Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol.23, No.2 pp.25-35, May 2004

텔레로봇 작업의 특성이 시각표시장치의 유형 결정에 미치는 영향 연구*

Effects of Tele-Robotic Task Characteristics on the Choice of Visual Display Dimensionality

박성하**, 구준모***

ABSTRACT

The effects of task characteristics on the relative efficiency of visual display dimension were studied using a simulated tele-robotic task. Through a conventional method of task analysis, the tele-robotic task was divided into two categories: the task element requiring focused attention (FA task) and the task element requiring global attention (GA task). Time-to-completion data were collected for a total of 120 trials involving 10 participants. For the GA task, there was no significant difference between the multiple two-dimensional (2D) display and the three-dimensional (3D) monocular display. For the FA task, however, the multiple 2D display was superior to the 3D monocular display. The results suggest that the characteristics of a given task have a considerable effect on the choice of display dimensionality and the multiple 3D display is better for human operators to effectively judge depth if the task requires frequent use of focused attention.

Keyword: depth perception, visual display, teleoperation, tele-robotics

* 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R05-2001-000-01394-0) 지원으로 수행되었음.
** 한남대학교 공과대학 산업시스템공학전공
주소: 대전광역시 대덕구 오정동 133번지 한남대학교 (306-791)
전화: 042-629-7535
E-mail: shpark@hannam.ac.kr
*** 한국표준과학연구원 인간정보그룹

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

1. 서 론

3 차원 공간 정보를 시현하는 시각표시장치를 인터페이스로 하여 이루어지는 작업체계(예, Telerobot 작업 등)에서 인간의 정확한 깊이 감지 (depth perception)는 필수적인 요구사항이다. 그러나 3 차원 공간 정보를 시각표시장치에 구현하는 일은 영상이 구현되는 스크린의 표면이 2 차원 (2D)이라는 근본적인 한계를 가지고 있다. 따라서, 제 3의 차원(즉, 시선의 방향에 따른 깊이)에 대한 정보를 명확히 전달할 수 없다는 어려움이 있다. 이러한 문제를 완화시키기 위해 2 차원 표시장치와 수치정보를 혼합하여 구현하는 표시장치 (Single 2D and Numeric display), 다수의 2 차원 시각표시장치를 혼합하여 구현하는 표시장치 (Multiple 2D display), 3 차원 모노 표시장치 (3D Monocular display), 3 차원 스테레오스코픽 표시장치 (3D Stereoscopic display) 등 다양한 유형의 표시장치에 대한 비교 연구가 이루어지고 있다.

2 차원과 3 차원 시각표시장치의 비교 연구는 항공기 시각표시장치 (Bemis, Leeds, and Winer, 1988; Haskell and Wickens, 1993 Ellis, McGreevy and Hitchcock, 1987), 과학자료의 그래픽 시현 (Hollands, Pierce, and Magee, 1998; Sollenberger and Milgram, 1994; Wickens, Merwin and Lin, 1994)과 관련된 분야에서 많이 이루어지고 있다. 이러한 연구의 결과를 간략히 종합해 보면, 3 차원 시각표시장치는 2 차원 시각표시장치에 비교하여 시각적 검색 (visual scanning) 시간이 단축되며, 실제의 3 차원 공간을 현실감 있게 시현할 수 있다는 장점이 있다. 반면에 3 차원 시각표시장치는 시선의 방향에 대한 깊이 감지가 본질적으로 부정확하고 (Gregory, 1977), 하나의 차원에 주의가 집중될 경우 또 다른 차원에 대한 인지가 방해받을 수 있다는 단점을 가지고 있다.

3 차원 시각표시장치의 본질적 문제를 완화할 수 있는 효과적인 방법의 하나는 거리 (또는 깊이) 감지에 도움을 주기 위해 가상의 기호 (Symbol) 또는 가상의 선 (Line)을 인위적으로 제공해 주는 방법이다 (Bemis et al., 1988; Delucia, 1995; Ellis, 1993; Endsley, 1995; Kim, Ellis, Tyler, Hannaford, and Stark, 1987; Merserth andHollands, 1999; Park and Woldstad, 2000; Prevett and Wickens, 1994; Smallman, John, and Cowen, 2002). 예를 들어, 항공기의 이동 경로를 표시해 주는 표시장치에서 항공기와 지상을 하나의 선으로 연결해 줄 경우 3 차원 공간상에서 항공기의 고도 및 위치에 대한 정보 파악에 도움을 줄 수 있다 (Kim et al., 1987; Smallman, Schiller, and Cowen, 2000).

