

퍼지이론에 기초한 유비쿼터스 교통시대 첨단차량 운전자의 불안감도 산정

Estimation of Measure of Alarmness of Drivers in Ubiquitous Transport Based on Fuzzy Set Theory

박희제* · 배상훈** · 김영섭***

Park, Hee Je · Bae, Sang Hoon · Kim, Young Seup

Abstract

Currently, existing car following models among several basic systems of advanced vehicle systems are almost developed related to the physical relation between two vehicles except for the driver's behavior or environmental factors. But the consideration of driver's character and environmental factors on driving are very essential factors for actual application. Hence, we suggested calibrating the degree of driver's discomfort on driving that is the former study to develop a new car following model of advanced vehicle to use in actuality. The degree of driver's discomfortness(Measure-of-Alarmness;MOA)is measured related to the relationship between the following vehicle and the preceding vehicle, the environmental factors and driver's characters in ubiquitous traffic. We made up questions to drivers to obtain the general and the objective measurement of driver's MOA. And the fuzzy logic model for measurement of MOA was constructed based on the results of survey. We verified the suitability of fuzzy logic model through the computation of MOA with several scenarios. And we measured the quantitative degree of driver's discomfortness on car following related to several factors which affect drivers. In accordance with this study, development of car following model applying driver's MOA will promote the actual application of advanced vehicle more effectively than the existing models. Finally, we thought the measurement of driver's MOA will be applied significantly to evaluate safety and comfort of drivers on driving.

Keywords : human factors, Driver's behavior, fuzzy logic model, car following, ubiquitous transport, MOA

요 지

현재 첨단차량 분야의 기본 기술 중 기 개발된 추종모형은 운전자 및 운행 환경적 요소 등을 배제하고 오직 두 차량사이의 물리적 상관관계에 의해서만 거동하도록 개발되어져 있다. 그러나 추종거동의 현실적 적용을 위해서는 차량 운전자의 특성 및 운행 환경적 요소의 적용이 필수적이다. 따라서 본 논문에서는 보다 현실적용이 용이한 추종모형의 개발을 위한 선행연구로서 차량 운전자가 주행 중 느끼는 불안감의 정도를 산정하기 위한 방법을 제시하고자 하였다. 운전자의 불안감도(Measure of Alarmness ; MOA)는 유비쿼터스 교통 하에서 첨단차량이 추종거동을 하고 있을 때 추종차량과 선행차량 간의 상대적 관계 및 환경적 요인과 운전자의 특성에 의해 측정되는 수치이다. 운전자 MOA의 일반적이고 객관적인 측정을 위하여 운전자 불안감도에 대한 설문조사를 수행하고 이를 바탕으로 MOA 측정 퍼지로지모형을 구축하였다. 시나리오에 의해 정의된 입력값으로 MOA를 산정하여 구축한 퍼지로지모형의 타당성을 입증하였으며, 본 논문의 결과는 주행 중 관여하는 여러 가지 요소에 따라 추종상태에서 느끼는 운전자의 불안감도를 정량적으로 측정함으로써 기존의 추종거동모형을 보다 현실화시키기 위한 기틀을 마련하였다. 이러한 불안감도는 운전자의 주행 중 안전성과 안락함을 평가하는데 주요한 척도로 적용될 것으로 사료된다.

핵심용어 : 간공학, 운전자 행태, 퍼지모형, 추종거동, 유비쿼터스 교통, 불안감도

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 도래하고 있는 유비쿼터스 시대의 교통분야의 연구

중 지능형 교통시스템(Intelligent Transport Systems: ITS)은 더욱 지능적이고 첨단을 지향하는 연구로 그 영역을 확장해 나가고 있다. 그 중에서도 ITS 5대 서비스 중 하나인 AVHS(Advanced Vehicle and Highway System: 첨단 차

*정회원 · 부경대학교 위성정보과학과 유비쿼터스 교통시스템연구실 석사과정 (E-mail : phj_its@pknu.ac.kr)

**정회원 · 교신저자 · 부경대학교 위성정보과학과 교수 (E-mail : sbae@pknu.ac.kr)

***부경대학교 위성정보과학과 교수 (E-mail : kimys@pknu.ac.kr)

량 및 첨단도로)분야의 활발한 연구는 유비쿼터스 교통시대를 더욱 가속화 시키는 주요 분야로 각광받고 있다. 유비쿼터스 교통은 이른바 5Any(언제, 어디서나, 어떤 정보나, 모든 단말기를 통해 통신망의 제약없이)에 입각하여 운전자와 자동차 및 도로 간의 끊임없는 정보교환이 이루어 질 것으로 예상된다. 이러한 정보교환 과정에서 운전자는 정보의 수혜자임과 동시에 생산자로서 운전을 수행해야 한다. 이러한 상황에서 운전 중인 운전자는 집중력 저하로 인한 판단착오 및 과실을 초래할 수 있다. 또한 현대사회의 교통문제에 대한 해결책으로 제안되고 있는 도로의 효율적 이용 및 치명적인 교통사고를 저하 등의 사안을 현실화하기 위하여 운전자의 개입없이 차량자체의 능동적 제어를 통한 운행을 실현하고자 하는 자동제어 차량의 연구가 활발히 진행되고 있다. 더불어 도로에 의한 차량제어를 통해 효과적인 도로운영을 실현시키기 위한 첨단도로와 관련한 연구 또한 활발하게 진행 중이다.

또한 이러한 첨단차량 및 도로 분야의 첨단화를 꾀함에 있어서 주요과제로 언급되고 있는 분야가 인간공학(Human Factors)이다. 첨단차량과 첨단도로 분야의 첨단화에 초점을 두고 연구개발이 진행되는 동안 간과해 왔던 운전자 및 탑승자의 안전성과 편의성에 대한 관심이 높아짐에 따라 인간공학은 첨단차량 및 첨단도로의 실용화에 있어서 주요과제로 떠오르고 있다. 즉, 자동차를 이용하게 되는 실질적인 운전자 및 탑승자의 안전을 고려하지 않은 연구개발은 그 실현성이 없으므로 첨단차량 및 첨단도로의 현실화를 위해 꼭 필요한 요소인 것이다.

그러나 현재 첨단 차량분야의 인간공학연구는 운전자의 음주 측정 및 졸음 측정 등 기초적인 분야 연구에 그치고 있는 실정이다. 다시 말해 첨단차량을 운전하는 운전자가 첨단차량에 탑승하여 자동운전 상황 하에서 운전과 관련하여 없고 있을 때 차량의 운행에 따라 나타날 수 있는 운전자의 안전성과 안락함 등을 고려하지 않은 채 기계적 센서 관점에서 차량을 제어하는데 국한된 연구가 대부분이다.

