 가지는 (1,2,3,4)를 정규 순환 그래프로 판단하고 나머지 중복 순환 그래프 (2,3,4,1), (3,4,1,2), (4,1,2,3)을 제거한다.

[0067] 한편, 상술한 본 발명의 실시 예들은 컴퓨터에서 실행될 수 있는 프로그램으로 작성 가능하고, 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체를 이용하여 상기 프로그램을 동작시키는 범용 디지털 컴퓨터에서 구현될 수 있다.

[0068] 상기 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체는 전기 또는 자기식 저장 매체(예를 들어, 롬, 플로피 디스크, 하드디스크 등), 광학적 판독 매체(예를 들면, 시디롬, 디브이디 등) 및 캐리어 웨이브(예를 들면, 인터넷을 통한 전송)와 같은 저장 매체를 포함한다.

[0069] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 등록청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0070] 100: 그래프 데이터베이스 200: 검색 모듈

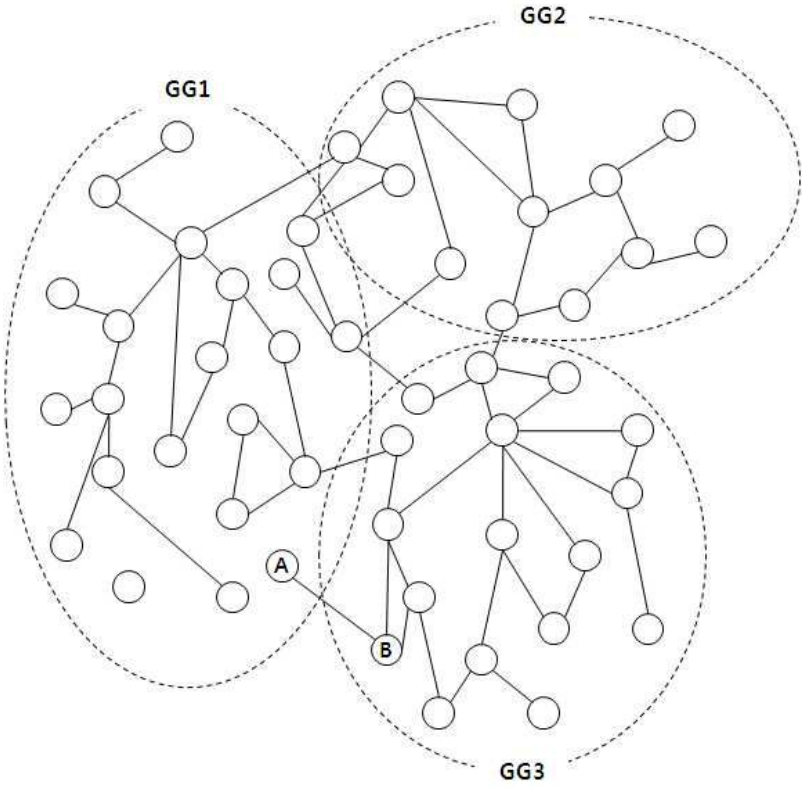
210: 검색부 220: 기준식별 메시지 생성부

230: 중복 판단부　　211: 시작 버텍스 판단부

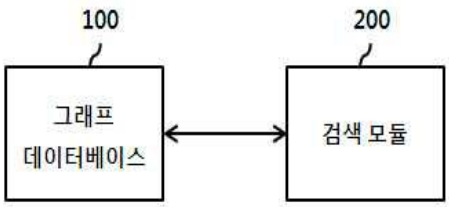
213: 버텍스 조합 생성부　　215: 순환 그래프 검색부

도면

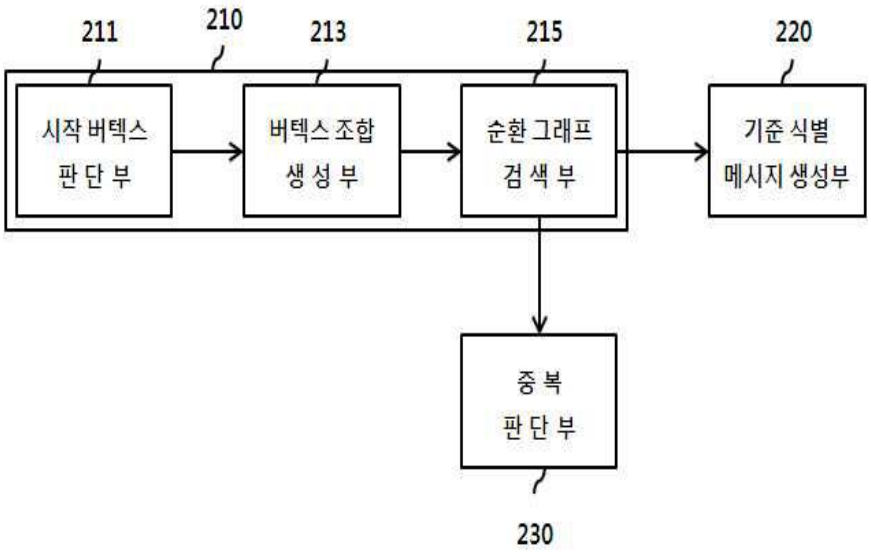
도면1



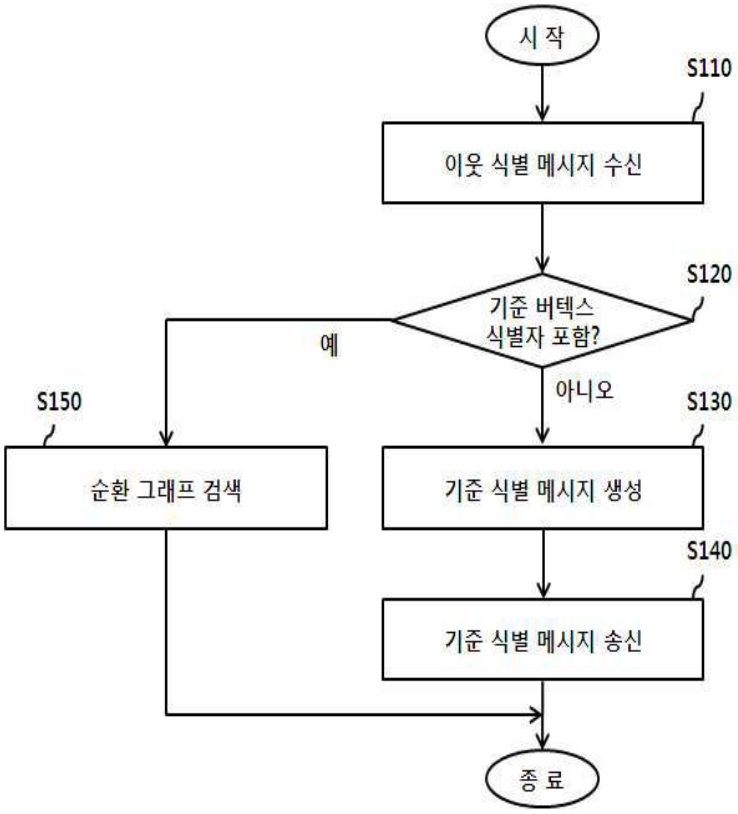
도면2



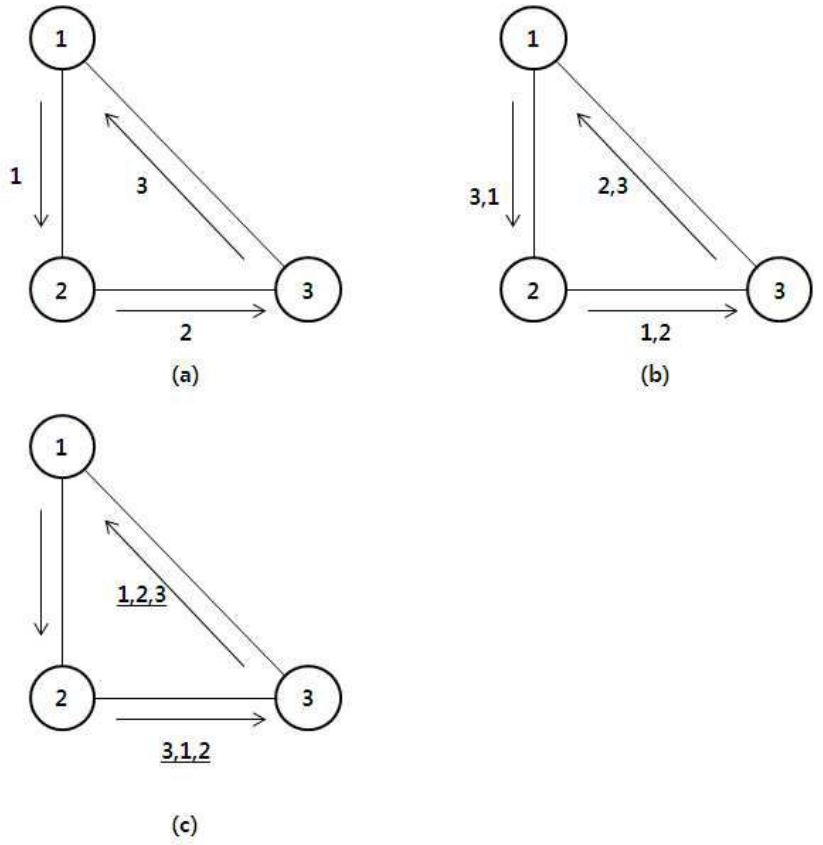
도면3


211
210
213
215
220
시작 버텍스 판단 부
버텍스 조합 생성 부
순환 그래프 검색 부
기준 식별 메시지 생성부
중복 판단 부
230

