□ 論 文 □

자동차 항법장치 인간-기계 인터페이스 평가시스템 개발 및 설계 변수 추출에 관한 연구

Development of HMI(Human-Machine Interface) Assessment System and Derivation of Design Variables for Vehicle Navigation System

차두원 · 이제근 (아주대학교 기계 및 산업공학부 대학원)
박 범 (아주대학교 기계 및 산업공학부 부교수)
이 승 환 (아주대학교 환경 및 도시공학부 교수)

目 次

Ⅰ. 서론
1 연구의 목적 및 배경
Ⅱ. 본론
1. 항법장치 HMI 평가방법론
2. 항법장치 HMI 설계를 위한 설계 변수의 선정
3. Navi-HEGS(Navigation-HMI Evaluation & Guideline System)의 개발
Ⅲ. 결론 및 차후 연구 과제

ABSTRACT

항법장치 인간-기계 인터페이스(HUMAN-Machine Interface)는 운전자의 편안함과 안전, 수행도 및 시스템의 사용성, 도로, 안전의 향상 등을 위한 중요한 요소로 인식되고 있다. 그러므로 항법장치 인간-기계 인터페이스 체계가 운전자와 교통에 미치는 영향은 직접적인 항법장치의 시장성 확보와 첨단 교통체계의 전개와 성공에 영향을 미치는 중요한 기술로 떠오르고 있으며, 특히 선진국의 인간-기계 인터페이스 표준의 연구 및 제정의 노력으로 인해 항법장치의 인터페이스 연구는 인간공학의 새로운 영역으로 떠오르고 있다. 이 분야의 가장 핵심은 항법장치 인간-기계 인터페이스 설계 및 평가를 위한 가이드라인과 효율적인 평가방법의 개발이며, 이들의 데이터베이스화 역시 설계 및 평가 효율향상을 위한 기본적으로 중요하게 여겨지는 연구과제이다.

본 논문은 기존 항법장치 인간공학적 평가 방법들의 비교평가를 통해서 적합한 항법장치의 평가방법론과 추출된 항법장치 인간-기계 인터페이스 설계 변수를 제시하며, 이들을 가이드라인화하여 데이터베이스화 할 수 있도록 설계된 Navi HEGS(Navigation HMI Evaluation & Guideline System)에 대하여 기술한다. 또한 실험을 통하여 본 논문에서 제시된 주관적 평가 방법인 RNASA-TLX(Revision of NASA-Task Load Index)와 운전자의 시각분석의 결과를 본 시스템을 사용하여 분석 제시하며, 이들을 통해 국내 항법장치 인간-기계 인터페이스 연구의 기반을 제시하고자 한다.

* 본 연구는 96년 G7 Navigation System 제작 기술 프로젝트 연구비 지원에 의해 수행되었음.

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

항법장치는 첨단교통체계의 교통 정보를 차내에서 제공하게 될 CMS (Changeable Message Sign), RDS-TMC (Radio Data System-Traffic Message Channel), PC통신 등의 여러 대안 중 가장 경쟁력 있는 시스템으로 점차 차내 정보 장치로 보편화 될 전망이다[1]. 또한, 미래에는 경로안내 기능 이외에도, 동적경로안내 시스템의 전개와 함께 교통 및 도로 네트워크 정보, 운전자의 시각 능력의 지원 (안개시, 악천우, 야간 등), 장애물 감지 등의 기능도 가능해질 전망이다[20]. 이러한 기능들을 고려할 때, 항법장치는 운전자에게 정확하고 신속한 차량운전을 지원하고 보다 안전하고 쾌적한 주행환경을 제공하여 운전자 기능의 분담 및 의사결정을 지원하는 시스템임에 틀림 없다. 그러나, 기존 운전 행위의 HMI 형태와는 달리 이들 정보를 운전자에게 전달하는 전자도로 지도 기반의 디스플레이나 음성정보의 추가로 인한, 기존 운전자-도로-자동차 시스템 사이 인터페이스 형태의 변화로 운전자의 정신적, 인지적, 육체적부하를 증가시킨다는 것은 자명한 사실이다. 그러므로, 정보의 약 80%를 시각을 통해 얻는 운전자에게 [17], 항법장치는 운전자와 도로의 안전과 요구 정보의 획득에 불필요한 영향을 미치지 말아야 하며, 본래의 그 기능에도 충실해야 한다. 또한, 항법장치는 기본적 기능인 운전자와 첨단교통체계 사이 직접적인 정보 전달 및 경로안내 기능에 있어서의 서비스 정보의 품질과 신뢰성이 매우 중요 하지만, TV 및 비디오, 오락기능, 여행지 안내 기능 등 멀티미디어적 부가기능이 점점 선호되고 있는 상황에서 HMI는 운전자의 안전과 도로교통의 효율 향상을 위해 더욱 그 중요성이 강조되고 있는 실정이다. 이에 항법 장치의 HMI기술은 ITS 및 항법장치의 성공적인 기능 수행 및 시장성 획득을 위한 중요한 기술로 떠오르고 있으며, 특히 선진국의 항법 장치 HMI 표준 연구 및 제정 노력으로 인해, 항법장치의 인터페이스 연구는 인간공학 및 인터페이스 공학의 새로운 관심 분야로 떠오르고 있다[4]. 이에 본 연구는 96년 G7 프로젝트의 일환으로 개발된 항법장치 HMI 평가방법론과 선정된 항법장치 HMI 설계변수를 제시하며, 본교 인간공학 연구실에서 이를 시스템화하여 프로젝트에 참여한 국내 9개의 전자 및 자동차 회사에 배포된 Navi-HEGS에 대하여 기술한다.

II. 본론

1. 항법장치 HMI 평가방법론

기존의 항법장치의 HMI 평가는 크게 생리학적 신호의 측정, 차량의 수행도 측정, 다중 작업에 의한 수행도 측정, 운전자의 주관적 판단, 운전자의 시각분석 등에 의해 평가되어 왔다[4]. 이들 중 운전자의 생리학적 신호 측정을 이용한 평가의 경우 모든 정신적 부하 측정의 지표로 사용되지만 (Karmer, Sirevaag, & Braune, 1987 ; Roscoe, 1987 ; Wickens, 1984), 물리적부하, 잡음, 감정 등의 영향과 같은 자극에 의해 생성되는 반응에 민감하여 간섭 받기 쉬우며 (Roscoe, 1987 ; Sanders, 1987), 피실험자 개인간 특성차에 의해 많은 결과의 편차가 발생된다[12]. 또한 이 방법은 항법장치 운전자의 정신적부하 측정을 위한 도로 주행 테스트의 경우, 실험자에게 많은 실험 부하를 가중시키는 방법으로 인식되어 근래에는 거의 사용 되고 있지 않다[14]. 또한, 다중작업을 통한 평가의

경우, 항법장치를 사용하는 운전자는 이미 항법장치를 통한 정보습득 행위와 운전행위를 동시에 수행하는 다중 작업의 상태이며, 실제 사용환경의 간섭을 감안할 때 주로 실험실용 평가방법으로 여겨 지고 있다[14]. 그러므로, 현재까지 수행된 항법장치의 HMI 평가는 실제 도로주행 실험의 결과를 통한 운전자 시각 분석을 통한 시각의 지속시간(duration) 및 빈도(frequency)의 측정이 대부분 이었으며[5], 근래에 들어 항법장치의 HMI평가는 객관적 평가로 분류 되는 운전자의 시각분석과 주관적 평가로 분류되는 운전자의 정신적 부하분석이 병행되어 행하여 지고 있다.

