Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 26, No. 1 pp.1-10, February 2007

차량 내 통합 컨트롤 유형에 따른 운전자 수행도 비교

임형욱[1] · 정의승[1] · 박성준[2] · 정성욱[1]

[1]고려대학교 산업시스템정보공학과 / [2]남서울대학교 산업경영공학과

Comparisons of Driver Performance with Control Types of the Driver Information System

Hyoung Uk Lim[1], Eui S. Jung[1], Sungjoon Park[2], Seong Wook Jeong[1]

[1]Department of Industrial Systems and Information Engineering, Korea University, Seoul, 136-701
[2]Department of Industrial and Management Engineering, Namseoul University, Cheonan, 330-707

ABSTRACT

As drivers spend more time in their cars, perception of driving a vehicle turns from utilizing a transportation means into residing in a personal space or even in moving office. Such a perception renders automobile manufacturers incorporate more vehicle functions, especially in-vehicle information systems As the number of system functions increases, the complexity of the information to be displayed also increases, so does the controls of such driver information systems. In this study, 3 types of control and 2 types of display menus were designed after a literature review and a market analysis. With these controls and display menus, the experiment was performed to look into the difference of driver performance and preference on the integrated vehicle control type. Finally, the study suggests the integrated vehicle control type to minimize driver's cognitive load, and to use various functions efficiently. The study also discusses the practical use of the final integrated vehicle control type.

Keyword: Driver information system, Driver performance, Driver preference, Display and control design

1. 서 론

자동차는 대표적 인간-기계 시스템(Human-Machine System)으로, 성능 및 기능 중심의 개발이 이루어지는 기술 집약적 제품 중 하나이다. 최근 승차 시간의 급격한 증가로 인하여 자동차는 단순한 운송수단을 넘어 개인적 거주공간 · 이동 가능한 사무실 등 점차 운전자의 생활공간으로서 그 의미가 확대되고 있으며, 이로 인하여 다양한 정보 시스템 및 서비스, 기능 등이 차량 내에 도입 · 적용되고 있는 추세이다. 이러한 시스템 및 서비스는 Telematics 사업 및 차량용 지능 시스템과 관련된 사항들로서, 생활 정보 서비스 / 비즈니스 / 엔터테인먼트 서비스와 같은 정보 제공과 관련된 것에서부터 네비게이션, 차량 안전 및 진단 시스템, 차량용 지능 오피스 시스템, 운전자 보조 시스템 등 다양한 범위의 기능들을 포함하고 있다(Galer, 1995). 이와 같이 차량에 제공되는 정보, 서비스 및 기능들은 점차 증가할 전망이며, 이러한 운전 환경의 변화는 주행과 관련된 기본 정보 및

교신저자: 정의승
주 소: 136-701 서울시 성북구 안암동 5가 1번지, 전화: 02-3290-3380, E-mail: ejung@korea.ac.kr

기능 이외에 운전자가 조작 · 처리해야 할 기능 및 정보가 기하 급수적으로 증가함을 의미한다(Bengtsson, 2003). 따라서 하나의 컨트롤이 하나의 기능을 조작하는 형태는 공간상의 문제를 야기시킬 것으로 예상되며, 추후 차량 내 통합 컨트롤 시스템은 메뉴 상 다양한 기능들이 제시되고, 이중 운전자가 원하는 기능을 선택하는 형태로 변화할 것으로 예상된다. 이러한 탐색 및 선택을 하기 위해서는 차량 내 다양한 기능 및 정보 서비스가 메뉴 형태로 디스플레이에 제시되어야 하며, 이를 조작하는 컨트롤로 구성될 것이다(Burnett, 2001). 이처럼 디스플레이 메뉴와, 이를 조작하는 컨트롤로 이루어진 다기능 컨트롤 시스템을 본 연구에서는 통합 컨트롤 시스템이라 지칭하였다. 이미 몇몇 선진 자동차 제조업체에서는 관련 연구를 진행하여 독자적인 통합 컨트롤 시스템을 개발, 고급형 차량에 적용하고 있으며, BMW사의 iDrive를 대표적인 예로 들 수 있다. 국내에서 또한 관련 연구가 업계를 중심으로 다각도로 진행되고 있다. 이처럼 통합 컨트롤의 적용은, 차량 내부라는 한정된 공간의 효율적 활용을 가능하게 하는 등 자동차 산업에 있어 매우 중요한 이슈로 부각되고 있다. 현재 고급 차량에 적용된 다양한 통합 컨트롤들의 특징을 조사 · 분석하여 적용 컨트롤 동향을 파악하면 그림 1과 같이 정리될 수 있다. 아래 제시된 바와 같이, 현재 차량에는 전통적인 4방향 Crosspad부터, 화면을 보고 직접 조작하는 Touch screen까지 다양한 형태의 컨트롤들이 적용되어 있다. 그러나 이러한 통합 컨트롤의 적용은, 다양한 기능을 하나의 컨트롤로 조작하기 때문에 운전자의 인지적 부담을 증가시킬 수 있다. 따라서, 운전자의 인지적 부담과 관련한 통합 컨트롤 유형에 대한 인간공학적 평가가 필요하다(Takayama, 2006).

그림 1. 통합 컨트롤 예시

본 연구에서는 이와 같은 현황 조사 및 문헌 연구 결과를 바탕으로 하여, 기존 고급 차량에 적용된 통합 컨트롤 유형을 대표할 수 있는 컨트롤 프로토타입을 제작하여 실험을 실시하였다. 프로토타입 간 실험을 통하여 컨트롤 형태에 따른 운전자 수행도 차이를 비교 분석하였고, 이러한 결과를 통하여 운전자의 인지부하를 최소화하는 통합 컨트롤 형태를 제시, 추후 적용 가능성 및 적용 방향에 대하여 논의하고자 한다.

