



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0097834
(43) 공개일자 2010년09월06일

(51) Int. Cl.

G06F 17/30 (2006.01) G06F 17/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0016686

(22) 출원일자 2009년02월27일

심사청구일자 2009년02월27일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가 1

(72) 발명자

정연돈

서울특별시 중구 황학동 롯데캐슬 베네치아 105동 812호

최현식

서울특별시 성북구 안암동5가 102-100번지 301호

손지훈

서울특별시 도봉구 쌍문4동 성원아파트 102동 603호

(74) 대리인

송경근

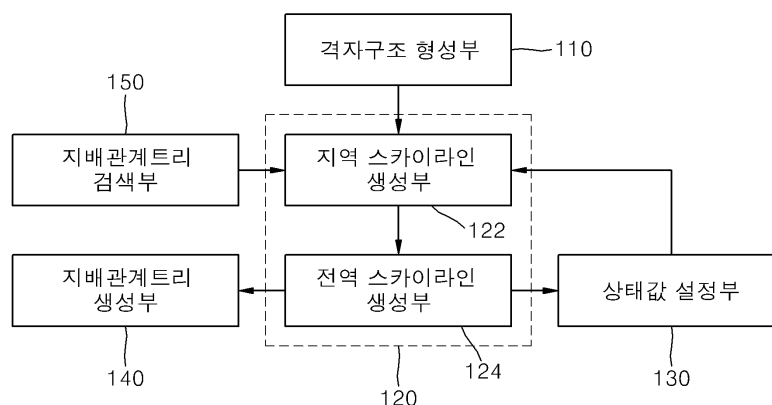
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 연속 스카이라인 질의 수행장치 및 방법

(57) 요약

연속 스카이라인 질의 수행장치 및 방법이 개시된다. 격자구조 형성부는 복수의 수치화된 속성을 가지는 튜플이 위치하는 다차원 좌표공간을 복수의 단위셀의 다차원 배열로 이루어진 격자구조로 표현한다. 스카이라인 생성부는 튜플들 중에서 선택된 전역 스카이라인 튜플의 좌표정보를 구성하는 복수의 좌표값이 모두 전역 스카이라인 튜플을 제외한 튜플의 좌표정보 중 대응되는 좌표값보다 크지 않고, 복수의 좌표값 중에서 적어도 하나의 좌표값이 전역 스카이라인 튜플을 제외한 튜플의 좌표정보 중 대응되는 좌표값보다 작으면 전역 스카이라인 튜플을 포함하는 전역 스카이라인을 생성한다. 지배관계 트리 생성부는 좌표공간 상에서 전역 스카이라인 튜플을 포함하는 각각의 단위셀의 좌표정보로 이루어진 단말노드와, 좌표공간 상에서 하위에 위치하는 자식노드에 포함된 단위셀의 좌표정보를 포함하며 좌표공간의 좌표축에 평행한 복수의 직선이 서로 교차하는 교차점 중에서 좌표공간의 원점으로부터 최단거리에 위치하는 교차점을 포함하는 단위셀의 좌표정보로 이루어진 비단말노드를 계층적으로 배치하여 지배관계 트리를 생성한다. 본 발명에 따르면, 전역 스카이라인 튜플이 위치하는 단위셀의 좌표정보를 기초로 지배관계 트리를 생성함으로써, 좌표공간에 위치하는 튜플의 구성에 변화가 생겼을 때 전역 스카이라인 및 지역 스카이라인을 효율적이고 빠르게 갱신할 수 있다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 KRF-2008-313-D00856

부처명 한국학술진흥재단

연구관리전문기관

연구사업명 기초과학 [하반기_단독]

연구과제명 Wireless Information Push 시스템에서 공간/비공간 혼합질의를 위한 색인 및 질의처리
기법에 관한연구

기여율

주관기관 고려대학교산학협력단

연구기간 2008 년 11월 01일 ~ 2009년 10월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

복수의 수치화된 속성을 가지는 튜플이 위치하는 다차원 좌표공간을 복수의 단위셀의 다차원 배열로 이루어진 격자구조로 표현하는 격자구조 형성부;

상기 튜플들 중에서 선택된 전역 스카이라인 튜플의 좌표정보를 구성하는 복수의 좌표값이 모두 상기 전역 스카이라인 튜플을 제외한 튜플의 좌표정보 중 대응되는 좌표값보다 크지 않고, 상기 복수의 좌표값 중에서 적어도 하나의 좌표값이 상기 전역 스카이라인 튜플을 제외한 튜플의 좌표정보 중 대응되는 좌표값보다 작으면 상기 전역 스카이라인 튜플을 포함하는 전역 스카이라인을 생성하는 스카이라인 생성부; 및

상기 좌표공간 상에서 상기 전역 스카이라인 튜플을 포함하는 각각의 단위셀의 좌표정보로 이루어진 단말노드와, 상기 좌표공간 상에서 하위에 위치하는 자식노드에 포함된 단위셀의 좌표정보를 포함하며 상기 좌표공간의 좌표축에 평행한 복수의 직선이 서로 교차하는 교차점 중에서 상기 좌표공간의 원점으로부터 최단거리 에 위치하는 교차점을 포함하는 단위셀의 좌표정보로 이루어진 비단말노드를 계층적으로 배치하여 지배관계 트리를 생성하는 지배관계 트리 생성부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 연속 스카이라인 질의 수행장치.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 지배관계 트리로부터 상기 좌표공간에 추가된 튜플이 위치하는 단위셀의 좌표정보를 구성하는 복수의 좌표값과 적어도 하나의 좌표값이 동일한 단위셀의 좌표정보로 이루어진 단말노드를 검색하는 지배관계 트리 검색부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 연속 스카이라인 질의 수행장치.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 지배관계 트리 검색부는 상기 지배관계 트리의 루트노드로부터 좌표정보를 구성하는 복수의 좌표값이 모두 상기 좌표공간에 추가된 튜플이 위치하는 단위셀의 좌표정보를 구성하는 복수의 좌표값보다 크지 않고, 상기 복수의 좌표값 중에서 적어도 하나의 좌표값이 상기 좌표공간에 추가된 튜플이 위치하는 단위셀의 좌표정보 중 대응되는 좌표값보다 작은 하위노드를 순차적으로 검색하는 것을 특징으로 하는 연속 스카이라인 질의 수행장치.

청구항 4

제 1항 내지 제 3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 전역 스카이라인 튜플을 포함하는 단위셀에 대하여 제1상태값을 부여하고, 좌표정보를 구성하는 복수의 좌표값이 모두 상기 제1상태값이 부여된 단위셀을 구성하는 좌표들의 좌표값 이상인 좌표들로 이루어진 단위셀에 대하여 제2상태값을 부여하고, 상기 제1상태값이 부여된 단위셀 및 상기 제2상태값이 부여된 단위셀을 제외한 단위셀에 대하여 제3상태값을 부여하는 상태값 설정부를 더 포함하며,

상기 스카이라인 생성부는 상기 제1상태값 또는 상기 제3상태값이 부여된 단위셀에 튜플이 추가되거나 상기 제1상태값 또는 상기 제3상태값이 부여된 단위셀로부터 튜플이 제거되면 상기 전역 스카이라인을 갱신하는 것을 특징으로 하는 연속 스카이라인 질의 수행장치.

청구항 5

제 1항 내지 제 3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 스카이라인 생성부는,

상기 각각의 단위셀에 대하여 동일한 단위셀 내에 포함된 튜플들 중에서 선택된 지역 스카이라인 튜플의 좌표정보를 구성하는 복수의 좌표값이 모두 상기 지역 스카이라인 튜플을 제외한 튜플의 좌표정보 중 대응되는 좌표값보다 크지 않고, 상기 복수의 좌표값 중에서 적어도 하나의 좌표값이 상기 지역 스카이라인 튜플을 제외한 튜플의 좌표정보 중 대응되는 좌표값보다 작으면 상기 지역 스카이라인 튜플을 포함하는 지역 스카이라인을 생성하는 지역 스카이라인 생성부; 및

상기 복수의 지역 스카이라인에 포함된 지역 스카이라인 튜플들 중에서 선택된 전역 스카이라인 튜플의 좌표정보를 구성하는 복수의 좌표값이 모두 상기 전역 스카이라인 튜플을 제외한 지역 스카이라인 튜플의 좌표정보 중 대응되는 좌표값보다 크지 않고, 상기 복수의 좌표값 중에서 적어도 하나의 좌표값이 상기 전역 스카이라인 튜플을 제외한 지역 스카이라인 튜플의 좌표정보 중 대응되는 좌표값보다 작으면 상기 전역 스카이라인 튜플을 포함하는 전역 스카이라인을 생성하는 전역 스카이라인 생성부;를 포함하며,

상기 좌표공간에 튜플이 추가되면 상기 지역 스카이라인 및 상기 전역 스카이라인을 갱신하는 것을 특징으로 하는 연속 스카이라인 질의 수행장치.

청구항 6

제 1항 내지 제 3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 격자구조 형성부는 상기 좌표공간 상에서 인접한 단위셀의 경계에 위치하는 튜플이 상기 인접한 단위셀 중에서 상기 좌표공간의 원점으로부터 최장거리에 위치하는 단위셀에 포함되도록 하는 것을 특징으로 하는 연속 스카이라인 질의 수행장치.