(1) 객관적 평가

객관적 평가방법으로 취급되는 운전자의 시각분석을 통한 정보 제시에 대한 단순 자극-반응(stimulus-response) 형태의 항법장치 인터페이스 평가는 항법장치를 이용한 도로주행의 잠재적인 방해물을 정의하는데 있어 중요한 기준이지만, 주관적 평가로 여겨지는 시스템의 사용성 및 운전자의 정신적 부하를 평가하는데 있어 충분한 정보를 제공하지 못한다[13]. 그러므로, 항법 장치의 HMI평가는 객관적 평가와 주관적 평가가 함께 상보적으로 실행되어야 하며, 주행 환경의 복잡성과 운전자 상호 개인적인 다양성을 고려할 때, 가능한 한 많은 피실험자와 완전한 평가 과정을 갖는 것이 중요하다.

운전자의 시각분석은 항법장치를 이용한 도로 주행 시 모든 환경조건이 같다고 가정 할 때, 운전자의 도로전방에 많은 시야빈도와 장시간의 지속시간을 유지시키는 시스템이 운전자의 안전에 보다 바람직한 시스템이라는 가정으로 결과를 해석 한다[13]. 운전자의 시각적 요구를 정량화하는 대표적인 예는, 전체 운전 시간에서 운전자의 시각을 요구하는 각각의 시각 요구처에 대하여 소요되는 지속시간과 빈도를 정량화하는 방법으로[23], 이 방법은 운전 상황, 인터페이스 체계나 기능이 다른 시스템 들간의 비교, 운전자의 부류 등에 따른 평가 대상의 비교분석에 유용하며, 운전자 행동표준(performance standard)의 선정에도 유용한 자료로 사용될 수 있다 [22].

(2) 주관적 평가

최근 인간의 정신적 부하를 측정하는데 가장 많이 사용되는 SWAT (Subjective Workload Measurement Technique), SWORD (Subjective Workload Dominance), Cooper-Harper Scale, NASA-TLX (NASA-Task Load Index) 가운데, NASA-TLX는 다른 방법들 간의 비교를 통해, 감도와 피실험자의 수용성, 결과의 일관성, 실행의 용이성 등의 우수성으로 인해 차내 정보시스템 운전자의 정신적부하를 측정하는데 가장 널리 사용되고 있으며, 인간의 정신적 부하를 측정하는 가장 적합한 척도로 인정 받고 있다[5][9][13][14][15].

이 방법은 NASA Ames Research Center에 의해 개발되었으며, 인간의 정신적부하는 정신적 부하의 요구정도 (mental workload), 물리적 부하의 요구정도 (physical demand), 시간적 부하의 요구정도 (temporal demand), 노력정도 (effort), 실패정도 (frustration level), 수행도 (performance)의 6가지 요소로 구성되어 있다는 가정으로, 이들에 대한 운전자의 정신적부하 측정을 시행한다[15]. 그러나, Ann과 Annie가 지적했 듯[14], 물리적부하의 요구정도 항목에서는 능숙한 운전자와 실질적으로 수요가 증가하고 있는 오토매틱 차량에 대한 고려를 하지 않았으며, 정신적 부하의 요구정도 항목에서는 운

전자의 지각적인 면과 인식적인 면을 모두 고려하여 피실험자의 평가에 있어 혼란을 야기시킬 수 있는 가능성을 배제하지 않았다. 또한, 수행도 항목에서는 실제적으로 운전자 자신이 측정할 수 없고 항법장치가 광범위하게 사용될 때 획득될 수 있는 운전자 운행 에러, 도로소통 상태 등에 관한 데이타가 요구되므로, 이러한 요소를 배제한 상태의 순수한 정신적부하 측정만을 위한 새로운 척도가 요구되었다. 또한, 실질적으로 NASA-TLX를 직접 한국의 운전자에게 실험을 통하여 적용하는 과정 및 결과에서, 충분한 평가방법 및 척도에 대한 사전교육에도 불구하고, 피실험자가 전문적인 용어와 기술적인 용어 이해의 어려움으로 인한, 6개 척도의 평가에서 자신이 소비한 실질적인 부하를 정량화하지 못하는 문제가 발생되어 새로운 척도의 개발이 요구되었다 [5]. 〈표1〉은 연구초기 단계에 5명의 피실험자를 대상으로 측정한 NASA-TLX의 실행 결과를 나타낸다.

본 연구에서 개발된 주관적 평가방법인 RNASA-TLX의 검증과 개발된 시스템의 사용성 평가를 목적으로 시행된 본 실험은 항법장치의 정보 전달 매체로 가장 널리 사용되는 시각정보와 시각정보와 음성정보 혼합 형태의 방향지시 정보를 비교대상으로 실행되었다. 이 실험의 결과는 이미 많은 기존 연구를 통하여 혼합 형태의 정보가 적은 운전자의 정신적 부하와 시각적 능력을 요구 한다는 결론이 도출되었다[5][13][18][19].

〈표 1〉에서 시간적부하의 요구정도와 수행도 항목을 제외한 나머지 척도들의 결과는 Wilcoxon Signed-Rank 검정 ($p=0.05$)에 의해 유의하지 않음이 판명 되었으며, 이들 문제점을 기반으로 NASA-TLX의 우수한 면인 결과분석 과정과 새로운 척도를 결합한 RNASA-TLX를 개발하게 되었다[5].

