

3D 스트링을 이용한 3차원 방향관계 모델링⁺

황중하, 황수찬
한국항공대학교 컴퓨터공학과

3Dimensional Directional Relationship Modeling Using 3D String

Jongha Hwang, Soochan Hwang
Dept. of Computer Engineering, Hankuk Aviation University

초 록

기존 대부분의 방향관계에 대한 연구는 2차원 이미지에서 절대적인 방향에 대한 연구가 주를 이루고 있다. 본 논문에서는 기존 2차원 방향관계 모델링 기법을 분석하고 2D 스트링 기법을 확장해서 3차원 공간상에서 방향관계를 모델링하기 위한 3D 스트링 기법을 소개한다. 그리고 3차원 공간에서 시점 기반의 방향관계 설의를 처리하기 위한 기법으로 3차원 공간을 2차원+1차원으로 표현하여 처리하는 기법에 대해 기술한다.

1. 서론

객체들 사이의 공간관계는 가장 관련된 그래픽 혹은 이미지를 찾는데 자주 사용되는 정보 중의 하나이다. 그러나 공간관계에 따른 유사성의 결정은 상당히 복잡한 문제이며, 대개 공간관계는 애매해서 명확한 하나의 공간관계 기법을 사용하여 표현하기 어렵다. 그래서 서로 다른 부분을 만족시킬 수 있는 여러 표현을 사용한다. 객체 사이에 존재하는 공간관계는 크게 위상관계, 방향관계, 거리관계로 나뉘 볼 수 있다[1].

위상관계는 이동, 회전, 크기변경 등과 같은 변환에 불변한 특성이 있으며, disjoint, contain, inside, equal, meet, covers, covered by, overlap 등과 같이 8개의 위상관계로 정형화되어 있다. 그러나 방향관계는 아직 정형화되어 있지 않으며 절대적인 방향에 대한 연구가 주를 이루고 있다.

절대적인 방향을 사용하는 지리정보시스템과 같은 응용은 시점이 고정되어 있다. 그러나 가상현실, 3차원 그래픽 데이터베이스 등과 같은 응용에서는 관측자의 시점이 동적으로 변할 수 있으며, 관측자의 시점이 변화됨에 따라서 객체 사이의 방향관계는 서로 다르게 표현 될 수 있다.

현재 대부분의 방향관계에 대한 연구들은 2차원 공간에서 객체간의 절대적인 방향을 주 대상으로 하고 있다. 그러나 최근 3차원 그래픽 분야에 대한 연구와 그 응용의 중요성이 증가함에 따라 기존 2차원 방향관계에 대한 연구의 확장과 3차원 공간에서 관측자의 시점을 기반으로 하는 방향관계 모델링 기법 및 내용기반 설의에 대한 연구가 필요하게 되었다.

본 논문에서 기존의 2차원 방향관계 표현기법들에 대해서 간략히 소개하고 기존의 2차원 방향관계 표현 기법 중 하나인 2D 스트링과 2D 스트링을 확장해서 3차원 방향관계를 표현하는 3D 스트링을 정

의하였다. 그리고 2차원+1차원으로 표현된 3차원 공간에서 관측자의 동적인 시점 변화에 따른 방향관계 검색 기법에 대해서 설명한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 관련 연구를 소개하고, 3장에서 3차원 그래픽 데이터를 위한 시점기반의 방향관계 모델링 기법을 기술한다. 그리고 4장에서 결론을 맺는다.

2. 관련연구

2.1 참조틀

방향관계는 주어진 참조틀(reference frame) 내에서 두 객체 사이의 이진 관계이다. 객체A를 방향의 기준이 되는 참조 객체(reference object)라 하고, 객체B를 객체A에 대해서 상대적인 방향을 갖는 목적 객체(target object)라고 하자. 객체A에 대한 객체B의 방향관계를 결정하기 위해서는 분할된 공간에 대해 동서남북, 좌우, 상하 등과 같은 방향 심볼을 할당해주는 참조틀이 필요하다. 두 객체 사이의 방향관계에서 참조틀이 변경되면 방향관계 또한 변경된다. 참조틀에는 다음과 같은 세 가지 타입이 있다[3].

내재적(intrinsic) 참조틀

: 참조 객체의 몇 가지 내재적인 특성에 의해서 전후, 좌우 등의 방향이 결정된다. 예를 들어, 빌딩의 앞이라고 하는 것은 정문이 있는 곳에 의해서 정해진다.

