

퍼지이론을 이용한 컨테이너 트레일러·트럭의 주차제어

박 계 각*

Parking Control for a Container Trailer Truck Using Fuzzy Theory

*Gyei-Kark Park**

-----<목 차>-----	
Abstract	3. 주차제어 시뮬레이션
1. 서 론	3.1 퍼지제어기 구성
2. 트레일러·트럭시스템	3.2 제어규칙의 학습
2.1 주차시스템의 개요	3.3 시뮬레이션 결과
2.2 후진주차 지식	4. 결 론

Abstract

A trailer truck is a major equipment for transporting containers, and its driving is difficult due to two degrees of freedom which exist in the joint part between truck and trailer. Especially Backing a trailer truck to a parking home is a difficult exercise for all but the most skilled truck drivers. Normal driving instincts lead to erroneous movements. When watching a truck driver backing toward a parking home, one often observes the driver backing, going forward, backing again, going forward, etc., and finally backing to the desired position along the parking home. This paper discusses the design of the controller to control the steering of a trailer truck while only backing up to a parking home from an initial position.¹⁾

In this paper, we propose a backing up control system for a container trailer truck using fuzzy theory where the primitive fuzzy control rules are macroscopically designed using an expert's knowledge, and the control rules are regulated by LIBL(Linguistic Instruction Based Learning) to enable to back up successfully the trailer truck to a parking home from arbitrary initial position. The validity of the proposed parking control system is shown by applying it to some initial positions on the simulator for container trailer truck.

* 정희원, 목포해양대학교 해상운송시스템학부

1. 서 론

최근 선박화물의 컨테이너화가 가속화됨에 따라 내륙산지/소비지와 부두의 컨테이너 야적장간의 주요 운송수단으로서 트레일러·트럭이 이용되고 있다. 각종 차량에 비해 트레일러의 도로주행과 주차는 대단히 어렵기 때문에 고도의 숙련된 전문 운전자가 필요하다. 이 중 트레일러의 주차는 경험이 많은 운전자에게조차 어려운 작업이다. 특히 공간이 제한된 야드에서의 후진주차는 대단히 복잡하여 시간이 많이 걸리는 고난이도의 작업이다. 따라서 주차 야드 및 주차시간의 절감을 위해 트레일러·트럭의 주차의 자동화가 절실히 필요한 실정이다.

트레일러의 후진주차 시스템은 복잡한 비선형시스템으로 아직까지 수학적 해법이 존재하지 않으며 종래의 제어수법으로는 제어가 곤란한 시스템이다. 그러나 숙련된 전문가는 약간의 시행착오를 거쳐 주차가 가능하다. 그 이유는 숙련자가 주차에 관한 운동방정식이나 제반 수치적 제한 조건의 지식이 없이도, 애매한 언어적 사고에 의한 대국적인 상황판단과 경험적인 지식을 이용할 수 있기 때문이다. 따라서, 본 논문에서는 인간의 애매한 지식과 경험을 이용한 제어에 탁월한 성과를 거두고 있는 퍼지이론을 이용하여 트레일러·트럭의 후진주차 제어시스템을 구축하고자 한다.

퍼지이론을 이용한 최초의 주차제어로는 모델카(Model Car)의 주차제어 연구사례가 있으나[1-2], 단일 차량의 후진주차제어라는 점에서 비교적 단순하며, 제안된 수법을 차량자체만으로도 2자유도를 갖는 트레일러·트럭에 적용하기는 곤란하다.

한편 뉴럴네트워크 및 뉴로·퍼지를 이용한 트레일러·트럭의 후진주차제어에 관한 연구사례가 있으나 학습에 대단히 많은 시간이 걸려 실장비의 실시간제어에 사용할 수 없다는 문제점이 있다[3-4]. 또한 단순한 학습시스템 및 제어기의 안정성 분석을 위한 비선형 제어예제로서 트레일러·트럭의 후진주차제어를 다룬 연구는 있으나[5], 실제 컨테이너 트레일러·트럭의 주행환경을 고려하여 실용화를 목적으로 한 본격적인 연구는 아직 이루어지고 있지 않은 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 풍부한 운전경험을 가진 전문가의 지식을 바탕으로 퍼지제어기를 설계하고, 초기위치의 변화에 대해서 신속한 제어규칙의 조정이 가능한 언어지시 학습을 이용하여 트레일러·트럭의 후진주차 제어시스템을 구축하고자 한다.