2. 문헌 연구

본 연구 주제와 관련하여 기존의 연구들을 조사하였다. 디스플레이 메뉴에 대한 연구(Preiβner, 2000), Audio Menu 등과 같은 제한된 메뉴 환경에서 단일 컨트롤 형태에 대한 사용성 평가 관련 연구(Isaksson , 2003), 네비게이션 · 길찾기 및 안내 등의 기능을 사용하는 제한된 환경에서 운전자의 시각적 부담을 줄이기 위한 연구(SAE Recommended Practice, 2004) 등 다양한 기초 연구에서부터, 실제 차량에 적용된 통합 컨트롤에 대한 연구(Spreng, 2002) 등 광범위하게 진행되고 있음을 확인하였다. 그러나 이러한 연구는 컨트롤과 디스플레이 메뉴를 동시에 고려한다기 보다는 통합 컨트롤 시스템을 구성하고 있는 요소 각각에 대한 연구였으며, 일부의 제한된 환경에서의 연구가 대부분이었다. 통합 컨트롤 시스템 유형에 따른 운전자의 수행도 차이를 분석하는 기존 연구들은 다음과 같았다.

Aoki 등(1999)은 눈의 고정 시간 및 작업 수행 시간을 측정변수로 하는 실험을 통하여 스위치 대안간 최적 형태를 도출하였고, 추가적으로 스위치 및 디스플레이의 차량 내 최적 위치를 도출하였다. 디스플레이가 없는 단기능 스위치, 디스플레이 화면 기능과 일대일로 연결되는 단기능 스위치, 좌우 슬라이딩 형식의 Mode 스위치, 좌우 시소 스위치 등 4가지 유형의 스위치를 비교 평가하는 실험을 실시한 결과, 좌우 시소 스위치가 눈의 고정 시간 및 작업 수행 시간 측면에서 가장 우수한 스위치로 판명되었다. 센터페시아 중 · 하단에 해당하는 영역이 스위치의 최적 위치로, 대쉬 보드 상단이 디스플레이의 최적 위치로 도출되었다. 그러나 실험에 활용한 4가지 유형의 스위치는, 단순 조작 환경에서의 단품 스위치이기 때문에, 복잡한 메뉴 환경의 통합 컨트롤 시스템에 적합한 컨트롤 형태라고 결론을 도출하기에는 어려움이 있다.

Johanson 등(2005)은 디스플레이의 정보 제시 형태(정보 밀집도: High density / Low density)에 따라 통합 컨트롤 시스템의 사용성을 평가하는 실험을 실시하였다. 실험 측정변수로는 LCT(Lane Change Test)를 활용한 안전도를 선정하였고, 실험 후 설문을 통한 선호도 조사를 실시하였다. 메뉴 복잡도에 따라, 안전도 측면에서는 유의한 차이가 없었으나, 선호도는 한 번에 많은 양의 정보를 제공할 경우(High density)가 더 높았다. 또한 실험 시 컨트롤은 두 가지 형태(4방향 푸쉬 버튼, Knob 형태)를 활용하였는데 객관적 척도 없이, 단순 선호도 결과만을 가지고 컨트롤에 대한 결론을 도출하였다. 이러한 연구는 통합 컨트롤 시스템의 사용성에 영향을 미치는 다양한 변수 중 디스플레이 관련 변수 하나만을 고려하였고, 컨트롤 유형에 대한 결론 도출 시, 단순 선호도만을 활용하였기 때문에 통합 컨트롤 시스템 전반에 대한 객관적 척도에 대한 고려가 미비하였다. 이처럼 다양한 통합 컨트롤 관련 연구가 수행되는 데 반하여 통합 컨트롤 시스템 유형에 따른 운전자 수행도를 객관적 / 주관적으로 평가한 연구는 아직 미비하였다. 이에 본 연구에서는 통합 컨트롤 유형과 더불어, 통합 컨트롤 시스템을 구성하는 주요 요소인 통합 디스플레이 메뉴 유형을 연구의 범위에 포함하여 실험을 실시하였으며, 객관적 척도와 주관적 설문을 동시에 고려하여 진행하였다.

3. 연구 방법

통합 컨트롤에 따른 운전자 수행도 차이를 확인하기 위해 실험 요인 선정 및 실험 계획 후 실제 주행 환경을 반영한 환경을 구축하여 실험을 실시, 결론을 도출하였다.

3.1 실험 계획

통합 컨트롤 시스템을 구성하는 요소인 컨트롤과 디스플레이 메뉴를 독립변수로 선정하였다. 또한 차량 주행 중이라는 특정 환경을 고려하였을 때, 피실험자의 운전 경력이 통합 컨트롤의 수행도에 영향을 줄 가능성을 예상하였다. 따라서 통합 컨트롤 유형에 따른 운전자 수행도를 비교하기 위한 독립변수로, 통합 컨트롤 유형 · 통합 디스플레이 메뉴 유형 · 피실험자의 운전 경력, 3개의 Factor를 선정하였다. 통합 컨트롤은 현재 상용되고 있는 통합 컨트롤의 조작 방식을 대표할 수 있는 유형 3수준으로 설정하였고, 통합 디스플레이 메뉴는 기존의 디스플레이 방식을 검토, 대표적 디자인 방식 2개를 선정하여 2수준으로 설정하였다. 피실험자는 모두 운전 경력이 있는 인원으로 하되, 운전 경력 1년을 기준으로 1년 미만의 초보자, 1년 이상의 숙련자 2수준으로 설정하였다. 선정된 독립변수는 다음과 같이 정리된다.

- 통합 컨트롤 유형
  - 기존 통합 컨트롤 현황이 반영된 대표성을 지니는 3개 유형(3수준)
- 통합 디스플레이 메뉴 유형
  - 컨트롤과의 관계 분석을 위한 2개 유형(2수준)
- 피실험자 운전 경력
  - 운전경력 1년 미만(초보자), 1년 이상(숙련자)(2수준)

선정한 독립변수의 수준에 따른 운전자의 인지적 부담의 변화를 확인하기 위하여, 객관적 척도인 운전자 수행도(Performance) 및 주관적 설문을 통한 운전자 선호도(Preference)를 종속변수로 선정하였다. 선정된 종속변수 및 각 변수의 정의는 다음과 같이 정리된다.

