Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 29, No. 4 pp.625-629, August 2010 DOI:10.5143/JESK.2010.29.4.625

자동차 네비게이션 시스템을 위한 햅틱 시트의 평가에 관한 연구

장원석[1] · 김석환[2] · 편종권[2] · 지용구[1]

[1]연세대학교 정보산업공학과 / [2]현대자동차 시트시스템설계팀

Evaluation of Haptic Seat for Vehicle Navigation System

Wonsuk Chang[1], Seok Hwan Kim[2], Jong Kweon Pyun[2], Yong Gu Ji[1]

[1]Department of Information and Industrial Engineering, Yonsei University, Seoul, 129-749
[2]Seat System Engineering Team, Hyundai-Kia Motors R&D Division, 445-706, Republic of Korea

ABSTRACT

This study has confirmed that subjective positive and negative aspects a driver feels by applying haptic seat on a vehicle to substantiate vehicle navigation system. Our experiment with total twenty subjects provides that the reaction time (RT) is superior in haptic interface than visual or auditory interface but subjective satisfaction, which subjects feel, and workload is less low in a simulator environment. Although, the difference of individuals and unfamiliarity is relatively high inasmuch as the experiment of absolutely new technology, but overall satisfaction of haptic seat is high. The result of study provides some consideration and direction to need in implementation of a haptic seat and it also confirms their possibility meaningfully. We expect the interaction between a driver and a vehicle and safety improvement potentially through applied haptic seat on actual vehicles.

Keywords: Haptic, Haptic seat, Vehicle navigation system, Evaluation

1. 서 론

최근 눈부신 차량의 기술 발전은 In-Vehicle Information System(IVIS)과 엔터테인먼트 기술의 발달로 이어졌고 운전자와 시스템간의 상호작용의 양과 복잡성은 증가하고 있다. 하지만 지금까지의 시각과 음성 위주의 상호작용 방식은 눈과 귀에 집중되어 정보를 받아들이기 때문에 운전자의 집중력을 저해하거나 운전수행을 방해하는 등의 문제점들을 가지고 있다(Tijerina, et al., 2000; van Erp & van Veen, 2004). 이에 반해 햅틱 인터페이스는 신체 여러 부위를 활용하여 상대적으로 많은 정보를 동시에 전달할 수 있다는 장점으로 인해 시각과 음성 인터페이스의 대안과 보완의 역할로서 그 중요성이 증대되고 연구 범위가 다양해지고 있는 추세다(Robles-De-La-Torre, 2008).

특히 진동(vibrotactile)을 이용한 햅틱 인터페이스는 전기(electrotactile) 등의 방식에 비해 사용자가 안전하게 사용할 수 있다는 장점이 있다(Alahakone and Senanayake, 2009). 일반적으로 진동 햅틱 인터페이스는 여러 개의 진동 모터 등을 배열하여 정보를 전달한다. 이러한 배열은 진동이 한번에 울리도록 하여 단순한 정보를 전달하기도 하지만 위치와 순서 등을 이용하여 방향 정보를 제공하기 위한 시도들이 있어 왔다(Tan, Gray, Young and Traylor, 2003). 자동차 분야에서는 이러한 진동 정보 표현을 사용

교신저자: 지용구
주 소: 129-749 서울시 서대문구 성산로 262호 연세대학교 417-a, 전화: 010-9028-1960, E-mail: yongguji@yonsei.ac.kr

한 햅틱 인터페이스를 통하여 자동차 네비게이션 시스템을 지원하기 위한 연구가 다양하게 진행되고 있다. Van Erp (2001)는 시각 정보 전달과 비교하여 효율성의 향상과 작업부하를 줄이기 위하여 좌회전, 우회전, 직진 등의 네비게이션 신호를 시각 방식과 시트를 통한 진동 방식으로 운전자에게 제시한 결과, 시각 방식보다 높은 햅틱 방식의 반응속도와 낮은 작업부하를 확인하였다. 또한 van Erp(2004)는 과중하게 부하되는 감각 채널들의 부담을 덜어주기 위한 목적으로 자동차 네비게이션 시스템에서 시각 방식과 시트의 진동 방식에 따르는 작업부하와 반응시간을 높은 작업부하 상황과 낮은 작업부하 상황을 구분하여 측정하였다. 그 결과 진동 방식과 햅틱과 시각을 혼합한 방식의 정보 전달은 작업부하가 증가해도 성과의 감소가 나타나지 않았지만, 시각 방식의 경우 성과의 감소가 나타났다.