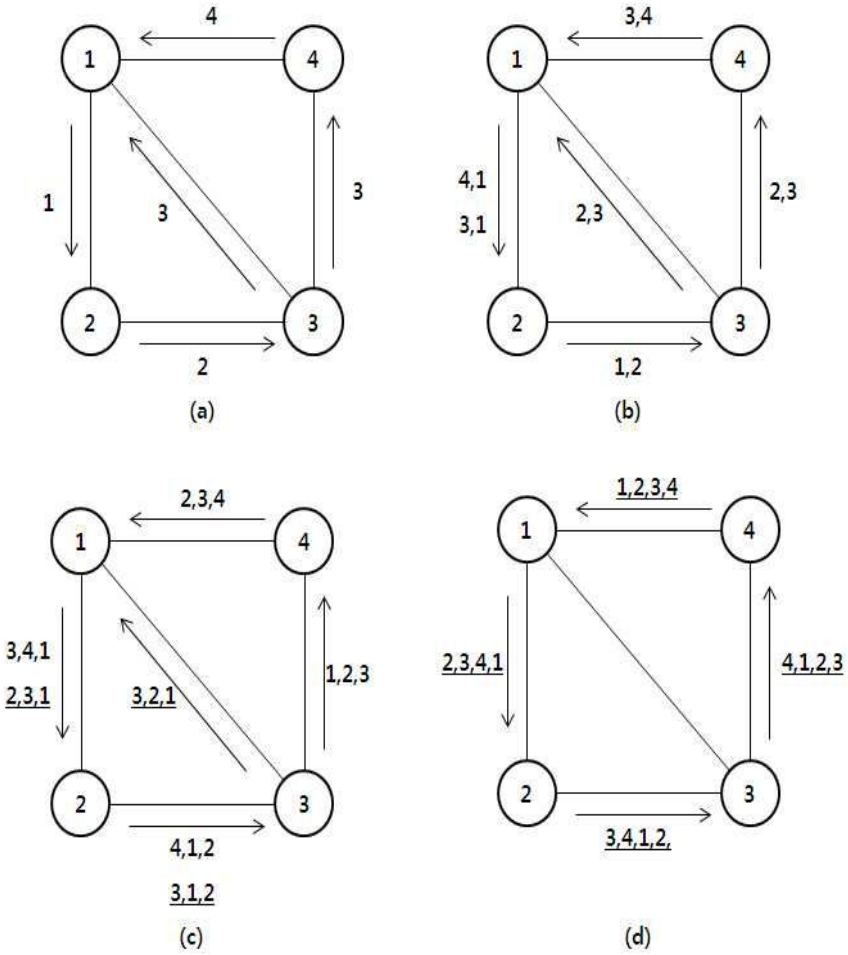
도면4


시작
S110
이웃 식별 메시지 수신
S120
기준 버텍스 식별자 포함?
예
아니오
S150
순환 그래프 검색
S130
기준 식별 메시지 생성
S140
기준 식별 메시지 송신
종료

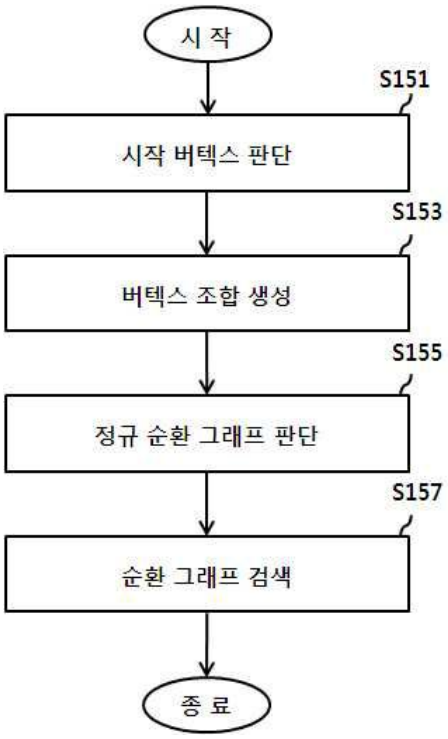
도면5



도면6


4
1
4
1
3
3
2
3
2
(a)
3,4
1
4
4,1
3,1
2,3
2,3
2
3
1,2
(b)
2,3,4
1
4
3,4,1
2,3,1
3,2,1
1,2,3
2
3
4,1,2
3,1,2
(c)
1,2,3,4
1
4
2,3,4,1
4,1,2,3
2
3
3,4,1,2,
(d)

도면7



도면8

	버텍스 조합	순환 그래프	정규 순환 그래프
1	1,2,3	1->2->3	O
2	2,3,1	2->3->1	X
3	3,1,2	3->1->2	X
4	1,2,3,4	1->2->3->4	O
5	2,3,4,1	2->3->4->1	X
6	3,4,1,2	3->4->1->2	X
7	4,1,2,3	4->1->2->3	X