〈표 1〉 NASA-TLX의 평가 결과

NASA-TLX 척도	시각정보	시각+음성정보
(1) 정신적 부하의 요구 정도	5.29	4.87
(2) 물리적 부하의 요구 정도	5.61	6.69
(3) 시간적 부하의 요구 정도	9.11	4.41
(4) 수행도	11.09	7.74
(5) 노력 정도	3.56	5.25
(6) 실패 정도	3.56	4.83
전체적인 정신적 부하	6.37	5.63

(3) RNASA-TLX

RNASA-TLX는 실제적인 항법장치를 사용한 운전환경 및 운전자 행위의 분석을 통해, 운전자의 정신적 부하가 정신적 능력의 요구 정도, 시각적 능력의 요구정도, 청각적 능력의 요구정도, 시간적 스트레스, 항법 장치를 사용한 운전의 어려움, 제시정보 이해의 어려움 등의 6개 척도로 구성되었다는 가정 하에, 그 내용은 기존의 NASA-TLX 보다 피실험자가 이해하기 쉽고, 실제적으로 운전자가 주행시 빈번하게 사용하는 자동차 및 항법장치 관련된 장치들의 용어들을 수용하여 운전자가 이해하기 쉬운 언어로 구성 되었다.

특히, 각 항목간의 상관관계를 최소화하기 위하여, 각 항목의 개발에 있어 인간의 정보 인지기관, 부하의 제공원인 등을 구분하여, 피실험자가 자신이 소비한 정신적 부하의 정량화를 용이하게 하는 방향으로 구성되었다.

다음은 본 연구에서 개발되어 실험 및 Navi-HEGS의 평가방법으로 사용된 사용된 RNASA-TLX의 6개의 척도를 나타낸다.

(가) 정신적 능력의 요구정도

항법장치 사용시 차선을 지키기 위한, 주위 차량들과 안전거리를 유지하기 위한, 교통 법규를 지키기 위한 행위 등, 운전과 관련된 행위를 수행하는데 얼마나 많은 정신적인 능력이 요구되었습니까?

(나) 시각적 능력의 요구정도

항법장치 사용시 항법장치에서 제공되는 정보나 혹은 디스플레이, 외부의 교통신호나 백밀러 등의 시각적인 정보를 획득하는데 얼마나 많은 노력이 소비되었습니까?

(다) 청각적 능력의 요구정도

항법장치 사용시 항법장치로부터 제공되는 음성정보와 라디오 혹은 외부의 청각정보의 획득에 있어 얼마나 많은 청각적인 능력이 요구되었습니까?

(라) 시간적 스트레스

항법장치를 사용한 운전에 있어서 제공 되는 정보의 요구에 대하여 어느 정도의 시간적 간격을 두고 반드시 그 명령을 실행을 하여 야만 한다고 느꼈습니까? (즉, 제시정보와 운전자의 반응간의 타이밍에 관한 항목 입니다.)

(마) 운전의 어려움

항법장치를 사용한 운전 중 기어, 와이퍼, 브레이크, 비상등 등의 차량의 조작과, 오디오, 히터, 에어컨등 부대적인 조작을 함께 하는데 있어서의 얼마나 많은 어려움이 있었습니까?

(바) 제시 정보 이해의 어려움

항법장치에서 제시되는 정보가 본인이 기대하는 내용과 얼마나 일치하였습니까? (즉, 제시정보의 내용을 이것이다 라고 본인이 생각하는 것과 실제 정보의 내용과 일치하는지에 관한 질문으로, 이에는 정보의 양과 밀도 등도 포함됩니다.)

RNASA-TLX를 이용한 항법장치 운전자의 정신적부하 평가는, 실험의 목적에 따라 피실험자의 도로주행 및 시뮬레이션 등의 실행 후 시행하게 된다. 평가의 절차는 NASA-TLX 와 같으며, 다음과 같은 3단계의 절차로 구성 되어 있다.

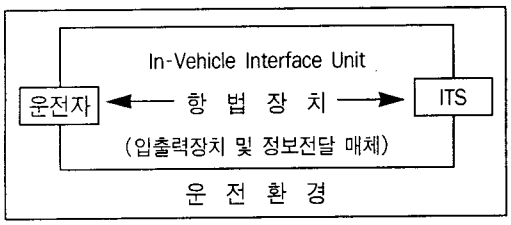
- 1단계 : 사용된 부하의 측정
  피실험자인 운전자가 직접 6개 정신적 부하 구성요소에 대해 자신이 소비 하였다고 생각되는 부하정도를 평가 한다 (0: 낮은 정신적 부하, 100:높은 정신적 부하).
- 2단계 : 각각의 항목에 대한 가중치 결정
  주어진 6개 척도의 쌍대비교를 통해 6개 척도 각각의 중요도에 대한 가중치를 추출 한다.
- 3단계 : 실제 부하의 산정
  위의 두 단계의 결합을 통해 실질적인 운전자의 부하 정도를 산출한다.

2. 항법장치 HMI 설계를 위한 설계변수의 선정

항법장치의 HMI 설계를 위한 설계변수의 선정 및 이를 통한 가이드라인의 작성은 기존 인간공학적 설계기준의 부족, 가이드라인 선정을 위한 데이타수집의 문제, 다양한 운전자의 유형 등으로 인하여 내용의 정의에 많은 어려움을 가지고 있다[7]. 이에 본 연구는 차후 항법장치의 HMI 표준 선정을 위한 기반 작업으로, 항법장치 HMI 가이드라인 설계를 위한 항법장치 HMI 설계변수 추출 작업을 수행하였으며, 그 결과를 데이터베이스화 하였다. 물론 시스템에

저장된 HMI 설계변수 및 가이드라인은 인간의 특성상 하드웨어의 스펙처럼 정량화 된 형태로 제시 될 수 없지만, 선정된 설계변수 중 운전자의 육체적, 지각적 능력의 한계 및 정보 수용능력 등 실질적으로 적용이 가능한 영역은 기존의 연구 및 실험, 문헌 등을 바탕으로 정량화에 중점을 두었다[6]. 그러나, 실제적인 항법장치 HMI 가이드 라인은 항법장치의 인간공학적 설계변수 대상의 실험을 바탕으로 검증되어야 내용의 정확성 및 신뢰성이 확보되나, 모든 변수에 대한 실험은 비용 및 시간상의 제약으로 인한 많은 제약이 존재한다.

총 3차에 걸친 설계변수 선별 과정에서 1차 선별 과정은 다음 〈그림 1〉과 같은 항법장치의 HMI 모델과 실제 사용환경을 고려한 실제 제품 분석 및 문헌조사, 실제 항법장치 실무자 및 연구 관련자들의 의견을 통해 운전자, 항법 장치, ITS, 3개의 인터페이스 차원에서 11개의 하위 범주와 73개의 설계 변수가 선정 되었다.