따라서 본 연구에서는 첨단차량분야에서 차량제어의 기초 기술이라 할 수 있는 추종거동상황에서 첨단차량 운전자가 선행차량을 추종할 때 추종차량 운전자의 안전성과 편의성을 고려하기 위하여 적용될 인간공학을 기초로 한 운전자의 불안감의 정도를 측정하고자 하였다. 즉, 추종하는 차량 운전자의 개별 특징(성별, 연령, 운전경험)과 선행차량과 추종차량과의 상대속도 및 상대거리 이 외의 환경적 요인(노면상태, 날씨, 선두차량의 종류 등)에 의해 발생하는 운전자의 불안감의 정도를 파악하여 추종거동 중 발생하는 운전자 각

각의 불안감의 정도를 정량적으로 측정하기 위한 척도를 마련하고자 한다.

1.2 연구의 기본전제

본 연구는 유비쿼터스 교통시대가 완전히 정착할 것으로 예상되는 2020년 경에 첨단 차량 및 도로 시스템이 구축될 것으로 예상하여 첨단차량인 선행차량과 추종차량이 첨단도로 상을 주행한다고 가정하였다. 차량과 차량 간, 차량과 도로 간 긴밀한 통신이 가능하다는 가정에 도로 상태 및 날씨 정보, 시야거리 정보 등이 차량내에 자동으로 수신되며 운전자의 개별 성향 또한 첨단차량시스템에 자동 입력된다고 가정하였다.

또한 현재의 운전자를 대상으로 운행 중 영향을 미치는 요소 및 그 요소에 따른 불안감의 정도를 설문조사를 통해 도출하여 그 결과를 바탕으로 첨단차량 운전자의 추종 시 느끼는 불안감의 정도를 정량화하였다.

1.3 연구의 수행방법

본 연구는 국내외 연구동향을 고찰하여 연구방향을 설정한 후 관련논문의 광범위한 고찰을 통해 첨단차량 제어시스템의 적용을 위한 운전자 불안감의 정도를 측정하는 척도를 개발하였다. 척도 개발의 근거로 운전자의 성향분석을 위한 설문조사를 실시하였으며 이를 근거로 운행 중인 운전자의 불안감의 정도를 측정하기 위한 퍼지모형을 구축하였다.

2. 문헌고찰

2.1 관련논문고찰

Chiyomi Miyajima(2007)은 운전행태를 기초로 한 운전자 모델링과 운전자 인식에 관한 연구에서 추종거동과 페달 작동 유형에 따른 운전자 모델링을 실시하였다. 추종거동에 따른 운전자 모형은 운전 시뮬레이터와 실제 차량에서 수집한 운전 신호를 사용하여 운전자 인식 실험을 설계하였다. 페달 작동 유형은 페달 신호의 분광 특성의 분석을 통해 설계하였다. 연구 결과, 원시 페달 작동신호만으로 운전자 인식을 하는 것에 비해 시뮬레이션 시 61%, FOT 시 55%의 오차 감소율을 보였다. 이러한 결과는 추종페달과 페달 작동 신호에 따라 운전자 특성을 분류하여, 동일 그룹에 속한 운전자들에게 그 그룹에 맞는 모델을 적용하는 운전자 지원이 가능하다고 하였다.

Srinivas Peeta(2005)는 운전자 행태를 기초로 하여 고속도로 상의 승용차량과 트럭 간의 상호작용을 분석하고 승용

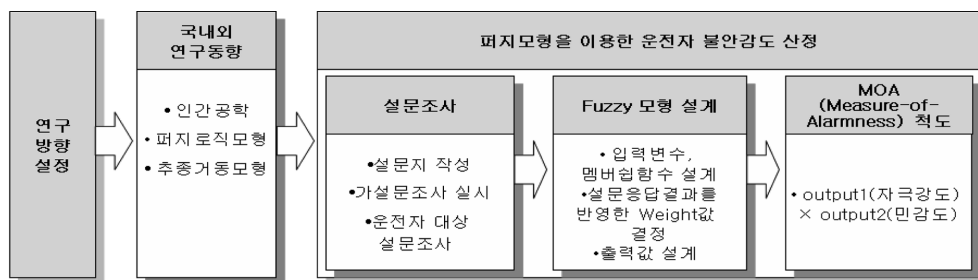


그림 1. 연구수행절차

차량에 미치는 트럭의 영향을 경감시키기 위한 전략에 관해 연구를 수행 한 바 있다. 본 연구에서는 승용차량과 트럭 간 상호작용의 계산을 위한 모델 개발과 상호작용을 초래하는 요소(factors)를 분석함으로써 승용차량과 트럭 간 상호작용의 정성적인 관계를 파악하고자 하였다. 특히 트럭근처를 주행하는 운전자의 불안감도(Discomfort-Level: DL)를 찾아내기 위해 승용차량 운전자에 대한 행동모형을 개발하였다. 개발한 DL을 기존 시뮬레이션 소프트웨어 TSIS에 적용되어 있는 추종모형과 차선변경모형에 추가 적용, 확장하여 트럭 추종모형과 확장형 차선변경모형을 개발하였다. 또한 고속도로 상의 트럭 침투율에 따라 차선이용을 달리함으로써 승용차량과 트럭간의 상호영향을 줄이기 위한 전략을 제시하였다.

Tatsuru Daimon(2003)은 첨단도로 교차로 상에서의 연령별 운전자 행태 연구에서 교차로에 설치된 우회전충돌방지 지원시스템과 보행자 충돌방지 지원시스템을 동시에 제공할 때 효율적인 정보제공 형태를 검증하기 위한 연구를 수행한 바 있다. 본 연구를 위하여 교차로에서 우회전하는 운전자의 연령 별 운전 행태 비교를 위한 시뮬레이션을 수행하였다. 연구수행 결과, 보행자 충돌예방 지원시스템의 검지 영역의 제한이 해결된다면 두가지 지원 시스템의 효율성이 더욱 증가하면서 우회전 하는 운전자의 작업량을 줄일 수 있을 것으로 예상했다. 또한 도로 상의 display를 통한 정보제공은 교차로 진입 차량과 횡단 보행자와 같은 실질적인 장애물과 display 사이의 넓은 시야 확보가 용이하고, 광범위한 시야이동을 줄이는 효과가 있으므로 고령 운전자의 운전시 더욱 효과가 있을 것이라고 예상하였다.

2.2 시사점

현재 첨단차량 연구 분야에서 차량의 제어에 대한 연구 개발 외에도 운전자의 주행 중 안전성 및 편의성을 고양시키고 더욱 효과적인 운전자 지원을 위한 연구개발이 활발하게 진행되고 있다. 관련 연구로서 운전자의 특성 및 운전행태파악, Steering에 의한 차량제어 등이 있으며, 이러한 연구들 중 대부분이 첨단차량의 제어연구와는 개별적으로 진행되고 있으며 시스템 또한 분리되어 있다.

