

Scene Graph 순회를 통한 정교한 객체선택기법

임윤호⁰ 한덕수 임순범[†] 최윤철

연세대학교 컴퓨터과학과 [†]숙명여자대학교 멀티미디어학과

(limyh⁰, dshan, ycchoy}@rainbow.yonsei.ac.kr [†]sblim@sookmyung.ac.kr

An Accurate Object Selection Technique Using Scene Graph Traversal

Yoon-Ho Lim⁰ Deok-Soo Han Sun-Bum Lim[†] Yoon-Chul Choy

Dept. of Computer Science, Yonsei University

[†]Dept. of Multimedia Science, Sookmyung Women's University

요 약

3D 가상공간 사용자의 몰입감과 임장감에 결정적인 영향을 미치는 상호작용기법은 공간 네비게이션과 객체조작기법으로 나눌 수 있다. 그중 정교한 객체조작이 요구되는 특정분야에서는 보다 효과적인 객체조작기법이 절실히 요구된다. 본 논문에서는 객체를 구성하는 장면 그래프 구조를 사용자의 선택에 따라 내부적으로 분할하여 재구성한 선택트리의 순회를 통해 객체의 세부 단위요소를 선택하고 이를 조작하며 선택을 해제할 수 있는 일련의 기법을 제안한다. 제안된 기법은 정교한 객체의 조작을 필요로 하는 분야의 3D 사용자 인터페이스 구축에 효과적으로 적용될 수 있을 것이다.

1. 서 론

최근 고속인터넷과 고성능 PC가 대중화되면서 이들을 기반으로 하는 인터랙티브 3D 그래픽스 분야가 활발히 발전하고 있다. 특히 네트워크환경에서 다중 사용자가 참여할 수 있는 데스크탑 가상현실(VR: Virtual Reality)이 많은 관심을 끌게됨에 따라, 이는 기존의 몰입형(Immersive)가상현실 및 증강현실(Augmented Reality)과 더불어 가상현실의 한 분야로써 자리하게 되었다. 데스크탑 가상현실의 활용분야는 교육, 훈련, 협업, 엔터테인먼트, 전자상거래, 게임 등 다양하며 점점 그 영역이 확대되고 있다.

데스크탑 가상환경에서의 3D물체 조작기법은 데스크탑환경의 특성상 입력장치가 주로 키보드와 2D 마우스에 국한되는 하드웨어적 제약과 3D 공간상의 객체를 2D상에서 조작함으로써 발생하는 공간 불일치 등의 문제로 효율적인 물체조작 기법이 부족하다. 최근 다양한 3D 입력 디바이스들이 개발되어 게임 등의 분야에 쓰이고 있지만 대부분의 데스크탑 가상현실에서는 여전히 2D 마우스를 주 입력 장치로 사용하기 때문에 이에 기반한 3D 사용자 인터페이스의 개선이 필요하다.

본 논문에서는 마우스를 사용하여 복잡한 3D 객체를 손쉽게 조작할 수 있도록 하기 위해, 장면 그래프 구조를 내부적으로 분할하여 재구성한 서브트리의 순회를 통해 사용자가 원하는 개별 객체를 정확하게 선택하여 조작하도록 돕는 객체 선택 기법을 제안한다. 제안된 기법은 복잡한 3D 장면에서 사용자의 정확한 선택과 조작을 가능하게 하여 다양한 분야에 효과적으로 적용될 수 있을 것이다.

2. 관련 연구

3D객체의 조작은 여러 관점에서 분류될 수 있다. 먼저 Bowman[1]은 가상공간에서의 3D 객체조작을 크게 선택

(Selection), 조작(Manipulation), 해제(Release)등 세 가지로 구분하였고, Foley, D. 등 여러 연구자들[2, 3, 4]은 컴퓨터 그래픽스 인터랙션을 선택(Selection), 배치(Position), 회전(Orient), 텍스트입력(Text), 숫자입력(Quantify)의 다섯 가지로 구분하였다. 이들 볼 때 객체조작과 관련되어 선택(Selection)은 가장 기본적으로 수행해야 할 단계임을 알 수 있다.