〈그림 1〉 항법장치 HMI 의 개념적 모델

2차 선별은 각 변수가 실제 실험을 통한 검증이 가능한지 여부를 판단하는 적합성 검정과, 이 과정을 거쳐 설계 가이드라인으로 의미가 없다고 판단되는 변수나 그 중요도가 이미 기존 연구나 실험 등에 의해 무의미 하다고 파악된 변수들을 전문가들의 의견을 거쳐 삭제 후 비슷한 영역 변수들의 통합 과정을 거쳤다. 마지막 3차 선별은 각 차원 별로 개별변수들이 그 차원의 영역에 적합 한지를 판단하는 내적 신뢰성 조사를 위해 일반적으로 가장 널리 쓰이는 Cronbach의 α값을 측정하였다. 이 값은 수검자가 문항들에 대해 일관성있는 응답결과를 보일 경우 검사의 내적일관성이 높고 검사 문항들이 동질적이라고 보며, 다음과 같은 식에 의하여 내적 일관성이 구해진다.

$$a = \frac{n}{n-1}\left(1 - \frac{\Sigma Si^2}{St^2}\right)$$

여기서, n은 검사에서 문항들의 수, Si^2은 문항 i의 변량(variance), St^2은 전체 검사 변량을 의미한다. 타당성있게 그룹화된 설계 변수 및 HMI 가이드라인은 실제 사용자에게 보다 유용하게 쓰일 수 있으며, 일반적으로 α값이 0.5 이상이면 비교적 그 항목에 대한 신뢰도가 높다고 판단한다[2]. 이 결과에 의해 최종적으로 총 2개의 차원의 6개 범주에서 24개의 변수가 추출되었다. 다음 〈표 2〉는 최종적으로 추출된 항법장치의 HMI 설계 변수들과 이들의 Cronbach의 α값을 보여준다. 〈표 2〉에서 인구 통계학적 특성, 운전경험 수준은 〈그림 1〉의 운전자 차원에, 나머지 범주는 항법장치의 차원에 포함이 되었다. 운전자의 나이, 색채, 명령형태, 정보전달 매체와의 친밀감, 그래픽 차원, 메뉴선택방식같은 항목은 실제적으로 많은 연구가 이루어지고 있고, 운전자의 안전 및 정보의 정확한 습득 및 조작을 위해 중요한 항목이므로 낮은 값에도 불구하고 본 연구에 참여한 항법장치 전문가들의 판단에 의해 삭제 되지 않았다.

3. Navi-HEGS의 개발

Navi-HEGS는 항법장치 HMI 연구의 핵심요소인 HMI 평가시스템으로, 평가절차와 추출된 설계변수를 바탕으로 구성될 HMI 가이드라인의 저장을 위한 항법장치 가이드라인 데이타

베이스를 내장하였다. 즉, 본 시스템의 기능적인 목표는 항법장치 HMI 디자인 및 관련 종사자들에게 HMI 디자인 의사결정 및 개선, 향상을 위한 연구의 기반을 제시하며, 평가의 편의 및 결과의 정확성을 위한 시스템의 제공과 함께 이를 가이드라인화하여 데이터 베이스화 할 수 있는 도구를 제공 하는 것이다.

〈표2〉 추출된 항법장치 HMI 설계 변수

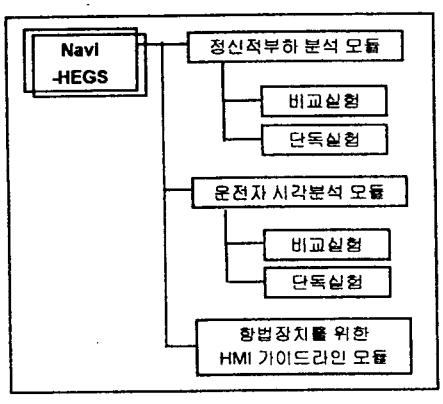
범주	하 위 범 주	Cronbach α값
운전자 차원		
인구통계학적 특성	나이	0.2452
	성별	0.5241
	청각적 능력	0.4830
운전 경험 수 준	멀태미디어 매체와의 경향 수준	0.9399
	다른 차내 정보장치 사용에 대한 경험 수준	0.9698
항법장치 차원		
정보 입력 수 단	일관성	0..4111
	조작의 용이성	0.7261
운전자 지원 기능	북마크 기능	0.7637
	에러 조작 기능	0.9353
	도움말 기능	0.7762
정보	정확성	0.7743
	양립성	0.7842
	디스플레이 배열	0.7391
	제시시간의 길이	0.6421
	지도상 차차 위치의 표시 방법	0.6841
	사용자 요구 정보의 반영 정도	0.7221
인터페이스	디스플레이의 밝기 (조도, 채도 등)	0.4780
	색채	0.3669
	명령 형태	0.3846
	정보 전달 매체와의 친밀감	0.2628
	그래픽 차원	0.2958
	메뉴 선택 방식	0.3405
	타제품과의 표준화 정도	0.7504
	폰트	0.6865

본 시스템은 Windows 95를 운영 체제로 한 Visual Basic™ 32bit version을 사용하여 구축 되었다.Visual Basic 4.0은 기본적으로 Microsoft 의 Jet DB Engine을 제공하며, 이를 통해 직접 데이터 베이스를 직접 생성 조작할 수 있기 때문에 프로그램의 구성이나, 사용자 인터 페이스 측면에서 많은 장점을 제공한다. Jet DB Engine은 자체 내장된 관계형 데이터 베이스 시스템인 MS Access 3.0을 사용하여, 항법장치 HMI 평가 데이터베이스와 가이드 라인 부분의 주요한 서브시스템으로 구축 되었다. 기존의 NASA-TLX는 많은 자동차 항법장치의 평가에 사용되어 오고 있으나, 그 절차는 주로 스프레드쉬트나 수작업에 의해 이루어져 왔으며, 기존의 U.S. Defense Technical Information Center 와 University of Dayton Research Institute가 지원하는 CSERIAC (Crew System Ergonomics Information Analysis Center)에 의해 구축된 NASA-TASK LOAD INDEX V1.0은 MS-DOS 운영체제 하의 Turbo-Pascal 을 이용하여 구축되었다. 이 시스템은 데이타 입력 절차와 가중치입력 및 위의 두 단계 데이타를 통합하는 3단계의 복잡한 평가 과정을 지닌 사용자 인터페이스와 시스템 편의성 측면에서 전근대적인 시스템이다(참조:http:// dtic.dla.mil/iac/cseriac/toc.html). 그러나, 본 시스템은 국내의 항법장치 설계자 및 평가자의 대부분이 하드웨어 엔지니어인 실정을 감안하여, 시스템의 사용절차는 그들이 이해하기 쉽고, 손쉽게 프로그램에 접근할 수 있도록 구성되었으며, 명확하고 용이한 인간공학적 결과의 이해가 가능하도록 인터페이스가 설계되었다. Navi-HEGS는 크게 정신적부하 분석 모듈, 운전자 시각분석 모듈, 항법장치를 위한 HMI 가이드라인 모듈로 나누어진다.