앞에서 살펴 본 바와 같이, 시각표시장치에 관한 많은 연구들이 수행되고 있으나 몇 가지 문제점들이 발견되고 있다. 이들을 살펴보면, 시각표시장치의 유형별 설계특성과 관련된 많은 연구가 연구자의 직감 또는 견해에 크게 의존하여 설계 원리는 제시하고 있으나 신뢰

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

성 있는 실험적 자료가 부족해서 이를 입증하지 못하고 있다. 실험 연구의 경우, 실험에 이용한 작업을 극히 단순화하거나 일반화하여 작업자의 수행도를 평가함으로써 실제 작업에서 발생할 수 있는 변화 요인들을 설명하지 못하고 있다. 또한 2 차원 또는 3 차원 시각표시장치의 유형에 대한 연구는 많이 이루어지고 있으나 동일 실험조건에서 각 유형을 서로 비교한 연구가 부족하다. 결과적으로 2 차원과 3 차원 시각표시장치의 장단점에 대한 연구 결과들이 일치하지 않고 있다. 또한 작업의 특성에 따라 시각표시장치를 통한 3 차원 거리감지 필요성의 정도가 상이함에도 불구하고, 시각표시장치의 유형을 연구하는 과정에서 실제 작업 특성에 대한 이해가 부족하였다.

본 연구는 텔레로봇 (Telerobot) 작업의 시각표시장치 설계 특성에 대한 이해를 향상시킬 목적으로 수행하였다. 시각표시장치를 인터페이스로 하여 수행되는 텔레로봇 작업을 실험환경으로 모의하였으며, 작업 및 동작분석 기법을 이용하여 텔레로봇 작업에 대한 작업특성을 파악하였다. 본 연구의 궁극적인 목적은 시각표시장치의 유형이 인간의 3 차원 거리감지능력에 미치는 영향과 텔레로봇 작업의 작업특성이 시각표시장치의 유형 결정에 미치는 영향을 파악하는 것이다.

2. 연구방법

2.1 피실험자

본 실험은 컴퓨터 사용 경험이 있고, 정상 시력을 보유한 성인 남·여 각 5 명씩, 총 10 명 (나이: 25.1 ± 1.4세)을 대상으로 하였다. 실험참여는 피실험자들의 서면동의를 통해 이루어 졌으며, 실험대상 결정을 위한 기본정보를 마련하기 위해 설문지를 통하여 연령, 교정 시력, 컴퓨터 사용 유무, 실험당일의 몸 상태를 조사하였다. 피실험자에게는 참여수당이 지급되었으며, 실험 당일에는 커피, 알코올 등을 복용하지 않도록 권고하였다.

2.2 실험장비 및 텔레로봇 작업환경의 구현

SGI사의 Silicon Graphics O2 워크스테이션를 기반으로 C 언어, DELMIA사의 ENVISION, 6 자유도 (x, y, z, roll, pitch, yaw) 등척성 입력장치인 Magellan 등의 주변장치를 이용하여 텔레로봇 작업을 실험 환경으로 모의할 수 있는 테스트-베드를 구축하였다. 그림 1에 실험에 이용한 작업환경이 나타나 있다. 작업환경내의 모든 물체들은 ENVISION의 CAD 와 DEVICE, WORK- CELL 기능을 이용하여 설계하여 3 차원 작업공간 내에 배치하였다. ENVISION은 TCP/IP 소켓 연결을 이용하여 외부의 MOTIF 프로세스와 상호 통신이 가능하다. 따라서 통신을 제어하기 위한 메뉴선택 방식의 MOTIF 윈도우를 UNIX 운영체제 기반의 UIL (User Interface Language) 및 C 언어를 이용하여 작성하였다.

