

논문 2006-43CI-4-8

퍼지 로직을 이용한 지능형 네비게이션 시스템

(Intelligent Navigation System Using Fuzzy Logic)

이 봉 우*, 최 우 경*, 전 흥 태**

(Bong-Woo Lee, Woo-Kyung Choi, and Hong-Tae Jeon)

요 약

현대인의 생활에서 자동차는 이미 필수적인 것이 되었고, 자동차 기술이 발달하게 됨에 따라 더욱 더 편리한 혜택을 누리고 있다. 그러나 자동차를 좀 더 편리하게 이용하고자 다른 부가적인 시스템들을 장착하게 되었고 대표적인 것이 네비게이션이다. 현재 네비게이션 시스템은 단지 일방적인 길안내만을 해주는 기계적인 시스템에서 크게 벗어나지 못하고 있다. 본 논문에서는 퍼지 로직을 이용하여 운전자의 성향을 판단하고 그에 맞는 경로를 안내해주는 지능형 네비게이션에 대하여 제안하고자 한다. 네비게이션의 가장 중요한 목적인 빠른 경로안내에 크게 벗어나지 않는 범위 내에서 사용자의 성향에 따른 경로 안내를 해주는 미래 지향적인 네비게이션 알고리즘을 제안하고 모의 주행을 통한 제안된 알고리즘을 검증한다.

Abstract

A car became that is essential already, and enjoy convenient benefit still more according as car skill is developed in modern's life. But, threaded other additional systems to use a car little more conveniently and representative thing is Navigation. Current Navigation system is not escaping greatly in mechanical system that do only unilateral guidance. Wish to propose about intelligence style Navigation that foretell driver's inclination and guide correct route to him because this treatise takes advantage of fuzzy logic. Verify algorithm that propose oriented Navigation algorithm the future that do path guidance by user's inclination within extent that do not escape greatly in most important final cause fast path proposition of Navigation and is proposed through an experiment.

Keywords : Intelligent Navigation, Fuzzy logic, inclination, path guidance

I. 서 론

현대인의 생활 속에 자동차는 이미 일상적인 것으로 널리 보급되어 있으며, 쉽게 이용하고 있다. 자동차의 기술이 발달하고 많은 사람들의 운전면허를 취득하여 자동차의 편리한 혜택을 누리고 있으나 대다수의 사람들은 초행의 목적지로 가고자 할 때 많은 어려움을 겪고 있기 때문에, 좀 더 편리해지고자 차량에 네비게이션 시스템^{[1][2][3]}을 장착하여 사용하고 있다.

현재 네비게이션 시스템은 사용자가 목적지까지 얼마나 빨리 갈 수 있는가에만 중점을 맞추고 있다. 그러나 여전히 기기가 안내해주는 일방적이고 수동적인 네

비게이션의 한계를 벗어나지 못하고 사용자의 기호나 성향의 고려 또한 없다. 현재는 장착된 네비게이션에 목적지를 입력하면 사용하는 사람에 상관없이 같은 경로를 안내 해주는 기계일 뿐이다.

본 논문에서는 사용자마다 선호하는 도로의 상태와 운전자의 운전 패턴 성향을 고려하여 경로를 추천하는 본 시스템과 사용자간의 쌍방향성 네비게이션 시스템을 구현하고자 한다. 본 시스템에서는 퍼지^{[4][5][6]} 로직을 이용하여 사용자의 최종성향과 도로의 상태들을 파악하게 된다. 이어서 파악한 각 경로의 상태와 사용자의 성향^{[7][8]}이 가장 일치하는 경로를 안내해 주게 된다.

II. 네비게이션의 구조와 알고리즘

본 네비게이션은 크게 사용자의 활동 패턴 인식과 도로의 상태를 판단하는 두 부분으로 나눈다.