- 수행 Error 수 (Performance Error)
  - 피실험자가 Task 수행 중 최종 목적까지의 가장 짧은 Path를 잘못하여 벗어난 횟수
- 수행 시간 (Performance Time)
  - 피실험자가 Task 수행 완료까지 걸리는 시간
- 선호도 (Preference)
  - 통합 컨트롤에 대한 선호도
  - 통합 디스플레이 메뉴에 대한 선호도

운전자 수행도(Performance) 관련 객관적 척도인 Error와 Time은 실험을 통하여 데이터를 획득하였고, 주관적 척도인 선호도(Preference)는 실험 후 실시한 설문 점수를 활용하였다. 피실험자가 수행하는 Task에 대한 전이효과(Transfer effect)와 학습효과(Learning effect)를 고려하여 통합 컨트롤 유형은 Between subject design을, 통합 디스플레이 메뉴에 대해서는 반복 측정하여 Within subject design을 실시하였다. 운전 경력은 태생적으로 Between subject design으로, 실험은 이 3변수를 조합한 3-Factor mixed Design으로 설계되었다. 구체적 실험 설계는 다음 표 1과 같다.

표 1. 실험 설계

BTS / WTS	컨트롤 타입 1		컨트롤 타입 2		컨트롤 타입 3	
	초보자	숙련자	초보자	숙련자	초보자	숙련자
메뉴 타입 1						
메뉴 타입 2						

피실험자는 60명(남자 53명, 여자 7명)의 남녀 대학생으로 모두 차량 내 통합 컨트롤 시스템에 대한 사전 지식을

습득한 인원이었다. 30명은 운전 경력이 1년 미만의 초보자였으며 나머지 30명은 1년 이상의 운전 경력이 있는 인원으로서, 평균 연령은 25.3세였다.

3.2 실험 환경

3.2.1 프로토타입 제작

독립변수로 선정된 통합 컨트롤과 통합 디스플레이 메뉴는 기존 제품 유형간 비교가 가능해야 한다. 현재 고급 차량에 적용되어 있는 다양한 통합 컨트롤 시스템의 유형을 분류하고, 기존의 컨트롤 / 디스플레이 메뉴와 관련된 인간공학적 연구 결과들을 검토하여 컨트롤과 디스플레이 메뉴 프로토타입을 제작하여 실험에 활용하였다.

▶ 통합 컨트롤 프로토타입

그림 1에서 제시된 기존 차량의 다양한 통합 컨트롤은, 조작 방식에 따라 선형 조작 방식, 푸쉬 버튼 방식, 회전 조작 방식 등으로 분류될 수 있었으며, 두 가지 이상의 조작 방식이 결합된 형태의 컨트롤 또한 차량에 적용되고 있었다. 그림 2는 현재 상용 차량에 적용된 다양한 통합 컨트롤을 조작 방식에 따라 분류하여 정리한 것이다. 컨트롤 · 디스플레이 일체형인 Touch screen과 같은 형태는 화면을 통하여 직접적으로 조작하는 형태로, 다른 통합 컨트롤 시스템과 그 성격이 판이하게 다르므로 이번 연구 대상에서는 제외하였다. 선형 조작(상하좌우 조작)은 레버 방식과 슬라이딩 방식으로 나눌 수 있었다. 회전 조작과 선형 조작이 결합된 형태의 컨트롤에서는, 선형 조작 방식이 대부분 Sliding 방식으로 구현되는 것을 확인하였다. 푸쉬 버튼 방식은 회전 조작되는 컨트롤 상단에 결합되어 적용되었다.

그림 2. 통합 컨트롤 조작 방식 분류

본 연구에서는 이러한 추세를 반영하여 선형 조작 방식, 푸쉬 버튼 방식, 회전 조작 방식, 총 3가지 유형의 프로토타입을 제작하여 3수준 유형으로 실험을 실시하였다. 선형 조작 방식은 레버 형태(조이스틱)로, 푸쉬 버튼 방식은 흔히 접할 수 있는 4방향 Keypad 형태로, 회전 조작 방식은 Knob 형태와 레버가 결합된 형태로, 총 3가지 유형의 프로토타입을 제작하였다. 실험을 위한 3수준의 프로토타입 유형은 그림 3과 같이 정리된다.

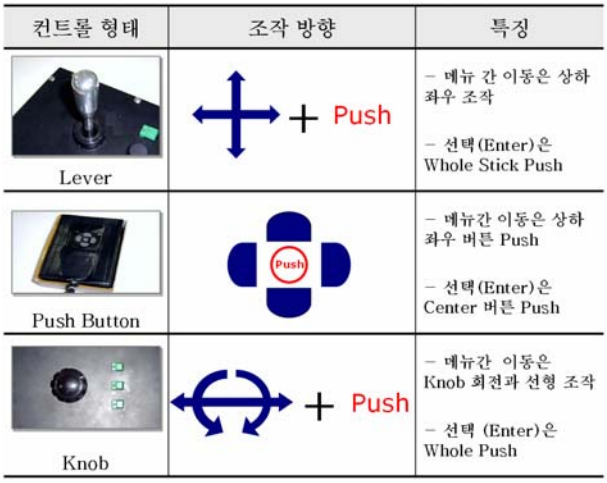

그림 3. 통합 컨트롤 유형 프로토타입

▶ 통합 디스플레이 메뉴 프로토타입

이전에 언급한 바와 같이 통합 컨트롤 시스템은 차량 내 정보가 제시되는 통합 디스플레이 메뉴와 제시된 정보를 효과적으로 운용 · 제어할 수 있는 통합 컨트롤로 구성되어 있다. 통합 컨트롤에 따른 운전자 수행도를 평가하기 위해서는 정보가 제시되는 통합 디스플레이 유형 또한 동시에 고려되어야 한다. 현재 차량에 적용되어 있는 통합 디스플레이 메뉴는 정형화된 유형이 있는 것이 아니라, 차량 내 적용되는 정보 및 서비스의 특징, 메뉴 구조, 컨트롤의 형태, 정보 제시 방법, 미적 구성 등 여러 요소를 고려하여 다양한 형태로 디자인되어 있다. 그림 4는 이러한 다양한 형태의 통합 디스플레이 메뉴 화면예시를 제시한 것이다.

