



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년09월30일
(11) 등록번호 10-1661529
(24) 등록일자 2016년09월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 17/20 (2006.01) G06T 17/05 (2011.01)

(52) CPC특허분류
G06T 17/20 (2013.01)
G06T 17/05 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0059976

(22) 출원일자 2015년04월28일

심사청구일자 2015년04월28일

(56) 선행기술조사문헌

KR101001979 B1*

3차원 공간의 시각분석에 관한 연구, 대한건축학회 2014년도 춘계학술발표대회논문집 제34권제1호(2014)*

3 차원 비직교 다면체 건축의 가시 분석을 위한 알고리즘 개발, 대한건축학회 2013 년도 추계학술 발표대회논문집 제33권제2호(2013)*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

조선대학교산학협력단

광주광역시 동구 필문대로 309 (서석동)

(72) 발명자

장동국

광주광역시 서구 화개1로24번길 9, 101동 2007호 (금호동, 대주파크빌아파트)

(74) 대리인

특허법인아이엠

전체 청구항 수 : 총 18 항

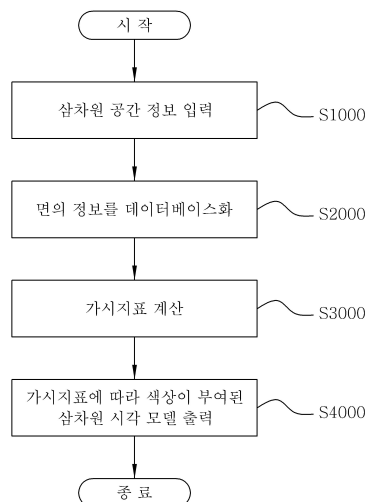
심사관 : 이병우

(54) 발명의 명칭 삼차원 시각 분석방법, 삼차원 시각 분석 프로그램, 그 프로그램이 저장된 서버 시스템 및 컴퓨터

(57) 요약

본 발명은 삼차원 시각 분석방법, 삼차원 시각 분석 프로그램, 그 프로그램이 저장된 서버 시스템 및 컴퓨터에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 삼차원 공간의 지면, 입면 등, 면(Surface)들 간의 가시관계를 정량적으로 지표화하여 삼차원 공간의 시각적 이해 정도를 향상시킬 수 있고, 공간 디자인 설계에 유용하게 이용할 수 있는 삼차원 시각 분석방법, 삼차원 시각 분석 프로그램, 그 프로그램이 저장된 서버 시스템 및 컴퓨터에 관한 것이다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345213106

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 일반연구자지원

연구과제명 비직교 배치 공간 내 다면체 건물의 3차원 가시 분석 및 데이터 호환 처리 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 조선대학교 산학협력단

연구기간 2013.05.01 ~ 2014.04.30

명세서

청구범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

컴퓨터가 미리 저장된 삼차원 공간 정보를 불러오거나 외부로부터 상기 삼차원 공간 정보를 입력받는 단계;

상기 삼차원 공간 정보에서 지면과 상기 지면에 세워지는 객체의 각 입면을 포함하는 면들의 정보를 데이터베이스화하는 단계; 및

상기 면들 각각에서 다른 면들을 가시할 수 있는지 여부를 판단하여, 지면과 입면에서의 가시성을 정량화한 가시지표를 계산하는 단계;를 포함하고,

상기 면들의 정보는 상기 삼차원 공간 정보를 이루는 매쉬형의 정점들 중 어느 세 개의 정점으로 이루어지는 삼각형들의 정보이며,

상기 가시할 수 있는지 여부는 상기 각 정점들에 대해 판단되며, 상기 정점들 중, 어느 하나의 정점과 다른 정점을 삼차원 선분으로 연결하였을 때, 상기 삼차원 선분이 상기 면들에 충돌하는지 여부에 따라 판단되며,

상기 가시지표는 상기 지면의 각 정점이 상기 지면의 다른 정점들을 가시할 수 있는 정도인 개방성(Openness)를 포함하고, 상기 개방성은 아래의 수학적 식 1과 같이 상기 지면의 모든 정점들 중, 지면의 해당 정점에서 가시될 수 있는 정점들의 개수 비로 계산되는 것을 특징으로 하는 삼차원 시각 분석방법.

[수학적식1]

$$VG_g = \frac{|G_g|}{|G|}$$

여기서, VG_g 는 상기 개방성, $|G|$ 는 상기 지면의 모든 정점들의 개수, $|G_g|$ 는 지면의 해당 정점 'g'에서, 가시될 수 있는 상기 지면의 다른 정점들의 개수이다.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 가시지표는 상기 지면의 각 정점이 상기 각 입면의 정점들을 가시할 수 있는 정도인 수직 밀도성(V-Density)을 포함하는 것을 특징으로 하는 삼차원 시각 분석방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 수직 밀도성은 아래의 수학식 2과 같이 상기 각 입면의 모든 정점들 중, 지면의 해당 정점에서 가시될 수 있는 정점들의 개수 비로 계산되는 것을 특징으로 하는 삼차원 시각 분석방법.

[수학식2]

$$VB_g = \frac{|B_g|}{|B|}$$

여기서, VB_g 는 상기 수직 밀도성, $|B|$ 는 상기 입면들의 모든 정점들의 개수, $|B_g|$ 는 상기 지면의 해당 정점 'g'에서, 가시될 수 있는 상기 각 입면의 정점들의 개수이다.

청구항 8

제 5 항에 있어서,

상기 가시지표는 상기 지면의 각 정점이 상기 지면의 다른 정점들과 상기 각 입면의 정점들을 가시할 수 있는 정도인 이동성(Navigability)을 포함하는 것을 특징으로 하는 삼차원 시각 분석방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 이동성은 아래의 수학식 3과 같이 상기 지면과 상기 각 입면의 모든 정점들 중, 지면의 해당 정점에서 가시될 수 정점들의 개수 비로 계산되는 것을 특징으로 하는 삼차원 시각 분석방법.

[수학식3]

$$V_g = \frac{(|G_g| + |B_g|)}{|G+B|}$$

여기서, V_g 는 상기 이동성, $|G+B|$ 는 상기 지면과 상기 각 입면의 모든 정점의 개수, $|G_g|$ 는 지면의 해당 정점 'g'에서, 가시될 수 있는 상기 지면의 다른 정점들의 개수, $|B_g|$ 는 지면의 해당 정점 'g'에서, 가시될 수 있는 상기 입면의 정점들의 개수이다.

청구항 10

제 5 항에 있어서,

상기 가시지표는 상기 입면의 각 정점이 상기 입면의 다른 정점들을 가시할 수 있는 정도인 수직 폐쇄성(V-occlusivity)을 포함하는 것을 특징으로 하는 삼차원 시각 분석방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 수직 폐쇄성은 아래의 수학식 4과 같이 상기 입면의 모든 정점들 중, 입면의 해당 정점에서 가시될 수 있는 정점들의 개수 비로 계산되는 것을 특징으로 하는 삼차원 시각 분석방법.

[수학식4]

$$VB_b = \frac{|B_b|}{|B|}$$

여기서, VB_b 는 상기 수직 폐쇄성, $|B|$ 는 상기 입면의 모든 정점들의 개수, $|B_b|$ 는 입면의 해당 정점 'b'에서, 기시될 수 있는 상기 입면의 다른 정점들의 개수이다.

청구항 12

제 5 항에 있어서,

상기 가시지표는 상기 입면의 각 정점이 상기 지면의 정점들을 가시할 수 있는 정도인 랜드마크성(Landmarkability)을 포함하는 것을 특징으로 하는 삼차원 시각 분석방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 랜드마크성은 아래의 수학식 5과 같이 상기 지면의 모든 정점들 중, 입면의 해당 정점에서 기시될 수 있는 정점들의 개수 비로 계산되는 것을 특징으로 하는 삼차원 시각 분석방법.

[수학식5]

$$VG_g = \frac{|G_g|}{|G|}$$

여기서, VG_g 는 상기 랜드마크성, $|G|$ 는 상기 지면의 모든 정점들의 개수, $|G_g|$ 는 상기 입면의 해당 정점 'g'에서, 기시될 수 있는 상기 지면의 정점들의 개수이다.

청구항 14

제 5 항에 있어서,

상기 가시지표는 상기 입면의 각 정점이 상기 입면의 다른 정점들과 상기 지면의 정점들을 가시할 수 있는 정도인 도시 조망성(Urbanscapeness)을 포함하는 것을 특징으로 하는 삼차원 시각 분석방법.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 도시 조망성은 아래의 수학식 6과 같이 상기 지면과 상기 각 입면의 모든 정점들 중, 입면의 해당 정점에서 기시될 수 정점들의 개수 비로 계산되는 것을 특징으로 하는 삼차원 시각 분석방법.

[수학식6]

$$V_b = \frac{(|G_b| + |B_b|)}{|G+B|}$$

여기서, V_b 는 상기 도시 조망성, $|G+B|$ 는 상기 지면과 상기 각 입면의 모든 정점의 개수, $|G_b|$ 는 입면의 해

당 정점 'b'에서, 기시될 수 있는 상기 지면의 정점들의 개수, $|B_b|$ 는 입면의 해당 정점 'b'에서, 기시될 수 있는 상기 입면의 다른 정점들의 개수이다.