햅틱과 관련된 기존 연구들은 대부분 시각, 음성 방식보다 햅틱 방식의 높은 반응 속도, 정보 전달 채널의 구분, 작업부하 감소 등 시스템 자체의 효과에 초점을 맞추고 있기 때문에 햅틱 인터페이스의 부정적인 측면에 대한 연구는 부족하다. 하지만 사용자에게 전달하는 신호의 위치나 형식 등의 변수에 따라서 사용자가 실제로 느끼는 부정적인 반응은 예상보다 클 수 있으며 이로 인해 역으로 과부하를 초래할 수 있다. 따라서 우리는 운전자의 정보 전달의 유연성과 운전의 안전성을 향상시키기 위해서 자동차 네비게이션 시스템에 햅틱 시트를 적용하여 운전자가 느끼는 긍정적인 측면과 부정적인 측면을 모두 확인해야 한다. 따라서 본 논문은 자동차 네비게이션 시스템에 대한 햅틱, 시각, 청각 방식의 반응 속도와 주관적 만족감, 주관적 작업부하를 종합적으로 측정하였다.

2. 연구 방법

2.1 피실험자 및 실험장비

실험에는 총 20명의 피실험자(여자 9명, 남자 11명)가 참가하였다. 피실험자의 나이는 22~58(MD = 37.8, SD = 12.3)세였다. 평균 몸무게는 65.4Kg, 평균 신장은 167.3cm이었다. 모두 운전면허증을 소지하고 있으며 평균 운전 경력은 약 8년이었으며 다양한 직업에 종사하고 있었다.

실험을 위해 실제와 유사한 드라이빙 시뮬레이터(medium-fidelity driving simulator)가 사용되었다. 시뮬레이터에는 H사의 고급 시트를 장착하고 자체 제작된 진동 모터를 장착하였다. 시트의 시트팬(seat pan), 등받이(back support), 시트팬의 볼스터(bolster) 부분에 진동 모터를 설치하였다. 그림 1은 본 연구에서 사용한 진동 모터가 설치된 위치와 개수, 방향에 대한 그림이다.

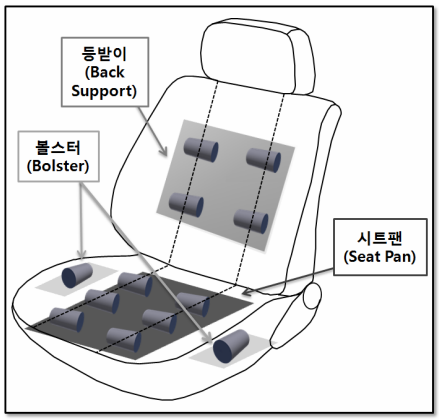

그림 1. 시트에 장착된 진동 모터의 위치와 개수, 방향

시뮬레이터의 화면은 PC 하드웨어를 통해 60Hz 프레임 비율, 1024×768 해상도로 생성되었다. 시뮬레이터에는 2200 ANSI 루멘 조명 출력이 가능한 프로젝터(VPL-CX21, SONY, Japan)를 암실에서 이용하여 차량의 환경과 동일한 눈높이로 운전자의 전방 1m의 거리에 아이콘 등이 나타나도록 장착되었다. 또한 시뮬레이터는 실험에서 발생되는 소리를 위하여 표준 스피커를 운전자의 전방에 서로 90도 각도를 갖도록 장착하여 소리를 발생하였다. 안내와 경보 소리의 세기는 운전자의 위치에서 70dB을 갖도록 조정되었다.