청구항 7

복수의 수치화된 속성을 가지는 튜플이 위치하는 다차원 좌표공간을 복수의 단위셀의 다차원 배열로 이루어진 격자구조로 표현하는 격자구조 형성단계;

상기 튜플들 중에서 선택된 전역 스카이라인 튜플의 좌표정보를 구성하는 복수의 좌표값이 모두 상기 전역 스카이라인 튜플을 제외한 튜플의 좌표정보 중 대응되는 좌표값보다 크지 않고, 상기 복수의 좌표값 중에서 적어도 하나의 좌표값이 상기 전역 스카이라인 튜플을 제외한 튜플의 좌표정보 중 대응되는 좌표값보다 작으면 상기 전역 스카이라인 튜플을 포함하는 전역 스카이라인을 생성하는 스카이라인 생성단계; 및

상기 좌표공간 상에서 상기 전역 스카이라인 튜플을 포함하는 각각의 단위셀의 좌표정보로 이루어진 단말노드와, 상기 좌표공간 상에서 하위에 위치하는 자식노드에 포함된 단위셀의 좌표정보를 포함하며 상기 좌표공간의 좌표축에 평행한 복수의 직선이 서로 교차하는 교차점 중에서 상기 좌표공간의 원점으로부터 최단거리에 위치하는 교차점을 포함하는 단위셀의 좌표정보로 이루어진 비단말노드를 계층적으로 배치하여 지배관계 트리를 생성하는 지배관계 트리 생성단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 연속 스카이라인 질의 수행방법.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 지배관계 트리로부터 상기 좌표공간에 추가된 튜플이 위치하는 단위셀의 좌표정보를 구성하는 복수의 좌표값과 적어도 하나의 좌표값이 동일한 단위셀의 좌표정보로 이루어진 단말노드를 검색하는 지배관계 트리 검색단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 연속 스카이라인 질의 수행방법.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 지배관계 트리 검색단계에서, 상기 지배관계 트리의 루트노드로부터 좌표정보를 구성하는 복수의 좌표값이 모두 상기 좌표공간에 추가된 튜플이 위치하는 단위셀의 좌표정보를 구성하는 복수의 좌표값보다 크지 않고, 상기 복수의 좌표값 중에서 적어도 하나의 좌표값이 상기 좌표공간에 추가된 튜플이 위치하는 단위셀의 좌표정보 중 대응되는 좌표값보다 작은 하위노드를 순차적으로 검색하는 것을 특징으로 하는 연속 스카이라인 질의 수행방법.

청구항 10

제 7항 내지 제 9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 전역 스카이라인 튜플을 포함하는 단위셀에 대하여 제1상태값을 부여하고, 좌표정보를 구성하는 복수의 좌표값이 모두 상기 제1상태값이 부여된 단위셀을 구성하는 좌표들의 좌표값 이상인 좌표들로 이루어진 단위셀에 대하여 제2상태값을 부여하고, 상기 제1상태값이 부여된 단위셀 및 상기 제2상태값이 부여된 단위셀을 제외한 단위셀에 대하여 제3상태값을 부여하는 상태값 설정단계를 더 포함하며,

상기 스카이라인 생성단계에서, 상기 제1상태값 또는 상기 제3상태값이 부여된 단위셀에 튜플이 추가되거나 상기 제1상태값 또는 상기 제3상태값이 부여된 단위셀로부터 튜플이 제거되면 상기 전역 스카이라인을 갱신하는 것을 특징으로 하는 연속 스카이라인 질의 수행방법.

청구항 11

제 7항 내지 제 9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 스카이라인 생성단계는,

상기 각각의 단위셀에 대하여 동일한 단위셀 내에 포함된 튜플들 중에서 선택된 지역 스카이라인 튜플의 좌표정보를 구성하는 복수의 좌표값이 모두 상기 지역 스카이라인 튜플을 제외한 튜플의 좌표정보 중 대응되는 좌표값보다 크지 않고, 상기 복수의 좌표값 중에서 적어도 하나의 좌표값이 상기 지역 스카이라인 튜플을 제외한 튜플의 좌표정보 중 대응되는 좌표값보다 작으면 상기 지역 스카이라인 튜플을 포함하는 지역 스카이라인을 생성하는 지역 스카이라인 생성단계; 및

상기 복수의 지역 스카이라인에 포함된 지역 스카이라인 튜플들 중에서 선택된 전역 스카이라인 튜플의 좌표정보를 구성하는 복수의 좌표값이 모두 상기 전역 스카이라인 튜플을 제외한 지역 스카이라인 튜플의 좌표정보 중 대응되는 좌표값보다 크지 않고, 상기 복수의 좌표값 중에서 적어도 하나의 좌표값이 상기 전역 스카이라인 튜플을 제외한 지역 스카이라인 튜플의 좌표정보 중 대응되는 좌표값보다 작으면 상기 전역 스카이라인 튜플을 포함하는 전역 스카이라인을 생성하는 전역 스카이라인 생성단계;를 포함하며,

상기 좌표공간에 튜플이 추가되면 상기 지역 스카이라인 및 상기 전역 스카이라인을 갱신하는 것을 특징으로 하는 연속 스카이라인 질의 수행방법.

청구항 12

제 7항 내지 제 9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 격자구조 형성단계에서, 상기 좌표공간 상에서 인접한 단위셀의 경계에 위치하는 튜플이 상기 인접한 단위셀 중에서 상기 좌표공간의 원점으로부터 최장거리에 위치하는 단위셀에 포함되도록 하는 것을 특징으로 하는 연속 스카이라인 질의 수행방법.

청구항 13

제 7항 내지 제 9항 중 어느 한 항에 기재된 연속 스카이라인 질의 수행방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 연속 스카이라인 질의 수행장치 및 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 연속적으로 속성값이 변화하는 데이터에 대하여 스카이라인 질의를 수행하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 스카이라인 질의(skyline query)는 다기준 의사결정을 포함하는 다양한 분야에서 중요한 질의방법으로 알려지고 있다. 스카이라인 질의에 의하면 데이터의 분포와 카디널리티(cardinality)에 따라 수많은 결과를 검색할 수 있다. 예를 들면, 각종 온라인 샵에서 사용자가 원하는 조건에 대한 최상의 상품을 검색하거나, 사용자의 취향을 충족시켜줄 것으로 기대되는 제품을 추천하는 데 스카이라인 질의가 사용될 수 있다. 스카이라인은 복수의 d-차원 튜플들로 이루어진 그룹으로부터 얻어지며, 다른 튜플들에 의해 지배되지 않는 튜플들의 그룹을 포함한다. 여기서, 튜플 tp가 모든 차원에서 튜플 tp'에 비해 나쁘지 않고 tp가 적어도 한 차원에서 tp'에 비해 좋은 경우에는 tp는 tp'을 지배한다(dominate)고 표현한다. 이때 특정 차원에서 다른 튜플에 비해 좋다는 것은 원점으로부터의 거리가 가깝다는 것을 의미한다. 또한 튜플 tp가 한 차원에서는 튜플 tp'에 비해 나쁘고, 다른 차원에서는 tp'에 비해 좋은 경우에는 tp와 tp'은 비교불가(incomparable)라고 한다. 또한 스카이라인에 포함되는

튜플들을 '스카이라인 튜플'이라 한다.

- [0003] 이러한 스카이라인에 대한 기존의 연구들은 주로 정적인 데이터에 대한 질의만을 고려한 것이며, 모바일 및 스트림 데이터와 같이 데이터가 실시간으로 변하는 동적인 환경에는 적합하지 않다. 따라서 연속적으로 변화하는 데이터에 대한 스카이라인 질의처리 방법으로서 몇 가지 방법이 제안되었다.
- [0004] 먼저 제안된 방법은 슬라이딩 윈도우와 R-트리를 기반으로 하는 색인 구조를 이용하는 것이다. 그러나 R-트리를 사용할 경우에는 빈번한 데이터 추가, 삭제 및 데이터 값 변경시 색인 갱신에 대한 과비용 문제가 발생한다. 또한 매번 튜플이 추가될 때 해당 튜플이 스카이라인에 포함되는지 여부를 판단하기 위하여 범위 질의(range query)를 수행함으로써 인한 과비용 문제가 유발된다.
- [0005] 이러한 문제를 해결하기 위하여 격자 셀 구조의 색인을 기반으로 하는 연속적인 스카이라인 질의 처리(continuous monitoring skyline query : CMSQ) 방법이 제안되었다. 이 방법에서 연속적인 스카이라인 질의 처리는 영향 영역(influence region)에 삽입된 튜플에 한해서만 추가적인 연산을 수행함으로써 연산 비용을 감소시켰다.
- [0006] 그러나 영향 영역을 연결 리스트(linked list)로 유지하기 위하여 매번 튜플이 결과에 어떤 영향을 주는지 여부를 확인하기 위해서는 $O(n)$ 의 비용이 든다. 또한 어떤 튜플이 스카이라인에 포함되는지 여부를 알기 위하여 시스템이 유지하는 모든 스카이라인과 순차적으로 비교하게 되므로 큰 비용이 발생하며, 튜플 속성의 차원이 높아짐에 따라 스카이라인의 수가 더욱 증가하여 큰 비용이 요구된다. 인접하는 격자 셀을 방문할 때에는 중복 방문을 회피하기 위해서 추가 비용이 요구된다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- [0007] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 연속적으로 변화하는 데이터에 대하여 스카이라인 질의를 수행할 때 스카이라인의 갱신을 신속하고 효율적으로 수행할 수 있는 연속 스카이라인 질의 수행장치 및 방법을 제공하는 데 있다.
- [0008] 본 발명이 이루고자 하는 다른 기술적 과제는, 연속적으로 변화하는 데이터에 대하여 스카이라인 질의를 수행할 때 스카이라인의 갱신을 신속하고 효율적으로 수행할 수 있는 연속 스카이라인 질의 수행방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 제공하는 데 있다.