청구항 16

제 5 항에 있어서,

상기 가시지표는 상기 지면의 각 정점이 상기 지면의 다른 정점들과 상기 입면의 정점들을 가시할 수 있는 정도인 이동성(Navigability)의 평균값(이하 '평균 이동성'이라 함)과 상기 입면의 각 정점이 상기 입면의 다른 정점들과 상기 지면의 정점들을 가시할 수 있는 정도인 도시 조망성(Urbanscapeness)의 평균값(이하 '평균 도시 조망성'이라 함)으로 이루어지는 삼차원 가시성(3D-Legibility)을 포함하는 것을 특징으로 하는 삼차원 시각 분석방법.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 삼차원 가시성은 아래의 수식식 7과 같이 상기 평균 이동성에 삼차원 공간 전체에서 지면이 차지하는 비율을 가중치로 곱한 값과 상기 평균 도시 조망성에 삼차원 공간 전체에서 입면이 차지하는 비율을 가중치로 곱한 값을 더하여 계산되는 것을 특징으로 하는 삼차원 시각 분석방법.

[수식식7]

$$3DL=(\overline{V_g} \times \frac{|G|}{|G+B|} + \overline{V_b} \times \frac{|B|}{|G+B|})$$

여기서, 3DL은 상기 삼차원 가시성, $\overline{V_g}$ 는 상기 평균 이동성, $\overline{V_b}$ 는 상기 평균 도시 조망성, $|G+B|$ 는 상기 지면과 상기 각 입면의 모든 정점의 개수(삼차원 공간 전체의 정점의 개수), $|G|$ 는 지면의 전체 정점의 개수, $|B|$ 는 입면의 전체 정점의 개수이다.

청구항 18

제 5 항에 있어서,

상기 가시지표를 계산하는 단계 이후에,

상기 가시지표의 크기에 따라 상기 지면 및 상기 입면의 각 픽셀을 서로 다른 색상으로 표시한 삼차원 시각 모델을 출력하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 삼차원 시각 분석방법.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 삼차원 시각 모델을 출력하는 단계는,

상기 지면 및 상기 입면의 각 정점에 대응하는 픽셀은 상기 가시지표의 크기에 따라 서로 다른 색상으로 표시하는 과정과 정점에 대응하지 않는 픽셀은 정점에 대응하는 주변 픽셀들의 색상으로부터 보간(interpolation)되어 색상을 표시하는 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 삼차원 시각 분석방법.

청구항 20

컴퓨터를 기능시켜 제 5 항 내지 제 19 항 중 어느 한 항의 삼차원 시각 분석방법을 수행하기 위한 매체에 저장된 삼차원 시각 분석 프로그램.

청구항 21

제 20 항의 삼차원 시각 분석 프로그램이 탑재되어 삼차원 시각 분석방법을 수행하는 컴퓨터.

청구항 22

제 20 항의 삼차원 시각 분석 프로그램이 저장되는 저장장치;

통신망을 통해 데이터를 전송할 수 있는 통신장치; 및

상기 삼차원 시각 분석 프로그램을 상기 통신장치를 통해 클라이언트 시스템으로 전송해줄 수 있는 중앙처리장치;를 포함하는 서버 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 삼차원 시각 분석방법, 삼차원 시각 분석 프로그램, 그 프로그램이 저장된 서버 시스템 및 컴퓨터에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 삼차원 공간의 지면, 입면 등, 면(Surface)들 간의 가시관계를 정량적으로 지표화하여 삼차원 공간의 시각적 이해 정도를 향상시킬 수 있고, 공간 디자인 설계에 유용하게 이용할 수 있는 삼차원 시각 분석방법, 삼차원 시각 분석 프로그램, 그 프로그램이 저장된 서버 시스템 및 컴퓨터에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 건축 및 도시공간의 시각체험을 정량화 하기 위한 방법으로써 가시영역(Isovist) 또는 가시장 영역(Isovist field) 이론이 M. Benedikt(1979년)에 의해 제시되었다. 이것은 건축 및 도시공간내의 특정 시점에서 모든 방향으로 관찰되는 시각영역 또는 그 시각영역의 기하학적인 특성에 주목하고 있다. 가시장 영역 분석(Isovist field analysis, IFA)은 분석 대상 공간인 지면(또는 바닥면)을 원하는 개수만큼의 연속된 격자모양으로 분할하고 각각의 격자공간의 중심점에서 관찰되는 아이소비스트 도형을 만든다. 이 아이소비스트 도형의 기하학적 특성(면적, 길이 등)을 분석함으로써 분석 대상 공간의 전체적인 가시 특성을 파악한다. Benedikt가 제시한 정량적 지표들은 이차원의 면적, 둘레, 차폐도(Occlusivity), 압축도(Compactness), 분산(Variance), 비대칭도(Skewness), 등이 대표적이다. Batty(2001년)와 Conroy(2001년) 등은 이를 발전시켜 공간적 인지나 공간 사용의 잠재력과 같은 공간의 사회적 특성들과 연결하여 연구하였다.

[0003] B. Hillier와 그의 연구진(1983년, 1984년, 1996년)은 건축 및 도시공간의 속성을 제대로 파악하기 위해서는 특정 시점에서 관찰되는 가시영역 또는 가시장 영역 분석 보다는 전체 공간의 시각적 연결 관계를 통해 나타나는 ‘공간의 구조적 패턴(Spatial configuration)’에 대한 분석이 선행되어야 한다고 주장하였다. 이들이 제시하는 이론과 방법론을 지칭하는 ‘공간구문론(Space syntax)’에서는 건물에 의해 규정되는 공간들의 상호 연결 관계를 수학적 그래프 이론에 접목하여 공간의 속성을 표현하는 다양한 정량지표들을 제시하였다.

[0004] 지금까지 정성적으로 평가되어 온 공간의 시각적 체험이 Isovist 및 Space Syntax 공간분석 방법들에 의해 비로소 정량화 되었으나 여기에는 다음과 같은 몇가지 문제점이 있다. 공간구성을 그래프로 구성할 경우 하나의 단위 공간으로 설정된 Axial Line또는 Convex Space들이 그 크기에 관계없이 하나의 노드(Node)로 표현된다는 것이다. 이것은 이 노드가 나타내는 공간 속에 포함될 수 있는 다양한 시각적이며 공간적인 속성들이 단일 지표값으로 표현된다는 것을 뜻한다. 일례로써 Axial Line이나 볼록공간 내에 있는 특정 위치에서의 공간적 특성을

자세하게 표현할 수 없는 점을 들 수 있다.

