

CAD 시스템을 위한 사용자 상호작용

김성일 · 김정현

포항공과대학교 전자계산학과

1. 서 론

지난 15세기 동안 CAD 시스템은 다방면의 연구의 결과로 많은 발전이 있었으며, 와이어프레임(wireframe)기반의 모델러들이 실용화된 80년대 초기 이후에 솔리드 모델링(solid-modelling), Feature를 기반으로 한 디자인(feature-based design), 복잡한 곡면의 시각화(visualization of complex surfaces) 등과 같은 3차원 기하학 CAD 시스템의 많은 연구가 진행되어 왔다.

CAD 시스템들의 응용 범위를 막론하고, 지금까지의 CAD 시스템을 위한 연구와 개발이 CAD 시스템들의 기능과 성능 향상에만 집중된 결과 컴퓨터와 사용자간의 상호작용의 측면이 상대적으로 소홀히 다루어지게 되었다. 3차원 기하학 모델링이 CAD와 컴퓨터 그래픽스 분야에서 매력적인 화제(issue)가 되고 있음에도 불구하고 3차원 디자인 프로세스의 초기 단계(예를 들면, 스케치 단계)조차도 효율적으로 다루지 못하고 있다. 이것은 컴퓨터-사용자간의 상호작용이 효율적이지 못 한데서 기인한다. 또한, 시스템 사용성(usability), 통합 디자인, 재디자인, 협력 디자인, 분산 처리, 접촉(haptic) 인터페이스, 그리고 가상 환경과 같은 기술의 발전과 환경의 변화로 2차원 CAD 시스템과는 달리 3차원 CAD 시스템에는 새로운 개념과 기술이 필요하게 되었으며 3차원 CAD 작업을 위해 더 효율적인 사용자 인터페이스의 접근 방법이 필요하게 되었다.

본고에서는 사용자 인터페이스의 관점에서 CAD 시스템들이 어떠한 과정을 거쳐왔으며, 그리고 미래의 사용자 인터페이스의 방향에 대해서 간략히 살펴 보겠다.

2. 사용자 인터페이스 기술

Nicholas Negroponte가 음성(voice), 제스처(gesture), 얼굴 표정(facial expression), 그리고 수화(body language)를 사용하여 사람들이 대화(communication)를 하는 것과 같은 방식으로 컴퓨터와의 상호작용을 취하는 대화형 컴퓨터(conversational computer)⁽¹⁾의 개념을 30년 전에 소개한 이래로, 아직은 완전한 대화형 컴퓨터는 아니지만 가상 현실(Virtual Reality)내에서 그러한 인터페이스를 모의 실험을 할 수가 있게 되었다. 이제는 컴퓨터의 조작(operation)보다는 컴퓨터와의 대화(communication)라는 말이 더 적합한 것 같다.

여기서는 다양한 CAD 시스템이 사용하였던 여러 가지 사용자 인터페이스 기술들에 대해서 알아보겠다.

◎ WIMP

가장 일반적인 CAD 인터페이스는 WIMP를 기반으로 하는 인터페이스이다. WIMP는 데이터의 입력과 표현(presentation)을 위한 2차원의 소프트웨어 자 하드웨어 수단을 나타내는 Window, Icon, Mouse 그리고 Pointer를 상징한다.

WIMP 인터페이스를 기반으로 하는 대부분의 CAD 시스템들이 기능(function-oriented)을 제일 중요시 여겨 CAD 시스템들이 WIMP가 사용되는 문맥(context)을 고려치 않고 사용한다는 것이다. 메뉴와 아이콘들은 기본적인 디자인 기능들을 통합하고 색인하기 위해 사용되어졌다. 어떤 디자인의 기능을 초기화시키기 위해서는 마우스와 키보드의 입력으로 먼저 메뉴/아이콘의 계층을 살피고, 적당한 메뉴/아이콘을 선택하면서 일련의 질문에 대답을 하면 된다. 이러한 계층 모델은 큰 문제를 작은 문제로 나누어 해결하는 즉, 분해(subgoal decomposition) 패러다

임을 해결하는 전통적인 인공지능 문제를 근간으로 한 GOMS(Goals, Operations, Methods and Selection rules)모델¹²⁾과 유사하다.