과제 해결수단

- [0009] 상기의 기술적 과제를 달성하기 위한, 본 발명에 따른 연속 스카이라인 질의 수행장치는, 복수의 수치화된 속성을 가지는 튜플이 위치하는 다차원 좌표공간을 복수의 단위셀의 다차원 배열로 이루어진 격자구조로 표현하는 격자구조 형성부; 상기 튜플들 중에서 선택된 전역 스카이라인 튜플의 좌표정보를 구성하는 복수의 좌표값이 모두 상기 전역 스카이라인 튜플을 제외한 튜플의 좌표정보 중 대응되는 좌표값보다 크지 않고, 상기 복수의 좌표값 중에서 적어도 하나의 좌표값이 상기 전역 스카이라인 튜플을 제외한 튜플의 좌표정보 중 대응되는 좌표값보다 작으면 상기 전역 스카이라인 튜플을 포함하는 전역 스카이라인을 생성하는 스카이라인 생성부; 및 상기 좌표공간 상에서 상기 전역 스카이라인 튜플을 포함하는 각각의 단위셀의 좌표정보로 이루어진 단말노드와, 상기 좌표공간 상에서 하위에 위치하는 자식노드에 포함된 단위셀의 좌표정보를 포함하며 상기 좌표공간의 좌표축에 평행한 복수의 직선이 서로 교차하는 교차점 중에서 상기 좌표공간의 원점으로부터 최단거리에 위치하는 교차점을 포함하는 단위셀의 좌표정보로 이루어진 비단말노드를 계층적으로 배치하여 지배관계 트리를 생성하는 지배관계 트리 생성부;를 구비한다.
- [0010] 상기의 다른 기술적 과제를 달성하기 위한, 본 발명에 따른 연속 스카이라인 질의 수행방법은, 복수의 수치화된 속성을 가지는 튜플이 위치하는 다차원 좌표공간을 복수의 단위셀의 다차원 배열로 이루어진 격자구조로 표현하는 격자구조 형성단계; 상기 튜플들 중에서 선택된 전역 스카이라인 튜플의 좌표정보를 구성하는 복수의 좌표값이 모두 상기 전역 스카이라인 튜플을 제외한 튜플의 좌표정보 중 대응되는 좌표값보다 크지 않고, 상기 복수의 좌표값 중에서 적어도 하나의 좌표값이 상기 전역 스카이라인 튜플을 제외한 튜플의 좌표정보 중 대응되는 좌표값보다 작으면 상기 전역 스카이라인 튜플을 포함하는 전역 스카이라인을 생성하는 스카이라인 생성단계; 및 상기 좌표공간 상에서 상기 전역 스카이라인 튜플을 포함하는 각각의 단위셀의 좌표정보로 이루어진 단말노드와, 상기 좌표공간 상에서 하위에 위치하는 자식노드에 포함된 단위셀의 좌표정보를 포함하며 상기 좌표공간의 좌표

축에 평행한 복수의 직선이 서로 교차하는 교차점 중에서 상기 좌표공간의 원점으로부터 최단거리에 위치하는 교차점을 포함하는 단위셀의 좌표정보로 이루어진 비단말노드를 계층적으로 배치하여 지배관계 트리를 생성하는 지배관계 트리 생성단계;를 갖는다.

효 과

- [0011] 본 발명에 따른 연속 스카이라인 질의 수행장치 및 방법에 의하면, 특정 튜플이 전역 스카이라인에 포함될 수 있는지 여부를 판단하기 위해 전역 스카이라인 튜플이 위치하는 단위셀의 좌표정보를 기초로 지배관계 트리를 생성함으로써, 좌표공간에 위치하는 튜플의 구성에 변화가 생겼을 때 전역 스카이라인 및 지역 스카이라인을 효율적이고 빠르게 갱신할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0012] 이하에서 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 연속 스카이라인 질의 수행장치 및 방법의 바람직한 실시예에 대해 상세하게 설명한다.
- [0013] 도 1은 본 발명에 따른 연속 스카이라인 질의 수행장치에 대한 바람직한 실시예의 구성을 도시한 블록도이다.
- [0014] 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 연속 스카이라인 질의 수행장치는, 격자구조 형성부(110), 스카이라인 생성부(120), 상태값 설정부(130), 지배관계 트리 생성부(140) 및 지배관계 트리 검색부(150)를 구비한다.
- [0015] 격자구조 형성부(110)는 복수의 수치화된 속성을 가지는 튜플이 위치하는 다차원 좌표공간을 복수의 단위셀의 다차원 배열로 이루어진 격자구조로 표현한다.
- [0016] 튜플이 가지는 속성은 다차원 좌표공간의 각 축에 대응되며, 복수의 수치화된 속성값의 집합은 좌표공간 상에서 튜플의 좌표정보로 나타낼 수 있다. 이때 각 튜플들을 색인화하여 스카이라인 질의 수행이 용이하게 되도록 다차원 좌표공간을 복수의 단위셀의 다차원 배열로 이루어진 격자구조로 나타낼 수 있다. 이때 단위셀의 크기는 임의로 설정할 수 있으며, 각 축의 길이가 모두 동일하도록 설정하는 것이 바람직하다. 이하에서는 2차원 속성을 가지는 튜플이 2차원 좌표공간에 위치하는 경우를 대표적인 실시예로 하여 상세하게 설명한다.
- [0017] 좌표공간 상에서 단위셀의 위치정보는 원점으로부터 각 좌표축을 따라 몇 번째에 위치하는 단위셀인지를 기준으로 하여 결정된다. 예를 들면, x축과 y축으로 이루어진 2차원 좌표공간 상에서 단위셀의 위치정보를 $C_{i,j}$ 와 같이 표기하면, 이는 좌표공간의 원점으로부터 x축을 따라 i번째, y축을 따라 j번째에 위치하는 단위셀이라는 것을 의미한다. 이때 i 및 j의 최소값은 0으로, 원점을 포함하는 단위셀의 위치정보는 $C_{0,0}$ 이 된다. 단위셀의 각 축의 길이가 모두 1로 동일한 경우에는 단위셀을 구성하는 좌표들 중에서 원점으로부터 최단거리에 위치하는 좌표의 좌표정보가 단위셀의 위치정보와 동일하게 된다.
- [0018] 이와 같이 각 단위셀의 위치정보를 설정하면, 좌표공간 상에서 튜플의 좌표정보로부터 해당 튜플이 포함된 단위셀의 위치정보를 파악할 수 있다. 즉, 2차원 속성을 가지는 튜플 r의 속성값이 $[r.v_1, r.v_2]$ 와 같이 나타내어지는 경우, 튜플 r이 포함되는 단위셀의 위치정보 $C_{i,j}$ 의 각 좌표축에 대응하는 값은 다음의 수학적 식 1에 의해 결정된다.

수학적 식 1

$$i = \lfloor \frac{r.v_1}{\delta} \rfloor, \quad j = \lfloor \frac{r.v_2}{\delta} \rfloor$$

- [0019]
- [0020] 위 수학적 식 1에 의해 각 튜플이 포함되는 단위셀의 위치정보를 결정하게 되면, 인접하는 단위셀들 사이의 경계선에 위치하는 튜플은 해당 튜플을 공유하는 인접하는 단위셀들 중에서 좌표공간의 원점으로부터 최장거리에 위치하는 단위셀에 포함된다.
- [0021] 스카이라인 생성부(120)는 튜플들 중에서 선택된 전역 스카이라인 튜플의 좌표정보를 구성하는 복수의 좌표값이 모두 전역 스카이라인 튜플을 제외한 튜플의 좌표정보 중 대응되는 좌표값보다 크지 않고, 복수의 좌표값 중에서 적어도 하나의 좌표값이 전역 스카이라인 튜플을 제외한 튜플의 좌표정보 중 대응되는 좌표값보다 작으면 전역 스카이라인 튜플을 포함하는 전역 스카이라인을 생성한다. 이를 위해 스카이라인 생성부(120)는 지역 스카이라인 생성부(122) 및 전역 스카이라인 생성부(124)를 구비한다.

- [0022] 지역 스카이라인 생성부(122)는 각각의 단위셀에 대하여 동일한 단위셀 내에 포함된 튜플들 중에서 선택된 지역 스카이라인 튜플의 좌표정보를 구성하는 복수의 좌표값이 모두 지역 스카이라인 튜플을 제외한 튜플의 좌표정보 중 대응되는 좌표값보다 크지 않고, 복수의 좌표값 중에서 적어도 하나의 좌표값이 지역 스카이라인 튜플을 제외한 튜플의 좌표정보 중 대응되는 좌표값보다 작으면 지역 스카이라인 튜플을 포함하는 지역 스카이라인을 생성한다.
- [0023] 지역 스카이라인은 하나의 단위셀 내에서 생성되는 스카이라인으로, 하나의 단위셀 내에 복수의 튜플이 포함되는 경우 좌표공간에 새로운 튜플이 추가되거나 기존의 튜플들 중에서 제거되는 튜플이 존재하여 전역 스카이라인을 갱신하여야 할 때 기존의 튜플들과 새로 추가되는 튜플 사이의 비교 횟수를 줄이기 위해 생성된다. 지역 스카이라인이 생성되면 튜플이 추가되거나 제거될 때 지역 스카이라인 및 전역 스카이라인이 모두 갱신된다.
- [0024] 도 2는 각각의 단위셀에 대해 생성된 지역 스카이라인을 도시한 도면이다. 도 2를 참조하면, 검은색 점으로 표시된 좌표들은 각각의 단위셀에 대한 지역 스카이라인 튜플이고, 흰색 점으로 표시된 좌표들은 지역 스카이라인 튜플을 제외한 튜플들이다.
- [0025] 지역 스카이라인 생성부(122)는 튜플의 추가 또는 제거로 인하여 지역 스카이라인을 갱신하여야 할 경우를 대비하여 각각의 단위셀에 대해 지역 스카이라인 튜플이 저장되는 연결 리스트(linked list)인 $C_{i,j}.ls$ 및 지역 스카이라인 튜플을 제외한 튜플이 저장되는 연결 리스트인 $C_{i,j}.tl$ 을 생성할 수 있다.
- [0026] 새로운 튜플 r 이 특정 단위셀 $C_{i,j}$ 에 추가되면 지역 스카이라인 생성부(122)는 먼저 해당 단위셀에 대해 생성된 $C_{i,j}.ls$ 에 포함된 지역 스카이라인 튜플들을 r 과 비교한다. 이때 r 이 $C_{i,j}.ls$ 에 포함된 적어도 하나의 지역 스카이라인 튜플에 지배된다면 r 은 지역 스카이라인에 포함될 수 없으므로 지역 스카이라인 생성부는 r 을 $C_{i,j}.tl$ 에 추가한다. r 이 $C_{i,j}.ls$ 에 포함된 지역 스카이라인 튜플 중 r' 을 지배한다면 지역 스카이라인 생성부(122)는 r' 을 $C_{i,j}.ls$ 로부터 제거하고, r 을 $C_{i,j}.ls$ 에 추가한다. 또한 r 이 $C_{i,j}.ls$ 에 포함된 모든 지역 스카이라인 튜플에 의해 지배되지 않는다면 비교불가의 경우이므로 지역 스카이라인 생성부(122)는 r 을 $C_{i,j}.ls$ 에 추가한다.
- [0027] 지역 스카이라인에 포함되었던 지역 스카이라인 튜플이 제거되는 경우, 지역 스카이라인 생성부(122)는 $C_{i,j}.tl$ 에 포함된 튜플 중에서 지역 스카이라인에 포함될 수 있는 튜플이 존재하는지 여부를 검토하여 지역 스카이라인을 갱신한다.
- [0028] 전역 스카이라인 생성부(124)는 복수의 지역 스카이라인에 포함된 지역 스카이라인 튜플들 중에서 선택된 전역 스카이라인 튜플의 좌표정보를 구성하는 복수의 좌표값이 모두 전역 스카이라인 튜플을 제외한 지역 스카이라인 튜플의 좌표정보 중 대응되는 좌표값보다 크지 않고, 복수의 좌표값 중에서 적어도 하나의 좌표값이 전역 스카이라인 튜플을 제외한 지역 스카이라인 튜플의 좌표정보 중 대응되는 좌표값보다 작으면 전역 스카이라인 튜플을 포함하는 전역 스카이라인을 생성한다.
- [0029] 전역 스카이라인은 각각의 단위셀에 대하여 생성된 지역 스카이라인에 포함된 지역 스카이라인 튜플들로부터 생성된다. 즉, 전역 스카이라인 생성부(124)는 모든 지역 스카이라인 튜플들에 대해 서로 지배관계를 판단하여 다른 지역 스카이라인 튜플에 의해 지배되지 않는 지역 스카이라인 튜플인 전역 스카이라인 튜플로 이루어진 전역 스카이라인을 생성한다. 도 2를 참조하면, 검은색 점으로 표시된 지역 스카이라인 튜플 중에서 a , b 및 c 는 다른 지역 스카이라인 튜플에 의해 지배되지 않기 때문에 전역 스카이라인이 된다.
- [0030] 상태값 설정부(130)는 전역 스카이라인 튜플을 포함하는 단위셀에 대하여 제1상태값을 부여하고, 좌표정보를 구성하는 복수의 좌표값이 모두 제1상태값이 부여된 단위셀을 구성하는 좌표들의 좌표값 이상인 좌표들로 이루어진 단위셀에 대하여 제2상태값을 부여하고, 제1상태값이 부여된 단위셀 및 제2상태값이 부여된 단위셀을 제외한 단위셀에 대하여 제3상태값을 부여한다.
- [0031] 이하에서는 편의를 위해 제1상태값을 전역 스카이라인 튜플을 포함하는 단위셀이라는 의미에서 SK, 제2상태값을 전역 스카이라인 튜플에 의해 지배되는 좌표들을 포함하는 단위셀이라는 의미에서 DOM, 그리고 제3상태값을 전역 스카이라인 튜플에 의해 지배되지 않는 좌표들을 포함하는 단위셀이라는 의미에서 FREE라고 정의하여 상태값 설정부(130)의 동작에 대하여 설명한다.
- [0032] 도 3은 스카이라인 튜플 및 상태값이 부여된 단위셀들을 도시한 도면이다. 도 3을 참조하면, 튜플 a 및 튜플 b 중에서 튜플 a 가 튜플 b 를 지배하므로 전역 스카이라인 튜플이 된다. 따라서 전역 스카이라인 튜플 a 를 포함하

