3차원 시청각환경제시기를 활용한 네비게이션 장치의 성능평가

고희동, 박경동, 박창훈
한국과학기술연구원
서울시 성북구 하월곡동 39-1
E-mail: ko@kistmail.kist.re.kr

A Performance Evaluation for Navigation Device applied to Simulation Authoring & Control Station

Heedong Ko, Kyungdong Park, Changhun Park
Korea Institute of Science and Technology(KIST)

요 약

가상환경을 위한 상호작용장치의 개발과 성능평가는 이용자에게 현실감과 작업 효율성을 제공하는 측면에서 중요한 의미를 가진다.

본 논문은 감성공학의 일환인 3 차원 시청각환경제시기를 활용하여, 휠체어와 자전거를 이용한 네비게이션 장치의 개발과 보편적인 성능평가기준을 이용한 네비게이션 장치의 성능분석을 제시한다.

본 연구는 다양한 대상영역에 대하여 효과적인 상호작용장치의 선택과 조정(tuning) 그리고 새로운 장치의 개발을 지원할 것이다.

1. 서론

감성공학은 인간 감성의 만족도에 대한 인식의 전환과 함께 기반 구축의 중요성이 확대되고 있다. 특히, 인간의 감성반응을 측정하기 위하여 효율적인 실험환경을 제공하는 모의환경제시기의 개발은 필수적이다. 이를 위해 우리는 시뮬레이션과 가상현실기술을 도입한 3 차원 시청각환경제시기를 개발하고 있다.

최근 가상현실 분야는 응용 영역의 확산과 대상작업에 대한 상호작용장치의 현실감과 효율성 요구가 증가하면서 장치의 성능평가 연구와 새로운 장치의 개발에 관심을 모으고 있다. 그러데, 네비게이션 장치의 성능비교연구는 작업형태에 따라 장치의 성능차이를 나타내기 때문에 대상하는 작업에 대한 모델과 보편적인 평가기준의 제시로 이루어 지고있다.

본 연구는 감성공학의 일환으로 개발중인 3 차원 시청각환경제시기를 활용하여 대상작업에 대한 실험 모델의 구축, 자전거와 휠체어를 응용한 네비게이션 장치의 개발, 그리고 평가기준에 의한 네비게이션 장치의 성능을 평가 한다. 결과적으로, 3 차원 시청각환경제시기는 다양한 대상작업에 대하여 효과적인 상호작용장치의 선택과 조정 그리고 새로운 장치의 개발을 지원할 것으로 기대한다.

본 논문은 3 차원 시청각환경제시기, 성능 평가 모델, 네비게이션 장치의 개발 및 성능평가 실험 그리고 결론으로 이루어진다.

2. 성능 평가 모델

상호작용의 하나인 네비게이션은 가상환경 속에서 사용자의 시점을 이동한다. 이러한 네비게이션 입력 장치는 사용자의 상호작용 성능과 직접 관련된다.

목적지를 향한 네비게이션 움직임(N)은 시간(s)에 대하여 회전운동(H)와 선형운동(M)의 단계로 이루어 진다[10]. 움직임의 기본 단위인 N_i는 위치 이동단계 또는 오류보정단계에 속하게 된다.

$$N = \sum_s f(H_s, M_s) \cdots\cdots\cdots ①$$

네비게이션 장치는 식 ①과 같이 단위시간 동안의 조작에서 생성되는 값으로 H_s와 M_s과 대응되는 회전운동과 선형운동의 속도를 결정한다. 그리고. 함수 f는 네비게이션 장치의 특성에 의해서 다르게 정의된다.

네비게이션 장치의 특성은 시간 성능과 정확도 성능으로 구분하여 평가한다.[10] 네비게이션 작업이 가지는 시간 성능(T)은 시작점으로부터 이동을 시작하여 목적지에 도달하기까지의 시간이다. 단위 움직임을 위해 소요되는 시간의 총합으로 정의된다[10]. 식 ②에서 T_{N_i} 는 기본 움직임 N_i를 위해 소요되는 시간이다.

$$T = \sum_i T_{N_i} \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots ②$$

네비게이션 작업에 대한 정확도(X)는 움직임이 사용자의 의도와 부합하는 정도를 말하며, 그 성능은 사용자가 의도하는 경로와 실제 이동경로의 차이로 정의된다[10]. 식 ③에서 $P(N_t)$는 기본 움직임 N_t로 인한 실제 경로이고, $P_r(P(N_t))$는 기본 움직임 N_t에 대하여 의도한 경로이다.

$$X = \int_0^\infty [P(N_t) - P_r(P(N_t))]\,dt \quad ③$$

이러한 평가모델을 기본으로 목적 영역에 대한 네비게이션 장치의 성능을 평가할 수 있는 기준이 제시된다[10].