* 학생회원, ** 평생회원, 중앙대학교 전자전기공학부 (School of Electrical and Electronic Engineering Chung-Ang University)
접수일자: 2006년3월7일, 수정완료일: 2006년7월1일

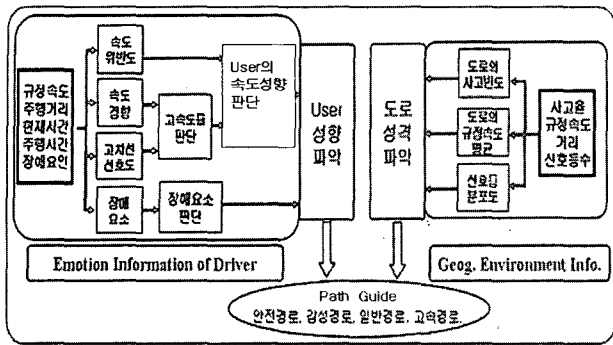


그림 1. 제안된 지능형 네비게이션 구조
Fig. 1. structure of proposed intelligent Navigation.

사용자 최종 성향판단은 운전이 안전한 경로가 요구되는 “안전경로”, 한적한 경로를 선호하는 “감성경로”, 속도를 낼 수 있는 “고속경로”, 그리고 안정적인 운행 성향을 가진 “보통경로”로 나눈다.

도로상태 판단은 도로의 사고빈도, 도로의 규정 속도 평균, 신호등의 분포도를 사용하여 판단하고, 사용자 성향과 같이 사고가 적고 안전한 경로인 “안전경로”, 한적하고 장애요소가 적은 “감성경로”, 높은 속력으로 달릴 수 있는 “고속경로”, 그리고 안정적이고 일반적인 “보통경로”로 네 가지이다.

사용자 성향과 후보 도로들의 상태^{[9][10]}을 판단한 후, 사용자의 성향에 비슷한 도로를 안내 해주는 “사용자 성향을 고려한 길 안내”가 이루어진다. 즉 운전자의 감성적 요소와 지리화적인 요소를 통합한 안내이다. 또한 사용자의 성향에 맞는 경로와 함께 나머지 후보 도로의 소요 시간을 나타내어 사용자가 최종 판단을 한다.

본 논문에서 사용된 알고리즘은 계층적 퍼지 구조를 사용하였고 각 알고리즘을 모듈화 하여 수정 및 보완이 쉽도록 하였다.

1. 사용자 성향 파악 알고리즘

가. 고속도를 판단 알고리즘

속도경향과 고차선 선호도를 이용하여 고속도를 판단한다. 속도 경향은 규정 속도와 주행 속도로 알 수

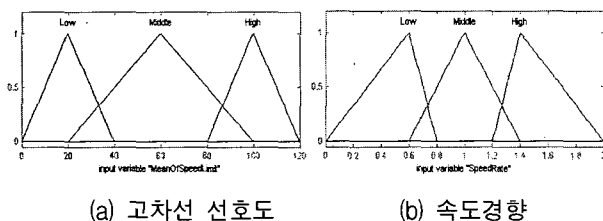


그림 2. 전건부의 멤버쉽 함수
Fig. 2. Membership Functions of Antecedent.

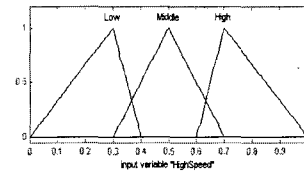


그림 3. 후건부의 멤버쉽 함수: 고속도를
Fig. 3. Member Function of Consequent: High Speed probability.

표 1. 고속도룰에 대한 판단 룰 베이스
Table 1. Rule base of Judgment of high speed probability.

| Rule | If 속도경향 is | and 고차선선호도 is | Then 고속도를 is |
|------|------------|---------------|--------------|
| 1 | 낮음 | 낮음 | 낮음 |
| 2 | 낮음 | 보통 | 낮음 |
| 3 | 낮음 | 높음 | 낮음 |
| 4 | 보통 | 낮음 | 보통 |
| 5 | 보통 | 보통 | 보통 |
| 6 | 보통 | 높음 | 보통 |
| 7 | 높음 | 낮음 | 높음 |
| 8 | 높음 | 보통 | 높음 |
| 9 | 높음 | 높음 | 높음 |

있는 사용자의 속도에 대한 경향이다. 실제 우리나라 도로 상황 여건을 함께 고려하고, 운전자들의 설문조사를 토대로 도로 상황 여건에 대한 조사 값을 사용했다.