- [0005] 한편, 건축 및 도시공간을 더욱 세밀하게 가시분석 하기 위해 가시그래프분석(Visibility graph analysis, VGA) 방법이 Batty(2001년)와 Turner et al.(2001년)에 의해 개발된 바 있다. 가시그래프분석에서는 이차원의 볼록공간(Convex space)이나 아이소비스트 영역을 일정한 크기의 격자로 분할하고 이것을 각종 지표 산출의 기본 공간으로 설정한 후 이들 사이의 시각적 연결관계를 그래프로 표현하여 Space Syntax의 각종 정량적 지표들인 Connectivity, Depth, Integration 등을 계산한다. Stamp(2005년)는 이러한 다양한 Isovist분석 연구들을 통해 제시된 많은 정량적 지표들 가운데 실질적으로 적용 가능한 기하학적인 지표는 2~6개 정도라고 평가하고 이중에 서도 가장 눈여겨볼 것은 size와 concavity라는 연구결과를 제시하고 있다.
- [0006] 지금까지 이러한 건축 및 도시공간의 특성, 특히 시각적 체험과 이러한 체험의 정량화에 관한 연구는 특정 시점에서의 가시영역 산출시 인간의 눈높이(1.4~1.6m)를 기준으로 한다. 이러한 눈높이에서 수평적으로 투사되는 가시선이 주변의 물체 또는 건물과 만나면서 형성되는 이차원의 Isovist가 분석의 초점이 된다. 여기서 한가지 고려해야 할 사항은 한 시점에서의 Isovist는 360도의 모든 방향에서 고려되고 있지만, 실제 가시선(Visibility line)과 만나는 삼차원 건물 그리고 이러한 건물에 의해 형성되는 삼차원 공간과의 가시 관계는 고려되고 있지 않다. 즉, 사람은 삼차원 공간에서 자신의 시야에 들어오는 다양한 입면(Facade)을 갖는 건물의 형태(Form)와 크기(Size) 그리고 방향(Direction) 등에 따라서 매우 강한 삼차원의 시각적 체험을 경험하게 된다.
- [0007] 따라서, 삼차원 시각적 체험의 정량화에 그 동안 무시되어 왔던 입면의 기여를 반영하여 삼차원 공간의 가시성을 지표화할 필요가 있다.
- [0008] 삼차원 공간의 가시영역 분석에 관한 지금까지의 연구는 주로 건물이나 자연의 지형과 지물등에 의해 규정되는 Open space 또는 벽에 의해 규정되는 실내공간과 같은 ‘체적공간(Volumetric space)’을 대상으로 한다. 이것은 가시량(Visibility frequency) 측정에 지형이나 건물의 높이를 반영하는 방법으로써 Ratti & Richens(2004년)의 디지털 표고 모델(Digital Elevation Models: DEM)을 우선적으로 언급할 수 있다. DEM을 사용하여 지형을 삼차원의 그리드로 구축하고 각각의 그리드 사이의 가시분석을 하게 되며, 일반적으로 지리정보시스템(GIS)의 응용 프로그램의 일부로써 작동된다. 이러한 방법은 Isovist field를 계산하기 위해 지리정보시스템의 데이터 구조인 TIN 또는 Raster 데이터 구조를 기반으로 한다. 따라서 삼차원의 정형 또는 비정형 도형의 Geometric 정보를 포함하는 복잡한 건물들로 구성되는 건축 및 도시공간의 가시분석에는 적합하지 않다.
- [0009] DEM을 사용한 최근의 연구로써, Culagovski et. al.(2009년)은 비교적 광범위한 지역의 삼차원 지형을 분석 대상으로 하여 삼차원으로 가시 분석한 결과를 보여주고 있다. 광범위한 지형을 다루기 때문에 도시의 개별 건물 또는 이러한 건물들에 의해 규정되는 Open space에 대한 삼차원 가시분석에는 한계가 있다. 그러나 지리환경적 특성을 반영한 고도높이 정보를 지형정보에 포함하여 특정 위치의 공간이 다른 위치의 공간과 맺는 시각정보에 기반한 삼차원 가시지표들을 제안하였다. 작은 단위의 유닛 공간과 유닛 공간 사이에 그래프를 구성하고 이를 바탕으로 근접중앙성(Closeness centrality), 사이중앙성(Betweenness centrality), 각도중앙성(Degree centrality), 군집계수(Clustering coefficient) 등의 지표들을 제시하였다. 이것이 기존의 이차원 분석과 다른 점은 연산 방법에 있어 이차원 행렬 대신 삼차원 행렬로 바뀌었다는 것과 모델 표현 방식에 있어 삼차원 표시 모델을 사용한다는 것이다.
- [0010] 삼차원 가시분석을 건축 및 도시공간에 직접적으로 적용하기 시작한 것은 Fisher-Gewirtzman과 그의 연구진이 대표적이다(Fisher-Gewirtzman et al, 2003년; 2005년). 이들은 호수나 산의 주변 또는 자연풍경을 향한 시각적 개방도가 거주자의 만족도에 지대한 영향을 끼친다는 연구(Murakawa et al, 1994년)에 기초하여 건물 각 층의 입면에서 이차원적으로 Isovistfield를 분석하는 방법을 제안하였다. 그들이 제안한 공간개방도(Spatial openness index)는 도시의 여러 건물들에 의해 규정되는 Urban open space의 삼차원 체적을 대상으로 가시분석한 결과를 보여준다. 이와 유사한 연구로써 Teller(2003년)는 건물로 규정되는 도시의 Open space를 분석하기 위해 필드 기반형(Field-oriented)의 구형 계량법(Spherical metric)을 제안하였다. 그가 개발한 수학적 모델링 기법은 하늘을 구형으로 전제하고, 움직이는 시점에 따라 삼차원 공간의 변화되는 모습을 맵핑하였다. 이것은 광장과 같은 Urban open space를 시각분석 대상으로 지면에서 하늘을 향해 바라볼 때 형성되는 삼차원 공간내 시각영역의 변화를 체적으로 표현한다.
- [0011] 즉, 지금까지의 삼차원 시각분석에 관한 연구는 주로 삼차원의 체적공간이 분석 대상이었다.
- [0012] 그러나 공간내에 위치한 물체를 본다는 것의 의미는 물체의 표면에 반사된 빛이 눈의 망막에 상을 맺히도록 하면 그것이 전기적 신호로 바뀌어 뇌에 전달됨으로써 비로소 인지됨을 상기할 필요가 있다. 즉, 우리의 눈이 초

점을 맞추는 대상은 물체의 면(surface)이지, 면들(surfaces) 사이의 체적, 즉 텅 빈 공간이 아니라는 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 본 발명은 상술한 문제점들 해결하기 위해 안출된 것으로 본 발명의 목적은 삼차원 시각 분석에 있어서, 삼차원 공간의 지면 또는 건물의 입면과 같은 면들 간의 가시성을 가시지표로 정량화하여 제공할 수 있는 삼차원 시각 분석방법, 삼차원 시각 분석 프로그램, 그 프로그램이 저장된 서버 시스템 및 컴퓨터를 제공하는 데 있다.

[0014] 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0015] 상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명은 컴퓨터가 미리 저장된 삼차원 공간 정보를 불러오거나 외부로부터 상기 삼차원 공간 정보를 입력받는 단계; 상기 삼차원 공간 정보에서 지면과 상기 지면에 세워지는 객체의 각 입면을 포함하는 면들의 정보를 데이터베이스화하는 단계; 및 상기 면들 각각에서 다른 면들을 가시할 수 있는지 여부를 판단하여, 지면과 입면에서의 가시성을 정량화한 가시지표를 계산하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 삼차원 시각 분석방법을 제공한다.

[0016] 바람직한 실시예에 있어서, 상기 면들의 정보는 상기 삼차원 공간 정보를 이루는 매쉬형의 정점들 중 어느 세 개의 정점으로 이루어지는 삼각형들의 정보이다.

[0017] 바람직한 실시예에 있어서, 상기 가시할 수 있는지 여부는 상기 각 정점들에 대해 판단되며, 상기 정점들 중, 어느 하나의 정점과 다른 정점을 삼차원 선분으로 연결하였을 때, 상기 삼차원 선분이 상기 면들에 충돌하는지 여부에 따라 판단된다.

[0018] 바람직한 실시예에 있어서, 상기 가시지표는 상기 지면의 각 정점이 상기 지면의 다른 정점들을 가시할 수 있는 정도인 개방성(Openness)를 포함한다.

[0019] 바람직한 실시예에 있어서, 상기 개방성은 아래의 수학식 1과 같이 상기 지면의 모든 정점들 중, 지면의 해당 정점에서 가시될 수 있는 정점들의 개수 비로 계산된다.

[0020] [수학식1]

$$VG_g = \frac{|G_g|}{|G|}$$

[0021]

[0022] 여기서, VG_g 는 상기 개방성, $|G|$ 는 상기 지면의 모든 정점들의 개수, $|G_g|$ 는 지면의 해당 정점 'g'에서, 가시될 수 있는 상기 지면의 다른 정점들의 개수이다.

[0023] 바람직한 실시예에 있어서, 상기 가시지표는 상기 지면의 각 정점이 상기 각 입면의 정점들을 가시할 수 있는 정도인 수직 밀도성(V-Density)을 포함한다.

[0024] 바람직한 실시예에 있어서, 상기 수직 밀도성은 아래의 수학식 2과 같이 상기 각 입면의 모든 정점들 중, 지면의 해당 정점에서 가시될 수 있는 정점들의 개수 비로 계산된다.

[0025] [수학식2]

$$VB_g = \frac{|B_g|}{|B|}$$

[0026]

[0027] 여기서, VB_g 는 상기 수직 밀도성, $|B|$ 는 상기 입면들의 모든 정점들의 개수, $|B_g|$ 는 상기 지면의 해당 정점 'g'에서, 기시될 수 있는 상기 각 입면의 정점들의 개수이다.

[0028] 바람직한 실시예에 있어서, 상기 가시지표는 상기 지면의 각 정점이 상기 지면의 다른 정점들과 상기 각 입면의 정점들을 가시할 수 있는 정도인 이동성(Navigability)을 포함한다.

[0029] 바람직한 실시예에 있어서, 상기 이동성은 아래의 수학적식 3과 같이 상기 지면과 상기 각 입면의 모든 정점들 중, 지면의 해당 정점에서 기시될 수 정점들의 개수 비로 계산된다.

[0030] [수학적식3]

$$V_g = \frac{(|G_g| + |B_g|)}{|G+B|}$$

[0031]

[0032] 여기서, V_g 는 상기 이동성, $|G+B|$ 는 상기 지면과 상기 각 입면의 모든 정점의 개수, $|G_g|$ 는 지면의 해당 정점 'g'에서, 기시될 수 있는 상기 지면의 다른 정점들의 개수, $|B_g|$ 는 지면의 해당 정점 'g'에서, 기시될 수 있는 상기 입면의 정점들의 개수이다.

[0033] 바람직한 실시예에 있어서, 상기 가시지표는 상기 입면의 각 정점이 상기 입면의 다른 정점들을 가시할 수 있는 정도인 수직 폐쇄성(V-occlusivity)을 포함한다.

[0034] 바람직한 실시예에 있어서, 상기 수직 폐쇄성은 아래의 수학적식 4과 같이 상기 입면의 모든 정점들 중, 입면의 해당 정점에서 기시될 수 있는 정점들의 개수 비로 계된다.

[0035] [수학적식4]

$$VB_b = \frac{|B_b|}{|B|}$$

[0036]

[0037] 여기서, VB_b 는 상기 수직 폐쇄성, $|B|$ 는 상기 입면의 모든 정점들의 개수, $|B_b|$ 는 입면의 해당 정점 'b'에서, 기시될 수 있는 상기 입면의 다른 정점들의 개수이다.

[0038] 바람직한 실시예에 있어서, 상기 가시지표는 상기 입면의 각 정점이 상기 지면의 정점들을 가시할 수 있는 정도인 랜드마크성(Landmarkability)을 한다.

[0039] 바람직한 실시예에 있어서, 상기 랜드마크성은 아래의 수학적식 5과 같이 상기 지면의 모든 정점들 중, 입면의 해당 정점에서 기시될 수 있는 정점들의 개수 비로 계산된다.

[0040] [수학적식5]

$$VG_b = \frac{|G_g|}{|G|}$$

[0041]

[0042] 여기서, VG_b 는 상기 랜드마크성, $|G|$ 는 상기 지면의 모든 정점들의 개수, $|G_g|$ 는 상기 입면의 해당 정점 'g'에서, 기시될 수 있는 상기 지면의 정점들의 개수이다.