WIMP 인터페이스에서 아이콘의 효율적인 사용을 위해서는 아이콘의 외형이 아이콘이 사용되는 기능과 상응이 되어야 한다는 제약이 있다.¹³⁾ 이것은 많은 수의 기본적인 디자인 연산자(operator)와 복잡한 선택 계층구조를 가진 CAD 시스템들에게 있어서는 모든 기능들을 나타내는 아이콘들을 그림으로 표현한다는 것은 힘들 뿐만 아니라 소모적인 마우스의 클릭, 즉 많은 실행 취소와 재실행을 위한 마우스의 클릭이 자주 필요하므로 능률적이지 못하다.

◎ 3차원 사용자 인터페이스

3차원 상에서의 컴퓨터-사용자 인터페이스와 관련된 현시점에서의 기술적 수준(state-of-the-art)을 알아보고, 3차원 상호작용에 실제감(realism)과 자연스런 느낌(natural feeling)을 제공해주는 가상 현실이 3차원상에서 미래의 CAD/UI를 위한 필요 사항이 무엇인지 알아보기 위해 이제까지의 3차원 기하학 모델링 시스템에 대해서 알아보고, 3차원 상호작용 작업(task)가운데 객체 선택(object selection)을 위해 CAD 시스템들이 어떠한 접근 방식을 취해왔는지에 대해서 알아보겠다.

▶ 3차원 작업 위한 2차원 인터페이스

앞에서도 언급을 하였듯이 3차원 기하학 모델링이 CAD에서 새로운 토픽(topic)이 되고 있음에도 불구하고 3차원 사용자 인터페이스 분야가 아직까지 초기 단계에 있기 때문에 3차원 작업을 2차원 인터페이스를 사용하여야 하는 모순이 생긴다. 예를 들면, UI의 전형적인 모델이라고 할 수 있는 마우스를 기반으로 하는 상호작용 스타일은 3차원 기하학 디자인을 할 때 사용자로 하여금 3차원의 작업을 연속적인 1차원 또는 2차원의 작업들로 분해하여 작업을 수행하게 만들어 상당히 비효율적이다. 마우스로 3차원 CAD 작업을 함에 있어서 두 가지 단점을 들면 다음과 같다.

첫째, 3개의 주축(major axes)방향으로 동시 이행(simultaneous translation)이 마우스 고유의 2차원 성질때문에 가능하지 않다. 둘째, 3차원 회전이 효율적으로 지원되지 않는다. 대부분의 시스템은 한 순간에 주축들 가운데 하나의 방향으로만 회전을 가능하

게 한다. Shoemake는 마우스를 사용하여 3차원 회전을 위한 ARCBALL 메타포(metaphor)를 만들었다.¹⁴⁾ 하지만, 여전히 사용자는 회전을 화면에 있는 구의 호로 사상(mapping)해야 하는 번거로움이 있고 구를 표현하기 위한 화면상의 공간이 필요하다. 일반적으로 2차원과 3차원상의 자유도(degree of freedom)가 일치 하지 않기 때문에 2차원 메타포를 가지고 3차원 회전을 제어하는 것은 힘들다.

▶ 가상 현실과 3차원 모델링 시스템

위와 같은 2차원 인터페이스의 3차원에서의 문제점을 해결하기 위해 3차원 모델링을 지원하는 많은 자유도를 가진 상호작용 기술을 기반으로 한 시스템들 가운데 몇 가지를 예를 들면 다음과 같다.

1970년대 중반에 James H. Clark는 3차원에서 곡면을 디자인하는 실험적인 시스템을 만들었다.¹⁵⁾ 이 시스템은 디자이너에게 입체감을 주기 위해 HMD(Head Mounted Display)를 사용하였고, 3차원에서 컨트롤 포인트(control point)들을 제어하기 위해 디자이너로 하여금 3차원 "wand"를 사용하게끔 하였다. 이 시스템은 곡선과 곡면의 뷰잉(viewing)과 디자인을 위해 디자이너에게 운동학적 결과(kinaesthetic correspondence)를 제공하였다.

Buxton과 Myers¹⁶⁾는 "See-Through Interface"에서 양손을 동시에 사용하고 여러 가지 작업을 동시에 함으로써 작업의 단계를 줄였다. 사용자들은 일반적으로 원하는 객체를 선택하고 다음에 오퍼레이션을 취하는데 "See-Through Interface" 시스템은 반투명(semi-transparent)한 Toolglass Sheet와 Magic Lens를 사용하여 객체 선택과 오퍼레이션 적용을 동시에 한다. 한 손은 Toolglass sheet로 상응하는 행동을 취하다가 마우스를 클릭하게 되면 Magic Lens를 통해서 변화된 형태의 객체를 볼 수가 있다.