몰입형 가상현실의 경우 'Simple virtual hand', 'Ray-casting'[5], 'Go-go technique'[6] 등의 다양한 선택 기법들이 연구되어 있으며 여러 기법들을 혼합하여 사용하는 형태도 존재한다[7]. 그러나 데스크탑 가상환경에서의 객체조작에 관한 연구는 몰입형 가상현실이나 증강현실에 비해 매우 저조하다. 2D 마우스를 이용한 3D 객체조작에 관련된 기존연구는 Nielson[7]이 2D 마우스를 사용한 객체의 이동에 관한 기술을 제안하였고 K.Shoemake[8]는 객체의 회전 방법을 제시하였으며 Terii Stein[9]은 독특한 매트릭 커서를 이용한 새로운 객체조작기법을 제시하였다. 그러나 이들 모두는 개발자가 객체 모델링 단계에서 필요한 점과 선을 다루는 기술들로 본 논문에서 주로 관심을 기울이는 사용자가 객체를 선택하고 조작하는 기법과는 다소 거리가 있다.

객체조작 시 또 하나의 중요한 사항은 객체조작상태를 사용자에게 알려주는 피드백이다. Bowman[10]은 피드백의 종류를 'graphical', 'force/tactile', 'audio'로 구분하였다. 이들 중 데스크탑 가상현실에는 'graphical'에 해당하는 시각 피드백이 가장 타당하며 본 논문의 프로토타입도 이에 기반 하여 제작하였다.

3. 선택트리를 이용한 선택 기법

3.1 선택트리와 객체조작 방법

데스크탑 환경에서 정교한 3D객체조작을 위하여 본 논문에서 제안하는 기법을 간략화 하면 다음 [그림 1]과 같다.

```

객체선택(Select)
① 선택대상 객체를 마우스로 포인팅 하여 클릭;
② if (대상객체가 바로 선택됨)
    then 해당객체 조작;
    else if (대상 객체가 선택트리에 있음)
        then 마우스휠 회전으로 대상 객체를
            선택한 후 해당객체 조작;
        else if (재선택을 원함)
            then ①.과정으로 이동;
            else 선택해제;

선택해제(Release)
마우스 휠을 클릭

초기화(Reset)
우클릭후 팝업메뉴의 'Reset Object'를 선택

객체조작(manipulation)
① 전체장면 회전
    디폴트상태('Select' Mode)에서 드래그로 회전
② 개별객체 회전/이동(Rotate/Translation)
    팝업메뉴에서 모드 전환 후 드래그
    
```

[그림 1] 객체조작 방법

위 [그림 1]의 객체조작방법 중에서 주목할 필요가 있는 것은 객체선택이다. 이 단계에서는 사용자가 마우스를 사용하여 화면상의 특정 객체를 클릭할 경우, 인터페이스 내부적으로는 그 객체를 중심으로 일정한 규칙에 의해 소규모 새로운 장면그래프를 생성한다. 이후 사용자는 이 소규모 장면 그래프 내부의 각 노드를 순회하며 원하는 오브젝트로 포커스를 이동할 수 있는데 되는데, 우리는 이를 선택트리(Selection tree)라 명명하였다. 순회는 다양한 방법을 사용할 수 있지만 본 논문에서는 휠마우스의 휠을 사용하여 프로토타입을 제작하였다. 그리고 원하는 객체가 선택되었으면 모드 전환을 통해 개별 객체의 조작을 수행한다.

3.2 선택트리 생성규칙

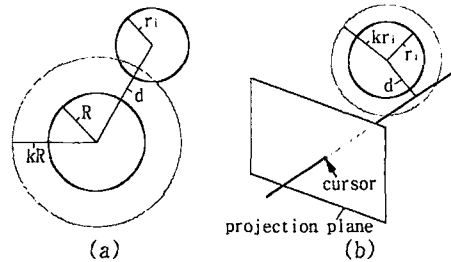
원칙적으로 각 3D 객체간의 관계는 명확하게 정의될 필요가 있다. 이는 VRML등의 3D 파일 구성 단계에서 구조화시킬 수 있으며 필요에 따라서는 구조만을 정의한 별도의 데이터 파일을 사용하는 방법도 있다. 이와 같이 미리 구조화되어 있는 데이터의 경우 사용자에게 의해 선택된 객체가 속한 선택트리는 선택된 객체에 해당하는 노드의 부모노드를 루트로 한 서브트리 전부를 장면그래프로부터 분리해서 생성하는 방법을 사용한다. 이러한 정책을 사용한 이유는 다음과 같다. 대체로 부모노드에 비해 자식노드는 크기가 작거나 복잡하게 얽혀있을 가능성이

크기 때문에 선택된 객체의 자식노드를 포함했다. 그리고 한 단계의 상위 부모노드를 포함한 것은 선택된 객체와 동일한 등급의 형제노드로 이동하기 쉽도록 하기 위한 것이다.