그러나 첨단차량을 현실에 적용하기 위해서는 차량의 제어와 운전자 특성 및 행태 파악 등 인간공학적 기술이 하나의 시스템으로 존재해야 한다. 그 이유는, 개별 시스템들의 운용은 정보처리를 동일한 시간 내에 하지 못하여 시스템 간 지연시간이 발생하여 현실 적용시 운전자에게 신뢰성있는 정보를 제공하기 어렵기 때문이다. 그러므로 첨단차량의 현실적 적용을 더욱 가속화하기 위해서는 차량의 제어 시스템과 운전자의 안전성을 고려한 인간공학적 기술이 통합된 하나의 단일 시스템의 개발이 필요할 것으로 생각된다.

따라서 본 논문에서는 인간공학적 기술을 적용한 첨단차량의 추종거동 모형의 개발을 위한 선행연구로서, 운행 중 운전자에 영향을 미치는 여러 가지 요소들에 의해 나타나는 운전자의 불안감도를 정량적으로 산정하여, 추후 추종거동모형 개발을 위한 기틀을 마련하고자 하였다.

2.3 퍼지이론

퍼지이론은 1965년, 미국 UC 버클리 대학의 Lofti A.

Zadeh 교수가 'Fuzzy Set'이라는 논문을 발표하면서 소개되어 이와 관련한 연구가 활발히 진행되었다. 이는 현실세계에서 일어나는 현상들을 정확하게 표현하기 어렵다는 것에서 출발한다. 예를 들면, 교통분야에서 흔히 말하는 첨두시(Peak Hour)가 정각 오전 7시와 정각 오전 9시 사이인지 그 경계가 애매하다. 이렇게 그 의미는 알고 있지만 각각의 대상에 대하여 그 성질의 유무를 결정할 때 예 또는 아니오로 평가하기 어려운 애매한 성질의 집합을 퍼지집합(Fuzzy Set)이라고 한다. 퍼지이론에서 다루는 애매한 상황은 일반적으로 집합의 경계, 즉 범위자체가 불확실한 상황을 말하며 이를 애매성(Vagueness)과 모호성(Ambiguity)으로 구분한다. 애매성이란 사물을 구별할 때 경계가 애매한 정보를 나타내는 개념의 퍼지집합(Fuzzy Set)으로 나타내며, 그 집합의 애매한 정도를 퍼지정도(Degree of Fuzziness)라고 한다. 모호성이란 여러 개의 가능성 중에서 하나를 선택할 때 쓰이는 불확실성과 관련되는 척도로써 퍼지척도(Fuzzy Measure)가 있다.

퍼지집합은 다양한 소속 정도를 가지는 원소들을 포함하는 집합이다. 퍼지집합의 원소들은 0과 1이 다른 소속 정도로 표현될 수 있기 때문에 같은 전체집합 내의 다른 퍼지집합의 원소로 될 수도 있다. 이 때 소속정도는 한 원소가 퍼지집합에 속하는 정도를 말하며 퍼지정도라고도 한다.

퍼지 집합의 원소들은 함수 형태로 소속함수를 사용하여 대집합에 사상시킨다. 퍼지집합 A를 로 표현하고, 만일 대집합의 한 원소 x가 퍼지집합 에 소속되면 이에 대한 사상은 과 같다. 그리고 원소들의 값이 연속적일 때는 로 나타낼 수 있다.

퍼지논리의 최종적인 목적은 애매한 명제에 대한 추론의 이론적인 기초를 형성하는 것이다. 이러한 추론을 근사추론(Approximate Reasoning)이라고 한다. 근사추론은 보통명제를 갖는 추론의 고전 논리와 유사하며, 따라서 근사추론은 고전명제의 계산을 확장한 것으로 불완전한 진리값을 다룬다.

퍼지근사추론은 자료의 퍼지화(Fuzzification), 퍼지추론(Fuzzy Inference), 규칙(Fuzzy Rule Base), 비퍼지화(Defuzzification)의 4단계 과정으로 구성된다.

자료의 퍼지화(Fuzzification)는 입력벡터를 퍼지추론을 행할 수 있는 퍼지집합으로 변환하는 과정이다. 이 때 멤버쉽 함수의 종류로는 가장 많이 쓰이면서도 간단한 멤버쉽 함수로 Triangular 멤버쉽 함수가 있으며, 그 밖에 좌우의 부분이 각각 다른 형의 함수로 주어지는 L-R퍼지함수와 사다리꼴 멤버쉽함수, 지수형 멤버쉽 함수 등이 있다. 퍼지추론(Fuzzy Inference)은 IF-Then Rule(퍼지 상태 식)형태로 표현한다. 대체로 조건부와 결론부는 각각 입력공간과 출력공간의 일정한 영역을 나타내며 퍼지규칙은 입력공간의 특정영역을 출력공간의 특정영역으로 변화시키는 기능을 한다. 그리하여 퍼지추론의 비선형 변환이 가능해 진다. 이러한 규칙은 전문가의 지식으로부터 추출하는 방법과 측정된 데이

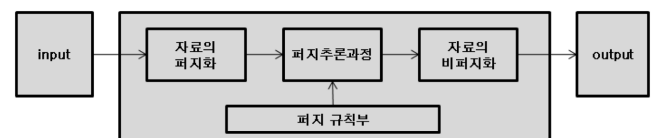


그림 2. 퍼지추론 과정

터를 이용하는 방법이 있으며, 전자의 경우 전문가의 경험이 나 주관적 판단에 의존하므로 규칙이 정해짐과 동시에 각 퍼지집합의 멤버십 함수의 형태와 그 파라메타(Parameter)도 정해진다. 후자의 경우는 수집된 자료를 이용해 멤버십 함수의 파라메타와 퍼지규칙이 정해진다. 다시 말해 퍼지추론은 이렇게 퍼지화된 입력자료와 퍼지규칙을 이용하여 출력공간의 퍼지집합을 변환하는 과정이다.

비퍼지화(Defuzzification)는 퍼지화의 역기능을 갖는 장치이다. 즉 소속함수로 표현되는 퍼지량을 정확하고 Crisp value로 전환하는 것으로서 일반적으로 최대법, 최대평균법, 무게중심법의 세가지 기법이 있다.

3. 운전자의 불안감도 측정을 위한 Fuzzy 모형 구축

3.1 운전자 불안감도의 개념

본 연구에서는 첨단차량으로 주행 중인 운전자의 불안감의 정도를 측정하는 척도를 마련하고자 하였다. 운전자의 불안감의 정도를 경고척도(Measure-of-Alarmness: MOA)로 명명하였다. MOA는 첨단차량인 추종차량과 선행차량 간의 상대적 관계 및 환경적 요인과 운전자 특성에 의해 나타나는 추종차량 운전자의 불안감의 정도로 정의한다. MOA는 [0, 18]의 범위를 가지는 것으로 정의하였으며, 이때 0은 불안감이 전혀 없는 상태이고 MOA가 18에 가까울수록 극도의 불안감을 느끼는 것을 의미한다. 또한 MOA는 실수의 값으로 표현된다.