2.2 실험설계

실험의 독립 변수는 신호 종류(직진, 좌회전, 우회전, 속도 제한)와 신호 방식(햅틱, 시각, 음성)으로 4×3 피실험자 내 설계였다. 시각과 음성 신호를 위해 일반적인 자동차 네비게이션 시스템에서 사용하는 신호를 그대로 사용하였다. 햅틱 신호 중 직진 신호는 van Erp and van Veen(2001)의 연구에서 사용되었던 진동의 형태와 동일하게 시트팬의 뒷 열의 진동 모터에서부터 앞 열의 진동 모터까지 발생되었다. 각 열은 120ms씩 510ms의 간격을 두고 진동이 발생되었으며 열 사이의 간격 없이 발생되었다. 좌회전과 우회전 신호는 시트팬의 볼스터에서 158ms의 진동을 46ms 간격으로 두 번 울리고 다시 206ms 간격 후에 두 번 울리는 형태의 신호를 이용하였다(Sayer, Sayer and Devonshire, 2005). 속도 제한에 대한 신호는 등받이에서 Sayer, Sayer and Devonshire(2005)가 속도에 대한 경고로서 사용한 진동 형태를 이용하여 725ms 진동을 78ms의 간격을 두고 두 번 울리는 신호를 사용하였다. 모든 신호들은 직진, 좌회

전, 우회전, 속도 제한 내에서 각각 시각, 음성, 햅틱의 총 제시 시간을 동일하게 하여 신호 간 형평성을 유지하였다 (그림 2).

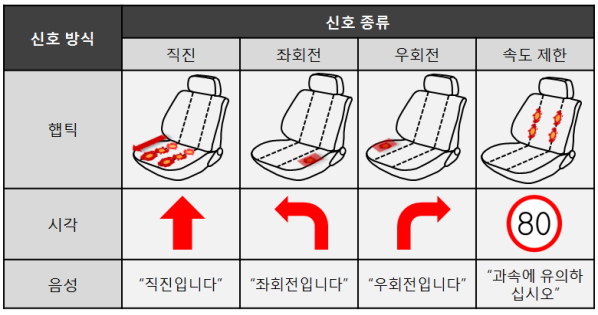

그림 2. 실험에 사용된 신호 방식과 신호 종류

실험의 종속 변수는 신호에 대한 반응 속도, 주관적 만족도와 주관적 작업부하로 측정되었다. 신호에 대한 반응 속도는 각각의 신호에 대해 신호를 제시 받은 시점부터 악셀레이터, 브레이크, 좌측 방향지시등, 우측 방향지시등을 밟거나 작동시키는 시간까지의 간격을 ms 단위로 측정하였으며, 정확한 결과를 위해 신호 마다 3번씩 반복 측정하였다. 주관적 만족도는 Lewis(1995)의 연구에서 신호 인식의 수월함, 의미의 인지 속도, 인지의 편안함, 학습 용이성에 대한 척도의 문항들을 인용하였다. 또한 각 신호가 운전자에게 미치는 부정적인 영향을 측정하기 위해 NASA-TLX의 척도들 중 본 연구와 연관성이 높은 정신적 요구 정도, 신체적 요구 정도, 시간적 요구 정도, 불만족 정도를 이용하였다 (Hart, 1988). 주관적 만족도와 주관적 작업부하는 각 신호 제시 직후 측정하였으며 설문 문항은 모두 7점 척도로 제작되었다.

2.3 실험절차

실험에 앞서 피실험자들은 실험의 목적과 방법, 순서에 대해서 설명을 들었다. 또한 각 실험에 앞서 각 실험에 사용될 신호와 방식에 대해서 미리 학습하고 연습할 수 있는 기회를 제공하였다. 그들은 원하는 만큼 연습할 수 있는 기회를 가졌다. 전체 소요 시간은 평균적으로 1시간 정도 소요되었다. 각 실험에 참가한 피실험자들은 실험실에 실험 진행자와 피실험자 1인만 들어가도록 하였고 모든 실험 내에서의 신호는 임의로 제시되었다. 피실험자들은 언제든지 원할 때 실험은 그만둘 수 있었으며 실험이 끝나면 그들의 느낌에 대해 자유롭게 말할 수 있도록 하였다.