[0043] 바람직한 실시예에 있어서, 상기 가시지표는 상기 입면의 각 정점이 상기 입면의 다른 정점들과 상기 지면의 정점들을 가시할 수 있는 정도인 도시 조망성(Urbanscapeness)을 포함한다.

[0044] 바람직한 실시예에 있어서, 상기 도시 조망성은 아래의 수학적식 6과 같이 상기 지면과 상기 각 입면의 모든 정점들 중, 입면의 해당 정점에서 기시될 수 정점들의 개수 비로 계산된다.

[0045] [수학식6]

$$V_b = \frac{(|G_b| + |B_b|)}{|G+B|}$$

[0046]

[0047] 여기서, V_b 는 상기 도시 조망성, $|G+B|$ 는 상기 지면과 상기 각 입면의 모든 정점의 개수, $|G_b|$ 는 입면의 해당 정점 'b'에서, 기시될 수 있는 상기 지면의 정점들의 개수, $|B_b|$ 는 입면의 해당 정점 'b'에서, 기시될 수 있는 상기 입면의 다른 정점들의 개수이다.

[0048] 바람직한 실시예에 있어서, 상기 가시지표는 상기 지면의 각 정점이 상기 지면의 다른 정점들과 상기 입면의 정점들을 가시할 수 있는 정도인 이동성(Navigability)의 평균값(이하 '평균 이동성'이라 함)과 상기 입면의 각 정점이 상기 입면의 다른 정점들과 상기 지면의 정점들을 가시할 수 있는 정도인 도시 조망성(Urbanscapeness)의 평균값(이하 '평균 도시 조망성'이라 함)으로 이루어지는 삼차원 가시성(3D-Legibility)을 포함한다.

[0049] 바람직한 실시예에 있어서, 상기 삼차원 가시성은 아래의 수학식 7과 같이 상기 평균 이동성에 삼차원 공간 전체에서 지면이 차지하는 비율을 가중치로 곱한 값과 상기 평균 도시 조망성에 삼차원 공간 전체에서 입면이 차지하는 비율을 가중치로 곱한 값을 더하여 계산되는 것을 특징으로 하는 삼차원 시각 분석방법.

[0050] [수학식7]

$$3DL = (\overline{V_g} \times \frac{|G|}{|G+B|} + \overline{V_b} \times \frac{|B|}{|G+B|})$$

[0051]

[0052] 여기서, 3DL은 상기 삼차원 가시성, $\overline{V_g}$ 는 상기 평균 이동성, $\overline{V_b}$ 는 상기 평균 도시 조망성, $|G+B|$ 는 상기 지면과 상기 각 입면의 모든 정점의 개수(삼차원 공간 전체의 정점의 개수), $|G|$ 는 지면의 전체 정점의 개수, $|B|$ 는 입면의 전체 정점의 개수이다.

[0053] 바람직한 실시예에 있어서, 상기 가시지표를 계산하는 단계 이후에, 상기 가시지표의 크기에 따라 상기 지면 및 상기 입면의 각 픽셀을 서로 다른 색상으로 표시한 삼차원 시각 모델을 출력하는 단계;를 더 포함한다.

[0054] 바람직한 실시예에 있어서, 상기 삼차원 시각 모델을 출력하는 단계는, 상기 지면 및 상기 입면의 각 정점에 대응하는 픽셀은 상기 가시지표의 크기에 따라 서로 다른 색상으로 표시하는 과정과 정점에 대응하지 않는 픽셀은 정점에 대응하는 주변 픽셀들의 색상으로부터 보간(interpolation)되어 색상을 표시하는 과정을 포함한다.

[0055] 또한, 본 발명은 컴퓨터를 기능시켜 상기 삼차원 시각 분석방법을 수행하기 위한 매체에 저장된 삼차원 시각 분석 프로그램을 더 제공한다.

[0056] 또한, 본 발명은 상기 삼차원 시각 분석 프로그램이 탑재되어 삼차원 시각 분석방법을 수행하는 컴퓨터를 더 제공한다.

[0057] 또한, 본 발명은 상기 삼차원 시각 분석 프로그램이 저장되고 통신망을 통해 상기 삼차원 시각 분석 프로그램을 클라이언트 시스템으로 전송해줄 수 있는 서버 시스템을 더 제공한다.

발명의 효과

[0058] 본 발명은 다음과 같은 우수한 효과를 가진다.

[0059] 본 발명의 삼차원 시각 분석방법, 삼차원 시각 분석 프로그램, 그 프로그램이 저장된 서버 시스템 및 컴퓨터에 의하면, 삼차원 공간의 가시성을 지면에서의 가시성인 개방성(Openness), 수직 밀도성(V-Density), 이동성(Navigability), 입면에서의 가시성인 수직 폐쇄성(V-occlusivity), 랜드마크성(Landmarkability), 도시 조망성(Urbanscapeness), 지면 및 입면에서의 가시성인 삼차원 가시성(3D-Legibility)으로 정량화하여 삼차원 공간상의 면들 간의 가시성을 가시지표로 제공할 수 있는 장점이 있다.

[0060] 또한, 본 발명의 삼차원 시각 분석방법, 삼차원 시각 분석 프로그램, 그 프로그램이 저장된 서버 시스템 및 컴퓨터에 의하면, 계산된 가시지표의 크기에 따라 서로 다른 색상을 부여한 삼차원 시각 모델을 출력함으로써 삼차원 공간에서의 면들 간의 가시성을 한눈에 알아 볼 수 있고, 공간 디자인의 설계에 활용할 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0061] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 삼차원 시각 분석방법의 흐름도,
 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 삼차원 시각 분석방법에서 삼차원 공간 정보를 설명하기 위한 도면,
 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 삼차원 시각 분석방법에서 면들의 정보를 데이터베이스화 하는 과정을 설명하기 위한 도면,
 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 삼차원 시각 분석방법에서 개방성을 설명하기 위한 도면,
 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 삼차원 시각 분석방법에서 수직 밀도성을 설명하기 위한 도면,
 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 삼차원 시각 분석방법에서 이동성을 설명하기 위한 도면,
 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 삼차원 시각 분석방법에서 수직 폐쇄성을 설명하기 위한 도면,
 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 삼차원 시각 분석방법에서 랜드마크성을 설명하기 위한 도면,
 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 삼차원 시각 분석방법에서 도시 조망성을 설명하기 위한 도면,
 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 삼차원 시각 분석방법에 따라 분석된 삼차원 시각 모델들을 보여주는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0062] 본 발명에서 사용되는 용어는 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어를 선택하였으나, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있는데 이 경우에는 단순한 용어의 명칭이 아닌 발명의 상세한 설명 부분에 기재되거나 사용된 의미를 고려하여 그 의미가 파악되어야 할 것이다.

[0063] 이하, 첨부한 도면에 도시된 바람직한 실시예들을 참조하여 본 발명의 기술적 구성을 상세하게 설명한다.

[0064] 그러나, 본 발명은 여기서 설명되는 실시예에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화 될 수도 있다. 명세서 전체에 걸쳐 동일한 참조번호는 동일한 구성요소를 나타낸다.

[0065] 본 발명의 일 실시예에 따른 삼차원 시각 분석방법은 삼차원 공간의 가시성을 분석하기 위한 방법으로 삼차원 공간의 지면과 입면(건물과 같은 객체의 외면)같은 면들 간의 가시관계를 정량화하여 보여주는 방법이다.

[0066] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 삼차원 시각 분석방법은 삼차원 시각 프로그램이 설치된 컴퓨터에 의해 수행된다.

[0067] 또한, 상기 컴퓨터는 일반적인 퍼스널 컴퓨터뿐만 아니라 임베디드 시스템, 스마트 기기 등을 포함하는 광의의 컴퓨팅 시스템이다.

[0068] 또한, 상기 컴퓨터는 상기 삼차원 시각 프로그램을 서버 시스템으로부터 통신망을 통해 다운로드받아 설치할 수 있다.

[0069] 또한, 상기 서버 시스템은 상기 삼차원 시각 프로그램을 저장하기 위한 저장장치, 통신망을 통해 데이터를 전송할 수 있는 통신장치, 상기 삼차원 시각 프로그램을 통신장치를 통해 상기 컴퓨터로 전송할 수 있는 중앙처리장치를 포함하는 컴퓨팅 시스템일 수 있다.

[0070] 그러나, 상기 삼차원 시각 프로그램은 별도의 기록 매체에 저장되어 제공될 수 있으며, 상기 기록매체는 본 발명을 위하여 특별히 설계되어 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 분야에서 통상의 지식을 가진 자에서 공지되어 사용 가능할 것일 수 있다.

