

감각형 인터페이스를 활용한 컨텍스트 기반의 가상환경 네비게이션*

박영민, 우운택
광주과학기술원 U-VR 연구실
{ypark, wwoo}@gist.ac.kr

Context-assisted Virtual Environment Navigation using Tangible User Interface

Youngmin Park, Woontack Woo
GIST U-VR Lab.

요약

가상현실 시스템에서의 가장 기본적인 상호작용은 사용자가 원하는 위치와 방향으로 시야를 이동하는 네비게이션이다. 기존의 관련 연구들은 가상환경 네비게이션의 고전적인 문제인 ‘lost-in-cyberspace’에 대한 명확한 해결책을 제시하지 못하고 있다. 또한, 직관적이고 사용방법이 쉬운 상호작용에 대한 연구가 충분히 이루어지지 않았다. 본 논문에서는 증강현실 기반의 감각형 오브젝트를 이용한 네비게이션 인터페이스 시스템과, 사용자의 컨텍스트를 활용한 네비게이션 방법을 제안한다. 테이블의 표면에는 프로젝터를 이용한 후면 영사를 통해 가상환경의 지도와 사용자를 위한 네비게이션 정보가 보여진다. 사용자는 테이블 공간에서 카메라를 이용해 추적되는 감각형 오브젝트를 조작함으로써 가상환경을 네비게이션 할 수 있다. 또한, 사용자의 관심 지역 및 가상공간의 중요 지역 등의 컨텍스트는 사용자의 간단한 오브젝트 조작 정보와 결합되어 이동 경로 생성에 이용된다. 제안된 시스템은 본 연구실에서 제작된 Responsive Multimedia System (RMS)의 인터페이스 시스템으로 연동되어 실험을 수행하였다. 제안된 시스템 및 네비게이션 기법은 사용자에게 전체 가상환경에 대한 인지력을 향상시키고, 직관적인 인터페이스를 제공하며, 최소한의 조작으로 만족스러운 네비게이션을 제공한다.

Keyword : Virtual Environment, Navigation, Tangible User Interface, Context-awareness application

1. 서론

가상현실 시스템에서의 가장 기본적인 상호작용은 사용자가 원하는 위치와 방향으로 시야를 이동하는 네비게이션이다 [1]. 기존의 가상현실과 관련된 상호작용 및 네비게이션에 대한 연구는 고성능, 고품질의 3D 그래픽 렌더링을 위한 하드웨어 개발에 집중하는 추세에 따라 상대적으로 적은 관심을 받아왔다. 따라서, 가상현실 시스템을 체험하는 사용자와 사용자 인터페이스에 대한 연구는 상대

적으로 낮은 비중을 차지하고 있다.

특히, 사용자가 가상환경에서 길을 잃는 고전적인 문제인 ‘lost-in-cyberspace’에 대한 뚜렷한 해결책은 제시되지 않고 있다. 이러한 문제는 컴퓨터 프로세싱의 성능의 향상 및 사용자 욕구 증대에 의해 가상공간의 규모가 커지고, 복잡도가 증가함에 따라 심화되고 있다. 가상공간 내에서 길을 잃은 사용자는 중요도가 낮은 지역에서 시간을 허비하게 되어 가상공간의 다양한 이벤트와 볼거리를 제공받지 못하게 된다. 따라서, 단순히 입력의 정

* 본 연구는 광주과학기술원 문화기술연구센터(CTRC)와 실감콘텐츠연구센터(ICRC)에 의하여 지원되었음

확도, 혹은 다양한 방식의 입력에 중점을 둔 인터페이스는 사용법의 직관성과 사용성에 대한 고려가 부족하여 일반 사용자가 사용하기 힘들다. 뿐만 아니라, 사용자의 관심 또는 상황정보의 반영 없이 모든 사용자에게 동일한 인터페이스 정보와 환경을 제공하는 기존의 방식은 상호작용의 효율을 저하시킨다.