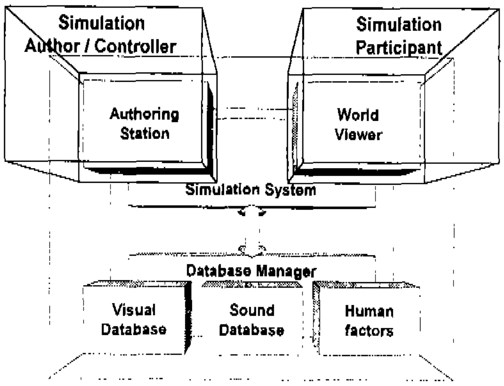
3. 3차원 시청각환경제시기

2장은 네비게이션 장치의 개발과 성능분석을 위하여 활용한 3차원 시청각환경제시기(SACS, Simulation Authoring & Control Station)의 주요 구조와 기능을 살펴본다.

SACS는 3차원 시청각 데이터를 이용한 실험환경의 구축을 지원하고, 모의환경과 상호작용 하는 사용자에게 가상의 현실감을 제시하는 시스템이다.

(1) 시스템 구조

SACS는 3차원 시청각 데이터를 관리하는 데이터베이스 관리자와 실험환경의 저작과 제시를 지원하는 시뮬레이션 시스템으로 구성된다.



<그림 1> SACS의 개념적 구성

내부적으로, 데이터베이스 관리자와 시뮬레이션 시스템은 가상환경의 구축과 상호작용을 위한 실시간의 입출력 처리를 목적으로 한다. 이를 위하여, SACS는 실시간 랜더링, HCI(Human Computer Interface)기술을 도입하여 피실험자에게 현실감 있는 시청각 실험환경을 제시하고, 비쥬얼 저작 환경을 제공하여 실험자에게 다양한 실험환경의 신속한 구축을 지원한다.

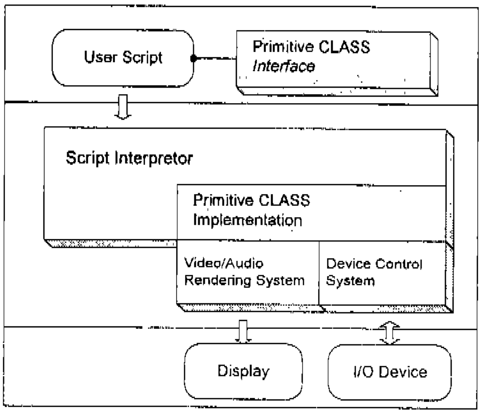
제공 대상	주요 기능
실 험 자	• 환경저작/제어기 Script 해석기 Visual 통합 환경
	• 데이터베이스 관리자 Scene 브라우징 객체 브라우징
피실험자	• 환경제시기 실시간 랜더링 다중-감각 인터페이스

<표 1> SACS의 주요 기능

SACS는 3차원의 시청각 데이터로 가변적인 가상환경을 모델링하기 위하여 스크립트 언어를 이용한다. SACS는 MIT의 인공지능연구실에서 제작한 Scheme을 개선하여 SOOL(Simplified OOL)을 개발하였다. 그리고, 보다 편리한 개발 환경을 지원하기 위하여 스크립트를 자동으로 생성하는 비쥬얼 툴을 제공한다.

(2) Primitive Class 설계

Primitive Class는 하부 시스템의 처리를 지원하는 클래스이다. 3차원 시청각 데이터의 디스플레이를 위한 렌더링과 입출력 장치를 처리하는 디바이스 루틴의 호출을 포함하고 있다.



<그림 2> SACS의 Primitive Class 구조

SACS는 하부 시스템의 서비스를 환경 설계자에게 제공하기 위하여 Primitive CLAS의 인터페이스를 SOOL로 제시한다. 따라서, 사용자 정의의 스크립트가 Primitive CLASS를 상속 받거나 포함시켜서 시스템의 종속적인 루틴 없이 가상의 환경을 모델링할 수 있게 된다. 이러한 Primitive의 지원은 개발단계에 있는 SACS의 개선과 관계없이 SOOL로 저작한 환경의 재사용을 가능하게 한다. SACS의 자세한 구현과 설계는 [9]에 설명되어 있다.