먼저 숙련 운전자의 경험 및 RC-Trailer의 실험운전을 통하여 트레일러·트럭과 유사한 운동성능을 갖는 시뮬레이터를 구축하고, 설계된 주차제어기를 시뮬레이터상의 다양한 초기위치 상태의 트레일러·트럭에 적용하여 그 유효성을 검증하고자 한다.

2. 트레일러·트럭시스템

본 연구에서 다루고자 하는 트레일러·트럭시스템 개요 및 후진주차에 필요한 지식에 대하여 기술하고자 한다.

2.1 주차시스템의 개요

제어 시뮬레이션을 위한 트레일러·트럭시스템은 후진만으로 주차함에 횡주차하는 시스템으로 비선형이며 제어가 대단히 난해한 시스템이다. 트레일러·트럭의 초기위치 및 연결각도에 따라 주차가 불가능한 상태가 발생하나, 본 연구에서는 그림 1과 같이 트레일러와 트럭이 주차함에 평행하게 일직선으로 연결되어 있으며, 주차가 가능하도록 주차홈에서 어느 정도 떨어져 있는 상태로 초기위치를 한정한다. 또한 트레일러·트럭은 극미속으로 등속도 운동을 하며 미끄러짐이 없다고 가정한 간이모델을 이용하기로 한다.

시뮬레이션에 사용할 후진주행의 운동방정식은 후진 속도를 극미속으로 하고 Δt 를 미소시간으로 가정하면 식 (1)-(5)와 같이 차분형 이산시스템으로 주어진다[6].

$$\eta[i+1] = \eta[i] + v\Delta t \cdot \cos \phi[i] \cdot \sin \frac{\theta[i+1] + \theta[i]}{2} \dots\dots\dots (1)$$

$$\zeta[i+1] = \zeta[i] + v\Delta t \cdot \cos \phi[i] \cdot \cos \frac{\theta[i+1] + \theta[i]}{2} \dots\dots\dots (2)$$

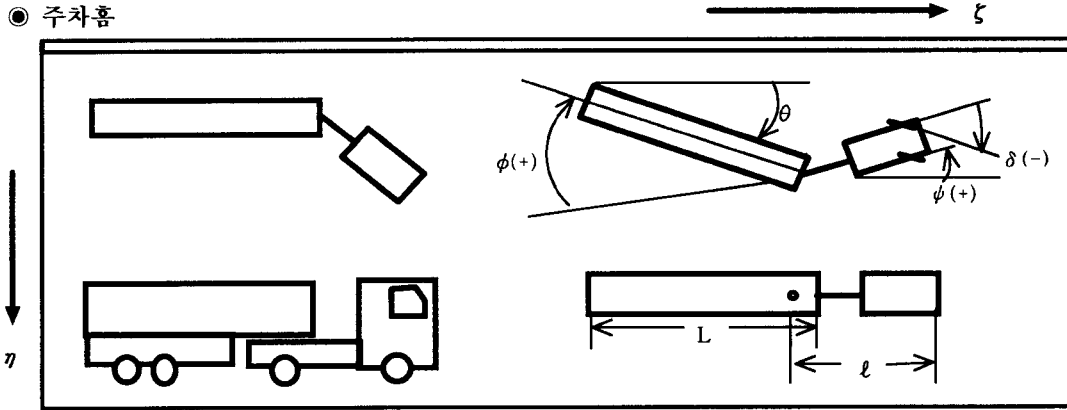


그림 1. 트레일러·트럭시스템의 개요

$$\phi[i+1] = \phi[i] + \frac{v\Delta t \cdot \tan \delta[i]}{l} \dots\dots\dots (3)$$

$$\theta[i+1] = \theta[i] + \frac{v\Delta t \cdot \tan \phi[i]}{L} \dots\dots\dots (4)$$

$$\phi[i] = \phi[i] + \theta[i] \dots\dots\dots (5)$$

여기서, 운동방정식의 변수들은 간이 트레일러·트럭 시스템의 초기조건 제약에 따라 다음과 같은 범위의 값을 취한다.