실제 도로 상황 여건은 우리나라 도로 상황의 시간대 별로 차량의 수 등과 같은 전반적인 우리나라 도로 상황을 고려 해주는 것으로 역시 시간대 별로 다른 가중치를 가진다.

$$vt = \frac{ums}{rum + rre} = \frac{ums}{rum + acc_2} \tag{1}$$

(vt = 속도경향, ums = 운전자 평균 속력, $rre = acc_2$ = 실제도로상황여건도)

고차선 선호도는 규정 속도 평균으로 알아보는 고차선 선호도를 나타낸다. 규정 속도가 높으면 일반적으로 고차선인 점에 착안하여 고차선에 대한 선호도를 판단할 수 있다.

$$ht = \frac{rum}{10km/h}, (ht = \text{고차선도}) \tag{2}$$

전건부는 속도경향과 고차선 선호도 이며 후건부는 고속도룰에 대한 값이다(그림 2, 3).

나. 사용자의 속도 성향 판단 알고리즘

사용자의 속도 성향은 속도위반도와 고속도룰로 판

단한다. 속도위반도는 사용자가 규정 속도 보다 얼마만큼 속도를 위반 했는지를 판단하는 요소로써 그 수식은 아래와 같이 나타내어진다.

$$vvr = \frac{ums}{rvm + rvt + rre} = \frac{ums}{rvm + acc_1} \quad (3)$$

(vvr =속도 위반도, rvt =규정 속도 위반 인식도, $acc_1 = rvt + rre$)

평균 속도는 운전자의 총 운행 거리를 시간으로 나눈 값이며, 규정 속도 평균은 규정 속도에 대한 평균을 나타낸 것으로 아래와 식과 같다.

$$rvm = \frac{\text{구간}a\text{의거리} \times \text{구간}a\text{의}rv + \text{구간}b\text{의거리} \times \text{구간}b\text{의}rv + \dots}{tr(\text{구간}a + \text{구간}b + \dots)} \quad (4)$$

규정 속도위반 인식도는 운전자들을 규정 속도 보다 어느 정도가 위반이라고 보는지 설문 조사에서 얻은 평균값으로 시간대 별로 다르다. 표 2는 시간대별 규정속도 위반 인식도와 실제 도로 상황여건도이다.

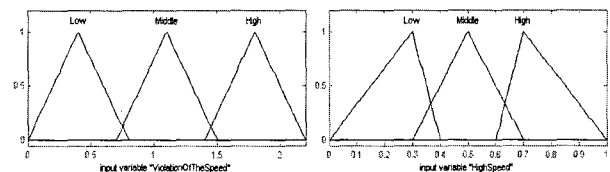
속도위반도를 판단하는 파라미터는 acc_1 이고 rvt 값과 rre 값의 합이다. 속도 경향을 판단하는 파라미터는 acc_2 이고 rre 값으로 나타낸다.

전건부는 속도위반도와 고속도률이고, 후건부는 속도 성향이다(그림 4, 5).

표 2. 시간대별 규정 속도위반 인식도와 실제 도로 상황 여건도

Table 2. Time zone of Regulation speeding cognition and Actuality road situation.

| 구분 | rvt (A) | rre (B) | acc_1 (A+B) | acc_2 (B값만) |
|--------------------------|---------|---------|---------------|---------------|
| 일반시간 (05-07,09-17,21-00) | +10 | -10 | 0 | -10 |
| 이른시간 (00-05) | +20 | -5 | 15 | -5 |
| 혼잡시간 (07-09,17-21) | 고려 안함 | | | |



(a) 속도위반도 (b) 고속도률

그림 4. 전건부의 멤버십 함수 Fig. 4. Membership Functions of Antecedent.

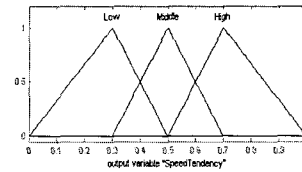


그림 5. 후건부의 멤버십 함수: 속도성향 Fig. 5. Member Function of Consequent: User's speed inclination.