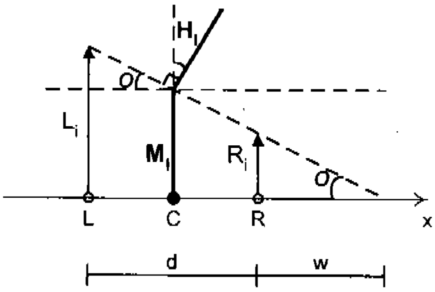
4. 개발 및 성능평가 실험

(1) 네비게이션 장치의 개발

<그림 3> 네비게이션 장치

새로운 네비게이션 장치는 휠체어와 자전거의 메타포를 앤코더(Encoder)에 연결하여 개발하였다.

휠체어의 기본단위 움직임은 두 바퀴의 속도로부터 추출되는 직선운동(M_i)과 회전운동(R_i)으로 이루어 진다. 이러한 단위 프레임 동안의 기본움직임이 순차적으로 연결되어 네비게이션(N)이 이루어 진다.



<그림 4> 네비게이션 장치의 움직임 정의

먼저, 단위 프레임 갱신률(f) 동안의 i번째 기본움직임을 정의한다. 움직임을 조정하는 주요 요소(factor)는 양쪽 바퀴의 이동거리(L_i, R_i)와 휠체어의 폭(d)이 있다. 이동거리(L_i, R_i)는 앤코더(Encoder)로 바퀴의 회전을 거리로 변환하여 입력 받으며, d는 고정된 값이다. 각 바퀴의 이동속도는 아래와 같이 정의된다.

$$V(L_i) = \frac{거리(L_i)}{f} \quad V(R_i) = \frac{거리(R_i)}{f} \quad ①$$

이들 속도의 성분으로 휠체어의 기본 움직임에 대한 분류가 이루어진다.

속도 차	기본 움직임 분류
$V(L_i) - V(R_i) > 0$	시계 방향
$V(L_i) - V(R_i) = 0$	직선 방향
$V(L_i) - V(R_i) < 0$	반시계 방향

<표 2> 기본 움직임의 분류

식 ①을 이용하여 휠체어의 직선운동속도를 정의할 수 있다.

$$V(M_i) = \frac{V(R_i) \times [w + d/2]}{w} \quad \cdots\cdots ②$$

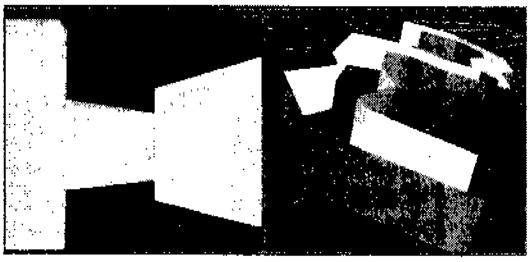
휠체어의 회전 운동은 위의 그림에서와 같이 바퀴로부터 이동 축까지의 거리(w)를 구하면 법선 벡터로 쉽게 구해진다.

$$V(H_i) = \tan^{-1}\frac{V(R_i)}{w} \quad \cdots\cdots ③$$

결과적인 휠체어 메타포는 연속적인 V(Mi)와 $V(H_i)$의 기본 움직임으로 정의된다. 자전거를 이용한 네비게이션 장치도 같은 방식으로 정의된다.

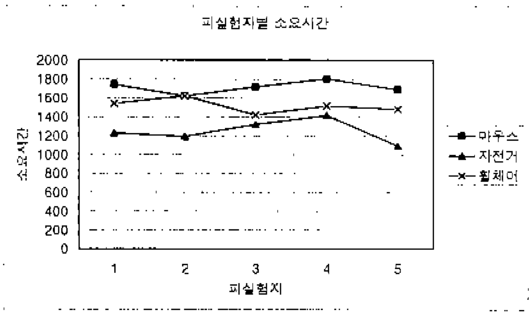
(2) 성능 평가 실험

새로 개발한 네비게이션 장치의 성능평가는 SACS를 이용하여 구축한 실험환경에서 이루어진다. 성능평가의 기준은 정확도와 시간성능의 측면에서 평가된다. 본 논문은 평가를 위하여 터널 벽과의 충돌은 장치의 정확도로 표시하며, 전체 소요시간은 장치의 시간성능을 대표한다. 네비게이션 장치의 드라이브 모드를 실험하기 위하여, 아래와 같은 터널 모양의 평가환경을 구축하였다.

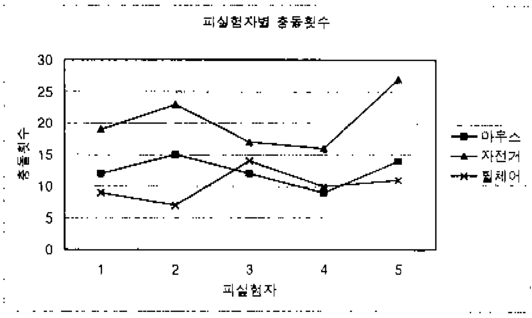


<그림 5> 성능평가 실험환경

본 실험은 5명의 피실험자를 대상으로 한번의 적응 경험을 행한 후에 실제 실험이 이루어졌다.