Sachs, Robers, 그리고 Stoops는 서로 작용하는(interactive) 3차원 형태 디자인을 위한 3-Draw 시스템을 개발하였다.¹⁷⁾ 이것은 3차원 그림(drawing)을 위한 양손을 사용하는(two-handed) 시스템이다. 왼손에 움직이는 기준 프레임(moving reference frame)을 규정하기 위해 트랙커(tracker)가 부착된 팔레트(palette) 형태의 센스기를, 오른손에는 공간에서 3차원 곡면을 그리고 편집하기 위해 스타일러스(stylus)형태의 센서를 가졌다.

Mark Green과 J. Liang는 JDCAD라는 3차원 모델

링 시스템을 개발하였다.⁽⁶⁾ 사용자는 한 손에는 6개의 자유도(six degree of freedom)를 가진 일종의 3차원 커서인 "bat"이라 불리는 입력 장치를 가지고, 다른 한 손으로는 키보드 상호 작용을 하므로써 3차원 공간에 있는 객체들을 1차원 또는 2차원 공간의 작업으로 사상 시키지 않고 직접 조작(direct manipulation)을 한다. 이러한 상호 작용은 자연스럽게 직관적이기 때문에 기하학 디자인의 효율성을 높인다.

▶ CAD 상호 작용 작업의 예: 객체 선택

3차원에서 기하학 모델링 작업을 할 때 취하는 오퍼레이션(operation) 가운데 객체를 선택하는 오퍼레이션에 대해 데스크 탑 시스템들이 취한 "point-and-click"의 아이디어가 3차원 CAD 시스템들에게 어떻게 확장이 되었는지에 대해 개괄적으로 알아보겠다.

3차원상의 객체를 선택함에 있어서 가장 일반적인 생각은 3D 커서를 사용하는 것이다. Dan Venolia⁽⁷⁾는 3D 커서를 사용하여 쉬운 3차원 직접 조작(facile 3D direct manipulation)을 하였다. 사용자가 객체의 3차원 형상 내에 커서를 움직일 때, 그 객체는 "touching"이 된다.

Point-and-click의 개념을 3차원에 확장을 시키면 "ray-casting"의 개념이 된다. 이것은 사용자의 손으로부터 광선(ray)이 나와 가장 먼저 교차하는 객체가 선택되는 방법이다. 이의 예로 ZASHIKI-WARASHI 시스템⁽⁸⁾과 FINGER-POINTER 시스템⁽⁹⁾을 들 수가 있다.

ZASHIKI-WARASHI 시스템은 Yoshimura와 그의 동료들이 만든 시스템으로써 가상의 방(virtual room)에서 솔리드의 선택과 조작을 위해 beam-cursor의 개념을 사용하였다. Beam-cursor는 스타일러스의 움직임에 따른다. 광선은 커서에 가장 가까이 있는 솔리드의 곡면까지 확장이 되고 광선에 적중이 된 솔리드는 직접 네비게이션(navigation)하지 않고 광선을 쫓아 선택을 할 수가 있다.

FINGER-POINTER 시스템은 3차원 공간상에서 원하는 물체를 손가락으로 가리킴으로써 원하는 물체를 선택할 수가 있다. 사용자의 손가락 지시 방향은 3차원 공간상의 Tip-Point와 Base-Point의 두개의 점으로 정의되는 직선에 의해서 결정이 된다. Tip-Point는 사용자의 손가락 끝의 위치가 되지만 Base-Point는 VPO(Virtual Projection Origin)로 간단한 측정(calibration)을 통해 결정이 된다. VPO는 스크린상

에 임의로 표시된 점들과 상응하는 손가락 끝 위치를 연결하는 지시선(pointing line)들의 수렴하는 점(convergence point)으로 결정이 된다. 이 시스템의 응용으로 프리젠테이션(presentation) 시스템과 비디오 브라우저(browser)를 들 수가 있다.