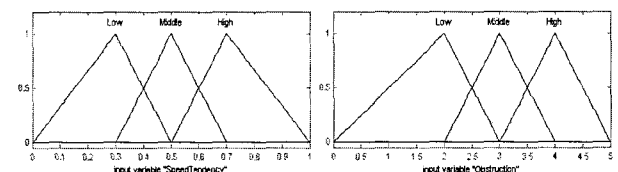
표 3. 사용자 속도 성향과의 룰 베이스 Table 3. Rule base of User speed inclination.

| Rule | If 속도위반도 is | and 고속도률을 is | Then 속도성향 is |
|------|-------------|--------------|--------------|
| 1 | 낮음 | 낮음 | 낮음 |
| 2 | 보통 | 낮음 | 낮음 |
| 3 | 보통 | 보통 | 보통 |
| 4 | 보통 | 높음 | 높음 |
| 5 | 높음 | 보통 | 보통 |
| 6 | 높음 | 높음 | 높음 |

다. 사용자 최종 성향 파악 알고리즘

사용자 최종 성향은 사용자의 속도 성향과 장애요소로 판단 한다. 장애요소란 사용자 운전 성향을 파악하기 위한 요소 중 일정 거리를 기준으로 일정속력 밑으로 떨어지는 횡수를 반영하는 부분으로 장애요소가 작을수록 시외의 운전이나 한적한 곳, 혹은 고속도로 같은 곳을 자주 이용하는 것으로 생각할 수 있다.

$$oe = \frac{oc \times 1000m}{tr} \quad (oe=\text{장애요소}, oc=\text{장애요인}) \quad (5)$$



(a) 속도성향 (b) 장애요소

그림 6. 전건부의 멤버십 함수 Fig. 6. Membership Functions of Antecedent.

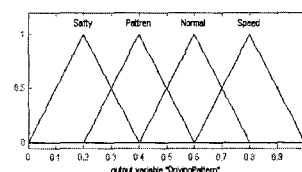


그림 7. 후건부의 멤버십 함수: 사용자 활동 패턴 Fig. 7. Member Function of Consequent: User's activity pattern.

표 4. 사용자 활동 패턴에 대한 판단의 룰 베이스
Table 4. Rule base of User activity pattern.

| Rule | If: 속도성향 is | and: 장애요소 is | Then: 활동패턴 is |
|------|-------------|--------------|---------------|
| 1 | 낮음 | 낮음 | 감성경로 |
| 2 | 낮음 | 보통 | 보통경로 |
| 3 | 낮음 | 높음 | 보통경로 |
| 4 | 보통 | 낮음 | 감성경로 |
| 5 | 보통 | 보통 | 보통경로 |
| 6 | 보통 | 높음 | 보통경로 |
| 7 | 높음 | 낮음 | 안전경로 |
| 8 | 높음 | 보통 | 고속경로 |

전건부는 속도성향과 장애요소이고, 후건부는 사용자의 활동 패턴이다(그림 6, 7).

2. 도로의 상태를 파악 알고리즘

도로의 상태는 도로의 사고빈도와 도로의 규정속도 평균과 신호등 분포도를 이용하여 판단한다.

신호등의 분포도는 도로의 장애 요소를 고려하고, 도로의 속도를 얼마나 낼 수 있는지 판단할 수 있는 요소이다. 수식은 다음과 같다.

표 5. 도로의 상태에 대한 판단의 룰 베이스
Table 5. Rule base of State judgment of road.

| Rule | If 사고빈도 is | and 제한속도 평균 is | and 신호등 분포도 is | Then: 도로상태 is |
|------|------------|----------------|----------------|---------------|
| 1 | 낮음 | 낮음 | 낮음 | 감성경로 |
| 2 | 낮음 | 낮음 | 보통 | 안전경로 |
| 3 | 낮음 | 중간 | 높음 | 안전경로 |
| 4 | 낮음 | 높음 | 낮음 | 고속경로 |
| 5 | 보통 | 낮은 | 낮음 | 고속경로 |
| 6 | 보통 | 보통 | 낮음 | 고속경로 |
| 7 | 보통 | 높음 | 낮음 | 고속경로 |
| 8 | 높음 | 낮음 | 낮음 | 감성경로 |
| 9 | 높음 | 보통 | 낮음 | 감성경로 |
| 10 | 높음 | 높음 | 보통 | 보통경로 |
| 11 | 높음 | 높음 | 높음 | 보통경로 |

$$ld = \frac{lm \times 600m}{tm} \tag{6}$$

(ld=신호등 분포도, lm=신호등 개수, tm=총 구간거리)

전건부는 도로의 사고빈도, 제한속도 평균 그리고 신호등분포도이며 후건부는 도로의 상태 파악 값이다.