MOA는 다음의 두 가지 특징을 지닌다. 첫 번째, 운전자는 개별성향 즉, 성별, 연령, 운전경력 등과 환경적 요인 즉, 노면상태, 운행시각, 전방차량의 종류 및 운전시야거리에 따라 각각 다양한 MOA로 표현된다. 이는 각각의 운전자가 자기 다른 주관적인 MOA 척도를 가짐을 의미한다. 두 번째, 운전자는 차량 운행 중 운전자체에 대한 기본적인 불안감을 느끼고 있으므로 MOA가 0이 될 수는 없다. 즉, 운전자가 운행 중 아무리 불안하지 않다하더라도 기본적인 MOA가 존재하므로 이론적으로 MOA가 0이 될 수 있다 하더라도 실질적으로는 0의 값이 나올 수 없다. 그러므로 운전자 각각에게는 최소 MOA가 내제되어 있다.

3.2 운전자 설문

3.2.1 개요

운전자는 운전을 수행하는 동안 끊임없이 스트레스와 불안감을 느끼게 되고 이는 곧 운전자의 안락함을 저해하는 요소가 된다. 이렇게 운전자에게 불안감을 일으키는 요소로 크게 물리적 요소, 환경적 요소, 운전자 개별 특성 등으로 나눌 수 있다. 이 때 물리적 요소에는 선행차량과 추종차량 사이의 상대속도 및 상대거리와 추종차량의 속도 등을 들 수 있다. 환경적 요소로는 노면상태, 운행시각, 전방차량의 종류, 운전시야거리 등 불안감을 일으키는 요소가 다양하다. 운전자 개별 특성으로는 운전자의 성별, 연령, 운전경력 등이 있다.

따라서 본 연구에서는 위에서 언급한 불안감을 일으키는 요소들로 인한 운전자의 MOA를 정량적으로 수치화하여 판단하기 위해 운전자 설문조사를 실시했다. 부연하면 운전자 설문조사는 운행 중 운전자의 주관적인 불안감의 정도를 객관적으로 분석하여 연구에 적용하기 위함이고, 실제 운전자의 의견을 수렴하여 운전자의 설문응답의 분석결과를 근거로 하여 운전자의 MOA를 측정할 수 있는 일반적이고 객관적인 모형을 구축하고자 수행하였다. 설문조사는 설문항목에 따라 불안감의 정도를 [1, 9] 범위내의 정수로 응답하도록 하였다.

설문조사 분석결과 남성보다는 여성이 불안감을 더 많이 느끼는 것으로 나타났다. 또한 연령별로는 차량의 속도에 따라 주로 20대와 30대가 불안감을 더 많이 느낀다고 응답하여 연령별로 불안감의 정도가 차이 남을 알 수 있었다. 운전경력별로는 대체적으로 운전경력 5년 미만의 운전자일 경우 불안감을 더 많이 느끼는 것으로 분석되었다. 또한 대부분의 운전자는 본인차량의 속도가 저속일 경우보다 고속일 경우에 불안감을 더 많이 느끼는 것으로 분석되었으며 대체적으로 선행차량의 속도가 본인차량의 속도보다 느릴 경우 더 큰 불안감을 느끼는 것으로 분석되었다.

그 밖에 노면상태가 건조할 때보다 습하거나 결빙일 경우, 주간운행보다 야간운행일 경우, 전방차량의 종류가 승용차일 때 보다 트럭일 경우 더 큰 불안감을 느끼는 것으로 나타났다.

표 1. 설문조사 개요

구 분	내용	
주요설문 내용	운전자 개별 특성 선행차량과 추종차량의 상대속도 및 추종차량의 속도에 따른 불안감의 정도 분석 노면상태에 따른 불안감의 정도 분석 운행시각에 따른 불안감의 정도 분석 전방차량의 종류에 따른 불안감의 정도 분석	
설문일시	2007. 5. 18(금) ~ 2007. 5. 19(토)	
설문조사 방법	고속도로 진영휴게소 (상행), 장유휴게소 (하행)에 면접설문	
설문조사대상	운전면허증 소지자	
설문 참여자	총 설문 대상자 125명	
	성별	남 87명(69.6%)
	연령	20대 40명(52%), 30대 39명(31.2%), 40대 32명(25.6%), 50대 11명(8.8%), 60대 3명(2.4%)
	운전경력	3년 미만 19명(15.2%), 3년이상 5년이하 25명(20.2%), 6년이상 10년이하 32명(25.6%), 11년이상 49명(39.2%)