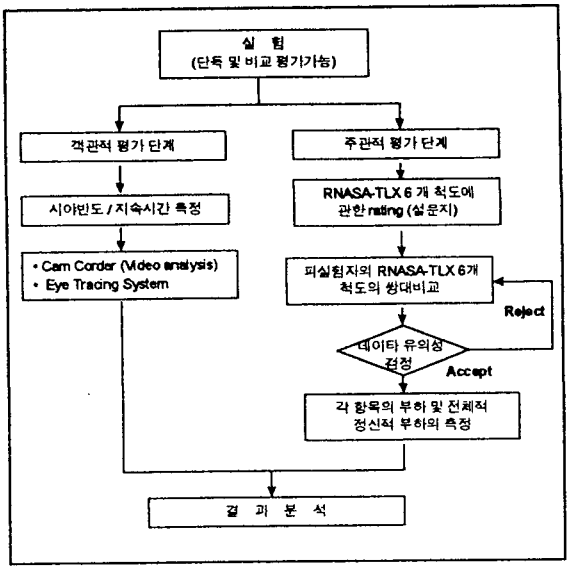
〈그림 2〉는 본 시스템의 구성을 나타내며, 단독실험이라 함은 한 제품에서 경쟁이 되는 설계변수들의 평가를 의미하며, 비교실험이라 함은 다른 제품 및 평가대안들 간의 비교 평가를 의미한다. 여기서 평가대안이라 함은, 위에서 추출한 항법장치의 설계변수등을 의미한다.

예를 들면, 항법 장치의 정보 전달 매체들 간의 비교 평가, 운전자의 특징(예 : 연령별, 경력별 등)에 따른 부하정도의 측정등 다양한 형태의 평가변수 설정이 가능하다. 항법장치의 HMI 평가는 다음 〈그림 3〉과 같은 절차를 필요로 한다. 먼저 피실험자들을 대상으로 원하는 목적에 따라 실험을 실시한다. 실험 실시를 위한 실험 디자인은 결과에 직접적으로 막대한 영향 을 미치는 중요한 요인이므로, 실험 디자인 후 예비실험을 통한 실제 실험이 권장 된다.

실험시 운전자의 시각 분석을 위해 켐코더나 시각추적장치(eye tracing system)를 사용하며, 결과의 현실성을 위해 실험이 끝난 직후 RNASA-TLX 설문지를 이용한 운전자의 정신적부하의 측정을 하게 된다. 특히 운전자의 시각분석은 결과의 분석과정에 많은 시간과 노력이 필요하므로, 가능하면 캠코더를 이용한 실험보다 고가이지만 시각 추적장치의 사용이 권장된다.



〈그림 2〉 Navi-HEGS의 구성



〈그림3〉 Navi-HEGS의 실행 절차

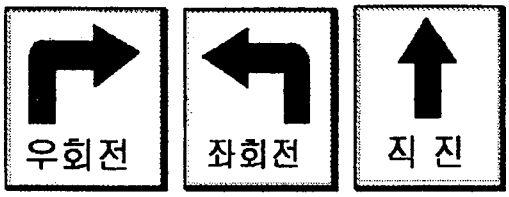
정신적 부하의 측정은 실험 전 피실험자에게 충분한 RNASA-TLX의 세부적 내용에 관한 설명과 설문지 작성 방법을 주지시켜 결과의 정확성을 유도한다. 만약 데이타 검정시 그 데이타가 유효하지 않으면, 재설문을 실시 하거나 삭제 할 수 있으며, 피실험자 개인의 특성차에 의한 결과 편차의 감소와 신뢰성의 확보를 위해 가능하면 많은 피실험자의 참여가 결과의 정확성을 위해 권장된다[17].

4. 실험을 통한 평가 방법의 적용 및 시스템을 통한 결과의 분석

제시된 방법론의 평가와 시스템의 평가를 위해 실시된 본 실험은 항법장치에 가장 많이 사용되는 정보 형태인 시각정보와 시각과 음성이 동시에 제공되는 형태의 방향지시 정보에 대하여 시각분석과 정신적부하를 비교하는 실험을 본 논문에서 제시한 RNASA-TLX를 사용하여 아주대 내부 및 인근 주변 에서 실시하였다. 아주대 인근은 수지, 분당 등의 신도시와 동수원

톨게이트로 연결되는 왕복 4차선 도로로 대규모의 아파트 단지와 상가가 밀집된 교통량 및 통행량이 많은 지역이다. 본 실험은 실험의 안전을 위하여 주로 교통량이 적은 오후에 실시되었다. 펜티엄 90MHz 노트북 컴퓨터를 사용하여 구축된 항법장치 시뮬레이터는 기술 및 비용 상의 문제로 자동차와의 인터페이스는 고려 되지 못했으나, 실제 시스템 사용 환경과의 근접을 위해 실험지역의 많은 사전 답사가 필요하였다.

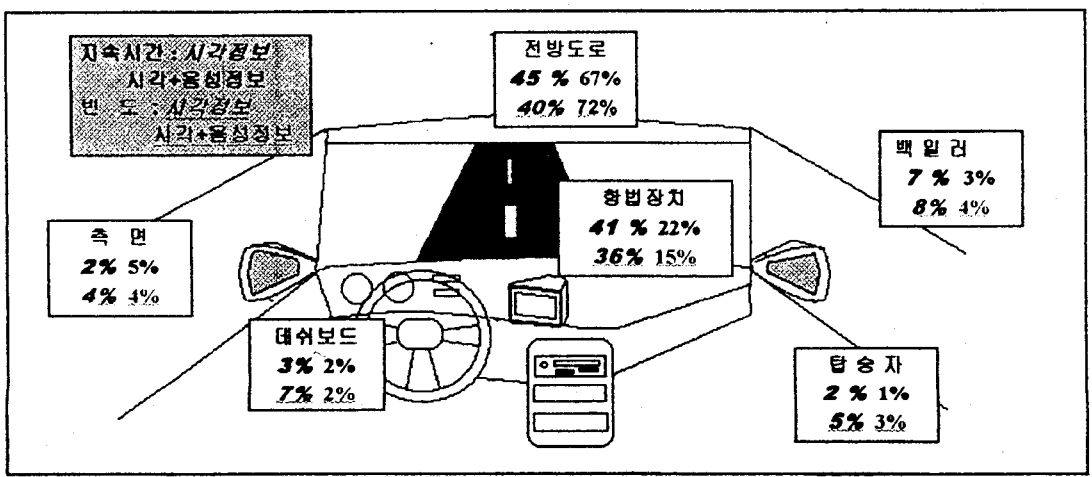
즉, 실제 정보를 제공해야 할 시점(교차로 15m 전방)의 설정과, 디스플레이 상의 자차 표시와 실제 도로와의 맵핑을 위한 실험 시간대의 대략적인 속도 측정이 요구 되었다. 실제적으로 사용된 시각정보의 형태는 〈그림4〉과 같으며, 혼합정보의 경우 각각의 방향지시 정보에 Sound Balster™를 이용하여 녹음한 여성의 목소리로 '우회전 하세요', '좌회전 하세요', '직진하세요' 형태 등의 음성 정보가 외장형 스피커를 통해 제시되었다. 운전자의 시각분석에는 8명, 정신적 부하 측정에는 22세와 32세 사이의 (평균 연령 27.7세) 석,박사 과정의 남학생 14명의 신체적으로 운전에 이상이 없는 상태의 평균 3.1년의 운전 경력을 지닌 피실험자 집단으로 구성되었다.