지금까지 길을 잃는 문제의 해결과 직관적인 상호작용을 지원하기 위한 다양한 연구들이 진행되었다. A. V. Ballegooij 등은 쿼리 기반의 네비게이션 방법을 제안하였다 [1]. 이는 사용자의 쿼리 입력을 통해 가상환경 내의 다양한 볼거리에 대한 검색 결과를 제공한다. J. V. Luin 는 사용자에게 네비게이션 관련 정보를 제공하는 다이얼로그 에이전트를 제안하였다 [2]. 자연스러운 상호작용에 중점을 둔 연구에는 K. Tollmar 등이 제안한 사용자의 움직임 또는 제스처 추적으로 조이스틱이나 완드를 대체하는 방법이 있다 [3]. 하지만, 기존의 연구는 사용자에게 전체 가상환경에 대한 정보 제공이 부족하고, 일반 사용자가 사용하기 쉽지 않다. 또한, 제공되는 정보 및 인터페이스 환경은 사용자 구분 없이 모든 사용자에게 획일화되어, 효율성이 저해된다.

반면에, 개별 사용자의 상황 및 관심을 고려한 다양한 응용 어플리케이션 개발에 관한 연구가 진행되어왔다 [4][5][6]. 이러한 개념은 본 논문의 컨텍스트 반영 네비게이션의 바탕이 되었다.

본 논문에서는 증강현실 기반의 감각형 사용자 인터페이스 시스템 ARTable 을 이용한 가상환경 네비게이션 시스템과 컨텍스트 기반의 네비게이션 기법을 제안한다. ARTable 은 프로젝터를 이용한 후면 영사로 테이블 표면에 동적인 상호작용 정보를 디스플레이하고, 카메라를 통해 감각형 오브젝트를 추적한다 [7]. 테이블 표면에는 가상환경 전체에 해당하는 지도와 사용자의 네비게이션에 반응하는 정보가 표시된다. 테이블에서의 감각형 오브젝트는 가상환경에서의 사용자를 의미하는 메타포어로, 사용자는 감각형 오브젝트를 이동시켜 가상환경을 네비게이션 할 수 있다. 또한, 사용자는 다수의 오브젝트를 이용하여 지도의 특정 영역을

지정할 수 있고, 이러한 영역 정보는 사용자의 관심 지역 및 가상환경의 중요 지역 등에 해당하는 컨텍스트 정보와 결합하여 네비게이션 경로를 생성에 사용된다. 경로가 생성된 이후에는 자동 네비게이션이 가능하며, 더 이상의 조작 없이 적절한 경로를 네비게이션 할 수 있다.

이러한 방식의 인터페이스는 사용자에게 전체 가상환경에 대한 정보를 제공하여 길을 잃는 것을 방지하고, 감각형 오브젝트를 이용해 직관적이고 사용하기 쉬운 인터페이스를 제공한다. 또한, 컨텍스트를 반영한 네비게이션은 최소한의 사용자 조작으로 사용자가 원하는 지역 및 경로를 탐험하도록 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 제안된 시스템의 기본이 되는 ARTable 및 컨텍스트를 반영한 네비게이션 경로 생성 기법을 소개한다. 3 장에서는 제안된 시스템이 본 연구실에서 제작된 RMS 의 네비게이션 인터페이스로 연동된 결과를 서술한다 [8][9]. 마지막으로, 4 장에서는 제안된 시스템에 대한 결론과 향후 과제에 대해 언급한다.

2. 제안된 시스템 구성

제안된 네비게이션 시스템은 본 연구실에서 개발된 ARTable 을 기반으로 한다. ARTable 은 테이블 상호작용 환경을 위한 증강현실 기반의 감각형 상호작용 시스템이다 [7]. 이것을 기반으로 가상환경의 네비게이션 정보를 테이블에 표시하고, 사용자가 제시된 정보를 참고하는 동시에 감각형 오브젝트 조작을 통해 가상환경을 네비게이션 하도록 한다.

컨텍스트를 반영한 네비게이션은 사용자 및 가상환경의 정보와, 사용자의 감각형 오브젝트 조작 정보를 활용한다. 즉, 사용자의 가상환경 내 관심 지역, 탐험중인 가상환경에 대한 경험도, 가상환경 내 중요 지역 등의 정보를 컨텍스트 정보로 활용한다. 따라서, 사용자가 다수의 오브젝트로 관심 영역을 지정하면, 컨텍스트를 반영해 최적의 네비게이션 경로를 생성하게 된다. 본 논문에서는 사용자의 컨텍스트가 알려져 있다고 가정한다. 이는

차후의 유비쿼터스 컴퓨팅 관련 연구를 통해 실제 컨텍스트 인식으로 구현할 수 있을 것이다.