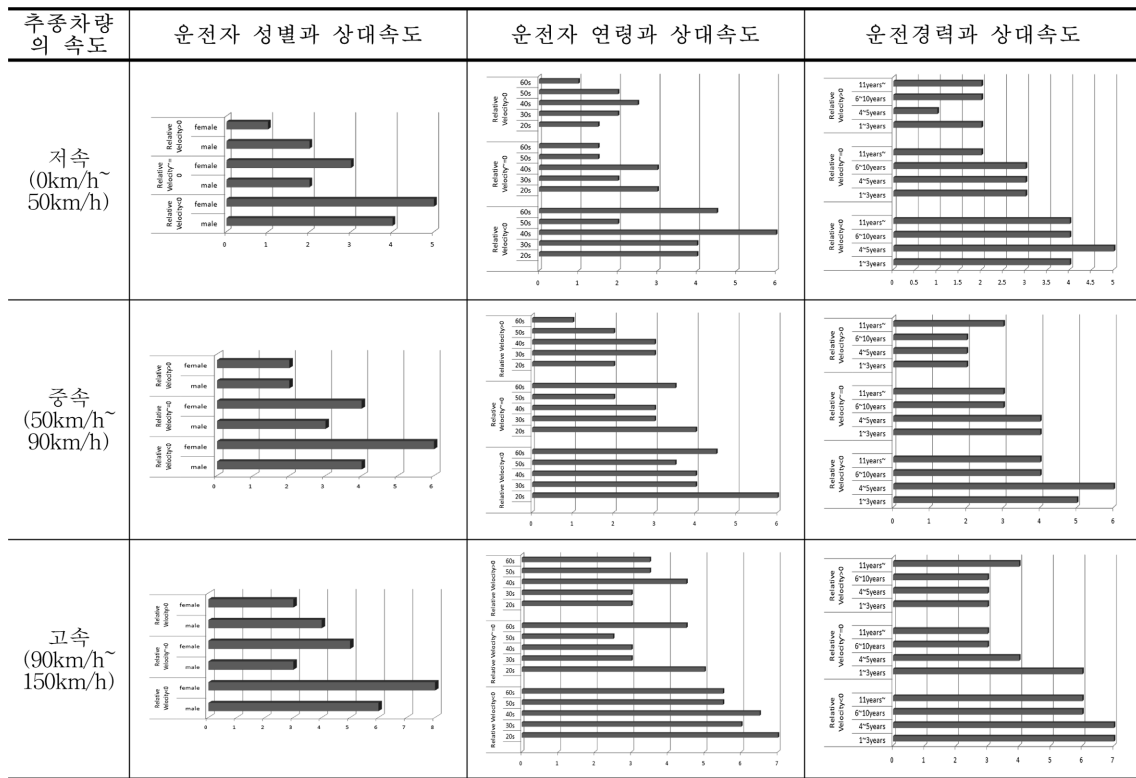


그림 3. 설문조사결과

3.3 모형구축

3.3.1 모형설계

설문조사를 통한 운전자 개별 특성 및 불안감 정도에 대한 응답결과를 바탕으로 운전자 MOA추정을 위한 Fuzzy모형의 입력변수, 멤버십 함수, If-then 룰, 출력값을 결정하였다. 입력변수는 설문조사의 각 항목 및 일반적으로 중요시 되는 사항을 더하여 총 10개의 입력변수를 결정하였다. 결정된 입력변수로는 운전자의 연령, 성별, 운전경력과 선행차량과 추종차량 간 상대속도 및 추종차량의 속도, 노면상태, 운행시간, 전방차량의 종류, 상대적 안전거리, 운전시야거리 등이다.

Fuzzy 모형 설계의 흐름은 그림 4와 같다.

입력값에 따른 멤버십 함수는 설문조사 분석결과 및 문헌고찰을 토대로 선정하였다. 입력변수는 운전자의 운행에 영향을 미치는 요소 즉, 운전자의 개별 특성과 운행 중 환경적 요소 및 두 차량사이의 물리적 상관특성(상대속도 및 상대거리 등)으로 설정하여 설문조사 시 응답자의 주관적인 불

안감의 정도에 대한 분석 결과를 적용하였다. 출력값은 입력변수와 연관성을 분석하여 자극강도(Output1)와 민감도(Output2)로 나누어 결정하였다. 이때 자극강도(Output1)는 물리적으로 변화하는 수치, 즉 선행차량과 추종차량간 상대속도와 추종차량의 속도 및 안전거리에 관계한 변수이며, 민감도(Output2)는 인위적으로 변화시킬 수 없는 값, 즉 환경요소(노면상태, 운행시간, 전방차량의 종류 및 운전시야거리)와 운전자 개별특성(운전자 연령, 성별, 운전경력)에 관계한 변수이다. 설계된 입출력 멤버십 함수는 그림 5와 같다.

위와 같이 나뉘어 출력된 출력값은 자극강도(Output1)와 민감도(Output2)의 곱으로 연산되어 최종적인 운전자 MOA가 측정된다. 출력되는 자극강도는 선행차량과 추종차량의 상대속도 및 상대거리와 추종차량의 속도에 따라 실시간으로 가변되며, 민감도는 운전자 개별 특성과 환경적 요소의 변화가 없을 시에는 고정값으로 출력된다. 최종적으로 계산되어지는 MOA 즉, 운전자가 느끼는 불안감의 정도는 [0, 18]까지의 실수 범위를 가지며 0은 불안감을 전혀 느끼지 않음을 나타내며 18로 갈수록 극도의 불안감을 느낌을 나타낸다.

다음으로 If-then 룰은 퍼지모형의 출력값에 영향을 줄 수 있는 상호 연관된 입력변수를 분석하여 설계하였다. 룰 설계 시 설문조사 항목과 입력변수가 동일한 경우, 응답자가 선택한 불안감도 수치를 그룹으로 나누어 각 그룹의 특성을 룰 설계에 반영하였다. 불안감도 그룹은 [1]: 불안하지 않음, [2, 3]: 불안감의 정도가 낮음, [4, 6]: 불안감의 정도가 중간임, [7, 9]: 불안감의 정도가 높음으로 구분하였으며 이는 설문조사 시, 응답자의 객관적 판단을 돕기 위해 구분한 4개의 그룹을 그대로 사용한 것이다. 또한 설문조사로 얻을 수 없는 항목에 대해서는 문헌고찰과 객관적 견해에 입각하여 설계