- [0071] 예를 들면, 상기 기록 매체는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체, CD, DVD와 같은 광 기록 매체, 자기 및 광 기록을 결합할 수 있는 자기-광 기록 매체, 롬, 램, 플래시 메모리 등 단독 또는 조합에 의해 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치일 수 있다.
- [0072] 또한, 상기 삼차원 시각 프로그램은 프로그램 명령, 로컬 데이터 파일, 로컬 데이터 구조 등이 단독 또는 조합으로 구성된 프로그램일 수 있고, 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라, 인터프리터 등을 사용하여 컴퓨터에 의해 실행될 수 있는 고급 언어 코드로 짜여진 프로그램일 수 있다.
- [0073] 이하에서는 도 1을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 삼차원 시각 분석방법에 대해 상세히 설명한다.
- [0074] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 삼차원 시각 분석 방법은 먼저, 컴퓨터가 삼차원 시각 분석의 대상인 삼차원 공간 정보를 입력받는다(S1000).
- [0075] 또한, 상기 삼차원 공간 정보는 외부로부터 입력받을 수 있고, 상기 컴퓨터의 저장 매체에 미리 저장되어 있는 경우 불러올 수 있다.
- [0076] 예를 들면, 상기 삼차원 공간 정보는 상표명 3D max, 3D maya, 3D cad와 같은 모델링 툴에 의해 생성된 파일일 수 있으며, 확장자 '.x'를 갖는 파일일 수 있다.
- [0077] 또한, 상기 삼차원 공간 정보는 삼차원 공간을 매쉬형의 정점(vertex)로 구성한 정보라면 어떠한 파일이라도 가능한데, 각 모델링 툴이 제공하는 기능에 의해 모든 면들은 일정한 크기로 분할되며, 이를 확장자 '.x'파일 형식으로 변환하여 처리한다.
- [0078] 도 2는 상기 삼차원 공간 정보(100)를 보여주는 것으로 상기 삼차원 공간 정보(100)는 지면(110)과 상기 지면에 세워지는 객체(120)를 포함한다.
- [0079] 또한, 상기 지면(110)과 상기 객체(120)는 위치정보를 갖는 정점들이 매쉬형태로 배치되어 표현된다.
- [0080] 또한, 상기 객체(120)들 각각의 외면(측면 및 상면을 포함함)은 입면(facade)이라고 정의한다.
- [0081] 즉, 상기 삼차원 공간 정보(100)는 지면(110)과 입면, 즉, 면으로 구성되는 공간 정보이다.
- [0082] 다음, 상기 삼차원 공간 정보(100)에서 면들의 정보를 데이터베이스화 한다(S2000).
- [0083] 도 3은 상기 면들의 정보를 데이터베이스화하는 과정을 보여주는 것으로 본 발명에서는 면의 최소 단위를 세 개의 정점으로 둘러싸인 삼각형의 면으로 정의하였다.
- [0084] 이는 공간 분할에 있어서 최소 단위가 네 개의 정점으로 둘러싸이는 정사각형 그리드가 아닌 세 개의 정점으로 둘러싸이는 삼각형이기 때문이다. 또한, 상기 각 정점들은 서로 중첩되지 않는다.
- [0085] 즉, 도 3에 도시한 바와 같이 네 개의 인접한 정점들(v_0, v_1, v_2, v_3)은 두 개의 면(f_1, f_2)을 형성한다.
- [0086] 또한, 상기 면들은 먼저, 정점들(vertex)을 인덱싱하여 정점정보(200, vertex table)를 생성하고(입력되는 삼차원 공간 정보에 포함되어 있을 수 있음), 세 개의 인덱스(index)로 구성되는 면들(face)의 정보를 면 정보(300, index table)로 생성함으로써 데이터베이스화 된다.
- [0087] 다음, 상기 면이 다른 면들을 가시할 수 있는지 여부를 판단하여, 지면과 입면에서의 가시성을 정량화한 가시지표를 계산한다(S3000).
- [0088] 또한, 면과 면이 가시될 수 있는 지 여부는 면의 각 정점이 다른 면을 가시할 수 있는지를 판단함으로써 판단되며, 어느 하나의 정점에서 다른 정점을 공간상의 직선인 삼차원 선분으로 연결하였을 때, 상기 삼차원 선분이 입면에 충돌하는지 여부에 따라 판단된다.
- [0089] 즉, 상기 삼차원 선분이 전체 공간의 어느 입면에도 충돌하지 않을 경우, 해당 정점은 다른 정점을 가시할 수 있는 것으로 판단하고, 어느 한 면과라도 충돌할 경우, 해당 정점은 다른 정점을 가시할 수 없는 것으로 판단한다.
- [0090] 예를 들어, 도 2를 참조하면, 제1 객체(121)의 입면(121a)의 한 정점(10)과 제3 객체(123)의 입면(123a)의 제1 정점(11) 및 제2 정점(12)은 다른 면에 충돌이 없이 삼차원 선분(L)으로 연결될 수 있는 정점이므로 한 정점(10)에서 가시 가능한 정점들이다.

- [0091] 그러나, 제3 정점(13) 및 제4 정점(14)은 제2 객체(122)의 입면에 가려져 삼차원 선분(L)이 입면에 충돌하므로 가시할 수 없는 정점이다.
- [0092] 다시 말해서, 상기 제1 객체(121)의 한 정점(10)은 상기 제2 객체(123)의 제1 정점(11) 및 제2 정점(12)은 가시할 수 있으나, 제3 정점(13) 및 제4 정점(14)은 가시할 수 없는 것이다.
- [0093] 즉, 본 발명은 이러한 면과 면 사이의 가시성을 정량화한 가시지표를 계산하여 제공함으로써 삼차원 시각 분석을 수행할 수 있게 한다.
- [0094] 또한, 상기 가시지표는 각각의 정점에 대해 부여된다.
- [0095] 다음, 상기 가시지표의 크기에 따라 상기 삼차원 공간 정보(100)의 지면 및 입면의 각 픽셀을 서로 다른 색상으로 표시하여 삼차원 시각 모델을 생성한 후 출력한다(S4000).
- [0096] 본 발명에서는 가시지표가 가장 큰 정점에 해당하는 픽셀은 빨간색으로 표시하고, 가시지표가 가장 작은 정점에 해당하는 픽셀을 파란색으로 표시하였다.
- [0097] 또한, 가시지표의 크기에 따라 빨간색과 파란색 사이의 RGB 값 순서를 가진 색상으로 표시함으로써 가시성이 가장 좋은 위치는 빨간색으로 표시되고, 가시성이 낮을 수록 점차 파란색으로 표시하여 삼차원 시각 모델의 색상에 따라 한 눈에 가시성을 판단할 수 있도록 하였다.
- [0098] 또한, 정점에 대응되지 않는 픽셀(정점이 위치하지 않는 픽셀)은 주위에 색상이 부여된 픽셀로부터 떨어진 거리에 따라 보간(interpolation)하는 방법으로 색상을 부여하였다.
- [0099] 한편, 본 발명에서는 삼차원 시각 분석을 위해 총 일곱 개의 가시지표를 제공하며, 상기 가시지표들은 각각 제공될 수도 있고, 두 개 이상의 복수 개로 제공될 수 있으며, 일곱 개의 가시지표가 모두 제공할 수도 있다.
- [0100] 또한, 상기 가시지표는 크게 지면에서의 가시성, 입면에서의 가시성, 지면 및 입면 전체에서의 가시성으로 구분되며, 지면에서의 가시성은 개방성(Openness), 수직 밀도성(V-Density), 이동성(Navigability)을 포함하고, 입면에서의 가시성은 수직 폐쇄성(V-occlusivity), 랜드마크성(Landmarkability), 도시 조망성(Urbanscapeness)을 포함하며, 지면과 입면 전체에서의 가시성은 삼차원 가시성(3D-Legibility)을 포함한다.
- [0101] 즉, 본 발명은 개방성(Openness), 수직 밀도성(V-Density), 이동성(Navigability), 수직 폐쇄성(V-occlusivity), 랜드마크성(Landmarkability), 도시 조망성(Urbanscapeness), 삼차원 가시성(3D-Legibility)의 일곱 개의 가시지표를 삼차원 시각 분석을 위한 지표로 제공한다.
- [0102] 먼저, 상기 개방성은 지면에서 지면을 가시할 수 있는 정도를 의미하며, 다시 말해서, 지면의 각 정점이 자신을 제외한 다른 정점들을 가시할 수 있는 정도이다.
- [0103] 도 4를 참조하면, 지면(110)의 어느 한 정점 'g1'은 지면(110)의 다른 정점 'g2'와 다른 입면에 충돌없이 삼차원 선분으로 연결할 수 있으므로 가시할 수 있는 정점이고, 지면(110)의 또 다른 정점 'g3'는 객체(124)의 입면에 가로막혀 있으므로 가시할 수 없는 정점이다.
- [0104] 즉, 상기 개방성은 아래의 수학적 식 1과 같이 지면(110)의 전체 정점들 중, 해당 정점이 가시할 수 있는 정점들의 개수 비로 표현할 수 있다.
- [0105] [수학적식1]
- $$VG_g = \frac{|G_g|}{|G|}$$
- [0106]
- [0107] 여기서, VG_g 는 상기 개방성, $|G|$ 는 지면(110)의 모든 정점들의 개수, $|G_g|$ 는 지면의 해당 정점 'g'에서, 가시될 수 있는 상기 지면의 다른 정점들의 개수이다.
- [0108] 또한, 상기 개방성은 지면(110)의 모든 정점에 대해 계산되며, 삼차원 공간 전체의 개방성은 모든 정점의 평균 개방성으로 계산할 수 있다. 이 경우 지면상을 걷는 인간의 눈높이에 대한 가시성을 파악할 수 있다.
- [0109] 또한, 상기 개방성은 해당 정점 'g1'에서 수직방향으로 소정 높이(1.4미터 내지 1.6미터, 성인의 눈높이) 이격

된 위치에서 다른 정점들을 가시할 수 있는 정도로 계산될 수 있다.

[0110] 다음, 상기 수직 밀도성은 지면에서 입면을 가시할 수 있는 정도를 의미하며, 다시 말해서, 지면의 각 정점이 입면의 모든 정점들을 가시할 수 있는 정도이다.