2-1. ARTable: 증강현실 기반의 감각형 사용자 인터페이스 시스템

ARTable 은 크게 프로젝터를 이용한 테이블 표면의 공간 증강, 카메라를 이용한 감각형 오브젝트의 추적 및 증강 디스플레이를 통한 테이블 표면의 가상 객체 증강으로 이루어진다. 그림 1 은 ARTable 의 개념도를 보여준다. 본 논문의 네비게이션 시스템에서는 사용자 시선의 분산을 줄이기 위해 증강 디스플레이를 제외하였다.

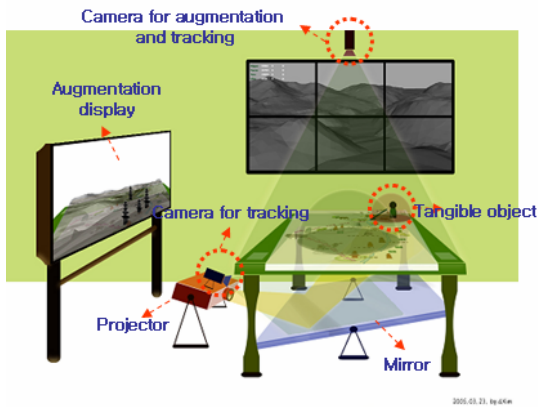


그림 1. ARTable 의 개념도

그림 2 는 사용자의 상호작용 도구로 사용되는 감각형 오브젝트를 보여준다. 오브젝트의 바닥에는 ARToolKit 마커가 부착되어 카메라를 통해 추적된다. 테이블의 하단에 부착된 카메라는 테이블 표면에 놓여있는 감각형 오브젝트의 2D 좌표와 1D 방위를 추적한다. 카메라가 오브젝트의 바닥면을 추적하는 배치는 감각형 오브젝트의 외형을 자유롭게 제작할 수 있도록 하고, 상호작용 도중에 손이 카메라의 시야를 가리지 않는 장점이 있다.



그림 2. 감각형 오브젝트

테이블 위에서 인식된 오브젝트의 좌표와 방위를 가상환경에서의 네비게이션에 활용하기 위해서는 테이블-가상환경 간의 좌표계 변환이 필요하다. 이는 프로젝션 영역과 카메라 간의 변환관계를 필요로 하지만, 본 논문에서와 같이 오브젝트의 2D 추적 좌표만을 필요로 하는 경우에는 두 좌표계 간의 직접적인 프로젝터-카메라 간의 정합을 단순화 할 수 있다. 그림 3 은 이러한 호모그래피 관계를 보여준다. 카메라 영상에서 인식된 마커의 중심점과 한 모서리의 중점은 일반화된 좌표계로 변환되어 일반화된 좌표 및 방위로 변환된다.

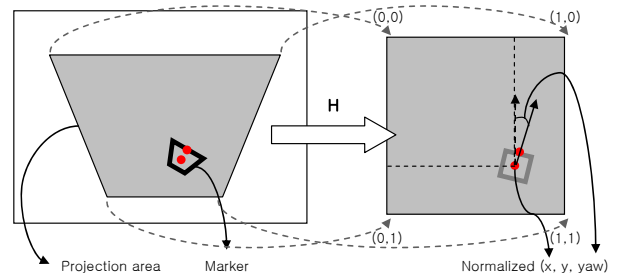


그림 3. 프로젝션 영역에서의 마커 좌표의 일반화

2-2. 컨텍스트 반영 네비게이션

본 논문에서는 사용자와 가상환경의 컨텍스트 정보를 이용하여 개인화된 적응적 네비게이션 개념을 제안한다. 사용자는 다수의 오브젝트를 위치시켜 관심 영역을 지정하고, 이 영역 내에서 컨텍스트 정보에 기반하여 네비게이션 경로를 생성한다. 생성된 경로는 지도에 표시되어 사용자가 자유롭게 네비게이션 하는 동안 참고하도록 한다. 또한, 자동 네비게이션을 통해 더 이상의 조작 없이 생성된 경로를 자동으로 이동할 수 있다. 따라서, 관심 영역을 지정하는 단순한 상호작용만으로 관심지역 및 중요 지역을 탐험할 수 있다.