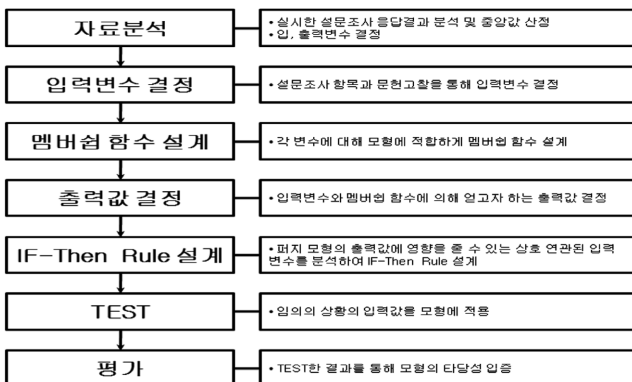


그림 4. 퍼지구축과정

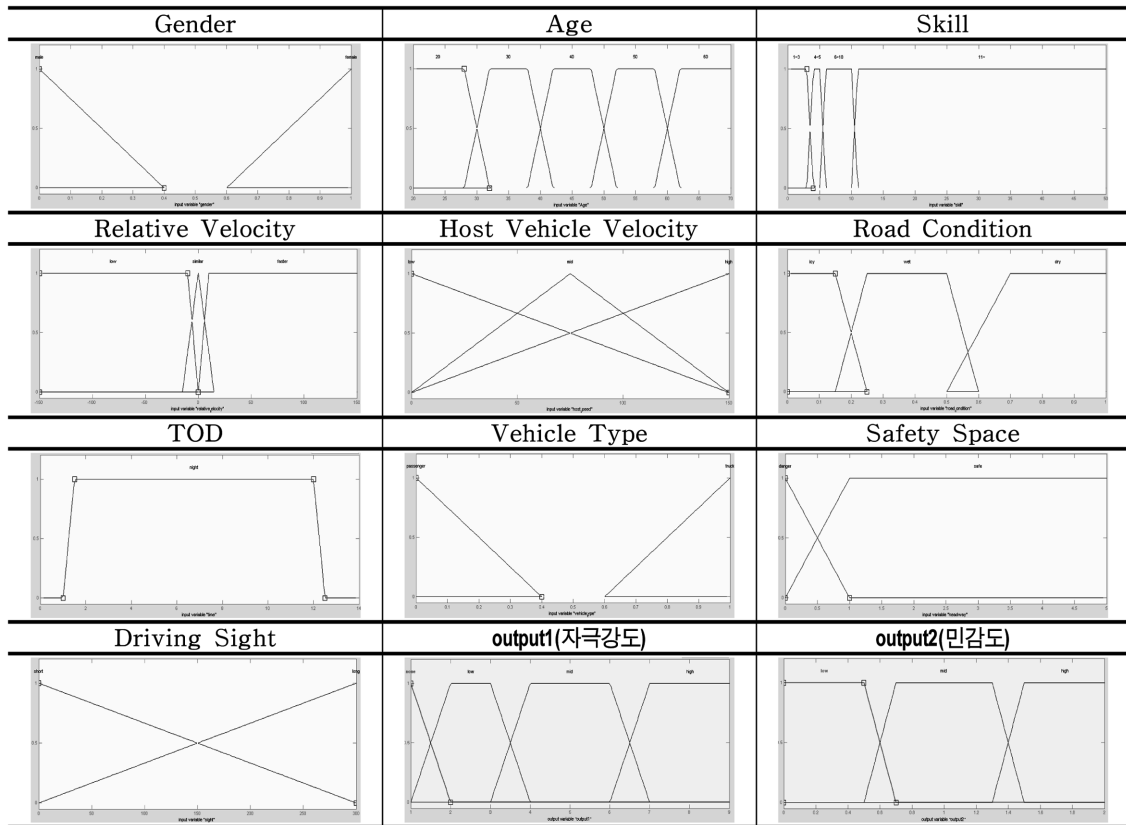


그림 5. 멤버십 함수

하였다. 각 룰의 가중치는 설문조사 응답자의 응답비율에 근거하여 적용하였다. 즉, 각 설문사항에 대해 응답자가 응답한 불안감도 수치를 4가지 그룹별로 룰 설계 시와 동일하게 나누어 전체에 대한 그룹별 비율을 가중치로 반영하였다. If-then 룰은 다음과 같이 운전자의 불안감도를 반영하여 99개의 룰을 설계하였다.

3.3.2 Test 및 평가

구축한 Fuzzy 모형의 타당성을 검증하기 위하여 두 가지 방법으로 테스트 및 평가를 실시하였다. 첫 번째 검증은 구축한 퍼지모형에 일정한 입력변수를 적용하여 자극강도(Output1)와 민감도(Output2)가 적절하게 출력되는지를 평가하고자 하였다. 두 번째 검증은 기존 추종거동모형의 거동시 MOA가 적절하게 측정되는 지를 평가하였다. 두 가지

방법의 검증 시 표 3의 input data를 동일하게 사용하였다. 이 때 Test Input Data 1과 Test Input Data 2는 각각 운전자 개별 특성이 다르고 속도관계 및 거리관계와 환경적 요인이 극도로 불안정한 값들로 구성했다. Test Input Data 3과 Test Input Data 4는 운전자 개별 특성이 Test Input Data 1과 Test Input Data 2와 같으나 속도관계 및 거리관계와 환경적 요인이 양호한 값들로 구성했다.

첫 번째 검증에 의해 측정된 운전자 MOA는 표 4와 같다.

테스트 결과, 극도의 민감도를 유도한 Test Input Data 1과 2는 상당히 높은 수치의 MOA가 측정되었으며, 안전한 민감도수치를 유도한 Test Input Data는 비교적 낮은 MOA가 측정되었다.

두 번째 검증을 위하여 첨단차량의 추종거동 시뮬레이션을 실시하여 MOA를 측정하였다. 시뮬레이션 시 적용한 추종거

표 2. IF-Then 룰

No	IF	THEN	Weight
1	Relation velocity is low and host velocity is low	Output1 is low	0.1
2	Relation velocity is similar and host velocity is low	Output1 is low	0.1
3	Relation velocity is faster and host velocity is low	Output1 is low	0.1
⋮	⋮	⋮	⋮
94	GENDER is male and time is night	Output2 is mid	0.25
95	GENDER is female time is night	Output2 is high	0.25
96	AGE is 20s and road condition is wet	Output2 is mid	0.265
97	AGE is 30s and road condition is wet	Output2 is mid	0.2179
98	SKILL is 1~3years and road condition is wet	Output2 is mid	0.27
99	SKILL is 4~5years and road condition is wet	Output2 is mid	0.24

표 3. Test 입력값

입력 변수	data1	data2	data3	data4
Gender	1	0	1	0
Age	20	40	20	40
driving experience	3	20	3	20
Host Vehicle's Velocity	150	150	150	150
Driving Time	5	5	0.5	0.5
Safety Space	-0.5	-0.5	5	5
Relative Velocity	100	100	0	0
Road Condition	0.1	0.1	0.9	0.9
Vehicle Type	1	1	0	0
Driving Sight	10	10	250	250

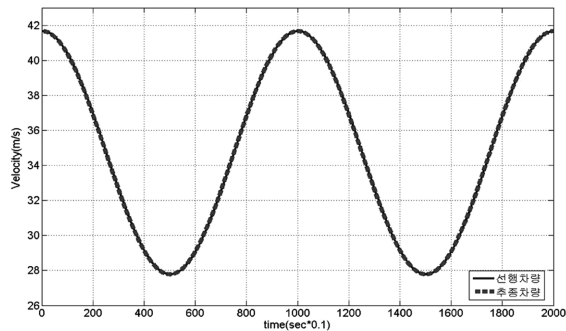
표 4. Test 결과

Test Input Data No.	자극강도 (output1)	민감도 (output2)	MOA (output1×output2)
Test Input Data 1	7.7531	1.6793	13.0196
Test Input Data 2	7.7531	1.2936	10.0298
Test Input Data 3	3.0928	0.6	1.8558
Test Input Data 4	3.0928	0.4058	1.2549

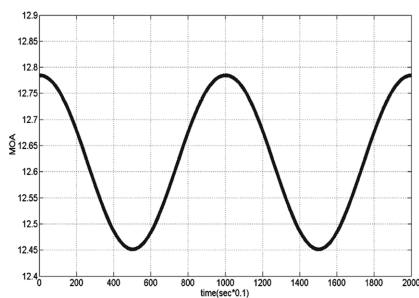
동 모형은 문헌고찰을 통해 선행차량의 거동에 대해 민감하게 반응하며, 타 추종모형에 비해 가속도 오차율이 적고 운전자의 반응시간을 고려할 수 있는 GM계열 모형인 GGM 모형을 선택하였다. 선행차량이 일정한 주기(50초 간격)로 150km/h에서 100km/h로 가감속을 반복할 때 추종차량의 거동에 따른 추종차량 운전자의 MOA를 측정하고자 하였다. 이 때 환경 요소와 운전자 개별 특성에 따른 입력 변수는 표 3과 동일하게 적용하였다. 이 때 선행차량의 거동에 대한 추종차량의 지연시간은 0.1초이다. 시뮬레이션 결과, 두 차량의 거동과 각 입력변수 별로 측정된 추종차량의 MOA 는 표 5와 같다.