실험환경의 시각표시장치는 조종버튼설명 화면 (좌측 상단), 실험상황 화면 (좌측 하단), 작업장 화면 (우중앙의 큰 화면), 기능버튼화면 (우측)으로 구성되어 있다 (그림 1

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

참조). 조종버튼설명 화면은 실험에서 작업을 수행할 때 사용되는 Magellan의 각 버튼에 대한 기능을 설명해 놓은 화면이다. 실험상황 화면은 실험의 경과시간, 실험작업 중 범한 오류 등을 모니터 할 수 있도록 설계하였다. 우중앙의 작업장 화면은 작업자가 작업을 수행함에 따라 변화하는 작업환경의 동적 상황을 실시간으로 시연해 주는 부분으로 2D 또는 3D 유형의 시각표시장치가 형성되는 부분이다. 우측의 기능버튼 화면은 ENVISION의 기능버튼으로 실험목적에 따라 실험자에 의해서만 조종되는 기능이다.

원격작업환경 내에 시뮬레이션 된 로봇은 마우스와 Magellan 조종장치에 의해 조종이 가능하다. 따라서, 조종장치의 입력 값에 따라 로봇의 동작을 제어 할 수 있는 인터페이스가 요구되었으며, 이러한 인터페이스가 이루어지기 위해서는 6 자유도 로봇의 운동에 따른 제어방법을 결정하여야 한다. 본 실험에서는 로봇 팔의 끝점 (end-point; 로봇의 손목부위)을 제어하는 방법을 이용하였다. 마우스는 워크스테이션에서 제공하는 3 버튼 마우스를 사용하였으며, 각각의 버튼은 3 개의 축 (x, y, z 축)에 대응된다. Magellan에는 9 개의 버튼이 있는데 이들 중 4 개의 버튼에 실험목적에 따른 기능을 프로그램 하였다. 버튼 1과 2는 각각 로봇의 집게 (Gripper)로 물체를 잡고 놓는 기능, 버튼 3은 메뉴를 보여주는 기능, 버튼 4는 초기 위치로 돌아가는 기능, 버튼 5와 6은 각각 작업장화면을 줌-인 (zoom-in), 줌-아웃 (zoom-out)하는 기능을 갖고 있다.

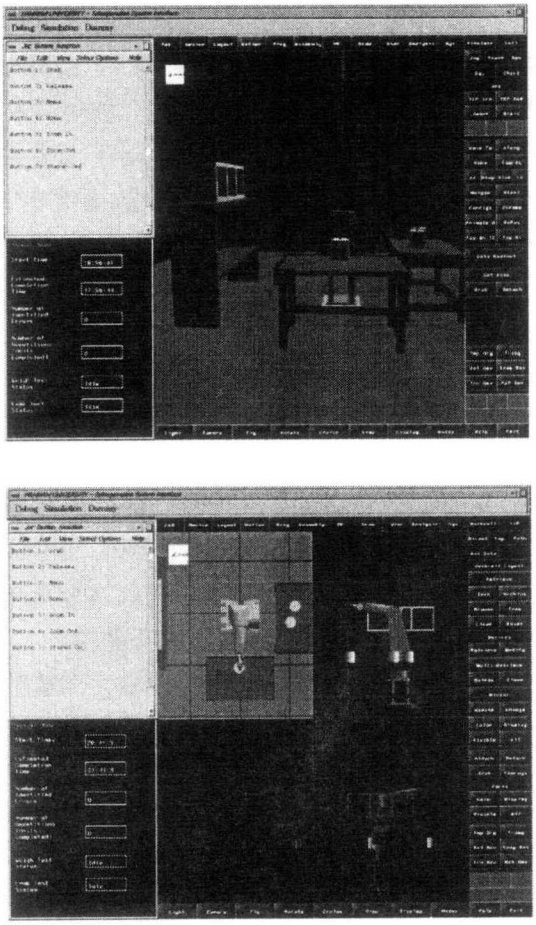

그림 1. 3차원 모노 표시장치 (위) 와 다수의 2차원 표시장치 (아래) 시현 장면

2.3 실험작업 및 작업특성 분석

실험에 이용한 텔레로봇 작업은 작업자가 시각표시장치의 시각정보를 기반으로 로봇팔을 조종하여 작업테이블 위에 있는 원통형 물체를 집어 저장선반 안에 위치시키는 것이다. 서론에서 언급하였듯이 본 연구의 주요한 목적의 하나는 텔레로봇 작업의 작업특성이 시각표시장치의 유형 결정에 어떠한 영향을 주