외부적(extrinsic) 참조틀

: 외부적인 요소에 의해서 참조 객체의 방향이 결정된다. 예를 들어, 지구에 대한 극의 위치에 의해서 동서남북이 결정된다.

관측적(deictic) 참조틀

: 참조 객체를 바라보고 있는 관측자에 의해서 방향이 결정된다. 예를 들어, 관찰자 자신의 앞을 기준으로 공간을 네 개의 방향(전후, 좌우)으로 나눈다.

내재적, 외부적, 관측적 참조틀을 각각 객체기반의 방향(object-based direction), 절대적인 방향

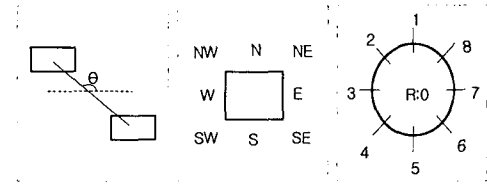
⁺ 이 논문은 한국과학재단의 인터넷 정보검색 연구센터 지원에 의한 것임.

(absolute direction), 관측자기반의 방향 (viewer-orientation-based direction)이라고도 한다[2].

2.2 방향관계

2.2.1 2차원 공간에서의 방향관계

2차원 공간에서 방향에 대한 연구에는 그림 2.1(a)와 같이 두 객체 사이의 각도를 가지고 방향을 표현하는 기법으로서 SOG 등이 있으며, 그림 2.1(b)와 같은 방위 표시 기법 그리고 이와 유사한 기법으로 그림 2.1(c)와 같은 9DLT(9 direction lower triangular) 기법 등이 있으며 이외에도 2D 스트링 기법 등이 있다.



(a) 각도표시 (b) 방위표시 (c) 9DLT
그림 2.1 2차원 방향관계 모델

2.2.2 3차원 공간에서의 방향관계

3차원 공간에서 방향관계에 대한 연구로는 Vorwerg에 의해서 제안된 공간 분할 기법[3]이 있다. 이 기법은 3차원 공간상의 두 객체 사이의 전후, 좌우, 상하 방향관계를 관측자의 시선을 기반으로 구한다. 이 기법에서는 객체를 직육면체로 근사화 시키고 직육면체의 각 면에 인접한 평면에 의해서 공간이 분할된다. 설명을 쉽게 하기 위해서 2차원의 객체에 대해서 설명한다.

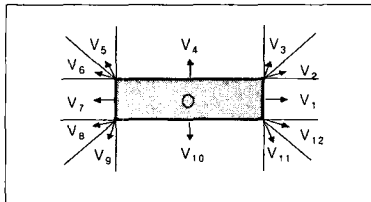
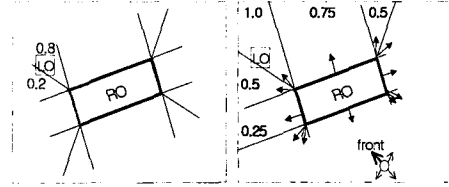


그림 2.2 공간 분할

그림 2.2와 같이 객체O에 의해서 공간은 12개의 공간으로 분할되고, 분할된 각 공간은 자신의 공간을 대표하는 방향 벡터를 갖는다.

그림 2.3(a)와 같이 두 객체가 존재하면 객체LO는 객체RO에 대해서 5번과 6번 영역에 각각 80%, 20% 씩 걸쳐서 존재한다. 그리고 그림 2.3(b)와 같이 전방을 나타내는 관측자의 시선 벡터가 주어졌을 경우 객체RO의 전방이라고 평가할 수 있는 공간은 다음과 같이 구할 수 있다. 전방을 표현하는 시선 벡터와 분할된 각 공간을 대표하는 방향 벡터 사이의 각이 90° 보다 작은 각을 갖는 공간이 객체RO의 전방이라고 평가된다. 그래서 그림 2.3(b)와 같이 주어진 전방 시선 벡터에 대해서 5번 영역에 존재하는 객체는 100% 전방이라고 평가할 수 있고, 4번 영역에 존재하는 객체는 75% 전방이라고 평가할 수 있다. 그리고 3번과 6번 영역은 50%, 7번 영역은 25% 전방이라고 평가할 수 있으며, 나머지 영역은 주어진 전

방 시선 벡터에 의해서 전방이 아니라고 평가할 수 있다.