선행차량이 일정한 주기(50초 간격)로 가감속을 반복할 때, Data 1과 Data 2는 운전자 개별특성은 다르지만 그 외의 환경적 요소는 모두 동일하게 열악한 상황이다. Data 1과 Data 2의 운전자 MOA를 비교하였을 때, 운전자의 개별특성의 차이에 의해 150km/h일 경우, Data 1의 운전자 MOA 12.7846와 Data 2의 운전자 MOA 9.8487과 같이 약 3에 해당하는 MOA 차이가 나타났다. 또한 차량이 100km/h로 감속하게 되면 소폭이지만 MOA 수치가 줄어드는 것을 알 수 있었다. Data 3과 Data 4는 운전자 개별

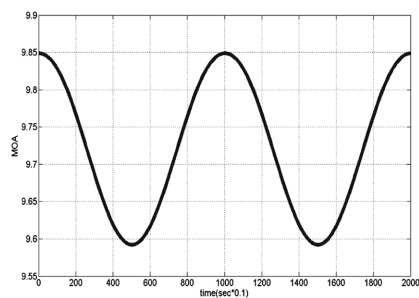
선행차량과 추종차량의 속도변화



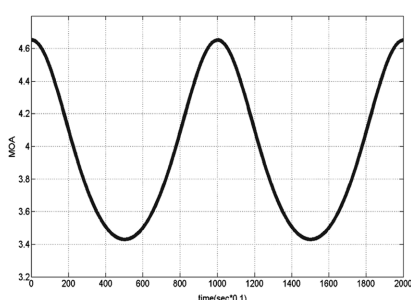
data 1



data 2



data 3



data 4

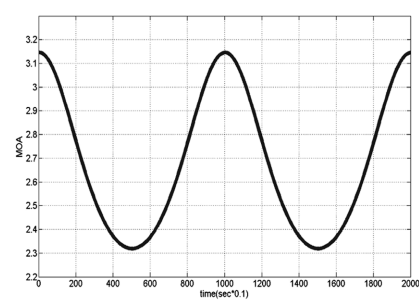


그림 6. 시나리오 별 추종차량 운전자의 MOA

표 5. 측정된 최대·최소 MOA

Test Input Data No.	최대 MOA	최소 MOA	Test Input Data No.	최대 MOA	최소 MOA
Test Input Data 1	12.7846	12.4512	Test Input Data 3	4.6520	3.4293
Test Input Data 2	9.8487	9.5919	Test Input Data 4	3.1458	2.3190

특성은 다르지만 그 외의 환경적 요소가 동일하게 양호한 상황이다. Data 3과 Data 4의 운전자를 비교하였을 때, 운전자의 개별특성에 따라 150km/h일 경우, 두 운전자 MOA 모두 5 미만의 낮은 MOA 수치가 측정되었다. Data 3과 Data 4의 운전자MOA는 약 1.5 미만의 소폭의 차이를 보였으며, 차량이 100km/h로 감속하면 두 운전자 모두 약 1에 해당하는 MOA 감소가 나타났다. 이는 Data 1 및 Data 2와 비교할 때, 환경적 요소가 열악한 상황에서 양호한 상황으로 변화하면서 속도변화에 대한 불안감이 줄어든 것이라 예상할 수 있다.

또한 Data 1과 Data 3을 비교하면 동일한 운전자 개별 특성에서 환경적 요인이 주행에 열악한 상황과 양호한 상황으로 나뉘어 MOA의 차이는 더욱 극명하게 나타났다. 즉, 동일한 150km/h에서 Data 1와 Data 3의 운전자 MOA차이는 8.1326로 현격한 차이를 보인다. 이는 운전자가 운행 중 노면상태 및 시야거리와 그 외의 다른 운행 환경요소에 따라 운전 시 영향을 많이 받음을 나타낸다. 또한 Data 2와 Data 4의 운전자를 비교하면, 동일한 150km/h에서 Data 1과 Data 3의 운전자와 같이 극명한 MOA 수치가 측정되지만, 운전자 개별특성의 영향으로 인해 MOA의 차이가 Data 1과 Data 3에 비해 조금 작은 6.7029를 나타낸다.

즉, 같은 환경적 요소 일지라도 할지라도 운전자의 개별 특성에 따라 MOA가 현저하게 차이를 보였으며, 반대로 운전자의 개별 특성이 같더라도 환경적 요소의 차이에 의해 측정된 MOA의 값이 매우 큰 차이를 보임을 알 수 있었다.

이러한 시뮬레이션 검증들을 통하여 운전자의 운행에 영향을 미치는 주변 환경요소와 상대속도 및 상대거리의 변화에 따라 운전자의 MOA 수치가 가변적으로 변화함을 나타낸다. 즉, 선행차량의 속도가 일정시간 간격으로 변화함에 따라 운전자 MOA가 가변적으로 변화하였으며, 주변 환경과 운전자의 특성 및 안전거리관계에 따라라도 MOA수치가 유동적으로 나타났으므로, 실시간으로 변화하는 운행환경에 적절히 반응함을 알 수 있었다.

4. 결론 및 향후연구과제

본 연구에서는 첨단차량분야에서 차량제어의 기초 기술이라 할 수 있는 추종거동상황에서 첨단차량 운전자가 선행차량을 추종할 때 추종차량 운전자의 안전성과 안락함을 고려하기 위하여 적용될 Human Factors를 기초로 한 운전자의 불안감의 정도를 측정하고자 하였다. 즉, 첨단차량 운전자의 개별 특징(성별, 연령, 운전경험)과 선두차량과 추종차량과의 상대속도 및 상대거리 그 외의 환경적 요인(노면상태, 날씨, 선두차량의 종류 등)에 의해 발생하는 운전자의 불안감의 정도를 파악하여 추종거동 중 발생하는 운전자 각각의 불안감의 정도를 측정하기 위한 척도를 산정하고자 하였다. 이 때 운전자의 불안감의 정도를 운전자 MOA로 명명하였다.

운전자 MOA는 퍼지모형의 구축을 통해 측정이 가능하며, 운전자들의 운전 중 불안감의 정도를 일반적으로 객관적으로 모형에 적용시키기 위해 설문조사를 실시하였다. 설문결과를 바탕으로 설계한 퍼지모형의 입력변수로 운전자의 성별, 연령, 운전경험, 추종차량의 속도, 선두차량과 추종차량과의 상대속도, 상대거리, 노면상태, 날씨, 선두차량의 종류, 선두차량과 추종차량과의 상대거리, 운전시야를 설정하였으며, 멤버십 함수와 가중치를 설정하였다. 운전자 MOA 측정을 위한 퍼지모형의 출력값으로 자극강도와 민감도 영역이 각각 도출되었으며, 이 두 영역의 곱이 최종적인 MOA값이 된다. 이 때 출력값의 자극강도는 선행차량과 추종차량과의 상대속도와 상대거리에 따라 실시간으로 변화하게 되며, 민감도 영역은 운전자의 성향 및 환경적 요인이 변하지 않는 이상 고정값으로 산출된다.