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

는가를 파악하는 것이다. 따라서 집중적인 주의 (Focused attention)가 요구되는 작업요소와 전체적인 주의 (Global attention)가 요구되는 작업요소를 파악하기 위해 텔레로봇 작업에 대한 작업분석 (Task analysis)을 수행하였다. 결과적으로, (1) 로봇의 집게 (Gripper)를 원통형 물체의 대략적인 위치로 이동, (2) 집게의 방향 전환, (3) 집게로 원통형 물체 집기, (4) 잡은 원통형 물체를 저장선반의 개략적인 위치로 이동, (5) 집게의 방향 전환, (6) 원통형 물체를 저장선반 안으로 이동하여 놓기 등 6 개의 작업요소로 나눌 수 있었다. 각 작업요소에 대한 작업특성을 분석한 결과, 3 차원의 작업공간 안에서 개략적인 위치로 이동하는 작업인 작업요소 1과 4는 전체적인 주의가 요구되는 작업요소로, 정확한 위치로 이동 또는 방향전환 등 세부적인 작업이 요구되는 작업요소 2, 3, 5 및 6은 집중적인 주의가 요구되는 작업요소로 분류하였다. 피실험자는 조종 장치인 마우스와 Magellan을 사용하여 디스플레이 화면에서 보여지는 모든 시각적 정보를 이용하여 오류 (충돌 오류, 로봇 관절 한계 오류, 집기 오류)를 최소화하면서 가능한 한 빠르게 작업을 완료하도록 지시되었다.

2.4 실험계획

2 수준의 시각표시장치 유형 (Display_Type), 2 수준의 난이도 (Difficulty), 3 수준의 시각적 큐 (Visual_Enhance) 를 독립변수로 설계하였으며, 피실험자들은 각 수준 조합에서 반복적으로 작업을 수행 하였다 (Repeated-measures experimental design).

2 수준의 시각표시장치는 다수의 2 차원 표시장치 (Multiple 2D)와 3 차원 모노 표시장치(3D Mono)로 하였다. 다수의 2 차원 표시장치는 서로 직교하는 2 차원 표시장치를 한 화면에 혼합하여 구현한 표시장치이다 (그림 1 의 오른쪽 표시장치 참조). 본 실험에서는 하나의 정면도와 두개의 측면도, 하나의 평면도를 제공하였다. 3 차원 모노 표시장치는 시점이 방위각 (Azimuth Angle) 0°, 고도각 (Elevation Angle) 25°인 곳에서 관측된 표시장치로 구성하였다 (그림 1 의 왼쪽 표시장치 참조). 2 수준의 난이도는 로봇의 집게를 사용하여 잡은 원통형 물체(직경 20 cm)를 위치시키는 저장 선반의 크기를 25 cm (고난이도), 35 cm (저난이도)로 조절하여 허용오차를 5 cm 와 15 cm 로 다르게 제공함으로서 수준의 변화를 주었다. 3 수준의 가상의 시각적 큐는NOVE, SRL, TRC를 이용하였다 (Park 외, 2000). NOVE는 어떠한 시각적 큐도 사용하지 않은 상태이고, SRL (Solid Reference Line)은 로봇의 집게 면에 직교하는 하나의 실선을 추가함으로서 집게가 향하는 방향을 알 수 있도록 제공된 시각적 큐이다. TRC (Translucent Reference Cylinder)는 로봇의 집게의 면에 직교하는 하나의 실선과 직경이 30cm 인 반투명 원통을 추가함으로서 집게가 향하는 방향과 거리정보를 알 수 있도록 한 시각적 큐이다.

종속변수는 작업의 속도를 나타내 주는 작

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

업완료시간 (Time-to-Completion) 으로 하였다. 작업 완료시간은 실험작업을 시작해서 완료할 때까지의 시간으로 정의하였으며, 작업 분석을 통하여 나누어진 6 개의 작업요소별로 시간을 측정하였다.