[0111] 도 5를 참조하면, 지면(110)의 어느 한 정점 'g1'은 정점 'g1'을 향하는 객체(123)의 전방 입면(124a)에 위치한 정점 'b1'과는 다른 입면에 충돌없이 삼차원 선분으로 연결될 수 있으므로 가시할 수 있으나, 객체(123)의 후방 입면(124b)에 위치하는 정점 'b2'는 객체의 전방 입면(124b)에 가로막혀 가시할 수 없다.

[0112] 즉, 상기 수직 밀도성은 아래의 수학적 식 2과 같이 객체(123)의 모든 입면들의 정점들 중, 지면(110)의 해당 정점이 가시할 수 있는 정점들의 개수 비로 표현할 수 있다.

[0113] [수학적식2]

$$VB_g = \frac{|B_g|}{|B|}$$

[0114]

[0115] 여기서, VB_g 는 상기 수직 밀도성, $|B|$ 는 입면들의 모든 정점들의 개수, $|B_g|$ 는 상기 지면의 해당 정점 'g'에서, 기시될 수 있는 입면의 정점들 개수이다.

[0116] 또한, 상기 수직 밀도성은 지면(110)의 모든 정점에 대해 계산되며, 삼차원 공간 전체의 수직 밀도성은 모든 정점의 수직 밀도성을 평균하여 계산할 수 있다.

[0117] 다음, 상기 이동성은 지면에서 지면과 입면을 동시에 가시할 수 있는 정도를 의미하며, 다시 말해서, 지면의 각 정점이 지면의 다른 정점들과 입면의 정점들을 가시할 수 있는 정도이다.

[0118] 도 6을 참조하면, 지면(110)의 정점 'g1'은 지면의 다른 정점 'g2'와 입면(124a)의 정점 'b1'을 가시할 수 있다. 그러나, 입면에 가려진 다른 정점이나 객체의 후방 입면의 정점은 가시할 수 없다.

[0119] 즉, 상기 이동성은 아래의 수학적 식 3과 같이 지면과 입면의 모든 정점들 중, 지면의 해당 정점에서 가시될 수 정점들의 개수 비로 계산될 수 있다.

[0120] [수학적식3]

$$V_g = \frac{(|G_g| + |B_g|)}{|G+B|}$$

[0121]

[0122] 여기서, V_g 는 상기 이동성, $|G+B|$ 는 지면과 입면의 모든 정점의 개수, $|G_g|$ 는 지면의 해당 정점 'g'에서, 기시될 수 있는 지면의 다른 정점들의 개수, $|B_g|$ 는 지면의 해당 정점 'g'에서, 기시될 수 있는 입면의 정점들의 개수이다.

[0123] 또한, 상기 이동성 역시 지면(110)의 모든 정점들에 대해 계산되며 삼차원 공간 전체의 이동성은 지면(110)의 모든 정점들의 이동성을 평균하여 계산할 수 있다.

[0124] 다음, 상기 수직 폐쇄성은 입면에서 입면을 가시할 수 있는 정도를 의미하며, 다시 말해서, 입면의 각 정점이 입면의 다른 정점들을 가시할 수 있는 정도이다.

[0125] 도 7을 참조하면, 제1 객체(124)의 한 정점 'b1'은 제1 객체(124)를 바라보는 제2 객체(125)의 전방 입면(125a)의 한 정점 'b2'는 가시할 수 있지만, 제2 객체(125)의 후방 입면(125b)의 다른 정점 'b3'는 가시할 수 없다.

[0126] 또한, 상기 수직 폐쇄성은 정점 자신이 속한 객체의 다른 입면은 가시할 수 없으므로 자신이 속한 객체의 다른 입면의 정점들의 가시 여부판단은 생략될 수 있다.

[0127] 따라서, 상기 수직 폐쇄성은 아래의 수학적 식 4과 같이 모든 입면의 정점들 중, 입면의 해당 정점에서 가시될 수 있는 정점들의 개수 비로 계산될 수 있다.

[0128] [수학식4]

$$VB_b = \frac{|B_b|}{|B|}$$

[0129]

[0130] 여기서, VB_b 는 상기 수직 폐쇄성, $|B|$ 는 모든 입면의 정점들의 개수, $|B_b|$ 는 입면에 위치하는 해당 정점 'b'에서, 기시될 수 있는 입면의 다른 정점들의 개수이다.

[0131] 또한, 해당 정점이 속한 입면에 존재하는 다른 정점들은 사용자의 설정에 따라 해당 정점에서 가시할 수 있는 것으로 판단될 수도 있고 가시할 수 없는 것으로 판단될 수도 있다.

[0132] 또한, 상기 수직 폐쇄성은 입면의 모든 정점에 대해 계산되며, 삼차원 공간 전체의 수직 폐쇄성은 입면의 정점들의 수직 폐쇄성을 평균하여 계산할 수 있다.

[0133] 다음, 상기 랜드마크성은 입면에서 지면을 가시할 수 있는 정도를 의미하며, 다시 말해서, 입면의 각 정점이 지면의 정점들을 가시할 수 있는 정도이다.

[0134] 도 8을 참조하면, 제1 객체(124)의 한 정점 'b1'은 지면(110)의 한 정점 'g4'는 기시할 수 있지만, 다른 정점 'g5'는 제2 객체(125)에 가려져 있으므로 가시할 수 없다.

[0135] 따라서, 상기 랜드마크성은 아래의 수학식 5와 같이 지면(110)의 모든 정점들 중, 입면의 해당 정점에서 가시될 수 있는 정점들의 개수 비로 계산될 수 있다.

[0136] [수학식5]

$$VG_g = \frac{|G_g|}{|G|}$$

[0137]

[0138] 여기서, VG_g 는 상기 랜드마크성, $|G|$ 는 지면의 모든 정점들의 개수, $|G_g|$ 는 상기 입면의 해당 정점 'g'에서, 기시될 수 있는 지면의 정점들의 개수이다.

[0139] 또한, 상기 랜드마크성은 입면의 모든 정점에 대해 계산되며, 삼차원 공간 전체의 랜드마크성은 입면의 정점들의 랜드마크성을 평균하여 계산이 가능하다.

[0140] 다음, 상기 도시 조망성은 입면에서 지면 및 입면을 가시할 수 있는 정도를 의미하며, 다시 말해서, 입면의 각 정점이 지면의 정점들과 입면의 정점들을 가시할 수 있는 정도이다.

[0141] 도 9를 참조하면, 제1 객체(124)의 입면의 정점 'b1'은 지면(110)의 정점 'g2'와 제2 객체(125)의 전방 입면(125a)의 정점 'b2'을 가시할 수 있다. 그러나, 입면에 가려진 지면의 정점이나 제2 객체의 후방 입면(125b)의 정점은 가시할 수 없다.

[0142] 따라서, 상기 도시 조망성은 아래의 수학식 6과 같이 지면(110)의 정점들과 모든 입면의 정점들 중, 입면의 해당 정점에서 가시될 수 정점들의 개수 비로 계산될 수 있다.

[0143] [수학식6]

$$V_b = \frac{(|G_b| + |B_b|)}{|G+B|}$$

[0144]

[0145] 여기서, V_b 는 상기 도시 조망성, $|G+B|$ 는 지면과 입면들의 모든 정점의 개수, $|G_b|$ 는 입면의 해당 정점 'b'에서, 기시될 수 있는 지면의 정점들의 개수, $|B_b|$ 는 입면의 해당 정점 'b'에서, 기시될 수 있는 입면의 다른 정점들의 개수이다.

[0146] 또한, 상기 도시 조망성 역시 입면의 모든 정점에 대해 계산되며 삼차원 공간 전체의 도시 조망성은 입면의 정점들의 도시 조망성을 평균하여 계산할 수 있다.

[0147] 다음, 상기 삼차원 가시성(3D-Legibility)은 삼차원 공간 모든 위치에서 지면과 입면을 가시할 수 있는 정도를 의미하며, 다시 말해서, 상기 삼차원 가시성은 삼차원 공간상의 각 정점에서 다른 모든 정점을 가시할 수 있는 가시성의 평균이다.

[0148] 즉, 상기 삼차원 가시성은 지면의 각 정점에서의 이동성의 평균값(Mean Navigability, 이하 '평균 이동성'이라 함)과 입면의 각 정점에서의 도시 조망성의 평균값(Mean Urbanscapeness, 이하 '평균 도시 조망성'이라 함)의 합으로 계산될 수 있다.

[0149] 그러나, 상기 평균 이동성과 상기 평균 도시 조망성을 단순히 더하여 계산할 경우, 전체 공간에서 지면과 입면이 차지하는 상대적인 비율이 반영되지 않아 건물의 높이에 따른 밀집도 등이 가변될 경우 정확한 분석이 어렵다.

[0150] 따라서, 본 발명에서는 상기 삼차원 가시성을 아래의 수학적 식 7과 같이 상기 평균 이동성에 삼차원 공간 전체에서 지면이 차지하는 비율을 가중치로 곱한 값과 상기 평균 도시 조망성에 삼차원 공간 전체에서 입면이 차지하는 비율을 가중치로 곱한 값을 더하여 계산하였다.