Mark Green과 C. D. Shaw는 지형(terrain)과 같은 자유 형식(free-form) 곡면의 스케치를 위해 양손을 사용하는 THRED 시스템을 개발하였다.⁽¹²⁾ 사용자는 양손에 하나씩 3개의 버튼을 가지고 있는 "bat"을 사용하여 곡면과 상호 작용을 한다. 한 손은 기하학적 문맥 환경을 설정하고 다른 한 손은 곡면의 기하학을 조작하는 기능을 한다. 사용자는 Probe Metric이라 불리는 거리 매트릭(distance metric)을 사용하여 곡면상의 원하는 컨트롤 포인트를 선택한다. 좁은 원통형의 광선으로 표현되는 프로버(prober)가 오른쪽 커서에 부착되어 있으며 사용자는 오른쪽 "bat"으로 프로버의 위치와 방위(orientation)를 제어한다. 이 방법은 좁은 원뿔 주형(cone cast)내에 있는 객체를 선택하는 cone-casting 방법과 유사하다.

◎ 다중 양식(Multimodal) 인터페이스

3차원 상호 작용의 사용성을 증가시키는 하나의 방법으로 다중 양식 인터페이스의 사용을 들 수가 있다. 다중 입력 방식(multiple input channel)을 제공하는 컴퓨터 인터페이스로 가장 널리 사용되고 있는 것으로 마우스와 키보드의 조합을 들 수가 있다. 이러한 시스템에서 사용자들은 작업마다 모드(mode)의 선택을 해야 한다. 텍스트(text)를 입력하기 위해서는 키보드 모드로, 스크린상에서 객체나 커서의 이동을 위해서는 마우스나 다른 지시 장치 모드(pointing device mode)로 전환을 해야 한다. 이러한 인터페이스는 다중 입력 방식을 병행해서 사용할 수가 없다는 것이 가장 큰 단점이다.

Bolt에 의한 "Put That There" 시스템⁽¹³⁾은 사용자의 음성과 벽 크기의 디스플레이 상의 커서의 위치에 관련된 정보를 동시에 얻기 위해서 음성 인식과 3차원 감각 장치(3D sensing device)를 사용하였다.

CUBRICON은 음성, 키보드, 그리고 마우스의 동시 입력을 지원하는 다중 양식 인터페이스 원형(prototype)이라고 할 수가 있다.⁽¹⁴⁾

위의 두 시스템이 다중 양식 인터페이스의 발전에 중요한 공헌을 하였지만, 컴퓨터와 사용자의 대화를

위한 가장 자연스런 요소 중의 하나라고 할 수 있는 제스처의 사용을 배제하였다. Hauptman과 McAvinney는 "Wizard Oz"의 실험(직접 조작을 할 때, 즉 객체 선택과 같은 전형적인 CAD 작업을 함에 있어서 사용자들이 제스처 모드, 음성 모드, 그리고 제스처와 음성의 혼합 모드의 3가지 모드 중에서 어떤 모드를 선택하는가에 관련된 실험)에 의하면 사용자들은 제스처와 음성의 동시 사용을 선호하였다. 또한 2차원 입력 장치가 제스처의 사용에 있어서 많은 제약을 가한다는 것을 실험으로 증명되었다.⁽¹⁵⁾

음성과 제스처의 입력은 CAD 작업을 수행함에 있어서 서로 보완을 한다. Cohen⁽¹⁶⁾에 따르면 자연언어(natural language)는 작업의 문맥을 표현하는 일에 적합하며, 제스처는 객체들의 직접 조작에 적합하다.

Billinghurst⁽¹⁷⁾에 의하면 엑스퍼트(expert)시스템은 가상 현실에서 발생하는 사건(event)을 인식하고 상응하는 피드백(feedback)을 제공함으로써 대화형 컴퓨터의 개념을 구현한다. 엑스퍼트 시스템은 음성과 동작을 효과적으로 융합하여 사용자가 어떠한 행동(action)을 취하였는가를 유추(inference)할 수 있는 순차적(procedural)이고 문맥상의 지식(knowledge)을 도출할 수 있는 하나의 의미 형태(semantic form)를 만들어 낸다.

3. 결 론

본고에서는 현 시점에서의 CAD 시스템의 기술적 수준과 미래의 CAD/UI의 방향에 대해서 알아 보기 위해서 포항 공대 김 정현 교수⁽¹⁸⁾의 글을 바탕으로 CAD 시스템과 사용자 인터페이스에 대해서 개괄적으로 살펴보았다(이 글에 소개된 것 이외에도 다른 많은 시스템이나 연구결과가 있음을 알려둔다).