2.5 실험 과정

실험에 앞서 피실험자에게 실험의 목적과 방법에 대한 설명이 이루어 졌으며, 작업 환경 및 절차, 시각 표시장치 인터페이스, 조종장치 및 조작방법, 오류의 유형에 대해 기술한 피실험자 지시사항을 읽도록 하였다. 실험은 3 단계로 수행되었다. 첫 번째 단계는 실험작업을 이해하고 조종장치 사용방법을 익히는 단계이다. 실험장비를 사용하여 작업내용을 설명하였고 질문사항이 있을 경우 답변하는 방법으로 피실험자가 정확하게 실험작업을 이해하도록 유도하였다. 두 번째 단계는 조종장치의 사용을 익숙하게 하는 단계로서, 실제 실험과 동일한 조건에서 실험작업을 연습하도록 하였다. 이러한 연습은 실제 실험에서 발생 가능한 학습효과를 최소화하기 위해, 작업완료시간을 이용하여 계산된 학습효과가 5 % 이내로 3 회 연속 발생될 때까지 지속하였다. 세 번째 단계는 본 실험으로서, 총 12 개 (2 수준의 시각표시장치 × 2 수준의 난이도 × 3 수준의 시각적 큐)의 실험조건에서 반복적으로 작업을 수행하였다. 실험순서는 무작위로 하였으며, 각 실험이 끝난 후에는 충분한 휴식시간을 주었다.

3. 실험 결과

전술한 바와 같이, 본 연구의 주요한 목적의 하나는 텔레로봇 작업의 작업특성이 시각표시장치의 유형 결정에 어떠한 영향을 주는가를 파악하는 것이다. 따라서 집중적인 주의(Focused attention)가 요구되는 작업요소와 전체적인 주의(Global attention)가 요구되는 작업요소로 구분하여 자료를 분석하였다. 통계적 분석은 StatView 5.0 을 사용하여 수행하였으며 통계적 유의 수준은 5 % 로 하였다.

3.1 전체적인 주의를 요하는 작업에서의 시간

전체적인 주의가 요구되는 작업요소의 작업완료시간에 대한 분산분석 (ANOVA) 결과, 시각표시장치 유형(Display_Type)과 난이도(Difficulty) 간의 2 인자 교호작용의 효과가 유의한 것으로 나타났다 ($F(1, 9) = 6.033$, $p = 0.0364$). 그림 2는 시각표시장치 유형과 난이도간의 2 인자 교호작용의 효과를 보여주고 있다. 그 외의 2 인자 교호작용, 3 인자 교호작용의 효과 및 시각표시장치 유형 (Display_Type), 난이도 (Difficulty), 시각적 큐 (Visual_ Enhance) 의 주효과는 모두 유의하지 않은 것으로 나타났다 ($p > 0.05$). 이러한 결과는 전체적인 주의가 요구되는 작업에서는 시각표시장치의 형태나 난이도, 시각적 큐가 작업완료시간 (작업속도)에 유의한 영향을 주지 못 한다는 것을 의미한다. 통계적으로 차이가 유의하지는 않았지만

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

평균 작업완료시간을 비교하여 보면, 3 차원 모노 표시장치 (평균 = 15.552 초) 를 사용할 때가 다수의 2 차원 표시장치 (평균 = 16.857 초) 를 사용할 때 보다 적은 시간이 소요되었다. 난이도 수준간 비교결과, 저난이도 (평균 = 15.891초) 에서 고난이도 (평균 = 16.518 초) 보다 적은 시간이 소요된 것으로 나타났다. 시각적 큐에서는 SRL (평균 = 15.952 초), TRC (평균 = 16.093 초), NOVE (평균 = 16.568 초) 의 순으로 시간이 많이 소요되었다.

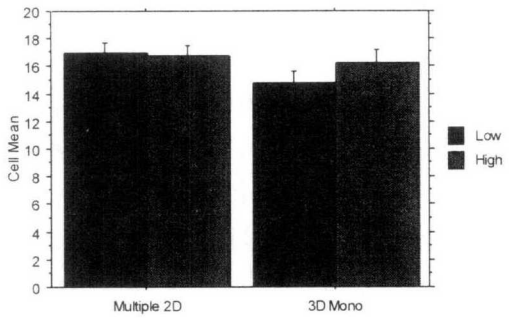

그림 2. 전체적인 주의가 요구되는 작업요소의 작업 완료시간 분석에서 시각표시장치 유형 (Display_Type) 과 난이도(Difficulty) 간의 2인자 교호작용도