[0151] [수학적식7]

$$3DL = (\overline{V_g} \times \frac{|G|}{|G+B|} + \overline{V_b} \times \frac{|B|}{|G+B|})$$

[0153] 여기서, 3DL은 상기 삼차원 가시성, $\overline{V_g}$ 는 상기 평균 이동성, $\overline{V_b}$ 는 상기 평균 도시 조망성, $|G+B|$ 는 상기 지면과 상기 각 입면의 모든 정점의 개수(삼차원 공간 전체의 정점의 개수), $|G|$ 는 지면의 전체 정점의 개수, $|B|$ 는 입면의 전체 정점의 개수이다.

[0154] 도 10은 본 발명의 삼차원 시각 분석방법으로 생성된 삼차원 시각 모델을 보여주는 것으로 건물의 배치가 서로 상이한 타입 A(Type A)와 타입 B(Type B)의 삼차원 공간을 분석한 결과이다.

[0155] 또한, 각 타입의 삼차원 공간은 입면과 지면의 정점 수가 서로 다른 두 가지 모델을 상정하여 분석을 수행하였다.

[0156] 또한, 타입 A의 모델 1(Model 1)은 지면의 정점 개수($|G|$)가 1,579개 이고, 입면의 정점 개수($|B|$)가 1,678개로 서로 비슷한 규모이고, 모델 2(Model 2)는 지면의 정점 개수($|G|$)가 6,407개 이고, 입면의 정점 개수($|B|$)가 2,377개로 지면의 정점 개수가 약 3배 정도 크다.

[0157] 또한, 타입 B의 모델 3(Model 3)과 모델 4(Model 4)는 지면과 입면의 정점 개수의 차이가 모델 1과 모델 2에 비해 매우 크다. 모델 3의 경우 지면의 정점 개수가 324개, 입면의 정점 개수는 5,416개로 건물 입면의 공간이 지면의 공간보다 압도적으로 많다. 반면 Model 4는 지면의 정점이 2,549개, 입면의 정점이 320개로 으로 반대인 경우이다

[0158] 도 10에 도시한 바와 같이 지면에 비해 건물의 밀도가 매우 작은 모델 4가 삼차원 가시성(3DL)이 0.636405로 가장 높았고, 모델 3의 삼차원 가시성이 0.123858로 가장 낮았다.

[0159] 또한, 삼차원 가시성은 모델 2, 모델 4와 같이 지면의 크기가 입면의 크기보다 상대적으로 클 경우 지면에서의 가시성인 이동성에 가까운 수치로 계산되었고, 모델 3과 같이 입면의 크기가 지면보다 클 경우, 입면에서의 가시성인 도시 조망성에 가까운 수치로 계산되었다.

[0160] 또한, 개방성(Openness)은 모델 1의 경우 개방성의 평균값($\overline{VG_g}$)이 약 0.243514인 반면, 건물의 입면에 비해 지면의 크기가 큰 모델 2와 4는 개방성의 평균값이 각각 0.627030, 0.684981로 상대적으로 매우 높은 것을 알 수 있다.

[0161] 또한, 건물의 밀도가 매우 높은 모델 3의 경우 개방성이 0.120027로 가장 낮은 것을 알 수 있다.

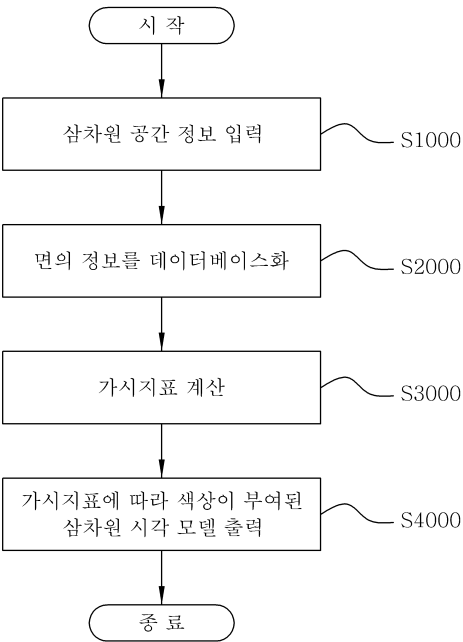
- [0162] 이러한 경향은 현실에서 관찰되는 결과들과 부합하는 것으로 이차원 가시분석에 관한 지금까지의 연구결과들과 일치되고 있음을 알 수 있다.
- [0163] 또한, 모델 2와 모델 4의 경우 건물 근처를 제외하고는 색상이 전체적으로 빨간색의 고른 분포를 보이거나 모델 1의 경우 건물들 외측에서 건물들 사이로 진입할 때 급격한 색상변화가 있다.
- [0164] 이는 골목으로 진입하는 순간 그 건물의 입면에 의해 많은 양의 시각정보를 잃게 되는 것을 의미한다.
- [0165] 또한, 수직 폐쇄성(V-occlusivity)은 모델 2가 0.477893의 평균값을 보여 가장 높았고, 모델 3이 0.172185의 평균값을 보여 가장 낮았다.
- [0166] 또한, 모든 모델들에서 가장 높은 건물의 상면에 해당하는 입면과 다른 면을 향하지 않고 외측을 향하는 입면은 파란색의 분포를 보여 거의 가시성이 없는 것으로 나타났다.
- [0167] 또한, 모델 1에서 I자 형태의 건물과 L자 형태의 건물은 각각 정점이 651개 631개로 서로 비슷한 규모이나 수직 폐쇄성 평균값은 I자 형태의 건물이 0.297265, L자 형태의 건물이 0.393823으로 다소 큰 차이를 보였다.
- [0168] 이는 L자 형태의 건물의 각 입면들 중, I자 형태의 건물을 향하는 두 입면이 I자 형태의 건물뿐만 아니라 서로 상호 바라볼 수 있으므로 가시성이 높아지기 때문이다.
- [0169] 또한, 수직 밀도성(V-Density)과 랜드마크성(Landmarkability)은 각 모델에서 서로 동일한 것으로 나타났으며, 이는 지면과 입면 상호 간의 대칭성 때문인 것으로 판단된다.
- [0170] 또한, 지면의 크기가 큰 모델 2와 모델 4가 모델 1과 모델 3에 비해 수직 밀도성(V-Density)과 랜드마크성(Landmarkability)이 큰 것으로 나타났다.
- [0171] 또한, 이동성(Navigability)은 모델 1과 같이 지면과 입면의 공간이 서로 비슷한 경우 개방성과 수직 밀도성이 비교적 균등하게 반영되어 평균적인 값으로 계산되었으나, 지면과 입면의 공간 차이가 클 경우, 지면의 크기가 입면의 크기보다 상대적으로 큰 모델 2와 모델 4의 경우 개방성의 영향력이 강하게 반영되어 개방성과 유사한 수치로 계산되었고, 입면의 크기가 지면의 크기보다 상대적으로 큰 모델 3의 경우 수직 밀도성의 영향력이 강하게 반영되어 수직 밀도성과 유사한 수치로 계산되었다.
- [0172] 또한, 도시 조망성(Urbanscapeness)은 수직 폐쇄성과 랜드마크성의 특성을 동시에 반영하는 지표로써 지면과 입면의 공간 차이에 따라 수직 폐쇄성 및 랜드마크성의 영향력이 서로 다르게 반영되어 계산되는 것을 알 수 있었다.
- [0173] 이상에서 살펴본 바와 같이 본 발명은 바람직한 실시예를 들어 도시하고 설명하였으나, 상기한 실시예에 한정되지 아니하며 본 발명의 정신을 벗어나지 않는 범위 내에서 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변경과 수정이 가능할 것이다.

부호의 설명

- [0174]
- | | |
|-----------------------|---------------------------------------|
| 100:삼차원 공간 정보 | 110:지면 |
| 120, 121, 122, 123:객체 | 121a, 123a, 124a, 124b, 125a, 125b:입면 |
| 10, 11, 12, 13, 14:정점 | 200:정점 정보 |
| 300:면 정보 | |