- η : 주차홈과 트레일러의 수평거리(m)
- ξ : 주차홈과 트레일러의 수직거리(m)
- ψ : 트럭의 방향, [-90 ~ 90](degree)
주차홈 수평선을 중심으로 오른쪽 방향에 (+), 왼쪽 방향에 (-)부호를 할당한다.
- θ : 트레일러의 방향, [0 ~ 90](degree)
주차홈 수평선을 중심으로 오른쪽 방향만을 취해 (+)부호를 할당한다.
- ϕ : 트럭과 트레일러의 연결각도, [-90 ~ 90](degree)
- δ : 트럭의 핸들각, [0 ~ 60](degree)
왼쪽 핸들각을 (+), 오른쪽 핸들각을 (-)로 취한다.
- v : 트럭의 속도: 0.6(m/sec)(=2.16(km/h))
- l : 트럭의 전부와 연결부까지의 길이, 4(m)
- L : 트레일러의 길이, 6(m)

운동방정식에서 상태량 η, θ, ϕ 을 입력변수로 취하고 핸들 조작량 δ 를 출력변수로 취하여 퍼지제어를 설계하고자 한다.

2.2 후진주차 지식

컨테이너 트레일러·트럭의 후진주차 제어용 퍼지제어를 구성하기 위해서는 먼저, 후진주차에 필요한 전문가의 경험과 지식을 획득하고 이를 기반으로 제어규칙을 구성하기로 한다. 트레일러·트럭의 운전경험이 많은 전문가의 자문과 구축된 시뮬레이터의 운전경험을 통하여 얻어진 후진주차에 관한 지식을 그림 2를 이용하여 기술하면 다음과 같다.

- i) 주차홈과 평행한 그림 2(a)의 초기위치에서 트레일러 후미가 주차홈을 향하도록 트럭의 핸들을 오른쪽으로 틀어($\delta < 0$) 트레일러와 트럭의 연결각도 ϕ 를 크게 하여 트레일러 방향 θ 를 크게 한다.
- ii) 트럭의 핸들을 오른쪽으로 틀은 상태로 계속 후진하면 연결각도 ϕ 가 증가하면서 그림 2(b)와 같이 된다. 연결각도 ϕ 가 너무 커지지 않도록 핸들을 좌우로 조정하면서 트레일러 방향 θ 가 커지도록 한다.
- iii) 어느 정도 트레일러방향 θ 가 크게되면, 핸들을 좌로 틀어($\delta > 0$) 그림 2(c)와 같이 연결각

도 ϕ 를 작게 하여 트럭과 트레일러가 일직선에 가깝게 되도록 한다.

- iv) ϕ 가 작아져 그림 2(d)와 같이 트럭과 트레일러가 일직선이 되면 그대로 똑바로 후진시킨다.
- v) 주차홈과의 거리 η 가 적어지면 트레일러를 주차홈에 횡으로 주차시키기 위해 그림 2(e)와 같이 핸들을 좌로틀어($\delta > 0$) 연결각도 ϕ 를 크게하여 트레일러 방향 θ 작게 한다.
- vi) 계속해서 θ 를 작게 하면 연결각도가 너무 크게되므로 연결각도 ϕ 를 일정하게 유지한 상태로 회전시켜 횡주차하고 그림 2(f)와 같이 주차홈과 트레일러가 평행하게 되면 주행을 종료한다.

이상의 후진주차 지식을 소속함수(Fuzzy Membership Function)를 이용한 if then 형식의 퍼지

규칙으로 표현하여 언어적 규칙을 기반으로 하는 퍼지제어기를 구성하고자 한다.

3. 주차제어 시뮬레이션

컨테이너용 트레일러·트럭은 차체가 길고 중량이 크며 트럭과 트레일러간이 180도의 자유도를 갖는 조인트로 연결되어 있어, 도로 주행은 물론이고 주차에 상당한 경험이 필요하다. 특히 컨테이너 야드에서 주차 시 필수적인 후진 주차는 숙련된 전문 운전자에게조차 난해한 작업이다.

따라서 본 연구에서는 장래 주차야드의 공간 절약 및 주차시간 절감을 위한 컨테이너 트레일러·트럭의 실시간 자동주차제어를 구현하기 위한 연구의 일환으로 퍼지이론을 이용한 컨테이너 트레일러·트럭의 자동 후진주차제어 시뮬레이션을 실시하고자 한다.