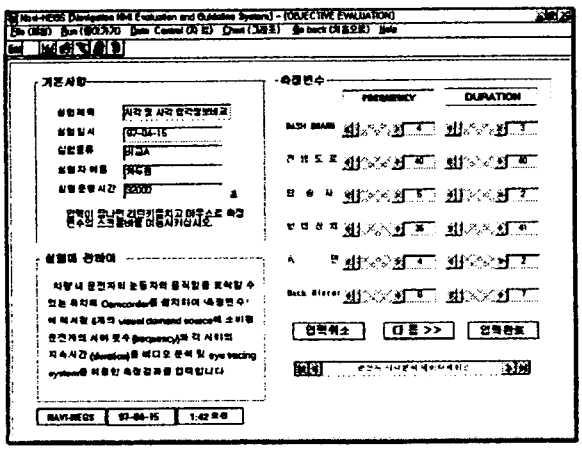
〈그림4〉 사용된 제시 정보의 예

(1) 운전자 시각분석

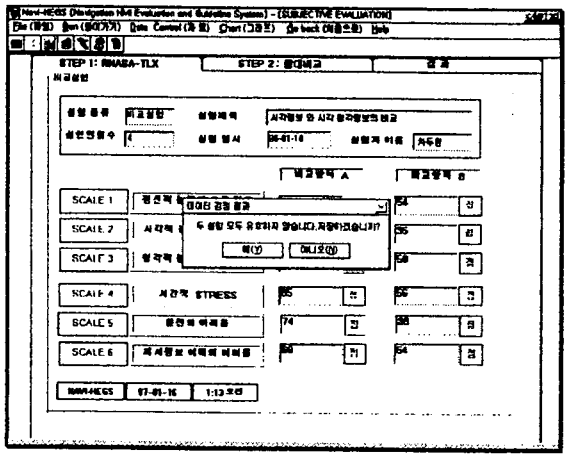
다음 〈그림 5〉는 운전자의 시각분석 결과를 나타내는 그림으로, 비교대상인 2개의 정보 형태에 대해 운전자의 시각적 행위를 요구 하는 6개의 시각요구처인 도로전방, 백밀러, 탑승자, 측면환경, 항법장치, 데쉬보드에 대한 각각의 빈도와 지속시간의 입력화면을 나타낸다. 데이타의 입력은 왼쪽에 실험종류 및 피실험자를 입력하면, 실험일시는 자동으로 출력되며, 실험 데이타박스의 스크롤바를 이용하여 비교관계에 있는 대상들이 소요한 시각빈도 및 지속시간을 입력하면 된다. 〈그림 6〉은 운전자 시각분석의 데이타의 입력 부를 〈그림 7〉은 결과를 나타내는 화면으로, 결과는 프로그램의 결과 프린트 기능에 의해 제공되며, 저장기능에 의해 수시로



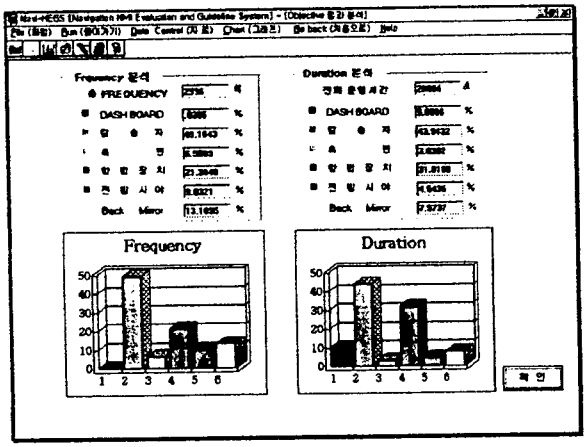
〈그림5〉 시각 정보와 음성 및 시각 혼합 정보에서의 시각분석 결과



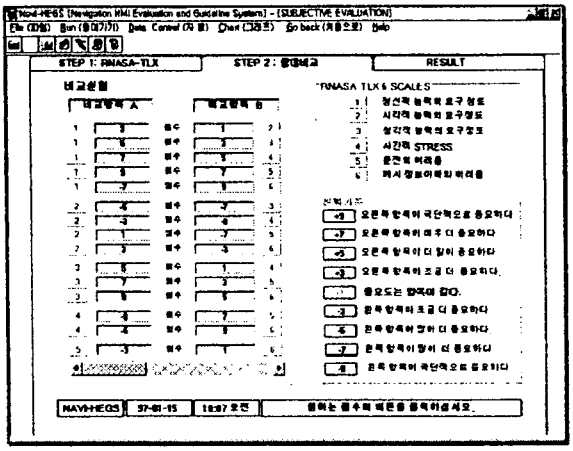
〈그림 6〉 시각분석을 위한 데이터 입력



〈그림 8〉 주관적 평가의 중요도 입력



〈그림 7〉 시각분석의 결과



〈그림 9〉 주관적 평가의 쌍대비교 과정

결과 및 데이터에의 접근이 가능하다.