시나리오에 의해 정의된 입력값으로 운전자 MOA를 도출한 결과, 운전수행이 열악한 조건일 경우 MOA 값이 약 13의 값이 측정되었으며, 운전수행이 비교적 수월한 조건의 경우 MOA값은 약 1 및 2의 값이 측정되어 운전자 MOA를 측정하기 위한 퍼지모형이 적절하게 설계되었음을 알 수 있었다. 또한, 추종거동 모형 중 GGM 모형을 이용하여 시뮬레이션을 수행하여 추종차량 운전자의 MOA를 측정할 결과, 선행차량의 가감속에 따라 추종하게 되는 추종차량 운전자 MOA가 두 차량 간 속도와 거리 및 환경요소, 운전자 개별특성에 따라 동적인 MOA값이 산출됨을 알 수 있었다. 즉, Data 1과 Data 2의 운전자 MOA를 비교하였을 때, 운전자의 개별특성에 따라 환경적 요소가 열악한 상황에서 150km/h일 때, Data 1의 12.7846과 Data 2의 9.8487과 같이 높은 MOA가 측정되었으며, 차량이 100km/h로 감속하게 되면 소폭이지만 MOA 수치가 줄어드는 것을 알 수 있었다. Data 3과 Data 4의 운전자의 경우, 운전자의 개별특성에 따라 환경적 요소가 양호한 상황에서 150km/h일 때, Data 3의 4.6520과 Data 4의 3.1458과 같이 수치가 5 이하로 비교적 낮은 MOA가 측정되었으며, 차량이 100km/h로 감속하면 두 운전자 모두 약 1에 해당하는 MOA 감소가 나타났다. 또한 Data 1과 Data 3을 비교하면 동일한 운전자 개별 특성에서 환경적 요인이 주행에 열악한 상황과 양호한 상황으로 나뉘게 되어 MOA의 차이는 더욱 극명해졌다. 즉, 동일한 150km/h에서 Data 1의 운전자MOA와 Data 3의 운전자 MOA차이는 8.1326로 현격한 차이가 나타났으며, 이는 운전자가 운행 중 노면상태 및 시야거리와 그 외의 다른 운행 환경요소에 따라 운전의 영향을 받음을 예상할 수 있다. 또한 Data 2와 Data 4의 운전자를 비교하면, 동일한 150km/h에서 극명한 MOA 수치가 측정되었지만, 운전자 개별특성의 영향으로 인해 MOA의 차이가 Data 1과 Data 3에 비해 조금 낮은 6.7029가 나타났다. 이러한 결과는 유동적인 차량의 거동에 따라 MOA가 적절히 측정됨으로서 운전자의 불안감의 정도를 상황에 따라 가변적으로 측

정할 수 있음을 입증한다.

또한 운전자의 설문응답 결과를 바탕으로 특정상황의 운전자 불안감을 인지하기에는 한계가 있었으나, 응답결과를 근거로 퍼지로그를 사용함으로써 특정상황에서 운행에 관여하는 전체적인 환경의 변화에 대한 운전자의 불안감의 산정이 가능했다. 즉, 설문응답만으로 운전자의 불안감을 인지하는 과정은 특정상황의 특정항목에 따라 각기 차이가 나타나지만 모든 항목들이 동시다발적으로 나타나는 상황의 불안감 산정은 불가능하다. 그러나 퍼지로그를 사용함으로써 운행 중 나타날 수 있는 주변환경을 동시에 고려함으로써 더욱 신뢰할 만한 불안감의 수치 측정이 가능해졌다.

그러나 본 연구에서는 퍼지모형 구축의 근거가 되는 설문조사의 참여인원이 125명으로 국한됨으로서, 모든 운전자 개인의 성향을 적극적으로 반영하기에는 한계가 있었다. 또한 퍼지모형에 설정한 입력변수 또한 운전자의 모든 운행 형태를 반영하지 못하는 점과 운전자 MOA를 측정하는 상황을 운전자가 선행차량을 추종하는 상황으로 국한시킴으로써 다른 차량거동에서의 운전자 MOA를 측정하는데 있어서 그 한계점을 내포하고 있다.

그러나 본 연구는 첨단차량 운전자의 개별 특성, 속도 및 거리와 같은 물리적 요소와 환경적 요인에 따라 추종상태에서 느끼는 운전자 MOA를 적절하게 측정함으로써 첨단차량의 추종거동 및 차선변경모형 등의 개발에 운전자의 MOA를 고려함으로써 기존의 시스템적이고 운전자를 고려하지 않은 모형에서 인간공학을 반영한 새로운 모형 개발 등이 가능해질 것이며, 그 외에도 운전자의 주행 중 안전성과 안락함을 평가하는데 주요한 척도로 작용될 것으로 사료된다.

참고문헌

- 김장욱, 남궁문, 김정현, 이수범(2006) 퍼지 및 신경망이론을 이용한 교통사고예측모형 개발에 관한 연구, **대한교통학회지**, 대한교통학회, 제24권 제7호.
- 이상배(1999) **퍼지-뉴로제어시스템**, (주)교학사.
- 이현엽, 문경일(1999) **MATLAB을 이용한 퍼지-뉴로** 도서출판 아진.
- 정영근, 박창호(2005) 퍼지 추론을 이용한 최단 경로 탐색 알고리즘의 개발, **대한교통학회지**, 대한교통학회, 제23권 제8호.
- Chiyomi Miyajima, Yoshihiro Nishiwaki, Koji Ozawa, Toshihiro Wakita, Katsunobu Itou, Kazuya Takeda, and Fumitada Itakura (2007) Driver modeling based on driving behavior and its evaluation in driver identification, *2007 IEEE*, Vol. 95, No. 2.
- David Shinar and Richard Compton (2004) Aggressive driving : an observational study of driver, vehicle and situational variables, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 36, pp. 429-437.
- Peter Bonsall, Ronghui Liu, and William Young (2005) Modelling safety-related driving behaviour-impact of parameter values, *Transportation Research Part A*, Vol. 39, pp. 425-444.
- Robert D. Mather (2007) Age and driving behavior: Contributions from human factors, *Journal of Scientific Psychology*.
- Srinivas Peeta, Pengchen Zhang, and Weimin Zhou (2005) Behavior-based analysis of freeway car-truck interactions and related mitigation strategies, *Transportation Research Part B* 39, pp. 417-451.
- Tatsuru Daimon and Hironao Kawashima (2003) Study of aged drivers' behaviors when using the advanced cruise-assist highway systems (AHS) at an intersection, *JSAE Review*, Vol. 24, pp. 393-402.

(접수일: 2007.11.9/심사일: 2007.12.3/심사완료일: 2007.12.3)