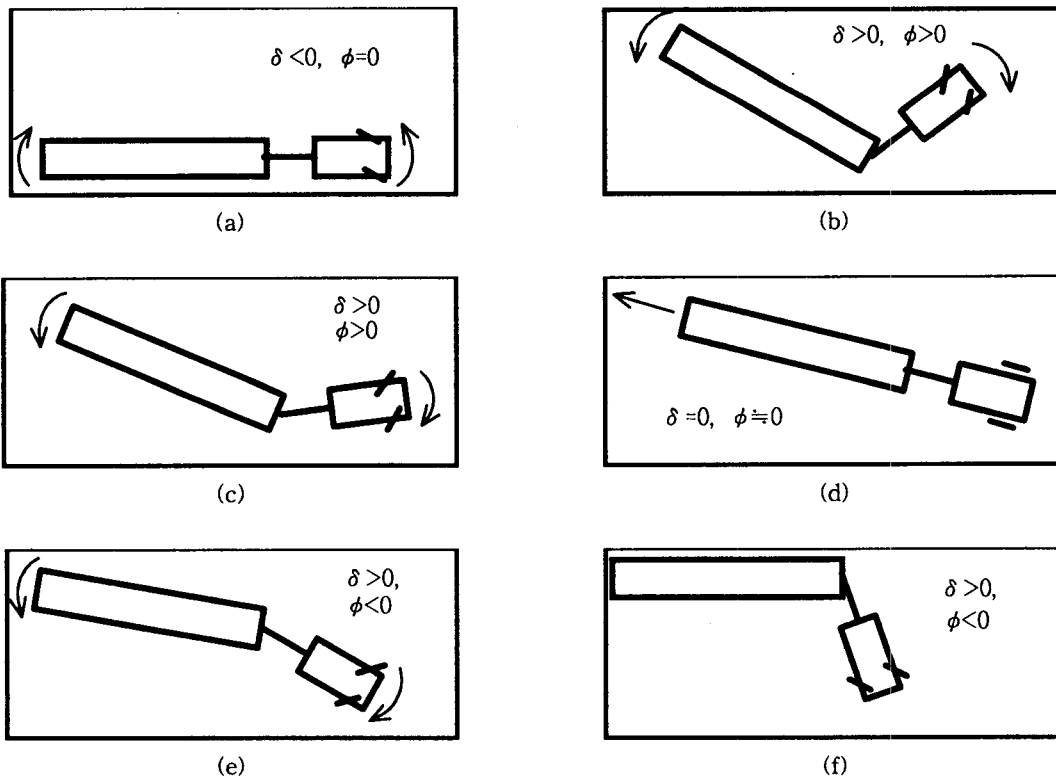


그림 2. 후진주차 수순의 분석도

3.1 퍼지제어기 구성

구성하고자 하는 퍼지제어기의 입력변수는 주차홈에서 트레일러까지의 거리 η , 트레일러의 방향 θ , 트레일러와 트럭간의 연결각도 ϕ 이며, 출력변수는 핸들 조작량 δ 로, 3입력-1출력(Three Input Single Output)제어시스템이다. 입력변수 η , θ 는 그림 3, 그림 4와 같이 각각 3분할한 삼각형 소속함수를 사용하며, 입력변수 ϕ 는 그림 5와 같이 7분할한 삼각형 소속함수를, 출력함수 δ 는 그림 6과 같이 7분할한 싱글톤(Singleton) 소속함수를 사용한다[7].

퍼지제어 규칙은 입력변수의 분할된 소속함수의 조합에 따라 $3 \times 3 \times 7 = 63$ 개가 구성될 수 있으나, 제한된 초기조건 및 항상 양의 값을 취하는 트레일러 방향각으로 인한 트럭과 트레일러의 제한된 위치관계에 따라 구성된 규칙수는 총 54개이다. 후진주차제어에 관한 지식 및 구축된 트레일러·트럭 시뮬레이터의 조종경험을 바탕으로 구성된 퍼지 제어규칙을 주차홈과 트레일러와의 수평거리 영역별로 <표 1>, <표 2>, <표 3>에 보인다. <표 2>와 <표 3>에서처럼 트럭과 트레일러의 상대적인 위치관계에 따라 규칙이 구성되지 않은 경우가 발생한다.

예를 들어, "if η is Big, θ is Zero, ϕ is NB, then..." 등의 9개는 제한된 초기 위치관계상 전전부의 조합이 이루어지지 않는다.