(2) 운전자의 정신적부하 분석

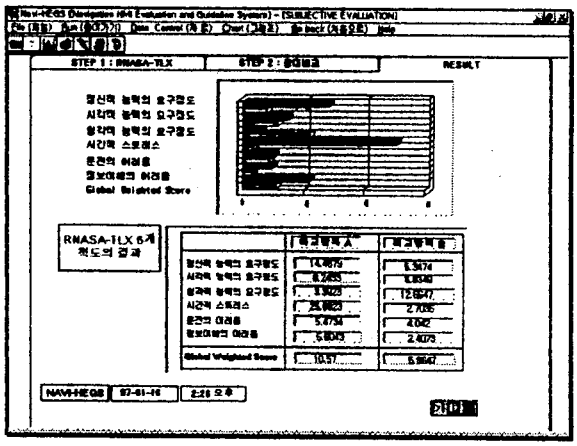
〈그림 8〉과 〈그림 9〉는 각각 시각정보와 시각과 음성의 동시정보 형태에 대한 RNASA-TLX의 첫번째 평가단계인 6개 부하에 대한 중요도의 입력과 두번째 단계인 6개 척도에 대한 15번의 쌍대비교를 시행하는 과정을 나타낸다. 〈그림 8〉〈그림 9〉〈그림 10〉은 하나의 SSTab상에서 실행되어, 모든 실행이 하나의 화면에서 가능하며, 데이터의 입력이 끝나면 자동적으로 입력된 데이터의 검정이 시행되어, 〈그림 8〉의 중앙에 데이타 검정의 결과가 표시되어 데이타 저장의 여부를 확인하는 메뉴가 제시된다. 쌍대비교는 Saaty에 의해 제시된 9점 척도가 사용되었으며, 데이타의 검정은 역시 Saaty가 제시한 일관성지수(Consistency Ratio)를 사용하였다[17]. 피실험자로부터 직접 작성된 데이타의 일관성 지수가 0.1보다 작으면 결과의 일관성은 유의하다고 인

정되며, 본 실험에서 검정 결과가 0.1 보다 크게 나온 피실험자의 경우 데이타의 일관성이 인정되지 않아 다시 쌍대비교를 시행할 기회가 제공되었다. 다음의 〈그림 10〉은 본 실험의 결과를 제시하는 화면이다. 결과는 결과치 데이터 테이블과 함께 그래프로 제시되며, 그래프의 종류에 관한 옵션이 제공된다. 다음 〈표 3〉은 실제 결과 데이타를 나타낸다. 이 결과에서 보 듯, 시각정보와 음성정보의 동시 제공 형태의 정보를 이용한 정보전달 체계는 청각적 능력의 요구정도 항목만이 시각정보 보다 높게 요구될 뿐, 나머지 항목에 대해서는 시각정보 보다 낮은 부하를 요구한다. 즉, 운전자의 안전에 가장 중요한 요소인 시각적 스트레스는 낮게 요구되지만, 소음이 많은 지역이나 갑작스런 소음 발생시 운전자가 음성정보를 인식을 못하는 경우가 빈번히 발생했으므로 많은 운전자의 청각적 부하가 시각정보와 커다란 차이를 나타냈다. 이러한 결과는 대부분의 피실험자가 항법장치와의 경험 및 친밀도의 문제에서 기인된 것으로 실험 후 인터뷰에서 밝혀졌다. 전체적인부하, 즉 위의 6개 항목을 통합한 부하에서도 시각과 음성동시 제공 정보가 시각정보보다 적은 부하를 요구하는 것으로 밝혀졌으며, 위의 결과는 Wilcoxon Signed-Rank ($p=0.05$)에 의해 유의한 결과로 판명 되었다. 본 연구에서 제시한 RNASA-TLX를 이용한 실험의 결과는 이미 여러 실험을 통해 제시된 결과와 일치를 보였다.

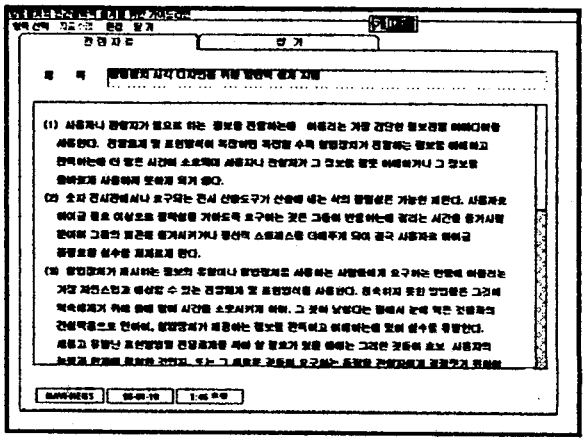
〈그림11〉은 본 시스템에 포함된 항법 장치의 HMI 설계를 위한 추출된 설계변수 및 내용과 선택을 통한 구체적인 가이드라인의 예제 화면을 보여 준다. 본 데이타베이스는 사용자가 결과데이타의 삭제, 편집 및 추가 기능이 가능 하도록 설계 되어 여러 가지 실험 결과 및 정보의 저장을 통한 지속적인 업그레이드가 가능하도록 작성되었다.

〈표 3〉 RNASA-TLX를 이용한 실험 결과

RNASA-TLX 척도	시각정보	시각+음성정보
(1) 정신적 능력의 요구 정도	14.39	5.34
(2) 시각적 능력의 요구 정도	8.24	6.83
(3) 청각적 능력의 요구 정도	3.93	12.66
(4) 수행도	25.69	2.70
(5) 노력 정도	5.47	4.04
(6) 실패 정도	5.60	2.40
전체적인 정신적 부하	10.57	5.66



〈그림 10〉 정신적부하의 측정 결과



〈그림11〉 구체적 가이드라인의 예

III. 결론 및 차후 연구과제

교통시스템 및 자동차와 관련된 인간공학의 연구는 그 설계 및 평가의 결과가 직접적으로 인간의 안전 및 생명에 연결된다는 측면에서 그 중요성이 점차 강조되고 있는 실정이다. 그러나, 실험 및 연구과정에 있어 많은 실험부하와 비용 특히, 도로주행 실험의 경우 안전과 연관된 문제를 지니고 있어 많은 위험이 따르게 되므로 실제적인 연구에 있어 많은 실험 부하와 한계성 및 재현성의 문제를 지니고 있다.

본 연구에서 제시한 RNASA-TLX는 현재 여러 업체들이 개발 중이거나, 이미 시판중인 차내 정보장치들의 안전과 HMI를 고려한 설계를 위한 유용한 평가 수단으로 이용될 수 있으나, 다양한 운전자의 형태, 즉, 연령, 경력, 신체조건, 성별 등에 따른 적용을 통하여 평가 방법의 적용가능성과 재현성이 보다 깊이 연구 되어야 할 것이다. 그러나, 현재 미미한 실정인 국내 운전자들의 분류 기준에 관한 연구가 진행된 후, 그 결과에 바탕한 연구가 보다 효율적이라고 생각하며, RNAS-TLX 이 외의 한국운전자의 부하 측정을 위한 방법론들의 세밀한 장단점의 비교가 효과적으로 이루어 질 수 있을 것이다.