(a) 공간상의 두 객체 (b) 관측자의 시선 벡터
그림 2.3 두 객체 사이의 공간 관계

3. 방향관계 모델링

3.1 두 객체 사이의 방향관계

(1) 시선에 투영된 두 객체 사이의 방향관계

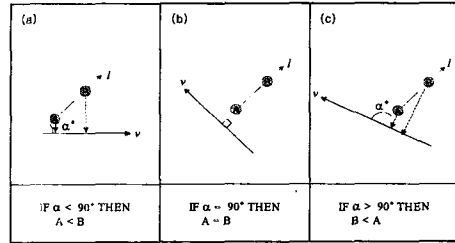


그림 3.1 시선에 투영된 객체사이의 방향관계

그림 3.1과 같이 공간상의 두 객체 A, B가 존재할 때, 시점과 참조점을 연결하는 방향 선분인 시선 (v)에 투영된 두 객체 사이의 전후 방향관계는 시선과 x-축이 이루는 각도만큼 회전된 x-축에 대한 1D 스트링과 같다. 시선만큼 회전된 1D 스트링은 두 객체 A, B를 연결하는 방향 선분(l)과 시선 사이의 각도와 관계된다. 두 방향 선분(v, l)이 이루는 각도를 α 라고 하자. 그림 3.1(a)와 같이 α 가 90° 보다 작을 때 객체A가 객체B의 뒤쪽에 존재한다고 평가되었다면(A<B), 그림 3.1(c)와 같이 α 가 90° 보다 커지게 되면 두 객체의 전후 방향관계는 바뀌게 된다. 즉, 그림 3.1(c)와 같이 객체A가 객체B의 앞쪽에 존재한다고 평가된다(B<A). 그리고 그림 3.1(b)와 같이 α 가 90° 가 되면, 두 객체는 같은 위치에 존재한다고 평가된다(A=B).

시선의 방향이 반대가 되면 두 객체사이의 전후 방향관계 또한 반대가 된다. 그러므로 시선의 각이 $180^\circ < \alpha < 360^\circ$ 일 때 객체의 방향관계는 $0^\circ \leq \alpha < 180^\circ$ 에서 구하여 방향을 반대(reverse)로 바꿔주면 된다[4].

3.2 3차원 공간에서의 방향관계

(1) 3D 스트링

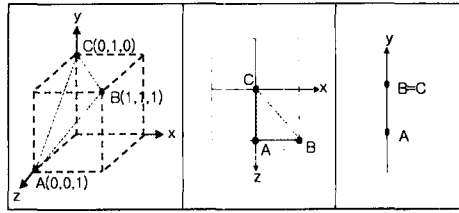
3D 스트링은 절대 시점에 대해서 객체들의 상하, 좌우, 원근 관계를 표현하는 기법으로 2차원 공간 관계를 표현하는데 사용되는 2D 스트링을 확장한 것이다.

1D 스트링은 이미지 내의 객체들을 좌표 상의 어느 하나의 축으로 투영해서 얻어진 객체들의 선형 순서를 표현하는 것으로 공간 관계에 참여하는 객체의 집합 V와 객체의 공간상의 순서 관계를 나타내는

순서 기호 집합 A로 구성된다. 순서 기호는 좌우, 상하, 원근 관계를 의미하는 "<", 동일 위치 관계를 의미하는 "="와 동일 집합을 의미하는 "."이 있다.

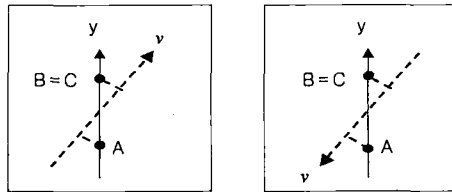
(2) 3차원 공간에서의 방향관계

그림 3.2(a)와 같이 세 개의 객체 A, B, C가 존재할 때, 3차원 공간상에서 객체 사이의 방향관계는 그림 3.2(b), (c)와 같이 2차원(xz) 평면에서의 방향관계와 1차원 선분(y-축)에서의 방향관계로 나뉘 볼 수 있다.