는 단위셀, 즉 $C_{2,2}$ 의 위치정보를 가지는 단위셀(310)에는 제1상태값인 SK가 부여된다.

- [0033] 다음으로 SK 단위셀에 의해 지배되는 좌표들로 이루어진 단위셀에는 제2상태값인 DOM이 부여되는데, 이는 좌표정보를 구성하는 복수의 좌표값이 모두 SK 단위셀을 구성하는 좌표들의 좌표값 이상인 좌표들로 이루어진 단위셀에 해당한다. 즉, 도 3에서 DOM 단위셀들은 $C_{3,3}$ 및 원점에서 최장거리에 위치하는 $C_{MX,MY}$ 를 대각선의 양 끝으로 하는 직사각형 내에 포함된 모든 단위셀들(320)이다. 또한 SK 단위셀과 DOM 단위셀을 제외한 나머지 단위셀들에는 제3상태값인 FREE가 부여된다.
- [0034] 도 3에서 튜플 b는 튜플 a에 의해 지배되는 관계에 있다. 이때 튜플 a와 튜플 b의 좌표정보를 통해 지배관계를 판단하지 않고 튜플 b가 위치하는 단위셀의 상태값만으로 튜플 a와 튜플 b 사이의 지배관계를 용이하게 판단할 수 있다. 이와 같이 각각의 단위셀에 상태값이 부여되면 특정 단위셀이 지배된 영역인지 여부를 판단하는 데 소요되는 비용이 $O(1)$ 이 되며, 특정 스카이라인 튜플이 배타적으로 지배하는 영역을 알 수 있다. 또한 단위셀에 부여된 상태값은 좌표공간에 새로운 튜플이 추가되거나 기존의 튜플이 좌표공간으로부터 제거될 때 유용하다.
- [0035] 또한 각각의 튜플이 위치하는 단위셀에 대하여 지배영역, 반지배영역, 지배띠 및 반지배띠를 설정할 수 있다.
- [0036] $C_{i,j}$ 의 위치정보를 가지는 단위셀에 대한 지배영역은 $C_{i,j}.DR$ 로 표현되며, 단위셀 $C_{i,j}$ 에 포함된 튜플에 의해 반드시 지배되는 좌표들로 이루어진 영역을 말한다. 이는 앞에서 설명한 SK 단위셀에 대한 DOM 단위셀의 정의와 동일하다. 또한 $C_{i,j}$ 의 위치정보를 가지는 단위셀에 대한 지배띠는 $C_{i,j}.DB$ 로 표현되며, 단위셀 $C_{i,j}$ 에 포함된 튜플에 의해 지배될 수 있는 좌표들로 이루어진 최대 영역에서 지배영역을 제외한 영역을 말한다. 즉, 지배띠는 지배영역의 각 변에 인접한 한 층의 단위셀들로 이루어진 영역에 해당하며, $C_{i,j}$ 를 포함한다.
- [0037] 도 4는 튜플 a가 위치하는 단위셀에 대한 지배영역 및 지배띠를 도시한 도면이다. 튜플 a가 위치하는 단위셀의 위치정보는 $C_{2,3}$ 이며, $C_{2,3}$ 에 대한 지배영역인 $C_{2,3}.DR$ 은 $C_{3,4}$ 및 $C_{MX,MY}$ 를 대각선의 양 끝으로 하는 직사각형 내에 포함된 단위셀들로 이루어진 영역(410)이다. 또한 $C_{2,3}$ 에 대한 지배띠인 $C_{2,3}.DB$ 는 $C_{2,3}.DR$ 의 각 변에 인접한 한 층의 단위셀들로 이루어진 영역(420)이다.
- [0038] $C_{i,j}$ 의 위치정보를 가지는 단위셀에 대한 반지배영역은 $C_{i,j}.ADR$ 로 표현되며, 단위셀 $C_{i,j}$ 에 포함된 튜플을 반드시 지배하는 좌표들로 이루어진 영역을 말한다. 또한 $C_{i,j}$ 의 위치정보를 가지는 단위셀에 대한 반지배띠는 $C_{i,j}.ADB$ 로 표현되며, 단위셀 $C_{i,j}$ 에 포함된 튜플을 지배할 수 있는 좌표들로 이루어진 최대 영역에서 반지배영역을 제외한 영역을 말한다. 즉, 반지배띠는 반지배영역의 각 변에 인접한 한 층의 단위셀들로 이루어진 영역에 해당하며, $C_{i,j}$ 를 포함한다.
- [0039] 도 5는 튜플 a가 위치하는 단위셀에 대한 반지배영역 및 반지배띠를 도시한 도면이다. 튜플 a가 위치하는 단위셀의 위치정보는 $C_{2,3}$ 이며, $C_{2,3}$ 에 대한 반지배영역인 $C_{2,3}.ADR$ 은 $C_{0,0}$ 및 $C_{1,2}$ 를 대각선의 양 끝으로 하는 직사각형 내에 포함된 단위셀들로 이루어진 영역(510)이다. 또한 $C_{2,3}$ 에 대한 반지배띠인 $C_{2,3}.ADB$ 는 $C_{2,3}.ADR$ 의 각 변에 인접한 한 층의 단위셀들로 이루어진 영역(520)이다.
- [0040] $C_{i,j}$ 가 지배되지 않는다는 것은 $C_{i,j}.ADR$ 에 어떠한 튜플도 포함되지 않는다는 의미이다. 따라서 $C_{i,j}$ 에 새로운 튜플 r이 추가되는 경우에 $C_{i,j}$ 의 상태값이 FREE라면 튜플 r이 전역 스카이라인 튜플로 될 수 있는지 여부를 확인하기 위해 $C_{i,j}.ADR$ 에 포함된 단위셀들은 고려 대상이 되지 않는다. 한편, 반지배띠의 경우에는 $C_{i,j}.ADB$ 에 포함된 튜플의 좌표에 따라 $C_{i,j}$ 에 포함된 튜플을 지배하게 될 가능성이 있으므로 $C_{i,j}$ 에 새로운 튜플 r이 포함되면 r이 전역 스카이라인에 포함될 수 있는지 여부를 판단하기 위해 $C_{i,j}.ADB$ 에 포함된 단위셀들을 고려하여야 한다.
- [0041] 앞에서 설명한 바와 같이 각각의 단위셀에 부여된 상태값 및 임의의 단위셀에 대한 지배영역, 지배띠, 반지배영역 및 반지배띠는 전역 스카이라인을 갱신할 때 사용된다.
- [0042] 먼저 좌표공간에 새로운 튜플이 추가될 경우에 전역 스카이라인 생성부(124)에 의해 전역 스카이라인이 갱신되고, 지역 스카이라인 생성부(122)에 의해 지역 스카이라인이 갱신되는 과정을 설명한다.
- [0043] 새로운 튜플인 r이 좌표공간에 추가되면, 전역 스카이라인 생성부(124)는 먼저 추가된 r이 위치하는 단위셀의 상태값을 확인한다.