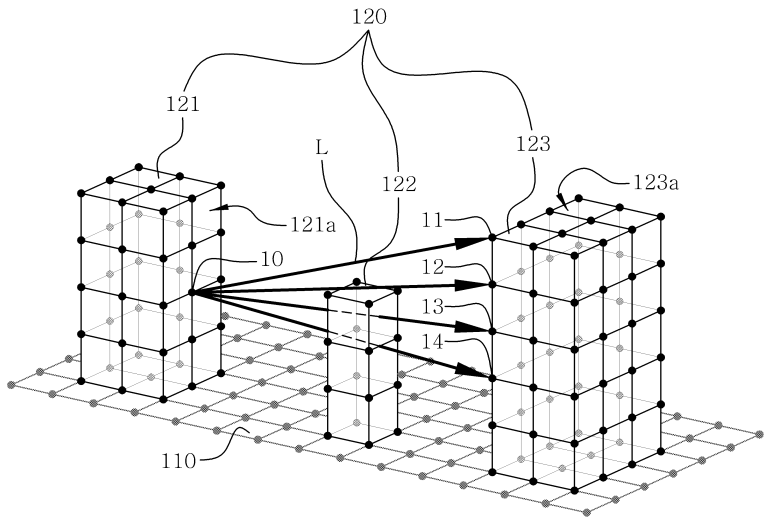
도면

도면1

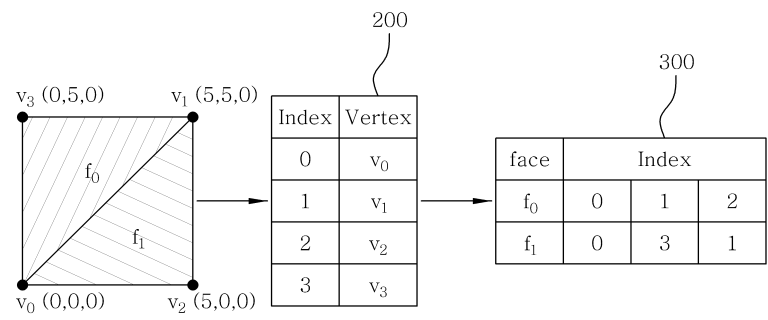


도면2

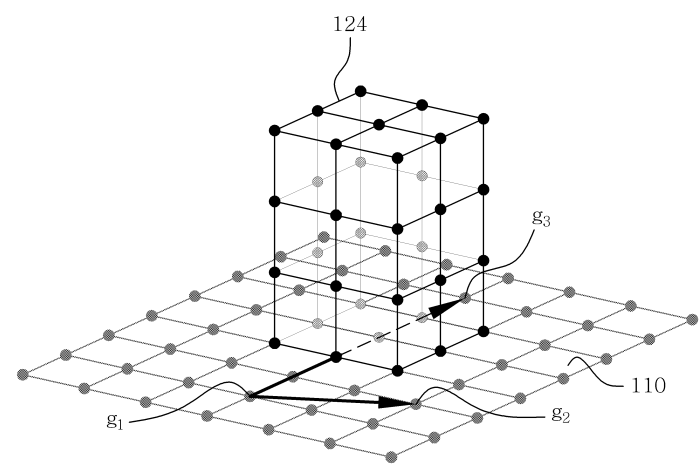
100



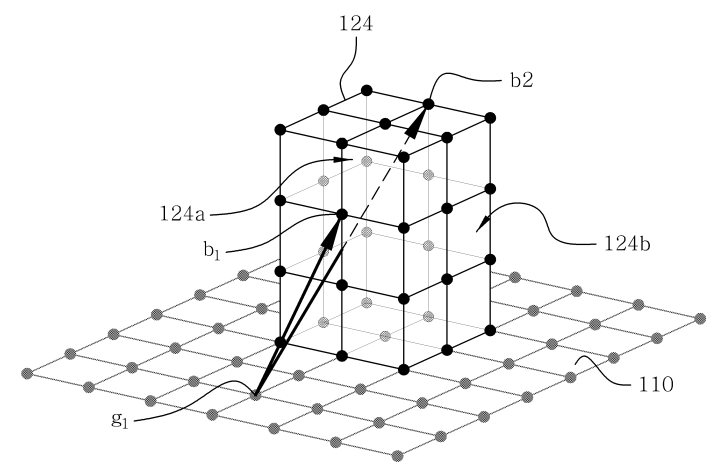
도면3



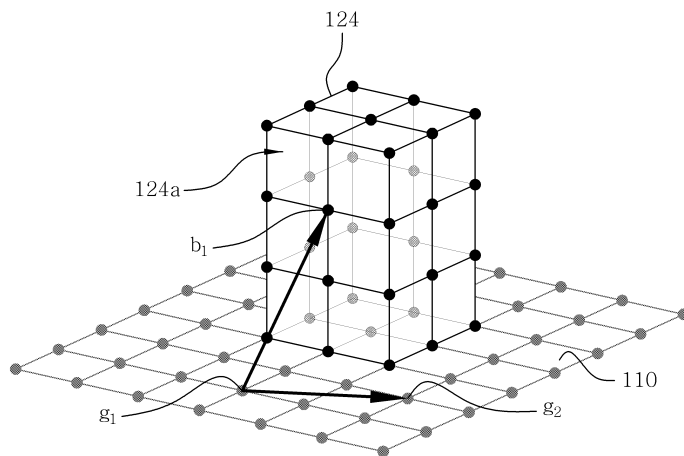
도면4



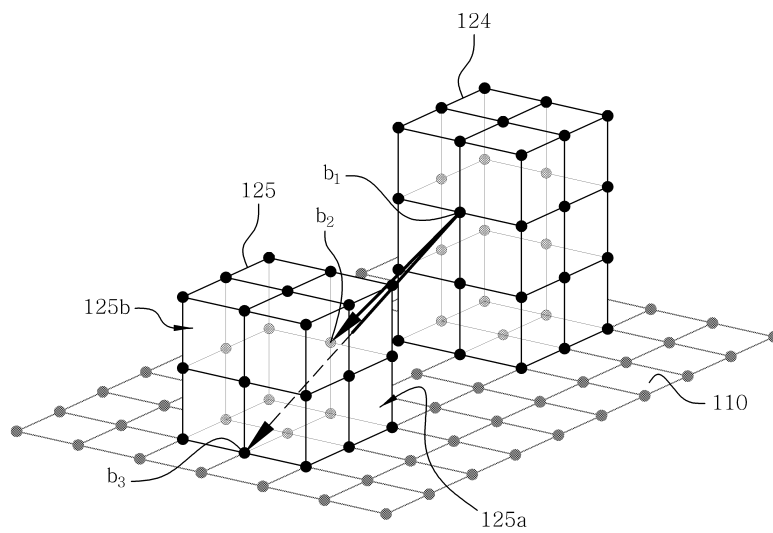
도면5



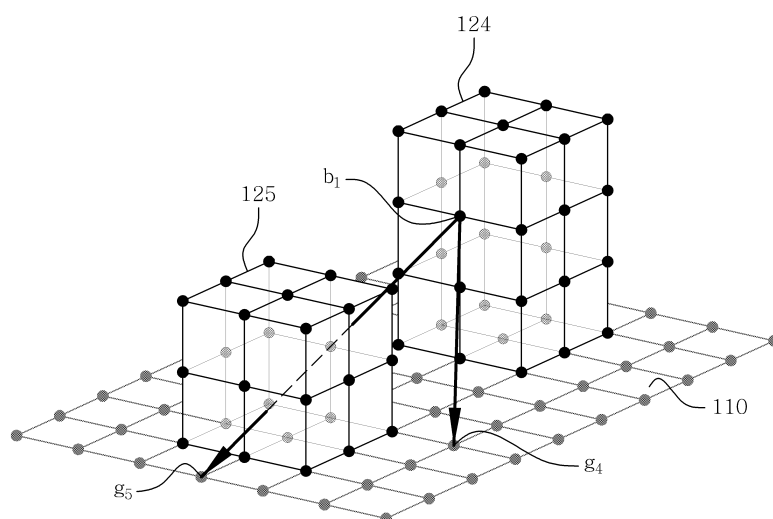
도면6



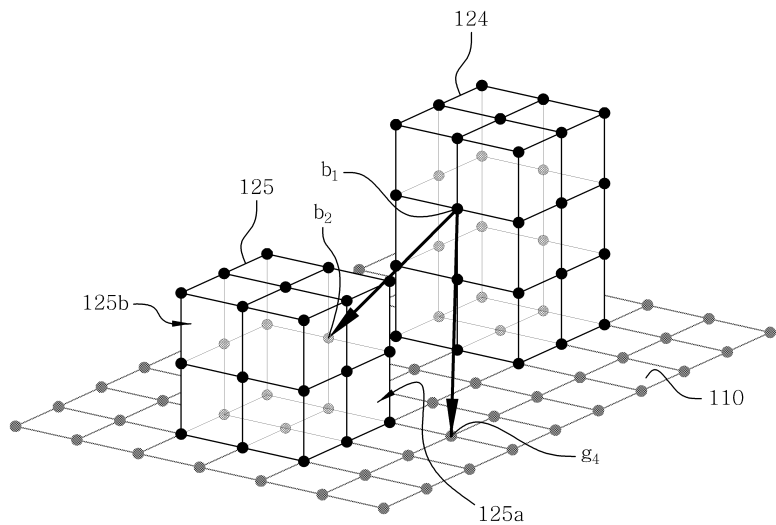
도면7



도면8



도면9



도면10

Type	Model	(a) Openness(V_{G_g}) V-Occlusivity(V_{B_b})	(b) V-Density(V_{B_g}) Landmarkability(V_{G_b})	(c) Navigability(V_g) Urbanscapeness(V_b)
A	Model 1 $ G =1,579$ $ B =1,678$ $3DL = 0.192265$			
		$\overline{VG_g} = 0.243514$ $\overline{VB_b} = 0.314485$	$\overline{VB_g} = 0.210682$ $\overline{VG_b} = 0.210681$	$\overline{V_g} = 0.212477$ $\overline{V_b} = 0.178813$
	Model 2 $ G =6,407$ $ B =2,377$ $3DL=0.493442$			
		$\overline{VG_g} = 0.627030$ $\overline{VB_b} = 0.477893$	$\overline{VB_g} = 0.366007$ $\overline{VG_b} = 0.366013$	$\overline{V_g} = 0.559034$ $\overline{V_b} = 0.316643$
B	Model 3 $ G =324$ $ B =5,416$ $3DL = 0.123858$			
		$\overline{VG_g} = 0.120027$ $\overline{VB_b} = 0.172185$	$\overline{VB_g} = 0.188687$ $\overline{VG_b} = 0.188687$	$\overline{V_g} = 0.125466$ $\overline{V_b} = 0.123761$
	Model 4 $ G =2,549$ $ B =320$ $3DL=0.636405$			
		$\overline{VG_g} = 0.684981$ $\overline{VB_b} = 0.274938$	$\overline{VB_g} = 0.467013$ $\overline{VG_b} = 0.467013$	$\overline{V_g} = 0.659690$ $\overline{V_b} = 0.450928$