<그림 6> 입력장치에 따른 소요시간



<그림 7> 입력장치에 따른 충돌횟수

실험 결과는 마우스의 경우 제어 움직임에 대한 운동량은 적지만 버튼과 움직임의 조합으로 인한 복잡함 때문에 목적지까지의 소요시간이 길었다. 충돌 횟수는 버튼의 클릭으로 빠른 반응이 가능하였기 비교적 적었다. 2차원을 위한 장치를 네비게이션에 응용하는 것은 친숙함에는 대하여서 이점인 반면에 3차원 환경을 인터페이스하기에는 직관적이지 못한 것으로 평가된다.

자전거 인터페이스는 페달을 돌리는 두발로 인한 속도 제어와 팔의 회전이 동시에 수행되며 진행된다. 속도에 대한 제어는 용이한 반면에 정밀한 움직임을 위하여 속도와 회전 제어를 동시에 하기는 문제점이 많았다.

휠체어 인터페이스는 두 팔로 속도와 회전방향을 동시에 제어하며 수행한다. 속도의 차이로 인한 회전반경의 조정이 가능하고 양방향으로 속도를 제어할 수 있다. 네비게이션 조합의 수행이 사람의 직관적인 조작과 드라이버의 조절로 복잡하고 정교한 작업에 적합한 것으로 평가된다.

5. 결론

가상환경의 응용 분야가 확산되면서 보다 정교하고 복잡한 작업의 지원이 요구되고 있다. 따라서, 작업대상에 대한 적절한 장치의 선택과 새로운 장치의 개발은 중요한 이슈가 된다. 그런데, 네비게이션 장치는 절대적인 기능으로 평가되는 것이 아니고, 대상에 대한 성능평가 기준과 적절한 실험환경을 제시하여 상대적인 성능평가의 비교가 가능하게 된다.

본 논문은 휠체어와 자전거의 움직임을 엔코더로 입력 받아서 새로운 네비게이션 장치를 개발하고, 임의의 대상작업에 대한 장치의 성능을 비교평가하기 위하여 SACS를 활용한다. SACS를 통하여 실험환경을 저작하고, 엔코더의 입력값을 적절한 네비게이션의 움직임으로 처리해주기 위하여 SACS의 SOOL로 장치의 드라이버를 구현한다. 자전거 네비게이션 장치의 성능은 속도 측면에서 네비게이션 장치보다 우수했지만 정확도의 측면은 휠체어의 이용이 유리하였다.

SACS의 이러한 활용은 상호작용장치의 성능평가 뿐만 아니라, 새로운 장치의 개발을 지원하는 환경과 조정(tuning) 기능을 제공할 것이다.

참고문헌

[1] 박경동, 이상민, 고희동, "감성공학을 위한 실시간 워크쓰루 시스템 개발", HCI'97 학술대회, 1997.

[2] 박문호, 김정환, 고희동, "유전자 알고리즘과 신경망을 이용한 얼굴표정 탐색 및 인식", HCI'97 학술대회

[3] 김래현, 고희동, 김주환, 최병균, "다자 참여형 3 차원 가상환경 시스템 구현", 컴퓨터 그래픽스 학회 논문집, 1997.

[4] Hyun-Suk Kim, Kun-Woo Lee, Heedong Ko, "A Collision Detection for Interactive Mechanical Assembly Simulation", 1997 IEEE International Symposium on Assembly and Task Planning (ISATP 97), Marina del Ray Hotel - Marina del Ray, California, August 7-9, 1997.

[5] 박경동, 이상민, 고희동 감성 측정 평가 시뮬레이션에 대한 타당성 검토, CAD&그래픽스 5 월호, 1997.

[6] 김승신, 유석종, 최윤철, 고희동, "3 차원 사운드 저작도구의 사용자 인터페이스 설계 및 구현", 학국정보과학회 추계학술대회, 1997

[7] 고희동, 김래현, 김현석, "Team CAD 환경에서 가상 조립 설계", 한국자동제어학술회의, 1997

[8] 고희동, 장상철, 박창훈, 서형준, "분산 시뮬레이션을 위한 기반기술 소개", '97 Seminar and Exhibition for EW & Simulation Systems, 1997

[9] 고희동, "3 차원 시청각환경제시기의 구현 및 설계", 대한전자공학회, 1997

[10] 김형석, "A Performance Model and Testbed for Navigation in the Virtual Environment", KAIST, 1996