3.2 집중적인 주의를 요하는 작업에서의 시간

집중적인 주의가 요구되는 작업요소의 작업완료시간에 대한 분산분석 (ANOVA) 결과, 시각표시장치 유형(Display_ Type, $F(1, 9) = 37.354$, $p = 0.0002$), 난이도 (Difficulty, $F(1, 9) = 41.449$, $p = 0.0001$), 시각적 큐 (Visual_Enhance, $F(1, 9) = 5.258$, $p = 0.0159$) 의 주효과는 모두 유의한 것으로 나타났다. 주효과 검정결과 차이가 유의한 것으로 나타난 시각표시장치 유형, 난이도, 시각적 큐 각각에 대한 분산분석후의 추정은 모든 수준간 평균을 쌍으로 비교 (all pairwise comparisons) 하는 Student-Newman-Keuls 검정을 실시하였다. 시각표시장치 유형 (Display _Type) 의 수준간 비교결과, 다수의 2 차원 표시장치를 이용한 작업완료시간 (평균 = 34.264 초) 은 3 차원 모노 표시장치를 이용한 작업완료시간 (평균 = 50.601 초) 에 비교하여 유의하게 적은 시간이 소요되었다. 난이도 수준간 비교결과, 저난이도 (평균 = 37.531 초) 에서 고난이도 (평균 = 47.334 초) 보다 유의하게 적은 시간이 소요된 것으로 나타났다. 시각적 큐에서는 SRL (평균 = 39.060 초) 를 이용할 때 NOVE (평균 = 46.015 초) 보다 유의하게 적은 시간이 소요되었다. 그러나 TRC (평균 = 42.223초) 와 SRL, TRC 와 NOVE 간에는 작업완료시간에 유의한 차이를 찾을 수 없었다.

교호작용 ($F(1, 9) = 33.731$, $p = 0.0003$) 과 시각표시장치 유형과 시각적 큐 간의 2 인자 교호작용 ($F(2, 18) = 6.105$, $p = 0.0095$) 또한 유의한 것으로 나타났다. 그림 3은 시각표시장치 유형과 난이도간의 2 인자 교호작용 효과를 보여주고 있다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

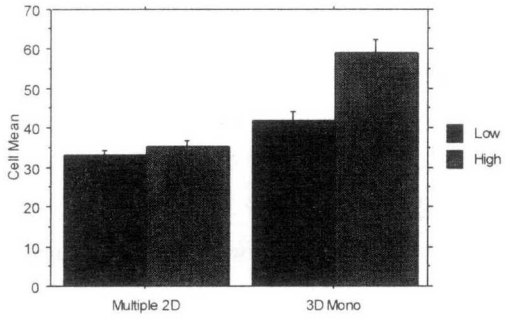

그림 3. 집중적인 주의가 요구되는 작업요소의 작업완료시간 분석에서 시각표시장치 유형과 난이도간의 2인자 교호작용도

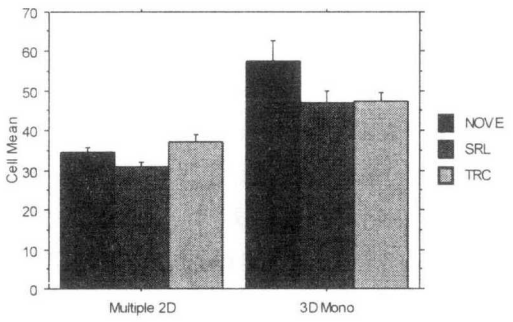

그림 4. 집중적인 주의가 요구되는 작업요소의 작업 완료시간 분석에서 시각표시장치 유형과 시각적 큐간의 2인자 교호작용도

그림에서 다수의 2 차원 표시장치와 3 차원 모노 표시장치 간의 작업완료시간 차이는 작업의 난이도가 높아질수록 (High) 보다 유의하게 증가함을 알 수 있다. 그림 4는 시각표시장치 유형과 시각적 큐간의 2 인자 교호작용 효과를 보여주고 있다.

그림에서 다수의 2 차원 표시장치와 3 차원 모노 표시장치 간의 작업완료시간 차이는 시각적 큐를 사용하지 않은 경우 (NOVE) 유의하게 증가함을 알 수 있다.

4. 결 론

본 연구는 텔레로봇 (Telerobot) 작업의 주요한 인터페이스 도구인 시각표시장치의 유형 결정에 텔레로봇 작업 자체의 작업특성이 어떠한 영향을 주는가를 분석할 목적으로 수행하였다. 이러한 목적을 달성하기 위해, 작업분석 기법을 이용하여 텔레로봇 작업을 집중적인 주의(Focused attention)가 요구되는 작업요소와 전체적인 주의 (Global attention)가 요구되는 작업요소로 구분하여 실험자료를 획득하고 자료를 분석하였다.