3. 연구결과

실험의 분석을 위해 반복 측정 분산분석(repeated measures analysis of ANOVA)을 사용하였다. 전체 반응시간 측정에서 3.6%(햅틱: 5.42%, 시각: 2.92%, 음성: 2.5%)는 5000ms 내에 반응이 없거나 잘못 반응하여 분석에서 제외되었다. 반응 속도의 두 개의 독립 변수인 신호 종류와 신호 방식에 대한 이원 ANOVA 분석에서 신호 종류의 주효과($F(3,111) = 31.89, p < .001$)와 신호 방식의 주효과($F(2,74) = 193.73, p < .001$)가 있음이 나타났다. 신호 종류와 신호 방식 사이의 상호작용은 없는 것으로 나타났다. 모든 평균과 표준 오차는 그림 3와 같다. 결과의 우위를 비교하기 위하여 대응표본 T 검증을 수행하였다($p = .05$). 신호 종류에 대한 반응시간은 '좌회전'과 '우회전'보다 '속도 제한'과 '직진'이 유의하게 더 오래 걸렸다. 신호 방식에 따른 반응시간은 유의하게 '햅틱' 보다 '시각'이, '시각' 보다 '음성'이 더 오래 걸렸다.

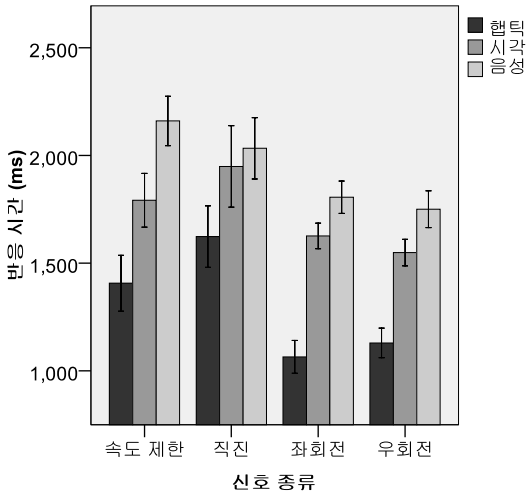

그림 3. 신호 방식과 신호 종류에 따른 평균 반응시간

주관적 만족도와 주관적 작업부하의 두 개의 독립 변수인 신호 종류와 신호 방식에 대한 이원 ANOVA분석에서 주관적 만족도의 척도 중 '의미의 인식 수월함' 척도에 대해 신호 방식 ($F(2,38) = 5.67, p < .01$), '의미의 인식 속도'에 대해 신호 방식($F(2,38) = 8.58, p < .001$), 신호 종류($F(3,57) = 2.97, p < .05$), '학습 용이성' 척도에 대해 신호 방식($F(2,38) = 6.41, p < .01$)의 주효과가 있었다. '인지의 편안함' 척도와 모든 상호작용은 유의하지 않았다. 또한 주관적 작업부하 척도 중 '시간적 요구 정도' 척도에 대해 신호 방식의 주효과($F(2,38) = 5.15, p < .01$)가 있었고 '정

신적 요구 정도', '신체적 요구 정도', '불만족 정도' 척도의 주효과와 모든 상호작용은 유의하지 않았다. 신호 방식의 주관적 만족도에서는 대체로 '햅틱' 보다 '음성'과 '시각'이 의미의 인식이 수월하고 인식 속도가 빠르며 학습이 용이한 것으로 대답하였다. 신호 방식의 주관적 작업부하에서는 '햅틱'이 '시각'과 '음성' 보다 시간적 요구가 더 발생한다고 대답하였다(표 1).