- [0044] r 이 위치하는 단위셀의 상태값이 제2상태값인 DOM이면 r 은 이미 전역 스카이라인 튜플에 의해 지배되고 있다는 것을 의미하므로, 추가된 r 이 전역 스카이라인에 영향을 미치지 않는다. 따라서 전역 스카이라인은 갱신되지 않으며, 앞에서 설명한 바와 같이 지역 스카이라인 생성부(122)에 의해 r 이 위치한 단위셀의 지역 스카이라인만 갱신된다.
- [0045] 추가된 튜플인 r 이 위치하는 단위셀의 상태값이 제3상태값인 FREE이면 전역 스카이라인 및 지역 스카이라인을 갱신하기 위해 추가적인 과정이 필요하다.
- [0046] 도 6a 내지 도 6d는 상태값이 FREE인 단위셀에 새로운 튜플이 추가될 때 전역 스카이라인이 갱신되는 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- [0047] 도 6a를 참조하면, 전역 스카이라인 튜플인 a , b 및 c 가 전역 스카이라인을 구성하며, FREE 단위셀인 $C_{1,2}$ 에 새로운 튜플인 h 가 추가되었다. 도 6a 내지 도 6d에서 음영으로 표시된 영역은 전역 스카이라인 튜플 a , b 및 c 가 포함된 단위셀에 대한 DOM 단위셀들로 이루어진 영역을 나타낸다.
- [0048] 튜플 h 가 위치하는 단위셀에 부여된 상태값이 FREE이므로 h 가 전역 스카이라인에 포함될 수 있는지 여부를 판단하기 위해 h 가 위치한 단위셀에 대한 반지배띠인 $C_{1,2}.ADB$ 에 포함된 단위셀들을 검토한다. 도 6b에 새로운 튜플 h 가 위치하는 단위셀에 대한 반지배띠가 도시되어 있다. 만약 튜플 h 가 $C_{1,2}.ADB$ 에 포함된 특정 튜플에 의해 지배된다면 h 는 새롭게 전역 스카이라인 튜플로 될 수 없으므로 전역 스카이라인 생성부(124)는 전역 스카이라인을 갱신하지 않으며, 지역 스카이라인 생성부(122)에 의해 $C_{1,2}$ 의 지역 스카이라인만 갱신된다. 그러나 도 6b에서는 $C_{1,2}.ADB$ 에 튜플이 존재하지 않으므로 h 는 전역 스카이라인에 포함될 수 있다. 따라서 전역 스카이라인 생성부(124)는 전역 스카이라인에 h 를 추가하고, 상태값 설정부(130)는 $C_{1,2}$ 의 상태값을 SK로 부여한다.
- [0049] 다음으로 전역 스카이라인 생성부(124)는 $C_{1,2}.DB$ 및 $C_{1,2}.DR$ 에 포함된 튜플들 중에서 h 에 의해 지배되는 전역 스카이라인 튜플이 존재하는지 여부를 검토한다. 이때 $C_{1,2}.DB$ 및 $C_{1,2}.DR$ 에 포함된 단위셀들 중에서 기존의 SK 단위셀인 a , b 및 c 가 포함된 단위셀에 대한 DOM 단위셀에 해당하는 단위셀에는 전역 스카이라인 튜플이 포함되어 있을 가능성이 없으므로 검토 대상이 되지 않는다. $C_{1,2}.DR$ 에 포함된 전역 스카이라인 튜플은 그 좌표정보에 무관하게 무조건 h 에 의해 지배되는 관계에 있으나, $C_{1,2}.DB$ 에 포함된 전역 스카이라인 튜플은 h 에 의해 지배되는지 여부를 판단하기 위해 좌표정보를 검토하여야 한다. 도 6c를 참조하면, $C_{1,2}.DR$ 에 전역 스카이라인 튜플 a 가 포함되어 있는데, a 는 h 에 의해 지배되어 더 이상 전역 스카이라인에 포함될 수 없다. 따라서 전역 스카이라인 생성부(124)는 a 를 전역 스카이라인으로부터 제외한다. 또한 상태값 설정부(130)는 $C_{1,2}.DR$ 에 포함된 단위셀들의 상태값을 모두 DOM으로 부여한다. 도 6d를 참조하면, b , h 및 c 가 전역 스카이라인을 구성하며, 기존의 전역 스카이라인 튜플인 a 는 전역 스카이라인으로부터 제외되어 DOM 단위셀에 포함된 튜플이 된다.
- [0050] 좌표공간에 추가된 튜플 r 이 상태값이 SK인 단위셀에 위치하는 경우에는 앞에서 설명한 FREE 단위셀의 경우와 동일한 방법으로 전역 스카이라인 및 지역 스카이라인을 갱신한다. 다만, SK 단위셀에 대하여는 이미 $C_{i,j}.DR$ 이 DOM 단위셀들과 동일한 범위로 설정되어 있으므로 $C_{i,j}.DR$ 에 포함된 전역 스카이라인 튜플이 존재하는지 여부를 검토할 필요가 없다. 따라서 $C_{i,j}.DB$ 에 포함된 단위셀들만 검토하여 전역 스카이라인 및 지역 스카이라인을 갱신하면 된다.
- [0051] 다음으로 좌표공간으로부터 튜플이 제거되는 경우 전역 스카이라인 및 지역 스카이라인이 갱신되는 과정에 대해 설명한다.
- [0052] 제거되는 튜플 r 이 포함된 단위셀의 상태값이 DOM인 경우에는 r 이 제거되더라도 전역 스카이라인에는 영향을 미치지 않는다. 따라서 지역 스카이라인 생성부(122)에 의한 지역 스카이라인의 갱신만 수행된다.
- [0053] 제거되는 튜플 r 이 포함된 단위셀 $C_{i,j}$ 의 상태값이 SK이고, r 이 제거된 후 $C_{i,j}$ 의 지역 스카이라인에 대해 $C_{i,j}.ls$ 와 $C_{i,j}.tl$ 에 하나 이상의 튜플이 남아있다면 지역 스카이라인에 변경 사항이 있는지 여부를 확인한다. 만약 $C_{i,j}$ 의 지역 스카이라인에 변경 사항이 있다면, 즉 새로운 지역 스카이라인 튜플이 존재한다면, 전역 스카이라인 생성부(124)는 $C_{i,j}.ADB$ 에 포함된 단위셀들을 검토하여 $C_{i,j}$ 의 새로운 지역 스카이라인 튜플이 전역 스카이라인에 포함될 수 있는지 여부를 확인한다. 다음으로 $C_{i,j}.DB$ 에 포함된 전역 스카이라인 튜플이 있는지 검토하여 전역

스카이라인을 갱신한다.

- [0054] 제거되는 튜플 r 이 포함된 단위셀 $C_{i,j}$ 의 상태값이 SK이고, r 이 제거된 후 $C_{i,j}$ 의 지역 스카이라인에 대해 $C_{i,j}.ls$ 와 $C_{i,j}.tl$ 에 포함된 튜플이 없는 경우, 상태값 설정부(130)는 $C_{i,j}$ 의 상태값을 FREE로 설정한다. 또한 전역 스카이라인 생성부(124)는 $C_{i,j}.DB$ 와 $D_{i,j}.DR$ 에 포함된 지역 스카이라인 튜플 중에서 새롭게 전역 스카이라인에 포함될 수 있는 튜플을 찾는다.
- [0055] 도 7a 내지 도 7d는 좌표공간에 포함된 튜플들 중에서 전역 스카이라인 튜플 a 가 제거되는 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- [0056] 도 7a를 참조하면, a 는 전역 스카이라인 튜플에 해당하므로 제거되는 a 가 포함된 단위셀 $C_{2,2}$ 의 상태값은 SK이다. 또한 a 가 제거된 후 $C_{2,2}$ 에는 튜플이 남아있지 않으므로, 즉 $C_{2,2}.ls$ 와 $C_{2,2}.tl$ 이 모두 비어 있으므로 상태값 설정부(130)는 $C_{2,2}$ 에 상태값 FREE를 부여한다. 다음으로 a 에 의해 지배되어 전역 스카이라인에 포함되지 못했던 튜플을 찾기 위해 $C_{2,2}.DB$ 와 $C_{2,2}.DR$ 에 포함된 단위셀들을 검토한다. 이때 a 에만 지배되는 튜플은 a 가 제거됨으로 인해 새롭게 전역 스카이라인에 포함될 수 있으나, a 및 다른 전역 스카이라인 튜플에 의해서도 지배되는 튜플들은 a 가 제거되어도 아무런 영향을 받지 않는다. 따라서 전역 스카이라인 생성부(124)는 도 7b 및 도 7c에 도시된 바와 같이 a 에만 지배되는 튜플을 찾기 위해 $C_{2,2}.DB$ 및 $C_{2,2}.DR$ 에 포함된 단위셀들 중에서 다른 SK 단위셀에 대한 DOM 단위셀에 해당하지 않는 단위셀들을 검토한다. 또한 단위셀들을 검토할 때 새롭게 전역 스카이라인에 포함될 수 있는 튜플이 발견되면 해당 튜플에 대한 지배영역에 포함되는 단위셀들은 검토대상에서 제외시킬 수 있다. 즉, $C_{3,4}$ 에 포함된 튜플 e 는 새롭게 전역 스카이라인 튜플이 되며, $C_{3,4}.DR$ 에 포함된 단위셀들이 검토대상으로부터 제외된다. 도 7d를 참조하면, b , e 및 c 가 새롭게 전역 스카이라인을 구성하며, 음영으로 표시된 영역은 b , e 및 c 를 포함하는 SK 단위셀들에 대한 DOM 단위셀들을 나타낸다.
- [0057] 위와 같이 좌표공간에 새로운 튜플이 추가되거나 좌표공간으로부터 튜플이 제거되는 경우에 단위셀에 부여된 상태값에 의해 전역 스카이라인의 갱신을 용이하게 수행할 수 있다. 앞에서 설명한 바와 같이 특정 단위셀 $C_{i,j}$ 에 튜플이 추가될 때, $C_{i,j}.ADR$ 에 튜플이 존재하지 않으면 $C_{i,j}$ 에 추가된 튜플은 전역 스카이라인에 추가될 수 있는 가능성이 있다. 추가된 튜플이 $C_{i,j}.ADB$ 에 포함된 모든 튜플에 의해 지배되지 않는 경우, 해당 튜플은 전역 스카이라인 튜플이 되어 전역 스카이라인에 포함될 수 있다. 또한 특정 단위셀 $C_{i,j}$ 로부터 튜플이 제거될 때, $C_{i,j}.DB$ 및 $C_{i,j}.DR$ 을 검토하여 발견된 새로운 튜플이 전역 스카이라인에 포함될 수 있는지 여부를 확인하기 위해서는 새로운 튜플을 포함하는 단위셀에 대한 반지배띠에 포함된 단위셀들을 검토하여야 한다.
- [0058] 그런데, 특정 단위셀에 대한 반지배띠에 포함되는 단위셀들의 상태값은 FREE로 부여되므로 동일하게 상태값이 FREE로 부여된 반지배영역을 구성하는 단위셀들과 구분이 되지 않는다. 따라서 단위셀에 부여된 상태값만으로는 특정 튜플이 위치하는 단위셀에 대한 반지배띠를 검토하기 어렵다. 이를 해결하기 위해 본 발명에 따른 연속 스카이라인 질의 수행장치는 지배관계 트리 생성부(130)를 구비한다.
- [0059] 지배관계 트리 생성부(130)는 좌표공간 상에서 전역 스카이라인 튜플을 포함하는 각각의 단위셀의 좌표정보로 이루어진 단말노드와, 좌표공간 상에서 하위에 위치하는 자식노드에 포함된 단위셀의 좌표정보를 포함하며 좌표공간의 좌표축에 평행한 복수의 직선이 서로 교차하는 교차점 중에서 좌표공간의 원점으로부터 최단거리로 위치하는 교차점을 포함하는 단위셀의 좌표정보로 이루어진 비단말노드를 계층적으로 배치하여 지배관계 트리를 생성한다.
- [0060] 지배관계 트리(이하 D-트리)는 전역 스카이라인 튜플이 포함된 단위셀, 즉 SK 단위셀의 좌표정보가 단말노드에 포함되도록 생성된 트리구조이다. 또한 D-트리를 용이하게 생성하기 위해 각 노드가 두 개씩의 자식노드를 가지도록 하는 것이 바람직하다.
- [0061] 도 8은 좌표공간에 위치하는 네 개의 전역 스카이라인 튜플 및 이를 기초로 생성된 D-트리를 도시한 도면이다. 도 8에서 a 내지 d 는 전역 스카이라인 튜플을 나타내며, (1) 내지 (7)은 단위셀의 좌표정보를 나타내는 좌표이다. 단위셀은 좌표공간에서 한 점으로 표현되는 것이 아니고 일정한 면적 내지 부피를 가지기 때문에 각각의 단위셀을 대표하는 좌표정보가 필요하다. 도 8의 경우에는 단위셀의 각 꼭지점 중에서 좌표공간의 원점으로부터 최장거리로 위치하는 좌표를 해당 단위셀의 좌표정보로 하였다. 그러나 단위셀의 좌표정보는 사용자에 의해 결