<표 1> $\eta = \text{Small}$ 의 퍼지제어규칙

$\theta \backslash \phi$	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
Zero	ZO	ZO	LS	ZO	ZO	ZO	LS
Small	ZO	LS	LM	ZO	ZO	LS	LM
Big	LS	LM	LB	ZO	LS	LM	LB

<표 2> $\eta = \text{Medium}$ 의 퍼지제어규칙

$\theta \backslash \phi$	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
Zero			ZO	RM	RS	ZO	ZO
Small		ZO	ZO	RS	ZO	ZO	LS
Big	ZO	ZO	LS	RS	ZO	LS	LS

<표 3> $\eta = \text{Big}$ 의 퍼지제어규칙

$\theta \backslash \phi$	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
Zero				RB	RM	RS	ZO
Small			ZO	RM	RS	ZO	ZO
Big		ZO	ZO	RS	ZO	ZO	LS

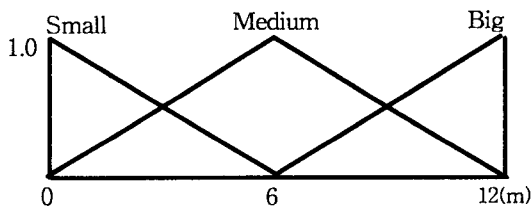


그림 3. 수평거리 η 의 소속함수

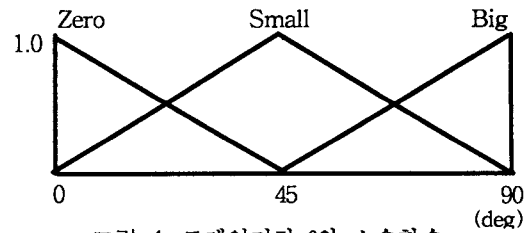


그림 4. 트레일러각 θ 의 소속함수

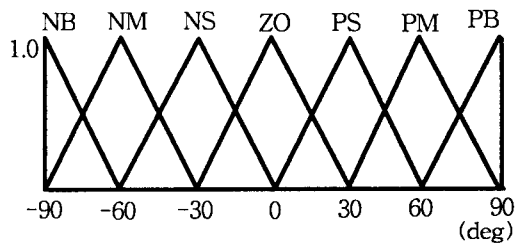


그림 5. 연결각도 ϕ 의 소속함수

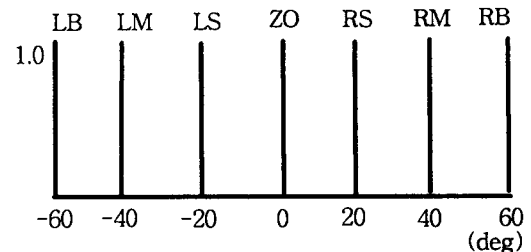


그림 6. 핸들각 δ 의 소속함수

η =Small일 경우 퍼지제어규칙의 예를 설명하면 다음과 같다.

- if η is Small, θ is Zero, ϕ is NB, then δ is ZO
- if η is Small, θ is Zero, ϕ is NM, then δ is ZO
- if η is Small, θ is Zero, ϕ is NS, then δ is LS
- if η is Small, θ is Zero, ϕ is ZO, then δ is ZO

여기서, 퍼지제어규칙중 연결각도 ϕ 의 경우 ZO: Zero, NB: Negative Big, NM: Negative Medium, NS: Negative Small, PS: Positive Small, PM: Positive Medium, PB: Positive Big이며, 행들각 δ 의 경우, LB: Left Big, LM: Left Medium, LS: Left Small, ZO: Zero, RS: Right Small, RM: Right Medium, RB: Right Big이다.

3.2 제어규칙의 학습

구성된 퍼지제어기는 후진주차를 위한 매크로한 제어기로서, 초기위치 변화에 따라 이에 대응할 수 있도록 제어기를 조정하지 않으면 안된다. 즉, 주차홈과 트레일러의 수평거리 η 및 주차홈과 트레일러의 수직거리 ζ 가 변화하면 퍼지제어기 입출력 변수의 소속함수를 조정하지 않으면 안된다. 뉴럴네트워크(Neural Network)를 이용한 후진주차의 학습제어 사례가 있으나 오프라인(Off Line)으로 학습하지 않으면 안되며[4], 학습에 많은 시간이 소요되므로 실장비의 실시간 제어에는 적용이 불가능하다. 따라서, 본 연구에서는 실시간 학습으로 유효성이 입증된 언어지시에 의한 학습법을 적용하여 변화된 초기위치에 적응할 수 있도록 제어기를 학습시키고자 한다[8-9].