표 1. 신호 방식에 따른 유의한 척도의 평균 결과 비교 (≪, ≫는 유의한 결과(p = .05))

척도		평균(표준편차) 및 결과	
주관적 만족도	의미의 인식 수월함	햅틱	5.56(0.16)
		시각	5.83(0.15)
		음성	6.16(1.31)
		결과	햅틱 < 시각 ≪ 음성
	의미 인식 속도	햅틱	5.44(1.65)
		시각	5.85(1.41)
		음성	6.23(1.30)
		결과	햅틱 ≪ 시각 ≪ 음성
	학습 용이성	햅틱	5.59(1.49)
		시각	6.09(1.30)
		음성	6.30(1.31)
		결과	햅틱 ≪ 시각 < 음성
주관적 작업부하	시간적 요구 정도	햅틱	2.04(1.24)
		시각	1.79(1.17)
		음성	1.59(1.16)
		결과	햅틱 ≫ 시각 > 음성

신호 종류에 대해서 햅틱 신호의 결과를 분석한 결과 주관적 만족도와 주관적 작업부하의 모든 척도에 대해 주효과는 유의하지 않았다(p = .05).

4. 결론 및 검토

반응시간 결과들은 기존 연구들과 유사하게 햅틱 방식이 시각과 음성보다 우수한 반응시간을 갖는 것으로 나타났다(e.g., Tan, Gray, Young and Traylor, 2003; Van Erp, 2004). 하지만 주관적 만족도와 주관적 작업부하의 결과는 반응시간과 상반된 결과를 보였다. 피실험자가 느끼는 의미의 인지속도는 햅틱 < 시각 < 음성이었으며, 시간적 요구 정도는 햅틱 > 시각 > 음성 순서였지만 실제로 반응시간은 햅틱 < 시각 < 음성이었다. 이러한 결과에는 몇 가지 이유가 있다. 우선 최근 네비게이션의 높은 보급률로 인해 피실험자 전원이 네비게이션을 쉽게 접할 수 있는 환경이었다. 따라서 학습의 용이성 측면에서 본 실험에서 사용한 시각과 음성 신호들이 네비게이션의 신호를 그대로 사용하였기 때문에 햅틱 신호에 비해 피실험자에게 훨씬 더 익숙하였다. 또한 의미 인식의 수월함 척도의 결과로 확인된 바와 같이 시뮬레이터 환경에서 시각 신호의 경우 화면에 신호를 나타내었기 때문에 실제 주행 환경에서 따로 부착된 작은 화면에서 제시되는 신호보다 받아들이기가 수월했다. 음성 신호의 경우도 차량 스피커와 비슷한 환경에서 소리가 제공되었기 때문에 실제 주행 환경에서 별도의 네비게이션 기기에서 발생되는 소리에 비해 듣기가 수월했다. 결과적으로 햅틱에 대한 학습 부족과 시각과 음성 신호의 비교적 수월한 인식 환경에 의해 피실험자의 주관적인 평가 결과가 반응시간 결과와 상반되게 도출되었다. 하지만 주관적인 작업부하 측정에서 피실험자들은 시각이나 음성 방식과 비교하여 햅틱 방식에 대해 정신적으로나 신체적으로 큰 부담을 느끼지 않았으며 불만족 정도도 예상보다 낮게 측정되었다. 특히 피실험자들이 시각과 음성 신호와 같이 햅틱 신호를 편안하게 인지하여 시스템이 전달하려는 정보에 대해 편안하게 이해할 수 있었고 햅틱 신호 방식에 대해서 신호 종류에 따른 차이가 나타나지 않았다. 즉 본 실험에서 사용된 모든 신호는 사용자가 직관적으로 받아들이기에 적합하도록 고려하여 디자인되었으며 Ho(2005) 연구 결과에서도 사용자가 직관적으로 받아들이기 쉬운 햅틱 신호 제시의 중요성을 확인할 수 있다. 따라서 실제로 햅틱 시트를 이용한 자동차 네비게이션 시스템을 구현한다면 운전자에게 햅틱 신호에 대한 학습 프로그램 지원을 통해 쉽게 적응할 수 있을 것이라 예상된다.