위의 실험의 결과를 본 시스템을 이용하여 도출하는 과정 중 특히 객관적 평가는 미세한 운전자의 시각관련 데이타를 습득하는 과정에 의한 데이터 수집에 많은 시간과 노력이 요구되며, 주관적평가는 데이타습득의 용이성에도 불구하고 통계적으로 복잡한 결과 산출의 과정으로 인해 많은 시간 및 노력을 요구함이 확인되었다.

그러나, 본 시스템 이용 시에는 비록 객관적 평가의 경우 시각데이타의 통계적 처리과정을 통한 결과만을 제시하지만, RNASA-TLX를 이용한 주관적평가의 경우 직접적인 피실험자의 초기 데이타의 입력을 통하여 RNASA-TLX 3단계를 거친 검정된 결과를 쉽게 도출할 수 있다. 특히, Visual Basic™을 이용한 편리한 사용자 인터페이스를 기본 개념으로 구축하였으므로, 대부분의 항법 장치 관련자들이 하드웨어 엔지니어인 국내 항법장치 개발 상황에서, 빠른 항법 장치의 인간 공학적 평가의 절차 및 해석이 본 시스템을 통해서 가능하리라 여겨진다.

현재 본 연구에 지속적으로 진행되고 있는 연구는 항법장치의 HMI에 가장 주요한 구성요소 중 하나인 도로지도의 프로토타입 및 가공표준안 선정을 위한 UIMS (User Interface Management System)의 구축과 감성 공학을 통한 도로지도의 평가를 통해 실제 항법장치에 적용 가능한 가공 가이드라인을 도출하는 연구가 진행 중이다. 또한, 구축 중인 UIMS를 본 시스템과 결합하여, 생성된 도로지도의 연구 결과의 지속적인 가이드라인 데이터 베이스로의 추가작업을 통하여 지속적인 항법 장치의 평가방법 및 연구방법론, 그 결과 들에 대한 업그레이들 꾀하고 있으며, 최종적으로 한국인 특성에 맞는 항법장치 개발을 위한 HMI 및 인간공학적 데이타 베이스로 완성도를 높여 나갈 계획이다.

참 고 문 헌

1. 네비게이션 시스템 제작기술 개발에 한 연구 (2단계 1차년도 연차보고서), 통산 산업부, 과학기술처, 1996.
2. 이순목, 이종구, SAS의 이해와 활용, 성여사, 1993.
3. 지능형 교통시스템 기본계획(안) 수립을 위한 주행안내시스템 및 평가모형 연구, 대한교통학회, 교통개발연구원, 2단계 최종보고서 제5권, 1996.

4. 차두원, 박 범, 항법장치 시뮬레이터에 자동차 항법 장치 HMI 평가시스템 설계 및 구축에 관한 연구, 96년 춘계 대한 인간공학회 춘계 발표 논문집, 1996, pp.13~17.
5. 차두원, 박 범, Simulator-Based Workload Assessment of In-Vehicle Navigation System Driver Using Revision of NASA-TLX, IE-Interfaces, 제10권, 제1호, pp145~154,1997.
6. 차두원, 박 범, 이승환, 김병우, 자동차 항법장치의 HMI 설계변수 선정에 관한 연구, 대한인간공학회 추계 학술대회 발표 논문집, 1996, pp.185~190.
7. Burnett, G. E., Joyn ,S. M., An Investigation on the Man Machine Interfaces to Existing Route Guidance Systems, IEEE-IEE Vehicle Navigation & Information Systems Conference, 1993, pp.395~400.
8. Campbell, J. L., Development of Human Factors Design Guidelines for Advanced Traveler Information Systems (ATIS), IEEE-IEE Vehicle Navigation & Information Systems Conference, 1995, pp161.
9. Lysaght, R. J., *et. al.*, Operator workload : Comprehensive review and evaluation of operator workload methodologies., Technical Report 851, United States Army Research Institute for the Behavioral and Science, 1989.
10. MacCormick, E, J., Mark S. S., HUMAN FACTORS ENGINEERING AND DESIGN, seventh Edition, McGRAW-HILL, INC., 1992, pp.82~83.
11. Marin, L. C., Dejeammes. M., The processing of complex guidance symbols by elderly drivers : a simulator-based study and an evaluation of CARMINAT guidance system by European Community DRIVE-EDDIT Project, IEEE-IEE Vehicle Navigation & Information Systems Conference, 1995, pp.114.
12. Michon, A. J., (Eds.) Generic Intelligent Driver Support, Taylor & Francis, 1993, pp.44~45.
13. Park, A. M., Burnett. G. E., An Evaluation of Medium Range Advance Information in Route-Guidance Displays for Use in Vehicles, IEEE-IEE Vehicle Navigation & Information Systems Conference-VNIS 93, 1993, pp.238~241.
14. Pauzi, Annie., Anne Sarpedon., Ga l Saulnier., Ergonomic Evaluation of a Prototype Guidance System in an Urban Area, IEEE, 1995, pp.390~396.
15. Procterm, R. W., VANZANDT, T., Human Factors in Simple and Complex Systems, ALLYN and BACON, 1994, pp.205~208.
16. Rockwell, T.H., Spare Visual Capacity in Driving-Revisited (New Empirical Results for an Old Idea), Proceeding of the Vision in Vehicles II. A. G. Gale *et. al.*, (Editors), Elsevier Science Publishers B. V. (North-Holland), pp.317~324.
17. Satty, T.L., The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, New York, 1980.
18. Spoerri, A., Novel Route Guidance Displays, IEEE-EEE Vehicle Navigation & Information Systems Conference, 1993, pp.419~422.
19. Srinivansan, R., Paul, P, J., An Evaluation of the Attentional Demand of Selected Visual Route Guidance System, IEEE-EEE Vehicle Navigation & Information Systems Conference, 1995, pp.140~146.
20. Thierry, B., and *et al.*, Ergonomics evaluation of IVIS : Advantages in developing a drivers model using A.I. techniques, The Annual World Congress on Intelligent

Transport Systems, 1996. pp.1860~1867.

21. Vaughan, G., Andrew, M., Tracy, R., Peter, F., A Human Factors Investigation of an RDS-CMC System, Proceeding of the First World Congress on Applications of Transport Telematics and Intelligent Vehicle-Highway Systems, vol. 4, 1994, pp.1685~1692.
22. Wickens, C.D., The structure of attentional resources, In R. Nickerson & R. Pews (Ed.), Attention and Performance, Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall, 1980, pp.239~275.
23. WWierwille, W., Casali, J. G., Visual and Manual Demand of In-Car Controls and Displays, B. Peacock & W. Karwowsk (Eds.), Talyor and Francis, London, 1993, pp293~320.