전체적인 주의가 요구되는 작업요소에 대한 자료분석 결과, 시각표시장치 유형 (Display_Type), 난이도 (Difficulty), 시각적 큐 (Visual_Enhance) 등 모든 요인의 수준간 평균 작업완료시간 (작업속도)은 통계적으로 차이가 없는 것으로 나타났다. 본 실험에서 전체적인 주의가 요구되는 작업은 작업공간 안에서 로봇의 집게 (Gripper) 또는 집게로 잡은 원통형 물체 등의 조정대상물을 개략적인 위치로 변경하는 작업을 말한다. 따라서 피실험자가 시각표시장치를 인터페이스로 하여 이러한 작업을 수행하는 과정에서 조정대상물의 위치와 시선의 방향에 따른 깊이 (또는 거리)에 대한 정확한 3 차원 공간정보를 필요로 하지는 않는다고 해석할 수 있다. 결과적으

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

로, 시각표시장치의 형태, 난이도, 시각적 큐는 작업완료시간 (작업속도)에 어떠한 영향도 주지 않는다고 할 수 있다. 집중적인 주의가 요구되는 작업요소에 대한 자료분석 결과, 다수의 2 차원 표시장치를 인터페이스로 하여 작업하는 경우에 3 차원 모노 표시장치에 비교하여 평균 작업완료시간이 유의하게 감소하는 것으로 나타났다. 이와 같은 표시장치간의 작업완료시간 차이는 작업의 난이도가 높거나, 시각적 큐를 제공하지 않은 경우에 더욱 유의하게 증가하는 것으로 분석되었다. 본 실험에서 집중적인 주의가 요구되는 작업으로 분석된 작업요소는 조정대상물을 3 차원공간 안에서 정확한 위치로 이동하거나 방향을 전환하는 작업 등을 말한다. 조종대상물을 작업환경 안의 다른 물체 (예 작업테이블, 저장선반)와 충돌시키는 오류를 범하지 않고 작업을 완료하기 위해서는 시각표시장치 인터페이스를 통한 정확한 3 차원 거리감지가 필수적으로 요구되는 것으로 판단된다. 결과적으로, 수행작업의 특성상 작업자의 3 차원 거리감지를 위한 집중적인 주의가 요구될수록 다수의 2 차원 표시장치가 보다 효과적임을 알 수 있다. 또한 이러한 효과는 가상의 시각적 큐를 통하여 더욱 향상될 수 있다. 예를 들어, 본 실험에서 이용한 SRL (Solid Reference Line)은 로봇의 집게 면에 직교하도록 설치되어 집게의 움직임에 따른 방향과 위치에 대한 시각정보를 작업자에게 제공함으로써 거리감지 능력을 크게 향상시킨 것으로 해석된다.

본 실험의 결과는 텔레로봇 (Tele- robot) 작업을 위한 시각표시장치의 유형은 3 차원 표시장치에 비교하여 2 차원 표시장치가 전반적으로 우월하며, 세부적으로는 수행되는 작업의 특성에 따라 선택되어야 함을 제시하고 있다. 시각표시장치의 유형을 비교 연구한 기존 연구들은 3 차원 시각표시장치는 시선의 방향에 대한 깊이 감지가 부정확하나, 2 차원 시각표시장치에 비교하여 작업시간이 단축되며 실제의 3 차원 공간을 현실감 있게 시현할 수 있는 것으로 보고하고 있다 (Bemis, Leeds, and Winer, 1988 Hollands, Pierce, and Magee, 1998 Wickens, Merwin and Lin, 1994). 이러한 연구들은 수행작업의 특성을 충분히 고려하지 않고 있으며, 결과적으로 집중적인 주의가 요구되는 작업에서 2 차원 표시장치의 우월성을 설명하지 못하고 있다.