본 연구는 운전자의 정보 전달의 유연성과 운전의 안전성을 향상시키기 위해서 차량에 햅틱 시트를 통한 자동차 네비게이션 시스템에 대해서 운전자가 느끼는 긍정적인 측면과 부정적인 측면을 모두 확인하였다. 전반적으로 전혀 새로운 기술에 대한 실험인 만큼 개인차와 생소함이 컸지만 햅틱 시트에 대해 7점 중 5점 이상의 만족하는 결과를 보여주었기 때문에 햅틱 시트의 실제 구현에 대한 충분한 가능성을 확인할 수 있었다. 실험이 시뮬레이터 환경이라는 한계점이 있지만 실제 차량과 유사하도록 제작된 장비와 실제 차량에 사용되는 시트를 사용하여 피실험자에게 최대한 실제 운전과 비슷한 환경을 제공하였다. 본 연구의 결과는 햅틱 시트 구현의 가능성을 확인하고 구현에 필요한 몇 가지 고려사항을 제공한 것에 의의가 있다. 향후 실제 차량에 적용된 햅틱 시트를 이용하여 다른 영역에 대해서도 추가적인 실험을 진행할 계획이며 궁극적으로 지능형 자동차에서의 운전자와 차량의 상호작용과 안전성의 향상을 기대한다.

참고 문헌

Alahakone, A. U. and Senanayake, S. M. N. A., Vibrotactile Feedback Systems: Current Trends in Rehabilitation, Sports and Information Display, In *Proceedings of the 2009 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics*, (pp.1148-1153), 2009.

Hart, S. and Staveland, L., Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. *Human mental workload*, 1, 139-18, 1998.

Ho, C., Tan, H. Z. & Spence, C., Using spatial vibrotactile cues to direct visual attention in driving scenes, *Transportation Research Part F 8*, 397-412, 2005.

Lewis, J. R., IBM Computer Usability Satisfaction Questionnaires: Psychometric Evaluation and Instructions for Use. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 7(1), 57-78, 1995.

Robles-De-La-Torre, G., Principles of haptic perception in virtual environments. In M. Grunwald (Ed.), *Human haptic perception: Basics and applications* (pp.363-379). Basel, Switzerland: Birkhäuser Verlag, 2008.

Sayer, T. B., Sayer, J. R. and Devonshire, J. M. H., Assessment of a Driver Interface for Lateral Drift and Curve Speed Warning Systems: Mixed Results for Auditory and Haptic Warnings, In *Proceedings of Driving Assessment*, (pp.218-224), 2005.

Tan, H. Z., Gray, R., Young, J. J. and Traylor, R., A haptic display for attentional and directional cueing. *Haptocs-e*, 3(1), 1-20, 2003.

Tijerina, L., Johnston, S., Parmer, E., Winterbottom, M. D. and Goodman, M. *Driver distraction with wireless telecommunications and route guidance systems* (NHTSA Pub. No. DOT HS 809-069). Washington, DC: U.S. Department of Transportation. 2000. Retrieved on 10 October, 2007, from http://www-nrd.nhtsa.dot. gov/pdf/nrd-13/ DDRGS_final0700_1.pdf.

Van Erp, J. B. F. and Van Veen, H. A. H. C., Vibro-tactile information presentation in automobiles, In *Proceedings of Eurohaptics*, (pp.99 -104), Birmingham. UK. 2001.

Van Erp, J. B. F. and van Veen, H. A. H. C., Vibrotactile in-vehicle navigation system. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 7, 247-256, 2004.

저자 소개

지 용 구 yongguji@yonsei.ac.kr

Perdue University Dept. of Industrial Engineering 박사
현 재: 연세대학교 정보산업공학 교수
관심분야: HCI

장 원 석 changwonsuk@yonsei.ac.kr

연세대학교 정보산업공학과 학사
현 재: 연세대학교 정보산업공학과 석사과정
관심분야: HCI

김 석 환 henges@hyundai.com

연세대학교 기계공학과 석사과정
현 재: 현대자동차 시트시스템설계팀
관심분야: HCI

편 종 권 pyun6556@hyundai.com

건국대학교 기계공학과 학사
현 재: 현대자동차 시트시스템설계팀
관심분야: HCI

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2010년 06월 04일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2010년 07월 12일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2010년 07월 14일