(a) 예제 객체 (b) 2차원 평면 (c) 1차원 선분
그림 3.2 3차원 공간상의 세 객체

그림 3.2(b)와 같은 2차원 평면에 대한 방향관계는 3.1절에서 설명한 기법을 통해서 구할 수 있다. 그리고 그림 3.2(c)와 같은 1차원 선분에 대한 방향관계는 그림 3.3과 같이 y-축과 시선 사이의 각도가 90° 보다 작을 때(위로 볼 때)와 90° 보다 클 때(아래로 볼 때)로 나누어 생각할 수 있다.



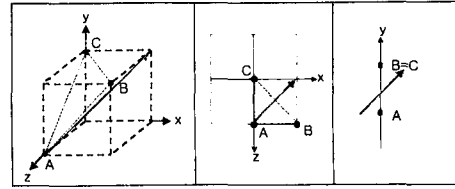
(a) 90° 보다 작을 때 (b) 90° 보다 클 때

그림 3.3 1차원 선분에 대한 방향관계

그림 3.3(a)와 같이 y-축과 시선 사이의 각도가 90° 보다 작을 때의 방향관계는 y-축에 대한 1D 스트링(v)과 같다. 그래서 {A<B=C}이고, 그림 3.3(b)와 같이 y-축과 시선 사이의 각도가 90° 보다 클 때는 v의 반대인 {B=C<A}이다. 즉, 위로 볼 때는 y-축에 대한 1D 스트링인 v와 동일하고 아래 볼 때는 v와 반대가 된다.

그림 3.2(a)와 같이 3차원 공간상에 세 개의 객체 A, B, C가 존재하고, 그림 3.4(a)와 같은 방향의 시선이 주어졌을 때 객체 사이의 방향관계는 그림 3.4(b), (c)와 같이 나뉘어서 생각할 수 있다.

그림 3.4(a)에서 주어진 시선을 xz-평면에 투영을 하면 그림 3.4(b)와 같이 x-축과 45° 를 이루고 xy-평면에 투영을 하면 y-축에 대해서도 45° 를 이룬다. 그러므로 xz-평면에 대한 방향관계는 {A<B=C} 이고, y-축에 대한 방향관계는 {A<B=C}이다.



(a) 시선 (b) 2차원 평면 (c) 1차원 선분
그림 3.4 3차원 공간에 대한 방향관계

본 논문에서는 3차원 공간에서 객체 사이의 방향관계를 구하기 위해서 3차원 공간을 2차원 평면과 1차원 선분으로 구성하여 각각에 대해서 방향관계를 구한다.

4. 결론

이미지 혹은 그래픽 내에 존재하는 객체 사이의 방향관계는 내용기반 질의에서 중요하며 자주 사용되는 정보 중의 하나이다. 그러나 기존의 대부분의 방향관계에 대한 연구는 2차원 이미지에서 절대적인 방향에 대한 연구가 주를 이루고 있다. 그러나 최근 3차원 그래픽, 가상현실 등과 같은 분야에 대한 연구와 그 응용의 중요성이 증가함에 따라 기존 2차원 방향관계에 대한 연구의 확장과 3차원 공간에서 관측자의 시점을 기반으로 하는 방향관계 모델링 기법 및 내용기반 질의에 대한 연구가 필요하게 되었다.

본 논문에서는 기존 2차원 방향관계 모델링 기법을 분석하고 2D 스트링 기법을 확장해서 3차원 공간상의 방향관계를 모델링하기 위한 3D 스트링 기법에 대해 소개하였다.

향후 연구로는 데이터베이스에 저장된 방대한 양의 3차원 그래픽 이미지를 효율적으로 검색하기 위한 방향관계 인덱스 기법에 대해서 연구되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] Gutting, R. H., "An Introduction to Spatial Database Systems," *Vary Large Data Bases Journal*, Vol. 3, pp. 357-399, Oct., 1994
- [2] Shashi, S. and Xuan, L. "Direction as a Spatial Object: a Summary of Results," *Proceedings of the 6th ACM International Symposium on Advances in Geographic Information Systems*, pp. 69-75, Nov., 1998
- [3] Vorwerk, C., Socher, G., Fuhr, T., Sagerer, G., and Rickheit, G., "Projective relations for 3D space: Computational model, application, and psychological evaluation," In *AAAI'97*, Providence, Rhode Island, pp. 159 - 164, 1997
- [4] Schlieder, C., "Ordering Information and Symbolic Projection," In Chang, S. K., Jungert, E., and Tortora, G., editors, *Intelligent Image Database Systems*, pp. 115-140, 1996