경로 생성에 사용되는 사용자, 가상환경 및 감각형 오브젝트의 컨텍스트 정보는 5W1H (Who, What, Where, When, Why, How) 형식으로 정의되고, 각각의 항목은 어플리케이션의 목적에 맞게 변형될 수 있다 [10]. 표 1 은 네비게이션을 위해 정의된 컨텍스트의 명세를 보여준다. 또한, 이러한 형식화는 차후에 ARTable 주변의 스마트 장치들로

부터 획득한 사용자의 컨텍스트를 활용할 수 있는 가능성을 준다.

표 1. 네비게이션에 적용되는 컨텍스트 명세

Context(5W1H)	Context	
	User	VE
Who	User ID, name	/
What	Object ID, Preferred locations, area of interest	Symbolic name (Famous locations)
Where		Coordinates in VE
When	/	/
How	Navigation method	Paths, widths of paths, required times
Why	/	/

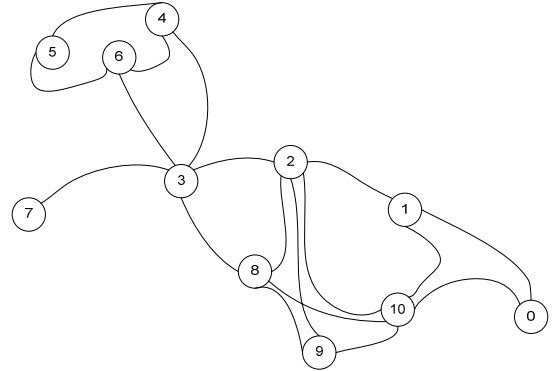
각각의 컨텍스트는 미리 정의된 함수에 따라 가중치 값으로 변화되어, 컨텍스트가 반영된 경로 선택 문제를 최단 거리 검색의 문제로 변화시킨다. 이러한 처리는 다음과 같이 세 단계로 이루어진다.

네비게이션 경로 생성의 첫 단계는 가상환경의 컨텍스트로부터 최단 거리 검색을 위한 비용 인접 행렬을 생성하는 단계이다. 가상환경에서 정의된 모든 특정 지역은 비용 인접 행렬의 노드를 구성한다. 각 지역 간 연결 상태를 나타내는 길의 유무와 이를 따라 이동하는데 걸리는 시간은 행렬의 간선과 간선의 비용으로 설정된다. 그림 4는 가상환경의 중요 지역과 길의 상태 및 이로부터 생성된 비용 인접 행렬을 보여준다.

비용 인접 행렬을 생성한 후에는 각 노드와 간선에 부가적인 속성이 부여된다. 이러한 속성은 차후에 간선의 비용을 변화시키고, 경로에 따른 세부적인 이동 좌표를 생성하는데 사용된다. 표 2는 정의된 부가 속성을 보여준다.

다음 단계에서는 사용자의 컨텍스트와 조작 정보를 반영하여 간선의 비용에 변화를 준다. 여기에서의 가정은 사용자가 가상환경에서 중요한 지역 및 관심을 갖고 있는 지역을 우선적으로 방문해야 한다는 것이다. 따라서, 사용자가 다수의 오브젝트를 이용하여 설정한 관심 영역 내에서 사용자의 관심 지역으로 이동하는 간선은 상대적으로 낮은 비용을 갖도록 변화시킨다. 또한, 사용자의 관심 지역 근처에 위치한 중요 지역은 사용자가

알고 있지 못했다 하더라도 방문 경로에 포함되도록 간선 비용을 낮춘다. 이러한 간선 비용의 조절은 표 2에서 정의한 간선의 가중치를 설정함으로써 가능하다.