실험을 위해서는 기존 통합 디스플레이 메뉴의 특징이 일반화 · 정형화되어 명확히 드러난 프로토타입이 필요하였다. 이에 본 연구는 기존의 디스플레이 방식을 검토하여 직선 형

그림 4. 통합 디스플레이 메뉴 예시

식과 회전 형식의 일정한 프레임을 가지는 두 개의 디스플레이 메뉴 프로토타입을 제작하여 실험에 활용하였다. 직선 형식은 메뉴간 이동이 선형 방식이고, 회전 형식은 메뉴간 이동이 회전 방식으로, 다음 그림 5와 같은 형태로 제작되었다.

〈직선형〉 〈회전형〉

그림 5. 통합 디스플레이 메뉴 최종 프로토타입

이와 같이, 통합 컨트롤 프로토타입 3수준과 통합 디스플레이 메뉴 프로토타입 2수준을 제작, 실험에 활용하였다. 컨트롤 / 메뉴의 여러 조합간 수행도 평가를 통하여 다음의 결과를 도출하였다.

- 컨트롤 유형에 따른 운전자 수행도 비교
- 메뉴 유형에 따른 수행도 비교
- 컨트롤 유형과 메뉴 유형간 조합에 따른 운전자 수행도 비교
- 컨트롤 유형과 디스플레이 메뉴 유형간 관련성

3.2.2 실험 환경 구축

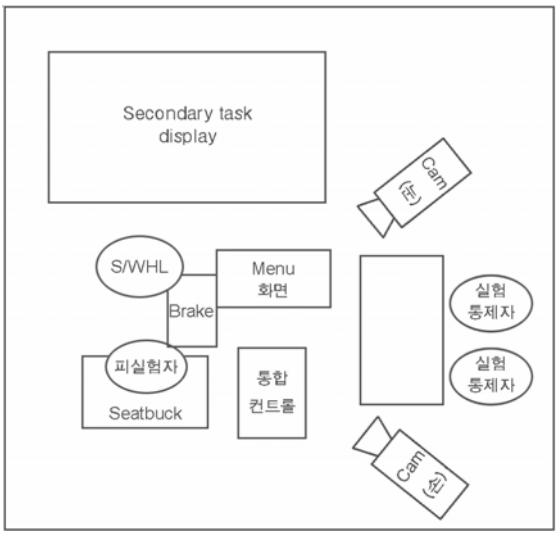

그림 6. 실험 환경 구축

실제 차량 주행 환경과 유사한 환경을 구축하기 위해, 브레이크 페달과 Steering wheel 등 실제 차량 조작기기들을 설치하였다. 메뉴 화면이 제시되는 통합 디스플레이는 차량의 센터페시아에 해당하는 위치에 설치하였고, 통합 컨트롤은 운전자 오른쪽 센터 칼럼에 해당하는 위치에 설치하였다. 실험 환경은 그림 6과 같이 이루어졌다. 또한 본 실험에서는 실제 주행 환경과 유사한 운전상황을 조성하고 통합 컨트롤 간의 유의한 차이를 보다 명확히 하기 위하여 Secondary task method를 활용하였다. 이는 Mental workload 측정 관련 실험 시 널리 쓰이는 방법으로 피실험자에게 2차 과제를 부과하여 실험을 통해 확인하고자 하는 바를 명확히 하는 방법이다(O'Donnell, 1986). 2차 과제로는 Visual stimulus에 대한 Verbal response, Visual tracking task 부여 등이 있다. 본 실험에서는 Visual Tracking task를 적용하여 실험을 실시하였다. 전방에 0°, 48°, 90° 좌우로 기울어진 화살표와 "Stop" 화면을 4~18초 사이 간격으로 무작위로 제시하고, 화면이 바뀔 때마다 '찰칵'하는 효과음을 주어 피실험자의 주의를 환기시켰다. 실험을 수행하는 동안, 피실험자로 하여금 Steering wheel 중앙에 붙어있는 표식을 전방의 화살표 방향과 일치하게 조작하도록 하였고, "Stop" 화면이 나올 경우 오른발로 브레이크를 밟도록 하였다. 그림 7과 같이 Secondary task를 실험 환경에 부여함으로써 통합 컨트롤 시스템간 차이를 더욱 명확히 확인할 수 있었다.

3.3 실험 방법

피실험자가 통합 컨트롤을 사용하여 일정 Task를 직접

그림 7. Secondary Task 제시

수행하는 실험을 실시하기 위해서는 적절한 난이도의 실험용 Task 설계가 필요하다. Task는 Audio, Video, Vent 등 차량 내 다양한 기능을 포함하도록 하였고, 통합 컨트롤에 따른 사용성의 유의한 차이를 확인할 수 있도록 단일 Task 및 복합 Task 등 다양한 난이도의 Task를 설계하였다.

표 2. Task 예시

구분	Path			목적 Task
단일 Task	Audio	FM	Select	FM Preset 3 98.1을 선택하고 청취하세요
			Seek / Scan	현재 채널에서 89.1로 채널을 이동하여 청취하세요
	Video	DVD	Select	DVD Disc 3을 선택하고 감상하세요
	Vent	Air	Passenger	승객 석의 풍향이 위 아래 동시에 나오는 모드로 설정하고 바람의 세기를 3으로 설정하세요
			• • •	
복합 Task	메뉴 간 조합			TV 채널 3번을 선택한 후, 음향의 밸런스를 좌에서 우로 세 단계 조정하세요
			• • •	

표 2와 같은 Task를 설계하여, 피실험자가 실험 시 수행하도록 하였다. 실험 중 수행하는 Task 순서 및 메뉴 유형은 Balancing을 통하여 학습효과를 최소화 하였다.

실험 통제자는 피실험자에게 실험의 전반적인 진행 절차를 설명하고, 통합 컨트롤의 조작 방법 및 Secondary task에 대하여 주지시켰다. 피실험자는 하나의 통합 컨트롤에 대하여, 두 개의 통합 디스플레이 유형 각각에 대하여 5개씩 총 10개의 Task를 수행하였고, 이때 실험 통제자는 피실험자가 Task 수행 중 최적 Path를 벗어나는 오류 횟수(Performance error)와 Task 수행을 완료하는 시간(Performance time)을 측정하여 객관적 데이터를 추출하였다. 피실험자는 실험을 마친 후 선호도(Preference) 관련 설문을 실시하였다. 표 3은 실험 후 실시한 주관적 설문 항목 및 예시이다.