언어지시 학습이란 시스템의 거동을 관찰한 오퍼레이터(Operator)가 제어성능을 개선하기 위하여 시스템에 언어지시를 내리면, 시스템은 이 언어지시를 주어진 의미소로 해석하여 제어규칙 수정용 퍼지평가규칙을 생성한 후 이 평가규칙에 의하여 원시 퍼지제어규칙을 조정하는 학습법이다. 언어지시 학습알고리즘을 트레일러·트럭의 후진 주차제어와 관련하여 기술하고자 한다.

step 1. 언어지시를 입력한다.

원시 퍼지제어규칙에 의해 실행된 제어성능을 관찰한 오퍼레이터는 제어성능의 개선이 필요하다고 평가하면 언어지시를 입력한다. 언어지시는 오퍼레이터에게 부담이 가지 않도록 제어성능 개선에 필요한 함축적이고 애매성을 갖는 매크로 지시를 입력한다. 이때 언어지시는 언어헤지부(LH: Linguistic Hedge)와 원시어구(Atomic Phrases)로 구성된다. 예를 들어 “좀더 빠르게 추종하세요”는 $L1=LH(\text{좀더}) + AW(\text{빠르게 추종하세요})$ 의 형식으로 입력한다. 입력된 언어지시는 지시사례 DB부에 저장하여 향후 동일한 언어지시가 입력될 때 의미해석의 간소화를 위해 활용한다. 한편, 언어헤지는 [(약간, 1.2), (약간 더, 1.3), (많이, 1.5), (아주, 1.8), (대단히, 2.0)]와 같이 헤지별로 가중치를 할당한다.

step 2. 과거에 동일한 지시 여부를 탐색한다.

지시사례 DB부에 과거 동일한 언어지시가 입력되어 의미해석이 이루어진 사례가 있는가를 탐색한다. 동일한 사례가 발견되면, 언어지시 해석의 수준인 step 3.과 step 4.를 생략하고 step 5.로 간다.

step 3. 의미소를 탐색하여 언어지시를 해석한다.

배경지식 DB에 시스템거동의 평가항목인 “추종기울기”, “안정추종 개시시간”, “추종시간”에 각각 대응되어 기억되어 있는 “추종기울기를 크게 하라”, “안정추종 개시시간을 빠르게 하라” 등이 의미소에 해당된다. 의미소 및 평가규칙 구성용의 소속함수를 <표 4>에 보인다. 이들 의미소를 하나씩 오퍼레이터에게 제시하여 [Yes]와 [No]의 응답을 입력받는다. 한편 <표 4>에서 안정추종이란 트레일러가 주차홈에서 2m 이내의 거리에 진입하여 안정하게 주차홈에 횡주차하는 상태를 의미한다.

step 4. 평가규칙을 생성한다.

언어지시의 해석을 위해 선택된 의미소를 퍼지평가규칙의 전진부 변수로 하고 후진부 변수를 퍼지제어규칙의 조작량으로 하여 평가규칙을 작성한다. 이때 의미소별로 준비된 전진부, 후진부의 소속함수 및 파라메타를 추출하여 퍼지평가규칙을 구

〈표 4〉 의미소 및 평가규칙 소속합수

평가항목	의미소	전건부	후건부
추종기울기	추종기울기를 크게 하라	Small Medium Big	PB, PM, PS
	추종기울기를 작게 하라	Small Medium Big	NS, NM, NB
안정추종	안정추종을 빠르게 하라	Small Medium Big	PB, PM, PS
	안정추종을 느리게 하라	Small Medium Big	NS, NM, NB
추종시간	추종시간을 빠르게 하라	Small Medium Big	PB, PM, PS
	추종시간을 느리게 하라	Small Medium Big	NB, NM, NS

성한다. 평가규칙의 추종기울기 각도의 파라메타범위는 (min, max) = (0, 60)이고, 추종시간 ft 와 안정추종시간 st 는 식 (6)(7)을 이용하여 구하고, 전건부 파라메타는 각각 (min, max) = (0.5 ft , 2 ft), (min, max) = (0.5 st , 1.5 st)이다. 또한 각 평가규칙의 후건부 파라메타는 동일하게 (min, max) = (0o, 5o)를 사용한다.

$$ft = \frac{\text{트레일러 초기위치와 주차홈 O점과의 거리}}{\text{트럭의 속력}} \dots\dots\dots (6)$$

$$st = \frac{\text{초기위치와 안정추종영역과의 최단거리}}{\text{트럭의 속력}} \dots\dots\dots (7)$$

step 5. 제어규칙을 조정한다.