(a) 중요 지역과 길의 상태 다이어그램

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	68	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	76
1	68	0	47	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	90
2	∞	47	0	37	∞	∞	∞	∞	∞	49	84
3	∞	∞	37	0	72	∞	55	60	50	∞	∞
4	∞	∞	∞	72	0	45	41	∞	∞	∞	∞
5	∞	∞	∞	∞	45	0	92	∞	∞	∞	∞
6	∞	∞	∞	55	41	92	0	∞	∞	∞	∞
7	∞	∞	∞	60	∞	∞	∞	0	∞	∞	∞
8	∞	∞	49	50	∞	∞	∞	∞	0	59	57
9	∞	∞	75	∞	∞	∞	∞	∞	59	0	∞
10	76	90	84	∞	∞	∞	∞	∞	57	∞	0

(b) 비용 인접 행렬

그림 4. 비용 인접 행렬의 예

표 2. 비용 인접 행렬의 노드와 간선에 부여되는 부가 속성

Subject	Parameter	Information
Node	Coordinate	x, y coordinates in the VE
	Popularity	High, low
Edge	Weight	Cost weight value, multiplied to the cost, varies for each user
	Width	The width of a road in the VE
	Key points	Key positions required to calculate exact positions of viewpoint movement

마지막으로, 사용자의 컨텍스트를 반영한 이후에는 관심영역 내 자동으로 설정된 시작 지점과 종료 지점을 기준으로 최단 거리 검색을 실시한다. 여기에서 간선의 비용에는 앞에서 설정한 가중치가 반영된다. 결과적으로, 검색된 최단 거리는 사용자가 원하는 지역 및 중요 지역들을 네비게이션

할 수 있는 최소 비용의 경로를 의미하게 된다.

3. 구현

제안된 ARTable 기반의 네비게이션 시스템은 Responsive Multimedia System (RMS) 와 연동되어 그림 5 와 같이 NMR (Nomadic Meeting Room) 에 설치되었다. 통합된 시스템에서 ARTable 은 반응형 가상환경 시스템인 RMS 의 네비게이션 인터페이스로 동작한다. RMS 는 클러스터링 된 곡면형 후면 영사 스크린을 통해 가상환경을 디스플레이 한다. 따라서 사용자는 ARTable 상에서 감각형 오브젝트를 조작하면서 광각의 디스플레이를 통해 가상환경을 체험할 수 있다.

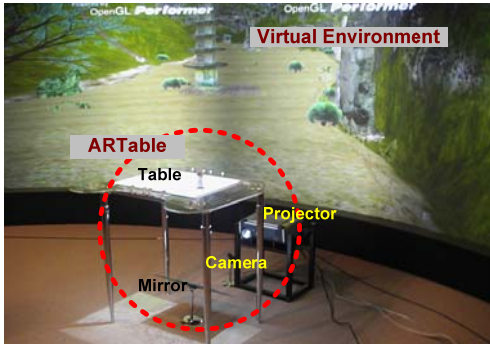


그림 5. RMS 의 네비게이션 인터페이스로 구현된 ARTable

ARTable 은 테이블의 하단에 위치한 카메라를 통해 테이블 표면에서의 감각형 오브젝트의 움직임을 추적한다. 그림 6 은 카메라를 통해 본 테이블 표면과, 테이블에 놓여있는 오브젝트의 바닥에 부착된 마커의 영상이다. 영상에 나타난 마커는 ARToolKit 을 이용하여 인식되고, 인식 좌표는 2장에서 설명한 것과 같이 가상환경의 좌표계로 변환된다.



그림 6. 테이블의 하단에 위치한 카메라의 영상

그림 7 는 테이블에 표시된 전체 가상환경의 지도와, 사용자가 상호작용 도구로 사용하는 감각형 오브젝트를 보여준다. ARTable 은 감각형 오브젝트를 인식한 후 오브젝트의 위치에 원형의 하이라이트를 그려주어, 시스템이 오브젝트를 인식하고 있음을 알려준다. 또한, 하이라이트는 사용자가 오브젝트를 이동시키면 오브젝트를 따라 움직인다. 이러한 방식은 사용자에게 흥미를 유발하고, 시스템이 사용자의 조작에 반응하고 있음을 은연중에 알려주는 피드백 역할을 한다.