그러나 구조화되어 있지 않은 3D 장면에 대해서 본 논문에서 제안하는 객체선택기법을 사용하려 한다면 3D 장면을 자동적으로 구조화하여 순회 가능하도록 제시해 주어야 한다. 임의의 복수의 객체로 구성된 3D장면을 제안된 기법으로 선택하는 가장 큰 이유 중 하나는 복잡하게 인접해 있는 객체에서 원하는 객체를 정확히 선택하는 것이다. 원하는 객체를 한번에 정확하게 선택하기 힘든 경우는 객체가 아주 근접해 있는 경우와 객체가 아주 작은 크기인 경우, 그리고 다른 객체에 의해 가려져 있는 경우를 들 수 있다. 통상 사용자는 선택을 원하는 객체의 위치 부근을 클릭하게 되므로 인접성은 장면그래프에서 선택트리를 만들어 내기 위한 출발점으로 볼 수 있다. 인접성을 통해 선택트리를 분리하는 방법은 여러가지가 있을 수 있으나 본 논문에서는 크게 두가지를 제시할 것이다.

첫번째로 가장 간단한 인접성 테스트는 Bounding sphere 사이의 충돌이 있다. 즉, 처음 선택된 객체(Bounding sphere 반지름R)와의 인접성을 만족하는 객체는 다음 [그림 2] (a)에서 식 $kR + r_i \geq d$ 인 경우이다. 여기서 k는 인접 범위를 조절하기 위한 상수값이며 i는 장면 그래프에서 객체의 인덱스 값이다.

두번째 방법은 직선과 객체간의 거리를 이용한 방법이다. 이 방법은 첫번째 방법에 비해 깊숙하게 가려져 있는 객체를 선택 트리에 포함시키기 쉬운 장점이 있다. [그림 2] (b)와 같이 마우스 클릭한 부분에서 투영된 직선과 객체의 Bounding Sphere의 중심과의 거리(d)를 구해 $kr_i \geq d$ 를 만족하는 경우이다.

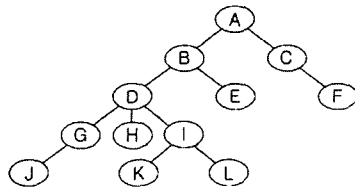


[그림 2] 인접성 테스트

장면내의 모든 객체에 대해 위에서 제시된 인접성 테스트를 수행하여 인접된 객체들의 리스트를 생성할 수 있다. 이 리스트는 선택트리를 순회한 결과로 간주할 수 있다. 이러한 과정을 기본으로 구조화되지 않은 3D 장면에서도 본 논문에서 제시한 선택 방법을 사용할 수 있다. 그러나 이 방법은 구조화된 형태를 제시하기에는 부족하다. 객체의 인덱스 순서와 같은 프로그램 내부적 요소가 순서를 결정하기 때문이다. 그렇기 때문에 기본적으로는 미리 구조화된 3D 장면을 사용하는 것이 좋을 것이다. 그리고 단순한 인접성 외에도 객체간의 크기 차이나 배열 형태등을 고려하여 보다 구조화된 형태로 장면의 객체들을 분석하는 방법에 대한 연구가 필요하다.

3.3 선택트리 순회방법

생성된 선택트리는 전위순회방식으로 순회하여 선택트리의 각 노드의 선행 순서를 결정한다. 전위순회를 사용하면 상위 객체에서 하위 객체 순서로 자연스럽게 순회가 가능하다. 프로토타입은 현재 선택된 노드를 출발점으로 전위순회에 의한 순서에 따라 마우스의 휠을 사용해 특정 객체로 포커스를 이동한다. 전위순회로 다음 [그림 3]의 선택 트리를 순회한다면 A, B, D, G, J, H, I, K, L, E, C, F의 순서로 순회하게 된다.

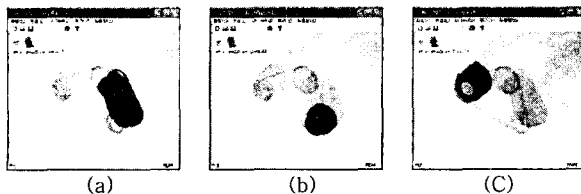


[그림 3] 전위 순회의 예

4. 프로토타입

제안된 기법을 적용시킨 프로토타입은 OpenGL과 Visual C++를 사용하여 구현하였다. 이를 통해 객체조작과정과 이에 따른 시각피드백을 살펴보면 다음과 같다. 프로토타입은 자동차 인진을 예로 하여 간략하게 구현하였으며 객체간의 구조는 데이터 파일에 명시되어 있다.