표 3. 선호도(Preference) 설문

선호도 설문	점수
직선형 메뉴 구조에 대한 선호도	( ) 점 / 100점
회전형 메뉴 구조에 대한 선호도	( ) 점 / 100점
컨트롤 유형에 대한 선호도	( ) 점 / 100점

4. 실험 분석 및 결과

SAS version 9.1 프로그램을 활용하여, 수행도(Performance) 측정변수인 Error와 Time에 대한 ANOVA 분석을 실시하였다. 통합 컨트롤, 통합 디스플레이 메뉴, 운전 경험 총 3가지 독립변수 및 교호작용 중 운전자 수행도에 유의한 영향을 미치는 변수를 확인한 후, 유의한 변수에 대하여 SNK grouping을 실시하여 변수 수준 별 유의한 차이를 확인하였다. 또한 실험 후 실시한 선호도(Preference) 설문 결과에 대한 분석을 실시하였다. 운전 경험은 수행도(Performance) 측정 척도인 Error와 Time에 대하여 모두 유의하지 않아 추가 분석을 실시하지 않았다. 통합 컨트롤과 통합 디스플레이 메뉴에 따른 운전자 수행도(Performance)와 선호도(Preference) 분석 결과는 다음과 같다.

4.1 수행도(Performance) 분석

Error와 Time 값에 대한 ANOVA 분석을 실시한 결과, Error에 영향을 주는 요인으로는 디스플레이 메뉴 유형과, 컨트롤 유형 · 디스플레이 메뉴 유형 간의 교호작용이 유의수준 5%에서 영향을 주는 것으로 나타났다. Time에 영향을 미치는 요인은 컨트롤 유형과 디스플레이 메뉴 유형이 유의수준 5%에서 각각 유의한 영향을 주는 것으로 나타났다. 운전 경험은 Error와 Time 모두에 유의하지 않았다. 이는 운전 숙련도와 상관없이, 통합 컨트롤 시스템에 대한 운전자의 인지적 부담은 동일한 수준이라고 해석할 수 있다. 다음은 Error에 대한 ANOVA 분석 결과이다.

각 메뉴 별 Error 평균값을 비교한 결과, 회전형 메뉴는 평균 5.07회, 직선형 메뉴는 평균 3.12회의 Error를 보여,

표 4. Performance Error에 대한 ANOVA 분석

Source	DF	SS	MS	F value	Pr>F
Control type	2	2.5351	1.2675	0.36	0.6999
Menu type	1	114.07	114.07	37.23	<.0001
Control*Menu	2	20.850	10.4250	3.40	0.0406
Driving Experience	1	2.22	2.223	0.63	0.4309
Control*Driving Experience	2	1.64	0.823	0.23	0.7928
Driving Experience * Menu	1	0.67	0.67	0.22	0.6407
Control*Driving Experience* Menu	2	1.87	0.936	0.31	0.7380

표 5. Performance Time에 대한 ANOVA 분석

Source	DF	SS	MS	F value	Pr>F
Control type	2	6004.84	3002.423	6.19	0.0038
Menu type	1	5699.40	5699.40	11.69	0.0012
Control*Menu	2	841.516	420.758	0.86	0.4276
Driving Experience	1	271.00	271.00	0.56	0.4579
Control*Driving Experience	2	1154.17	577.0898	1.19	0.3119
Driving Experience * Menu	1	79.4898	79.4898	0.16	0.6879
Control*Driving Experience* Menu	2	543.568	271.7842	0.56	0.5759

직선형 메뉴가 회전형 메뉴에 비해 Error가 적은 것으로 나타났다. 컨트롤 유형 · 디스플레이 메뉴 유형간 교호작용이 Error에 유의한 영향을 주므로, 한 변수의 영향력에 대한 분석은 의미가 상대적으로 적을 수 있다. 따라서 두 변수간 교호작용에 대한 추가 분석이 필요하다. 각 메뉴 환경 별로 나누어 컨트롤 별 Error 평균을 그림 8과 같이 직접 플롯하였다.

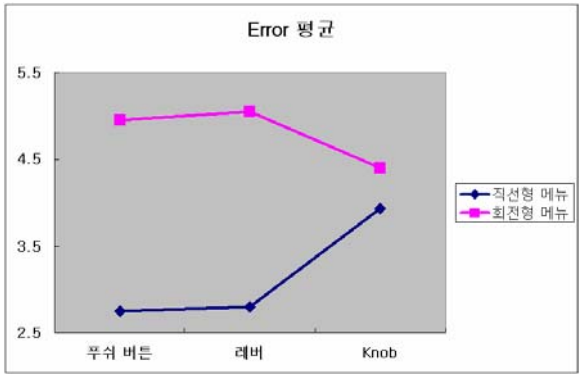

그림 8. 메뉴 유형에 따른 컨트롤 별 Error

플롯 결과, 메뉴 환경에 따라 컨트롤 별 Error의 평균값 변화가 서로 다른 경향을 보였다. 직선형 메뉴일 경우 푸쉬 버튼, 레버, Knob의 순서로 Error가 적었으나, 회전형 메뉴에서는 Knob이 가장 적은 Error를 보였다. 즉 메뉴 형태에 따라 동일한 컨트롤 형태라 하더라도 Error 관련 수행도의 경향은 차이가 있었다. 그러므로 통합 컨트롤 시스템에 적합한 메뉴 유형의 선택 및 디자인이 이루어져야 할 것이다.

다음은 수행도 측정변수 중 Time에 대한 ANOVA 분석 결과이다.

Time의 경우, 컨트롤 유형과 디스플레이 메뉴 유형 각 변수가 유의한 영향을 주었으며, 두 변수의 교호작용은 유의하지 않았다. 각 컨트롤 별 평균 시간은 푸쉬 버튼이 55.0초, 레버가 62.2초, Knob가 72.2초 순이었다. 컨트롤 유형에 따른 Time에 대하여 SNK Grouping을 실시한 결과, 유의 수준 0.05%에서 푸쉬 버튼과 레버가 하나의 그룹으로 Grouping되었으며, Knob는 다른 그룹으로 확인되었다. 그림 9와 같은 이러한 결과를 통하여, 푸쉬 버튼이나 선형 조작 형태의 컨트롤이 회전 조작 형태의 컨트롤보다 짧은 수행 시간을 가진다고 말할 수 있다.