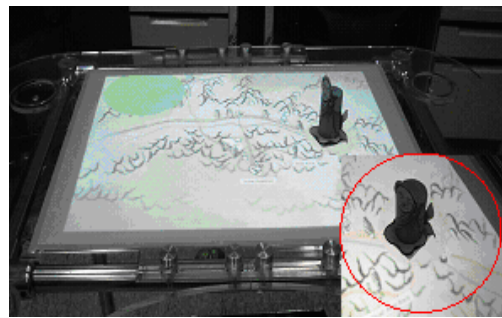


그림 7. 감각형 오브젝트와 테이블이 표시된 지도

4. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 증강현실 기반의 감각형 상호작용 시스템 ARTable 을 이용한 컨텍스트 반영 네비게이션 시스템을 제안하였다. 상호작용 환경인 테이블 표면에는 가상환경 전체와 상호작용에 반응하는 정보가 표시되고, 이것을 참고로 사용자는 감각형 오브젝트를 조작하여 가상환경을 네비게이션 할 수 있다. 또한 제안된 컨텍스트 기반의 네비게이션은 사용자의 컨텍스트를 활용하여 최소한의 조작으로 만족스러운 네비게이션 경로를 생성한다. 따라서, 제안된 시스템은 일반적인 사용자가 직관적이고 쉽게 사용할 수 있는 상호작용 환경을 제공하고, 컨텍스트를 활용함으로써 사용자의 상호작용을 위한 조작을 감소시킨다.

차후에는 제안된 컨텍스트 반영 기법에 대한 사용성 평가를 통해 제안된 방법의 효율성을 검증해야 한다. 또한, 제안된 상호작용 환경에서 다양한 감각형 오브젝트를 이용하여 사용자의 흥미를 유발할 수 있는 직관적이고 다채로운 상호작용의 지

원이 가능할 것이다.

참고문헌

- [1] A.V. Ballegooij, A. Eliens. "Navigation by query in virtual worlds." in Proc. SIGWEB, 2001, pp. 77-83
- [2] Jeroen van Luin, Rieks op den Akker, Anton Nijholt, "A dialogue agent for navigation support in virtual reality." in extended abstracts of CHI '01, pp. 117-118. 2001
- [3] K. Tollmar, D. Demirdjian and T. Darrell, "Navigating in virtual environments using a vision-based interface." In Proc. the third Nordic conference on Human-computer interaction, 2004, pp. 113-120
- [4] M. Weiser, "The Computer for the 21st Century," Scientific American," pp. 94-104, Sep. 1991.
- [5] S. Jang and W. Woo, "ubi-UCAM: A Unified Context-Aware Application Model," LNAI (Context), pp. 178-189, Jun., 2003.
- [6] J. Wohltorf, R. Cisse, A.Rieger, "BerlinTainment: an agent-based context-aware entertainment planning system," IEEE Communications Magazine, vol. 43, no.2, pp. 51-59, Jan-Mar. 2005.
- [7] Youngmin Park, Woontack Woo, " The ARTable: An AR-based Tangible User Interface System ," LNCS(*Edutainment 2006*) , 2006. (accepted)
- [8] Youngoh Lee, Sejin Oh, Woontack Woo: A Context-based Storytelling with Responsive Multimedia System (RMS). LNCS(ICVS), 3805 (2005) 12-21
- [9] Youngho Lee, Sejin Oh, Beom-chan Lee, Jeung-Chul Park, Youngmin Park, Yoo Rhee Oh, Seokhee Lee, Han Oh, Jeha Ryu, Kwan H. Lee, Hong Kook Kim, Yong-Gu Lee, JongWon Kim, Yo-Sung Ho, Woontack Woo: Responsive Multimedia System for Virtual Storytelling. LNCS (PCM), 3767,(2005) 361-372
- [10] Abowd, E. D. Mynatt, "Charting Past, Present, and Future Research in Ubiquitous Computing," ACM Trans. on Computer-Human Interaction, vol. 7, no.1, pp.29-58, Mar. 2000.