학습전의 원시 퍼지제어규칙에 의한 실행시의 추종기울기, 추종시간, 안정추종시간을 평가규칙의 전건부의 입력치로 하여 제어규칙의 후건부의 파라메타 조정치 RPv 를 구한 후, 언어해지에 의한 가중치 LHv , 원시제어규칙의 후건부 파라메타

$old \theta$ 를 이용하여 식 (8)과 같이 제어규칙 후건부의 학습이 이루어진다.

$$new \theta = old \theta + RPv \cdot LHv \dots\dots\dots (8)$$

step 6. 제어거동의 제시 및 평가를 수행한다.

학습된 제어규칙에 의하여 제어성능이 점차 개선되면 step 5.로 가서 반복하고, 제어성능이 악화되면 다음 언어지시를 위해 step 1.로 간다. 오퍼레이터가 만족할 정도로 제어성능이 개선되면 학습을 종료한다.

3.3 시뮬레이션 결과

언어지시 학습법을 이용하여 원시 퍼지제어규칙을 학습시켜 실행한 후진주차제어 시뮬레이션 결과를 그림 7-10에 보인다.

그림 7은 주차홈으로부터 트레일러 후미중심까지 수평거리 $\eta=30$, 수직거리 $\xi=10$ 인 초기위치에서 원시제어규칙에 의한 학습전의 시뮬레이션 결과이다. 제어성능이 양호하지 못하여 주차홈에 일직선으로 트레일러를 횡주차하지 못함을 알 수 있다. 제어결과를 관찰한 오퍼레이터는 초기에 주차홈으로의 추종기울기가 완만하여 제어성능이 양호하지 못하다고 판단하고 “약간 더 빠르게 주차홈에 추종하시오”라고 언어지시를 내린다. 언어지시는 “약간 더”라는 언어해지와 “추종 기울기를 크게 하라”라는 의미소로 해석되어 작성된 평가규칙과 식 (8)을 이용하여 원시퍼지제어규칙을 학습시킨다. 그림 8과 같이 학습된 제어규칙에 의한 주차제어 결과, 양호한 제어성능을 보임을 확인할 수 있다.

그림 9는 주차홈으로부터 트레일러 후미중심까지 수평거리 $\eta=15$, 수직거리 $\xi=5$ 인 초기위치에서 원시제어규칙에 의한 학습전의 시뮬레이션 결과이다. 후진주차 성능이 양호하지 못함을 관찰한 오퍼레이터가 “약간 빠르게 추종기울기를 크게 하라”는 언어지시를 내려 퍼지제어기를 학습시킨 결과, 그림 10과 같이 양호한 후진주차상태를 보임을 확인할 수 있다.