본 연구에서는 작업수행도를 평가하기 위해 작업속도의 지표인 작업완료시간을 평가하였다. 향후 보다 효과적으로 작업수행도를 평가하기 위해서는 작업속도와 함께 작업의 정확성을 평가하여야 할 것으로 판단된다. 작업의 정확성은 실험작업의 오류를 정확히 정의하고 오류의 수를 측정함으로써 가능할 것이다. 본 실험에서는 피실험자들에게 오류를 최소화하면서 가능한 한 빠르게 작업을 완료하도록 지시하여 일관성을 유지하도록 노력하였으나, 일 부 피실험자들은 실험 중 작업의 속도와 정확성 사이에서 어느 정도의 혼란이 있었을 것으로 판단된다. 또한 본 연구에서는 전체적인 주의와 집중적인 주의가 요구되는 작업의 유형을 파악하기 위해 텔레로봇 작업에 대한 작업분석 기법을 이용하였으나 보다 객관적인 작업유형 분류체계에 대한 연구가 보완되어야 할 것으로 판단된다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

참고 문헌

Bemis, S. V., Leeds, J. L., & Winer, E. A. (1988). Operator Performance as a Function of Type of Display: Conventional versus perspective. Human Factors, 30(2), 163-169.

DeLucia, P. R. (1995). Effects of Pictorial Relative Size and Ground-Intercept Information on Judgments about Potential Collisions in Perspective Displays, Human Factors, 37(3), 528-538.

Ellis, S. R. (1993). Pictorial Communication: Pictures and the synthetic universe. In R. Ellis, M. Kaiser, and J. Grunwald (Eds.), Pictorial Communication in Virtual and Real Environments (2nd ed., pp. 265-282), London: Taylor and Francis.

Ellis, S. R., McGreevy, M. W., & Hitchcock, R. J. (1987). Perspective Traffic Display Format and Airline Pilot Traffic Avoidance. Human Factors, 29(4), 371-382.

Endsley, M. R. (1995). Measurement of Situation Awareness in Dynamic Systems. Human Factors, 37(1), 65-84.

Gregory, R. L. (1977). Eye and Brain. London: Weidenfeld & Nicolson.

Haskell, I. D. and Wickens, C. D. (1993). A Theoretical and Empirical Comparison of Two- and Three-Dimensional Displays for Aviation. International Journal of Aviation Psychology, 3, 87-109.

Hollands, J. G., Pierce, B. J., and Magee, L. E. (1998). Displaying Information in Two and Three Dimensions. International Journal of Cognitive Ergonomics, 2, 307-320

Kim, W. S., Ellis, S. R., Tyler, M. E., Hannaford, B., & Stark, L. W. (1987). Quantitative Evaluation of Perspective and Stereoscopic Displays in Three-Axis Manual Tracking Tasks. IEEE Transaction on System, Man, and Cybernetics, 17(1), 61-71.

Merserth, T. A. and Hollands, J. G. (1999). Comparing 2D and 3D Displays for Trend Estimation: The effects of display augmentation. In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 43rd Annual Meeting, 1308-1312.

Park, S. and Woldstad, J. C. (2000). Multiple Two-Dimensional Displays as an Alternative to Three-Dimensional Displays in Telerobotic Tasks. Human Factors, 42, 592-603.

Smallman, H. S., John, M. St. Cowen, M. B. (2002). Human factors of 3-D

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

perspective displays for command and control, Commend and Control Research and Technology Symposium 2002.

Smallman, H. S., Schiller, E., and Cowen, M. B. (2000). Track Location Enhancements for Perspective View Displays, SSC San Diego, Technical Report 1847.

Sollenberger, R. J., and Milgram, P. (1993). Effects of stereoscopic and rotational displays in a three-dimensional path-tracing task. Human Factors, 35(3), 483-501.

Wickens, C. D., Merwin, D. H., & Lin, E. L. (1994). Implication of Graphics Enhancements for the Visualization of Scientific Data: Dimensional integrity, stereopsis, motion, and mesh. Human Factors, 36(1), 44-61.

저자 소개

◈ 박성하

Texas Tech University 산업공학과 (박사). 현재 한남대학교 산업시스템공학전공 부교수. 주요관심분야: 인지공학, 인체역학, 안전공학

◈ 구준모

한남대학교 산업공학과(학사, 석사)
현재 한국표준과학연구원 연구원
주요 관심분야: 인간공학적 제품설계 및 평가, 근골격계질환 위험요인 평가

논문접수일 (Date Received): 2004/02/13
논문게재승인일(Date Accepted): 2004/04/13

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.