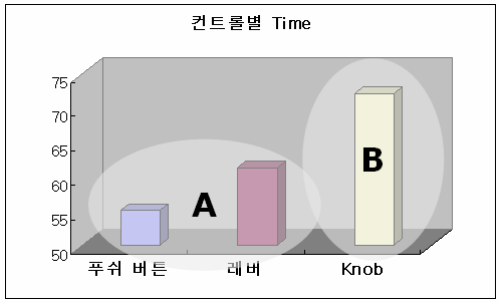

그림 9. 컨트롤 간 Time 수행도 SNK Grouping

메뉴 유형 별 Time의 평균은 직선형 메뉴가 55.9초, 회전형 메뉴가 69.7초로, 회전형 메뉴가 직선형 메뉴보다 수행 시간이 더 오래 걸리는 것으로 확인되었다.

메뉴 환경에 따른 컨트롤 별 Error 경향이 차이를 보인 것과는 달리, Time은 그림 10와 같이 각 메뉴 환경에 따른 컨트롤 별 경향이 일정하였다.

이는 Time의 ANOVA 분석 결과 중 두 변수간 교호작용이 영향을 미치지 않는다는 결과와, 컨트롤 SNK grouping 결과 등과 연결하여 설명할 수 있다. 즉 컨트롤 유형과 메뉴 유형간 조합과 관계없이, 컨트롤은 푸쉬 버튼, 레버, Knob 순으로 수행 시간이 빠르다고 말할 수 있으며, 푸쉬 버튼과 레버 유형이 Knob 유형보다 수행 시간에 있어서 우수한 컨

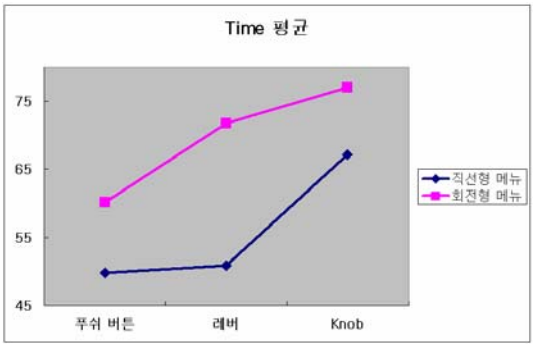

그림 10. 메뉴 유형에 따른 컨트롤 별 Time

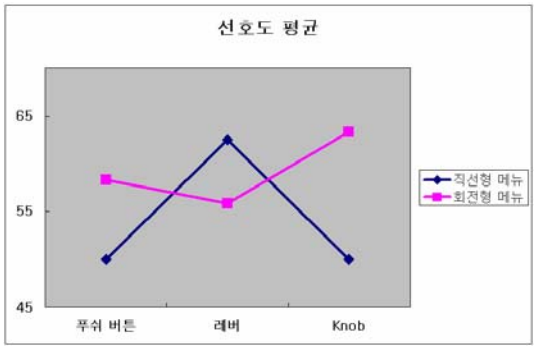

그림 11. 메뉴 유형에 따른 컨트롤 별 선호도

트롤 유형이라 말할 수 있다.

4.2 선호도(Preference) 분석

실험 후 100점 Scale의 3개 항목으로 구성된 선호도(Preference) 설문을 실시하였다. 설문 점수에 대한 각 변수의 영향을 분석하기 위해 ANOVA 분석을 실시하였다. 컨트롤 유형은 Between subject design, 메뉴 유형은 Within subject design으로 실험을 하였으므로, 2-factor mixed design으로 고려하여 분석을 실시하였다. 다음은 선호도에 대한 ANOVA 분석표이다.

표 6. 선호도(Preference) ANOVA 분석

Source	DF	SS	MS	F value	Pr>F
Control Type	2	234.712	117.356	0.33	0.719
Menu type	1	416.9830	416.9830	0.69	0.4084
Control*Menu	2	3034.233	1517.11	2.52	0.0892

ANOVA 분석 결과, 컨트롤 유형과 메뉴 유형의 교호작용만이 유의 수준 0.1에서 유의한 영향을 주는 것으로 나타났다. Performance 측정변수 중 Error 분석 결과와 같이, 선호도(Preference)에서 교호작용이 유의한 영향을 주는 것으로 확인되었다. 이를 통하여 컨트롤 유형과 디스플레이 메뉴 간 교호작용이 수행도(Performance) 및 선호도(Preference)에 유의한 영향을 주는 것을 확인하였다. 이는 컨트롤과 디스플레이의 개별적 설계를 지양하고, 두 변수에 대한 상호 관련성 분석이 실제 통합 컨트롤 설계 시 고려되어야 함을 나타내는 결과이다.

다음은 각 메뉴 유형에 따른 컨트롤 별 선호도 그래프이다.

직선형 메뉴인 경우 레버 형태의 컨트롤 선호도가 가장 높은 것에 반해, 회전형 메뉴에서는 Knob 형태의 컨트롤이 가장 높았다. 이러한 경향은 Error의 평균값의 플롯 결과와 유사한 것으로, 이를 통하여 일관된 양식을 가지는 컨트롤 · 디스플레이 메뉴간 조합이 운전자 수행도 및 선호도 측면에서 우수하다는 결론을 내릴 수 있다.

다음은 설문의 세 번째 항목에 대한 결과를 플롯한 그래프이다.