3차원 CAD 작업을 하는데 마우스나, 키보드와 같은 2차원 입력 장치나 인터페이스를 이용함으로써 3차원 작업을 일련의 2차원 작업들로 분해해야 하는 비효율적이고 부자연스러운 단점이 있었다. 이와 같은 단점을 극복하기 위해서 3D 커서, 트랙커, 글러브(glove)와 같은 3차원 입력 장치나, 가상 현실 안에서 음성과 제스처의 융합과 같은 다중 양식 인터페이스의 개념을 도입함으로써 우리들이 일상 생활에서 서로간에 대화를 하는 방식으로 이제는 컴퓨터의 조작

이 아닌 자연스러운 사용자-컴퓨터간의 대화(communication)를 통해서 CAD 작업을 수행하는 것이 CAD/UI의 미래의 방향이 아닐까 하고 생각한다.

그러나 모든 CAD 작업이 3차원 인터페이스나 가상현실의 몰입감을 필요로 하지는 않을 것이다. 예를 들어 평면상의 스케치는 현 마우스나 펜 또는 스타이러스(stylus)를 이용한 인터페이스가 더 자연스러운 반면에 조립디자인이나 검증은 3차원 인터페이스가, 그리고 스케일이 큰 건축물 디자인의 검증은 몰입감을 이용한 가상현실 시스템이 적합 할 것이다. 그러므로, 다중양식뿐만 아니라, 여러 차원의 인터페이스가 적절히 통합 유용되어야 하겠다.

그리고, interface technology 뿐만 아니라 CAD 작업을 수행하기 위한 가장 적절한 3차원 상의 컴퓨터와 communication 방법론도 중요한 연구 과제라 할 수 있겠다.

참고문헌

1. N. Negroponte, "The Architecture Machine" Cambridge: MIT, 1970.
2. S. Card, T. Moran, and A. Newell. "The Psychology of Human Computer Interaction," Erlbaum, 1983.
3. R. Eberts. "User Interface Design," Prentice Hall, 1994.
4. K. Shoemake. "ARCBALL: A user interface for specifying three-dimensional orientation using a mouse," Proc. Graphics Interface '92, pp. 151-156 (1992).
5. J. Clark, "Designing surfaces in 3-D," Comm. ACM 19(8): 454-460 (1976).
6. E. Bier, M. Stone, K. Pier, W. Buxton, T. DeRose "Toolglass and magic lenses: The see-through interface," Proc. SIGGRAPH '93 27: 73-80 (1993).
7. E. Sachs, A. Robers, D. Stoops, "3-Draw: A tool for designing 3D shapes," IEEE Comp, Graphics App. 11: 18-24 (1992).
8. Mark Green, J. Liang, "JDCAD: a highly interactive 3D Modelling System," Comp. Graphics, 18: 499-506 (1994).
9. D. Venolia. "Facile 3D Direct Manipulation," INTERCHI '93, pp. 24-29.
10. T. Yoshimura, Y. Nakamura, and M. Sugiura. "3D Direct Manipulation Interface: Development of the

- ZASHIKI-WARASHI System," *Comp. Graphics*, **18**: 201-207 (1994).
11. M. Fukumoto, Y. Suenaga, and K. Mase. "FINGER-POINTER: Pointing Interface by Image Processing," *Comp. Graphics*, **18**(5): 633-642 (1994).
 12. C. Shaw, M. Green. "THRED: A two-handed design system," *Proc. of Multimedia System*, pp. 126-139 (1997).
 13. Bolt, R. A. "Put-That-There: Voice and Gesture at the Graphics Interface," *Computer Graphics*, **14**: 262-270 (1980), in *Proc. ACM SIGGRAPH*.
 14. J. Neal and S. Shapiro, "Intelligent Multimedia Interface Technology," *Intelligent User Interfaces*, ACM Press, Addison-Wesley Publishing, pp. 11-43 (1991).
 15. A. Hauptman and P. McAvinney, "Gestures with Speech for Graphics Manipulation," *Intl. J. Man-Machine Studies*, **38**: 231-249 (1993).
 16. P. Cohen, "The Role of Natural Language in a Multimedia Interface," *UIST Proceedings*, pp. 143-149 (1992).
 17. M. Billinghurst and J. Savage. "Adding Intelligence to the Interface," *Proceedings of VRAIS '96*, 1996.
 18. 김정현, "On Next Generation User Interfaces for Computer-Aided Design(CAD) Systems." *CAD/CAM 학술 회의 학회지*, 1997년 2월.