사용자가 선택을 원하는 객체를 마우스로 포인팅 하여 클릭하면, 프로토타입은 선택된 객체를 다른 개체들과 구분되는 색으로 바꿔주며 해당객체를 화면의 중심으로 이동/확대시킴으로써 부품의 선택을 피드백한다. 이때 내부적인 규칙에 의거하여 전체 장면그래프로부터 선택된 객체가 속한 서브트리를 분리해 선택트리를 생성하고 이 트리에 속한 객체들을 클릭된 객체와 동일하나 흐릿한 색으로 바꿔줌으로써 2차적으로 마우스 휠의 회전과 연동하는 선택트리의 순회를 통해 선택될 수 있음을 사용자에게 피드백한다. 프로토타입에서는 실험적으로 붉은색을 사용하여 시각 피드백을 제공하였다.



[그림 4] 마우스 휠을 사용한 선택트리 순환 예

[그림 4]는 본 논문에서 제안한 선택트리 순회를 시연한 장면이다. (b)는 객체를 처음 클릭해서 선택한 경우로 그 객체는 붉게 활성화 되어 있다. (b)상태에서 마우스 휠을 앞쪽으로 한 단 돌리면 (a)로, 사용자 방향으로 한 단 돌리면 (c)로 순회한다.

원하는 객체를 선택한 뒤에는 메뉴를 사용해 모드를 변경한 뒤 회전/이동등을 간단하게 수행할 수 있다.

5. 결론 및 향후연구

본 논문에서 제안한 기법은 데스크탑환경에서의 새로운 객체 선택 및 조작방법으로, 복잡한 장면의 작은 객체까지도 손쉽게 선택하여 조작할 수 있는 장점이 있다. 이것은 전자매뉴얼(IETM)에서의 기계 조립실습과 같은 복잡한 객체의 조작이 필요한 분야에 응용될 수 있을 것이다.

현재 선택트리의 생성은 인접성 요소만을 고려하였다. 이 경우 선택트리가 정확히 구조화되어 제시되지 못할 가능성이 있다. 따라서 향후에는 인접성요소에 객체체크기요소를 더하여 선택가능그룹 구성의 정확성을 향상시키고, 추가적인 사용자 평가를 통해 문제점을 보완할 필요가 있다. 그리고 현재의 방법은 다중객체의 선택을 고려하지 않았으나 향후 다중객체 선택 방법에 이를 응용하는 방안 역시 연구가 필요하다. 더 나아가 이를 다른 객체조작 기법과 접목하여 보다 직관적이고 자연스런 3D 사용자 인터페이스로 개선시킴으로써 다양한 분야에 적용시킬 수 있도록 발전시킬 필요가 있다.

[참고문헌]

- [1] Doug A. Bowman, Donald B. Johnson and Larry F. Hodges: Testbed evaluation of virtual environment interaction techniques: Proc. of the ACM symposium on Virtual reality software and technology, pp. 26-33, 1999.
- [2] James D. Foley , Victor L. Wallace , Peggy Chan, The human factors of computer graphics interaction techniques, IEEE Computer Graphics and Applications, v.4 n.11, p.13-48, Nov. 1984
- [3] James D. Foley , Andries van Dam , Steven K. Feiner , John F. Hughes, Computer graphics: principles and practice (2nd ed.), Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., Boston, MA, 1990
- [4] Grissom, S., Periman, G. StEP(3D): A portable discount usability evaluation plan for 3D interaction. Ohio State University, Department of Computer Science and Information Science, Technical Report OSU-CISRC-2/93-TR7, 1993
- [5] Mine, M. Virtual environment interaction techniques, UNC Chapel Hill Computer Science Tech. Report TR95-018, 1995
- [6] Ivan Poupyrev , Mark Billinghurst , Suzanne Weghorst , Tadao Ichikawa, The go-go interaction technique: non-linear mapping for direct manipulation in VR, Proceedings of the ACM symposium on User interface software and technology, November 1996
- [7] G.M.Nielson and D.R.Olsen Jr. Direct manipulation techniques for 3D objects using 2D locator devices, Proc. of the 1986 Workshop on Interactive 3D Graphics, pp.75-182, 1986
- [8] K.Shoernake, ARCBALL : A user interface for specifying three-dimensional orientation using a mouse, Proc. of the Graphics Interface '92, pp. 151-156, 1992
- [9] Terii Stein and Sabine Coquillart, The Metric Cursor, Proc. of the Eighth Pacific Conference, IEEE 2000, 2000
- [10] Doug A. Bowman, etc al, 3D User Interface Design: Fundermental Techniques, Theory, and Practice, SIGGRAPH 2000 Course Notes, 2000