정된 다른 규칙에 따라 정해질 수 있으며, 앞에서 설명한 단위셀의 위치정보를 좌표정보로 사용할 수도 있다.

- [0062] 지배관계 트리 생성부(140)는 먼저 전역 스카이라인 튜플 b 및 c 를 포함하는 단위셀의 좌표정보인 (1) 및 (2)로 이루어진 단말노드를 생성한다. 이하에서는 편의상 좌표정보 (1)로 이루어진 단말노드를 단말노드 (1), 좌표정보 (2)로 이루어진 단말노드를 단말노드 (2)와 같은 방법으로 표현한다. 다음으로 단말노드(1) 및 (2)를 자식노드로 하는 비단말노드 (3)은 자식노드에 포함된 단위셀의 좌표정보 (1) 및 (2)를 포함하며 좌표공간의 좌표축에 평행한 복수의 직선이 서로 교차하는 교차점 중에서 좌표공간의 원점으로부터 최단거리에 위치하는 교차점을 포함하는 단위셀의 좌표정보 (3)으로 구성된다. 도 8에 도시된 좌표공간은 2차원 좌표공간이므로 좌표정보 (1) 및 (2)를 대각선의 양 끝점으로 하는 직사각형의 각 꼭지점 중에서 좌표공간의 원점으로부터 가장 가까운 꼭지점인 좌표정보 (3)이 포함되도록 비단말노드 (3)을 생성할 수도 있다. 이때 비단말노드(3)에 대응하는 단위셀에 실제 튜플이 포함되어 있는지 여부는 고려대상이 되지 않는다. 지배관계 트리 생성부(140)에 의해 생성되는 D-트리는 단말노드에 스카이라인 튜플을 포함하는 단위셀의 좌표정보가 포함되어 있는 것을 특징으로 한다.
- [0063] 다음으로 지배관계 트리 생성부(140)는 전역 스카이라인 튜플 d 를 포함하는 단위셀의 좌표정보 (4)로 이루어진 단말노드 (4)를 생성하고, 비단말노드 (3) 및 단말노드 (4)를 자식노드로 하는 비단말노드 (5)를 생성한다. 비단말노드 (5)는 좌표정보 (3) 및 (4)를 대각선의 양 끝점으로 하는 직사각형의 꼭지점 중에서 좌표공간의 원점으로부터 가장 가까운 좌표정보 (5)로 이루어진다.
- [0064] 마지막으로 지배관계 트리 생성부(140)는 전역 스카이라인 튜플 a 를 포함하는 단위셀의 좌표정보 (6)으로 이루어진 단말노드 (6)을 생성하고, 비단말노드 (5) 및 단말노드 (6)을 자식노드로 하는 루트노드 (7)을 생성한다. 이때 루트노드 (7)은 좌표정보 (5) 및 (6)을 대각선의 양 끝점으로 하는 직사각형의 꼭지점 중에서 좌표공간의 원점으로부터 가장 가까운 좌표정보 (7)로 이루어진다.
- [0065] 지배관계 트리 생성부(140)에 의해 생성된 D-트리는 이후 좌표공간에 새로 추가된 튜플이 전역 스카이라인에 포함될 수 있는지 여부를 검토할 때 및 좌표공간으로부터 튜플이 제거되어 새로운 전역 스카이라인 튜플을 결정할 때 사용된다.
- [0066] 지배관계 트리 검색부(150)는 지배관계 트리로부터 좌표공간에 추가된 튜플이 위치하는 단위셀의 좌표정보를 구성하는 복수의 좌표값과 적어도 하나의 좌표값이 동일한 단위셀의 좌표정보로 이루어진 단말노드를 검색한다.
- [0067] 도 9는 좌표공간에 추가된 튜플이 위치하는 단위셀에 대하여 D-트리를 검색하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.
- [0068] 도 9를 참조하면, 지배관계 트리 검색부(150)는 좌표공간에 추가된 튜플 r 이 위치하는 단위셀의 좌표정보 (8)과 적어도 하나의 좌표값이 동일한, 즉 좌표정보 (8)을 포함하며 좌표공간의 좌표축과 평행한 직선상에 위치하는 스카이라인 튜플이 포함된 단위셀의 좌표정보를 검색하여야 한다. 이때 지배관계 트리 검색부(150)는 루트노드 (7)로부터 출발하여 r 이 위치하는 단위셀을 지배하는 하위노드들을 순차적으로 검토한다. 또한 r 은 좌표공간에 새롭게 추가된 튜플일 수도 있으나, 기존의 전역 스카이라인 튜플이 제거되어 새롭게 전역 스카이라인에 포함될 수 있는지 여부를 판단하기 위한 튜플일 수도 있다.
- [0069] 루트노드 (7)의 자식노드 중에서 단말노드 (6)은 스카이라인 튜플 a 가 위치하는 단위셀의 좌표정보 (6)을 포함한다. 그런데 검색결과로 출력되는 단위셀의 좌표정보는 추가된 튜플이 위치하는 단위셀의 좌표정보와 적어도 하나의 좌표값이 같아야 하므로 단말노드 (6)은 검색결과로 출력되지 못한다. 그러나 루트노드 (7)의 다른 자식노드인 비단말노드 (5)의 경우, 좌표정보 (5)와 튜플 r 이 위치하는 단위셀의 좌표정보 (8)을 비교하였을 때 좌표정보 (5)가 좌표정보 (8)을 지배하는 관계에 있다. 따라서 비단말노드 (5)는 검색대상이 되며, 지배관계 트리 검색부(150)는 루트노드 (7)의 다음으로 비단말노드 (5)를 검토한다.
- [0070] 다음으로 비단말노드 (5)의 자식노드 중에서 단말노드 (4)는 스카이라인 튜플 d 가 위치하는 단위셀의 좌표정보 (4)를 포함한다. 이때 좌표정보 (4)와 좌표정보 (8)은 좌표공간의 좌표축 중에서 x 축에 해당하는 좌표값이 동일하여 지배관계 트리 검색부(150)의 검색조건을 만족한다. 따라서 지배관계 트리 검색부(150)는 좌표정보 (4)를 검색결과로서 출력한다. 비단말노드 (5)의 다른 자식노드인 비단말노드 (3)의 경우, 좌표정보 (3)과 좌표정보 (8)을 비교하였을 때 좌표정보 (3)이 좌표정보 (8)을 지배하는 관계에 있다. 따라서 비단말노드 (3)은 지배관계 트리 검색부(150)의 검색대상이 된다.
- [0071] 비단말노드 (3)의 자식노드는 단말노드 (1) 및 단말노드 (2)이며, 이 중에서 단말노드 (1)에 포함된 좌표정보 (1)은 좌표정보 (8)과 적어도 하나의 좌표값이 동일하여야 한다는 검색조건을 만족하지 않는다. 그러나 단말노드 (2)에 포함된 좌표정보 (2)는 좌표정보 (8)과 y 축의 좌표값이 동일하므로 지배관계 트리 검색부(150)의 검색

조건을 만족한다. 따라서 지배관계 트리 검색부(150)는 좌표정보 (2)를 검색결과로서 출력한다.