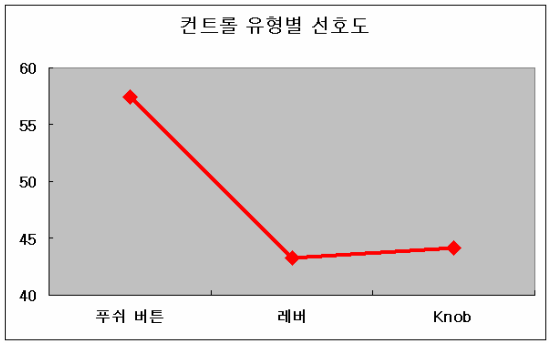

그림 12. 컨트롤 별 선호도 플롯

통합 디스플레이 메뉴와 관계 없이, 컨트롤 형태에 대한 선호도 플롯 결과는 푸쉬 버튼, Knob, 레버 순으로 나타났다. 푸쉬 버튼의 선호도가 현저히 높은 선호도를 보였으며, Knob 및 레버, 두 컨트롤 간 차이는 거의 미비하였다. 직선형 메뉴와의 조합일 경우 높은 선호도를 보인 레버는 전체 선호도에서는 Knob와 비슷한 수준을 보였다. 선호도는 주관적 평가로서, 실제 실험을 통해 도출된 객관적 데이터와 달리, 피실험자 들은 큰 차이를 느끼지 못한 것으로 보인다. 그러나 앞서 실시한 ANOVA 분석 결과 Error와 선호도에서, 컨트롤과 디스플레이 메뉴에 대한 상호작용이 유의한 영향을 주는 것으로 확인되었고 각 메뉴에 따른 컨트롤 별 Error와 선호도가 다른 경향을 보이는 것으로 보았을 때, 메뉴 유형에 따른 적절한 컨트롤 형태의 사용이 통합 컨트롤 시스템 설계에 있어 중요한 사항이라 할 수 있다.

5. 결론 및 토의

본 연구는 차량 내 통합 컨트롤 형태에 따른 운전자 수행도를 비교 분석하기 위하여 기존 통합 컨트롤 관련 연구 및 현황 조사를 바탕으로 컨트롤 프로토타입 3가지와 디스플레이 메뉴 프로토타입 2가지를 제작하여 실험을 실시하였다. 학습효과를 고려하여 피실험자는 하나의 컨트롤에 대하여 실험을 실시하였고, 5개 Task를 각 메뉴 유형에 따라 수행하여 총 10개 Task를 수행하였다. Error와 Time은 운전자 수행도를 분석하기 위한 척도로 활용하였고 실험 후 선호도 설문을 실시하여 선호도 결과를 도출하였다. 분석 결과 3가지 컨트롤 유형 중 푸쉬 버튼 형태의 컨트롤이 운전자 수행도 및 선호도 측면에서 가장 우수한 컨트롤 형태로 나타났다. 이는 Aoki 등(1999)의 연구 결과에서 시소 스위치가 가장 우수한 버튼으로 도출된 것과 연결 지을 수 있다. 즉 푸쉬 버튼 형식의 컨트롤(스위치)이 단순 조작에서뿐만 아니라, 통합 컨트롤 시스템의 적용된 복잡한 메뉴 환경에서도 적합하다고 결론 지을 수 있었다.

푸쉬 버튼 형태는 직선형 메뉴일 경우 Error가 가장 적었고, 메뉴 유형에 관계 없이 Time은 가장 짧았으며 선호도 점수 또한 다른 두 형태의 컨트롤에 비하여 높은 점수를 얻었다. 이러한 결과를 종합하였을 때 통합 컨트롤 시스템에 적합한 컨트롤 형태는, Keypad 형식의 푸쉬 버튼이라 결론 지을 수 있었다. 휴대전화 · PDA · PMP 등 현재 널리 쓰이는 정보 통신 기기 대부분에 Keypad 형식의 푸쉬 버튼이 적용되어 있어, 기존 사용자들에게 이미 익숙한 형태의 컨트롤이기 때문에 이러한 결과가 도출되었을 것이라 예상된다. 피실험자의 평균 연령대가 20대 중반이라는 사실 또한 푸쉬 버튼의 수행도 및 선호도가 높게 도출되었던 이유 중 하나일 것으로 판단된다. 이에 따라 향후 연구에서는 다양한 연령대를 대상으로 하는 실험이 필요할 것으로 보인다. 또한 본 연구에서는, 60명의 피실험자 중 남자가 53명으로 결과가 남자의 성향을 많이 따랐을 것이라 추측된다. 따라서 추후 연구에서는 일정한 비율의 남녀 피실험자를 섭외하여, 성별간 성향의 차이를 비교 분석하여 도출해 내는 연구 또한 필요할 것으로 보인다.

분석 과정 중 Error와 선호도의 경우, 컨트롤과 디스플레이 메뉴 간 교호작용이 유의한 영향을 주는 변수로 판명되었다. 주요 변수 간 교호작용이 유의할 경우, 단일 변수의 영향에 대한 분석 결과는 그 의미가 축소될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 각 메뉴 유형에 따른 컨트롤 간 비교 분석을 통하여 차이점을 확인하고 결과를 도출하였다. Error와 선호도 분석 결과, 메뉴 환경에 따라 컨트롤 간 결과 경향이 달라지는 것을 확인하였다. Knob 형태 컨트롤은 직선형 메뉴에서 높은 Error를 보였으나 회전형 메뉴에서는 가장 적은 Error를 보였다. 또한 직선형 메뉴에서는 낮은 선호도를 보였으나, 회전형 메뉴에서는 가장 높은 선호도를 보였다. 이와 같이 수행도 및 선호도를 높이기 위해서는, 컨트롤의 조작 형태와 양립성 측면에서 일치하는 메뉴 형태가 적합함을 알 수 있었다. 푸쉬 버튼이나 레버와 같은 4방향 조작 컨트롤에는 직선형 메뉴가 쓰이는 것이 적절하며, Knob와 같은 회전 조작 컨트롤에는 회전형 메뉴가 함께 쓰이는 것이 적절하다는 결론을 내릴 수 있다. 따라서 통합 컨트롤로서, 회전 조작 형태의 컨트롤을 활용할 경우, 차량 내 기능 및 정보를 회전형 메뉴 형태로 구현하여 제시하는 것이 적합할 것이라 판단된다. 이는 디스플레이 메뉴와 컨트롤 간 관계 파악을 통하여 도출된 결론이다.