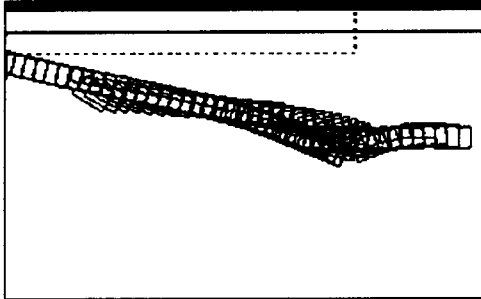


그림 7. $\eta=30, \zeta=10$ 의 학습전 실행결과

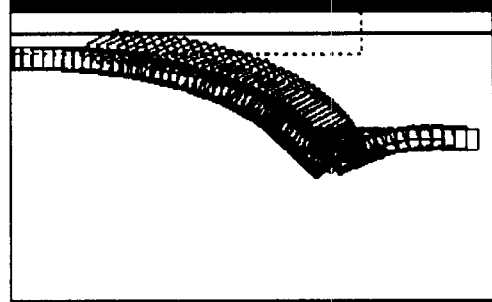


그림 8. $\eta=30, \zeta=10$ 의 학습후 실행결과

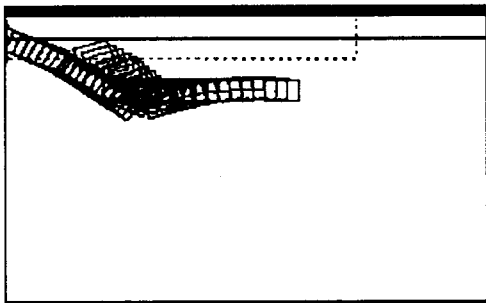


그림 9. $\eta=15, \zeta=5$ 의 학습전 실행결과

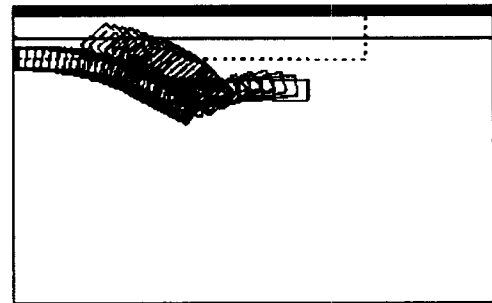


그림 10. $\eta=15, \zeta=5$ 의 학습후 실행결과

4. 결 론

공간이 제한된 야드에서의 컨테이너 트레일러·트럭의 주차는 비선형성을 갖는 시스템의 성격상 고도의 운전기술을 요한다. 특히 주차시 필수적인 후진주차는 경험이 많은 전문운전자일지라도 대단히 난해하고 시간이 많이 걸리는 고난이도의 작업이다. 따라서 주차 야드 및 주차시간의 절감을 위해 트레일러·트럭의 후진주차의 자동화가 필요하다.

본 연구에서는 전문가의 지식추출 및 표현을 이용한 지능제어에 탁월한 위력을 발휘하고 있는 퍼지이론과 언어지시학습법을 이용하여 컨테이너 트레일러·트럭의 자동주차를 위한 후진주차 제어 시스템을 제안하였다.

구체적인 제어시스템의 구축수법으로는, 먼저 전문운전자와 상담을 통하여 주차에 필요한 지식을 습득한 후 54개의 언어적규칙을 갖는 매크로한 퍼

지제어기를 구성하였다. 또한 이 매크로 퍼지제어기가 트레일러 트럭의 다양한 초기상태에 대응할 수 있도록 언어지시학습을 이용한 퍼지제어기의 학습수법을 제안하였다. 제안된 후진주차제어 시스템은 다양한 초기조건에 컨테이너 트레일러·트럭의 주차제어 시뮬레이션을 통하여 그 유효성을 확인하였다.

본 연구 결과는 선박화물의 컨테이너화가 가속화됨에 따라 수요가 급증하고 있는 컨테이너 트레일러·트럭의 실장비 주차제어에 활용되어 물류비용의 절감효과를 가져올 수 있으며, 장래의 과제로는 실장비의 실시간 주차제어를 실현하기 위하여 센서시스템의 개발이 필요하다.

참고문헌

- 1) M. Sugeno, M. Nishida, "Fuzzy Control of

- Model Car", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 16. No.2, pp.103-113, 1985.
- 2) M. Sugeno, K. Murakami, "An Experimental Study on Fuzzy Parking Control Using a Model Car, *Industrial Applications of Fuzzy Control*(M. Sugeno ed.), North-Holland, pp.125-138, 1985.
 - 3) D. Nguyen, B. Widrow, "The Truck Backer-Upper", *Proc. of International Conference on Neural Networks*, pp.399-407, 1990.
 - 4) 徳永 稔, 市橋 秀友, "ニューロ・ファジィ最適制御によるトレーラ・トラックの後退運轉", 第8回 ファジィ システムシンポジウム講演論文集, pp.49-52, 1992.
 - 5) 朴 柱珏, 菅野 道夫, "言語指示によるファジィ學習制御", 第8回 ファジィ システムシンポジウム講演論文集, pp.619-622, 1991.
 - 6) 景山 克三, *自動車工学*, 理工圖書, 東京, 1984.
 - 7) 菅野 道夫, *ファジィ制御*, 日刊工業新聞社, 1988.
 - 8) M. Sugeno, G.K. Park, "An Approach to Linguistic Instruction Based Learning and Its Application to Helicopter Flight Control", *Proc. 5th International Fuzzy Systems Association World Congress, in Korea*, pp. 1082-1085, 1993.
 - 9) M. Sugeno, G.K. Park, "An Approach to Linguistic Instruction Based Learning", *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, Vol. 1, No. 1, pp.19-56, 1993.