- [0072] 좌표공간에 새로운 튜플 r이 추가되었을 때, 지배관계 트리 검색부(150)에 의해 D-트리에 대한 검색이 수행되어 검색결과로서 좌표정보 (2) 및 좌표정보 (4)가 얻어졌다. 이는 곧 좌표정보 (2) 및 좌표정보 (4)에 대응하는 단위셀에 전역 스카이라인 튜플 c 및 d가 위치한다는 것을 의미한다. 최종적으로 r이 전역 스카이라인에 포함될 수 있는지 여부를 확인하기 위해서는 전역 스카이라인 튜플 c 및 d의 좌표정보를 고려하여 튜플 r과의 지배관계를 판단하여야 한다.
- [0073] 이와 같이 특정 튜플이 전역 스카이라인에 포함될 수 있는지 여부를 판단하기 위해 D-트리를 이용하면 해당 튜플이 위치하는 단위셀에 대한 반지배비를 검색하는 것과 동일한 결과를 얻을 수 있다. 또한 반지배비를 구성하는 단위셀들을 일일이 검토하지 않고 검색조건을 만족하는 노드들만을 순차적으로 검색하게 되므로 전역 스카이라인 및 지역 스카이라인의 갱신과정이 빠르고 효율적으로 수행될 수 있다.
- [0074] 도 10은 본 발명에 따른 연속 스카이라인 질의 수행방법에 대한 바람직한 실시예의 수행과정을 도시한 흐름도이다.
- [0075] 도 10을 참조하면, 격자구조 형성부(110)는 복수의 수치화된 속성을 가지는 튜플이 위치하는 다차원 좌표공간을 복수의 단위셀의 다차원 배열로 이루어진 격자구조로 표현한다(S1010). 좌표공간에 위치하는 튜플이 어떠한 단위셀에 포함되었는지 용이하게 파악하기 위해 각각의 단위셀에는 위치정보가 부여될 수 있다.
- [0076] 지역 스카이라인 생성부(122)는 각각의 단위셀에 대하여 동일한 단위셀 내에 포함된 튜플들 중에서 선택된 지역 스카이라인 튜플의 좌표정보를 구성하는 복수의 좌표값이 모두 지역 스카이라인 튜플을 제외한 튜플의 좌표정보 중 대응되는 좌표값보다 크지 않고, 복수의 좌표값 중에서 적어도 하나의 좌표값이 지역 스카이라인 튜플을 제외한 튜플의 좌표정보 중 대응되는 좌표값보다 작으면 지역 스카이라인 튜플을 포함하는 지역 스카이라인을 생성한다(S1020). 다음으로 전역 스카이라인 생성부(124)는 복수의 지역 스카이라인에 포함된 지역 스카이라인 튜플들 중에서 선택된 전역 스카이라인 튜플의 좌표정보를 구성하는 복수의 좌표값이 모두 전역 스카이라인 튜플을 제외한 지역 스카이라인 튜플의 좌표정보 중 대응되는 좌표값보다 크지 않고, 복수의 좌표값 중에서 적어도 하나의 좌표값이 전역 스카이라인 튜플을 제외한 지역 스카이라인 튜플의 좌표정보 중 대응되는 좌표값보다 작으면 전역 스카이라인 튜플을 포함하는 전역 스카이라인을 생성한다(S1030).
- [0077] 상태값 설정부(130)는 전역 스카이라인 튜플을 포함하는 단위셀에 대하여 제1상태값을 부여하고, 좌표정보를 구성하는 복수의 좌표값이 모두 제1상태값이 부여된 단위셀을 구성하는 좌표들의 좌표값 이상인 좌표들로 이루어진 단위셀에 대하여 제2상태값을 부여하고, 제1상태값이 부여된 단위셀 및 제2상태값이 부여된 단위셀을 제외한 단위셀에 대하여 제3상태값을 부여한다. 이때 제1상태값을 SK, 제2상태값을 DOM, 그리고 제3상태값을 FREE로 설정할 수 있다. 부여된 상태값은 전역 스카이라인 생성부(124)가 전역 스카이라인을 갱신할 때 사용된다.
- [0078] 지배관계 트리 생성부(140)는 좌표공간 상에서 전역 스카이라인 튜플을 포함하는 각각의 단위셀의 좌표정보로 이루어진 단말노드와, 좌표공간 상에서 하위에 위치하는 자식노드에 포함된 단위셀의 좌표정보를 포함하며 좌표공간의 좌표축에 평행한 복수의 직선이 서로 교차하는 교차점 중에서 좌표공간의 원점으로부터 최단거리에 위치하는 교차점을 포함하는 단위셀의 좌표정보로 이루어진 비단말노드를 계층적으로 배치하여 지배관계 트리를 생성한다(S1040). 다음으로 지배관계 트리 검색부(150)는 지배관계 트리로부터 좌표공간에 추가된 튜플이 위치하는 단위셀의 좌표정보를 구성하는 복수의 좌표값과 적어도 하나의 좌표값이 동일한 단위셀의 좌표정보로 이루어진 단말노드를 검색한다(S1050). D-트리를 생성하고, 그로부터 검색조건에 부합하는 단말노드를 검색하는 과정은 좌표공간에 새로 추가된 튜플이나 좌표공간으로부터 튜플이 제거되고 새롭게 전역 스카이라인에 포함될 가능성이 있는 튜플이 전역 스카이라인에 포함될 수 있는지 여부를 판단하기 위해 수행된다.
- [0079] D-트리를 이용함으로써 좌표공간에 위치하는 튜플에 변화가 발생하였을 때, 특히 새롭게 전역 스카이라인 튜플이 추가되거나 기존의 전역 스카이라인 튜플이 제거될 때 전역 스카이라인 및 지역 스카이라인의 갱신 과정이 신속하고 효율적으로 수행될 수 있다.
- [0080] 본 발명은 또한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체에 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드로서 구현하는 것이 가능하다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 컴퓨터 시스템에 의하여 읽혀질 수 있는 데이터가 저장되는 모든 종류의 기록장치를 포함한다. 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체의 예로는 ROM, RAM, CD-ROM, 자기 테이프, 플로피디스크, 광데이터 저장장치 등이 있으며, 또한 캐리어 웨이브(예를 들어 인터넷을 통한 전송)의 형태로 구현되는 것도 포함한다. 또한 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템에 분산되어 분산방식으로 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드가 저장되고 실행될 수 있다.

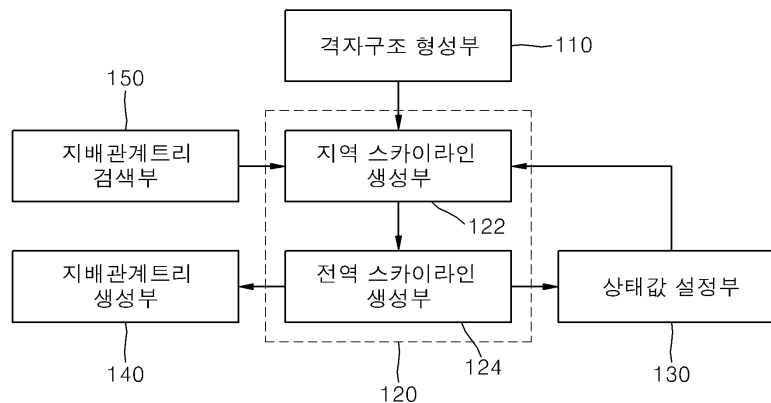
[0081] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대해 도시하고 설명하였으나, 본 발명은 상술한 특정의 바람직한 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실시가 가능한 것은 물론이고, 그와 같은 변경은 청구범위 기재의 범위 내에 있게 된다.

도면의 간단한 설명

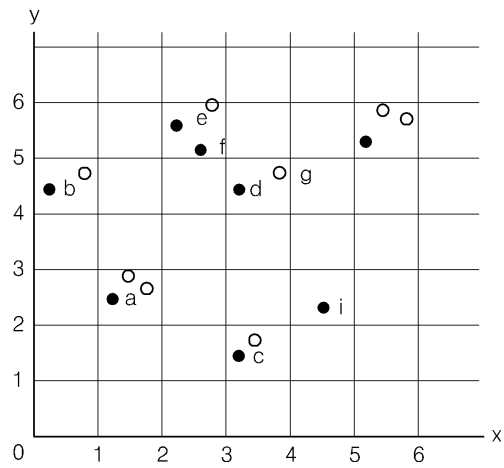
[0082] 도 1은 본 발명에 따른 연속 스카이라인 질의 수행장치에 대한 바람직한 실시예의 구성을 도시한 블록도,
 [0083] 도 2는 각각의 단위셀에 대해 생성된 지역 스카이라인을 도시한 도면,
 [0084] 도 3은 스카이라인 튜플 및 상태값이 부여된 단위셀들을 도시한 도면,
 [0085] 도 4는 튜플 a가 위치하는 단위셀에 대한 지배영역 및 지배띠를 도시한 도면.
 [0086] 도 5는 튜플 a가 위치하는 단위셀에 대한 반지배영역 및 반지배띠를 도시한 도면,
 [0087] 도 6a 내지 도 6d는 상태값이 FREE인 단위셀에 새로운 튜플이 추가될 때 전역 스카이라인이 갱신되는 과정을 설명하기 위한 도면,
 [0088] 도 7a 내지 도 7d는 좌표공간에 포함된 튜플들 중에서 전역 스카이라인 튜플 a가 제거되는 과정을 설명하기 위한 도면,
 [0089] 도 8은 좌표공간에 위치하는 네 개의 전역 스카이라인 튜플 및 이를 기초로 생성된 D-트리틀 도시한 도면,
 [0090] 도 9는 좌표공간에 추가된 튜플이 위치하는 단위셀에 대하여 D-트리틀 검색하는 과정을 설명하기 위한 도면, 그리고,
 [0091] 도 10은 본 발명에 따른 연속 스카이라인 질의 수행방법에 대한 바람직한 실시예의 수행과정을 도시한 흐름도이다.