추후 차량 내 적용 기능 및 정보 서비스 증가 추세는 점차 가속화될 전망이다. 이처럼 차량 내에 적용되는 편의 기능들이 점차 다양해짐에 따라, 컨트롤의 위치적 측면에 대한 문제, 즉 차량 내부라는 한정된 공간에서의 효율적 컨트롤 배치에 대한 문제가 통합 컨트롤 시스템 관련 문제와 더불어 활발히 논의되고 있다. 차량 내부 기기 중 Steering wheel은 주행관련성이 높고, 접근성이 뛰어난 특징을 가진 조작기기로서 점차 다양한 기능들이 Steering wheel 상에 적용되고 있으며, Steering wheel의 의미 또한 단순 주행 관련 조작기기에서 기능 배치의 주요 활용 공간으로 확장되고 있다. 앞서 수행도 및 선호도 분석을 통하여 도출된 푸쉬 버튼은, 레버나 Knob 형태 보다 Steering Wheel에 적용되기에 용이하다는 특징을 지니고 있다. 따라서 통합 컨트롤로서뿐만 아니라 추후 Steering wheel에 4D Keypad 형태로 적용되는 등 보조 컨트롤로서의 적용 가능성 또한 확대될 것으로 예상된다.

통합 컨트롤로서의 푸쉬 버튼 성격은 다음과 같이 요약될 수 있다.

- 객관적 수행도(Performance) 평가 결과
  - 직선형 메뉴일 경우 Error 최저
  - 메뉴와 관계없이 가장 빠른 Task 수행(Time 최저)

- 주관적 선호도(Preference) 설문 결과
  - 메뉴를 고려하지 않을 경우, 최고 선호도

- 적용 방향
  - 직선형 통합 디스플레이 메뉴와 시스템을 이루었을 경우, 더 나은 수행도 및 선호도 결과
  - 다른 컨트롤 유형보다 Steering wheel에 적용 가능성 (확장 가능성) 높음

• 관련 추후 연구 과제
  – 30~40대 및 그 이상의 나이 대 운전자에게도 적합한 컨트롤 유형인지 검증 필요
  – 성별의 차이로 인하여 발생할 수 있는 결과 차이 확인 및 검증 필요

추후 보다 확장된 연구로서 컨트롤 · 디스플레이의 적정 위치 산출을 들 수 있다. 기존 차량은 통합 컨트롤과 통합 디스플레이가 다양한 영역에 위치하고 있어 운전자 수행도 및 눈높이를 고려한 최적 위치의 확인이 필요할 것으로 보인다. 주행 중 / 비 주행 중 상황에 따른 컨트롤 수행도 분석, Task 조작 난이도에 따른 컨트롤 수행도 분석 등 통합 컨트롤 유형에 대한 세부적 결과 도출을 위한 연구 또한 추후 수행되어야 할 것이다.

참고 문헌

Aoki, K., Kataoka, I. and Ishii, K., Usability of display-control switches for in-vehicle information network system, *Vehicle navigation systems and advanced controls(IV)* Society of Automotive Engineers, Inc, 69-77, 1999.

Bengtsson, P., Grane, C. and Isaksson, J., "Haptic / graphic interface for in-vehicle comfort functions - a simulator study and an experimental study", *Haptic, Audio and Visual Environments and Their Applications, Proceedings of the 2nd IEEE International Workshop*, (pp25-29), Seoul, 2003.

Burnett, G. E. and Porter, J M., Ubiquitous computing within cars: designing controls for non-visual use, *International Journal of Human-Computer Studies*, 55, 521-531, 2001.

Burnett, G. E., Usable vehicle navigation systems: are we there yet?, *Proceedings of vehicle Electronics Systems 20002 European Conference and Exhibition*. Nottingham, UK (3.1.1-3.1.11), 2000.

Galer, F., The safe design of in-vehicle information and support systems, *the Human factors issues. International Journal of Vehicle Desig*n, 16, 158-169, 1995.

Isaksson, J., Nordquist, J. and Bengtsson, P., Evaluation of a Haptic Interface for In-Vehicle Systems, *Proceedings of IEA 2003*, Seoul, 2003.

Johanson, H., Walter, Katarina., In-Vehicle Screen Density: Driver Distraction and User Preference for Low vs. High Screen Density in Integrated Displays, *Master thesis in Cognitive Science, Department of Computer and Information Science, Linköpings universitet*, Sweden, 2005.

O'Donnell, R. D. and Eggemeier, F. T., Workload assessment methodology. In K.R. Boff, L. Kaufman & J.P. Thomas (Eds.), *Handbook of perception and human performance*. 42/1-42/49, 1986.

Olaf Preißner, Design of graphic displays for driver information and communication systems, *Computer Aided Animation Gmbh (http://www.caa.de)*, 2000.

SAE Recommended Practice., (SAE J2364), Navigation and Route Guidance Function Accessibility While Driving., 2004.

Spreng, M., iDrive - The New Interaction Concept for Automotive Cockpits., *BMW Group Technical Report*, 21-0042, 2002

Takayama, L. and Nass, C., Driver safety and information from afar: An experimental driving simulator study of wireless vs. in-car information services, *International Journal of Human-Computer Studies, Available online* 31 July, 2006.

◐ 저자 소개 ◑

❖ 임 형 욱 ❖ limergo@korea.ac.kr
고려대학교 산업시스템정보공학과 학사
현 재: 고려대학교 산업시스템정보공학과 석사과정
관심분야: 제품 개발 프로세스

❖ 정 의 승 ❖ ejung@korea.ac.kr
Pennsylvania State University 산업공학과(인간공학) 박사
현 재: 고려대학교 산업시스템정보공학과 교수
관심분야: 제품개발, 인간공학, 감성공학

❖ 박 성 준 ❖ sjpark@nsu.ac.kr
포항공과대학교 산업공학과 (인간공학) 박사
현 재: 남서울대학교 산업경영공학과 교수
관심분야: 자동차 인간공학, 제품개발, 감성평가

❖ 정 성 욱 ❖ saver@korea.ac.kr
고려대학교 산업시스템정보공학과 학사 및 석사
현 재: 고려대학교 산업시스템정보공학과 박사과정
관심분야: 제품 개발 및 디자인

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2006년 10월 13일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2006년 11월 23일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2006년 12월 17일