도면

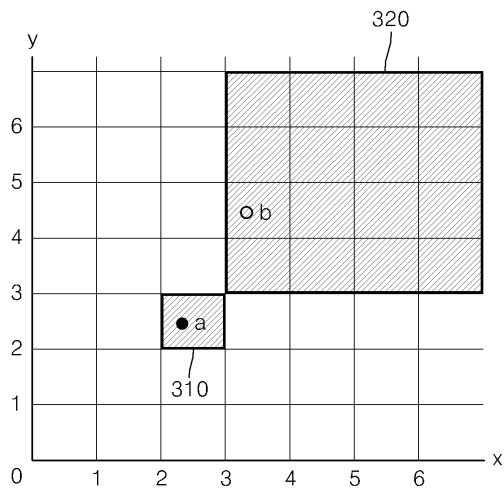
도면1



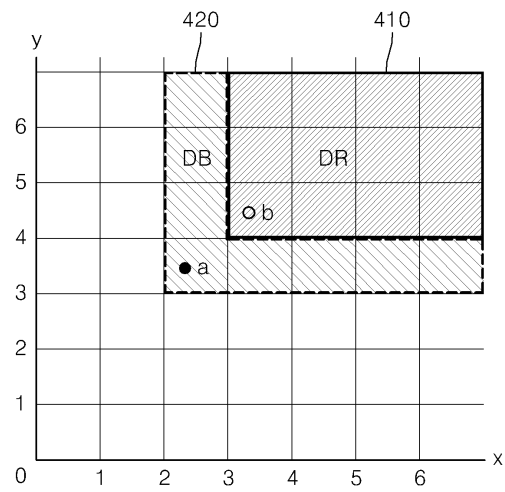
도면2



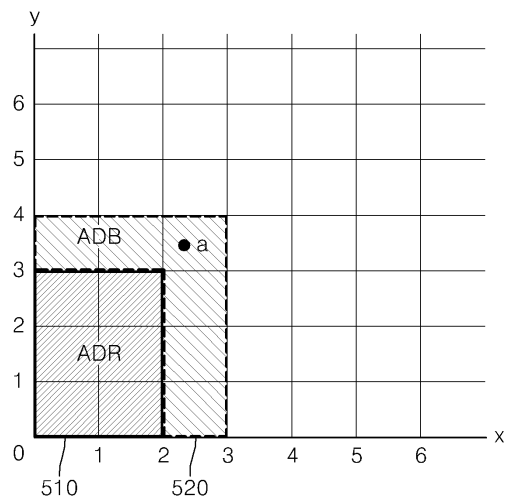
도면3



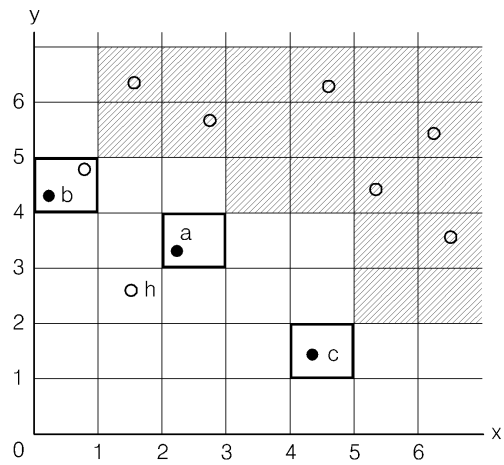
도면4



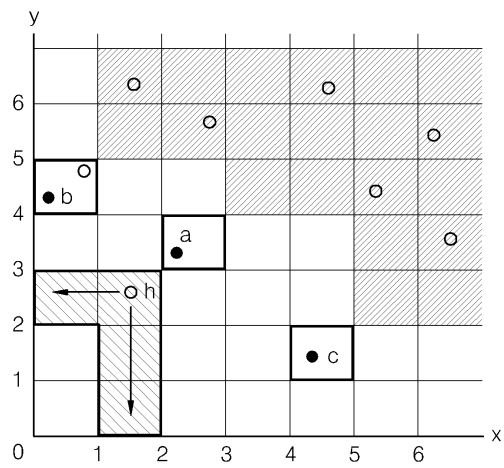
도면5



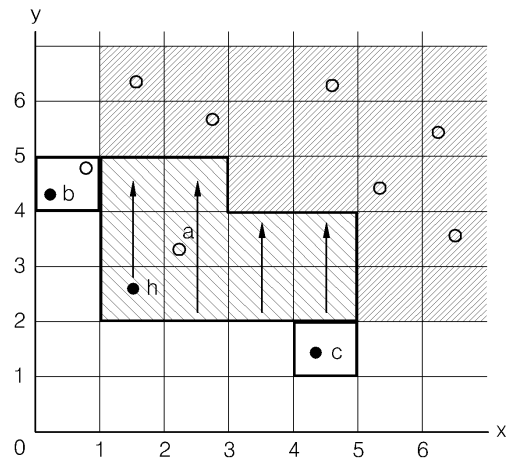
도면6a



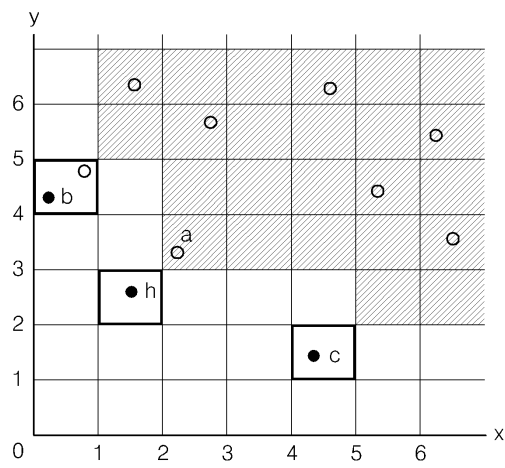
도면6b



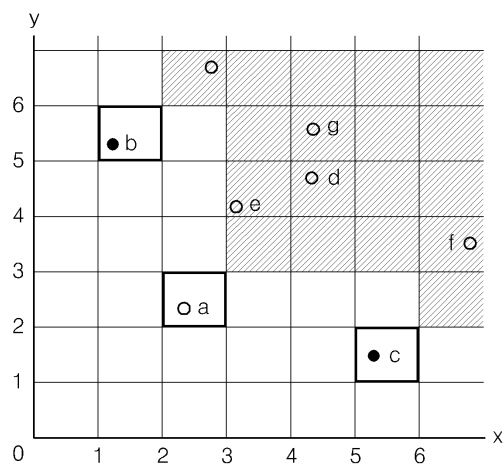
도면6c



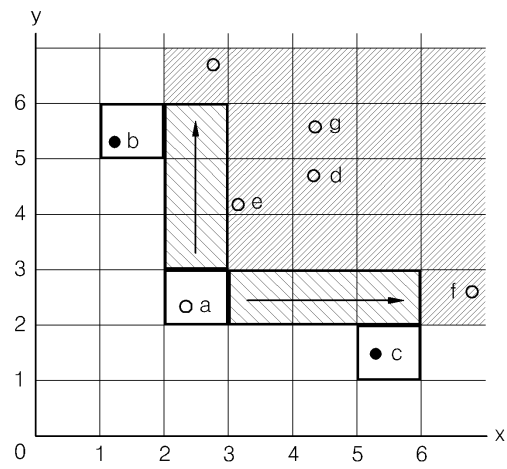
도면6d



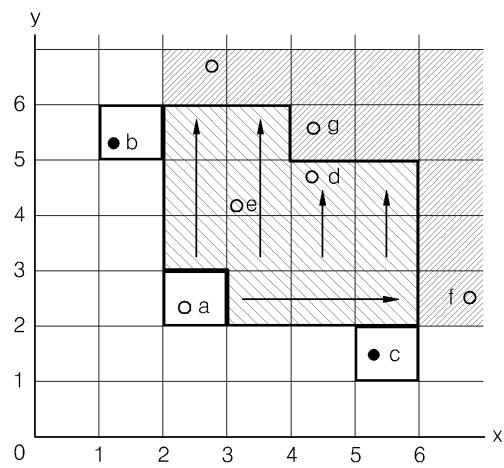
도면7a



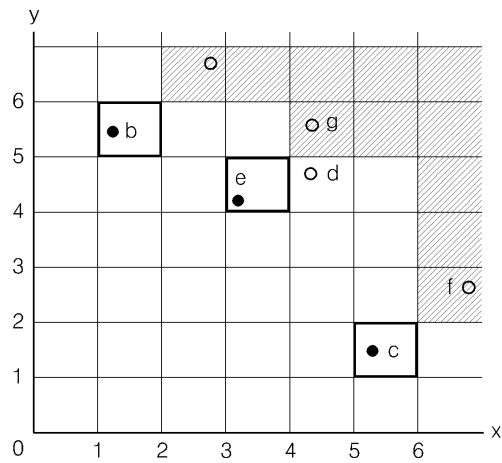
도면7b



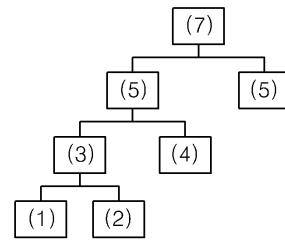
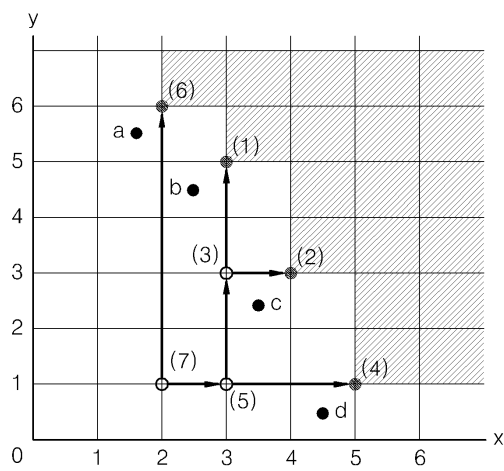
도면7c



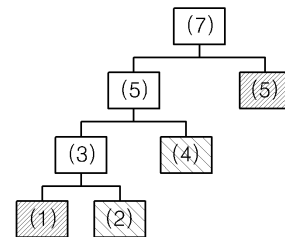
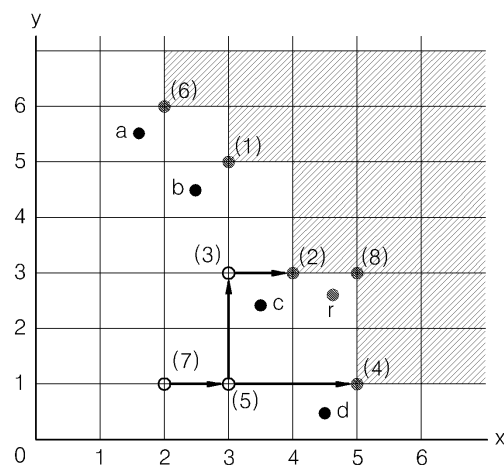
도면7d



도면8



도면9



도면10