III. 실험

1. 모의실험

본 논문에서 제안한 방법을 토대로 모의실험을 하기 위하여 간단한 프로그램을 작성하였다. 기본적으로 필요한 입력들은 주행을 통해 들어오고, 도로에 대한 기본 정보도 파악을 하고 있다는 가정을 한다. 신뢰성을 검증 하기위하여 실제 운전자들을 통한 실제 값을 넣었고, 일반적으로 생각하는 그들의 성향과 실제 값을 비교하였다.

(1)운전자 A

평소 과속을 주로 하는 스타일의 'A'운전자를 대상으로 운전을 통해 얻은 값들을 적용한 운전자성향은 안전 운행이 필요한 "안전 경로"로 나왔다. 실제 주위사람들로부터 안전운행에 대한 충고를 많이 듣는 사람이다.

(2) 운전자 B

평소 한적하고, 돌아가더라도 장애요소가 적은 경로를 즐겨 주행했던 'B' 운전자는 본인 예상대로 감성적인 부분을 고려된 감성적인 부분을 "감성경로"가 나왔다.

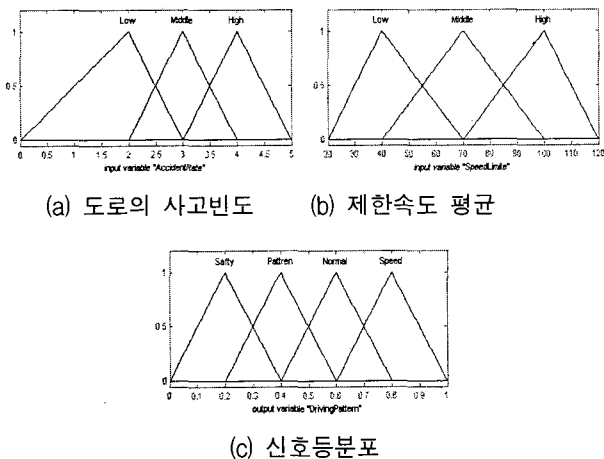


그림 8. 전건부의 멤버십 함수
Fig. 8. Membership Functions of Antecedent.

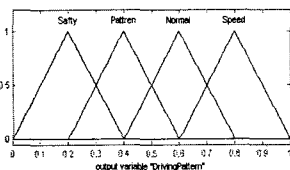


그림 9. 후건부의 멤버십 함수: 도로의 상태 파악
Fig. 9. Member Function of Consequent: State judgment of road.

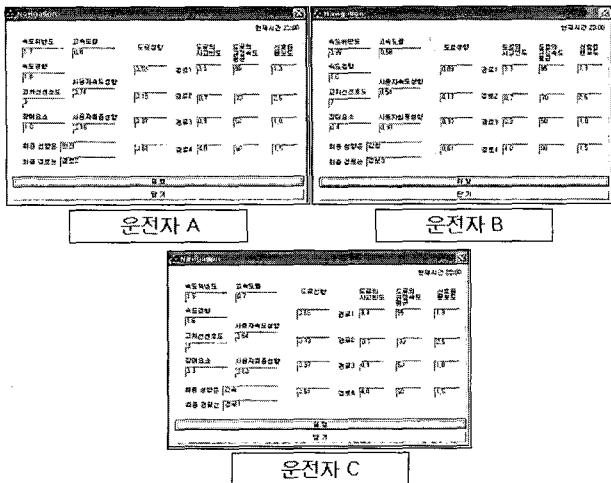


그림 10. 모의실험 A, B, C
Fig. 10. Simulation A, B, C.

(3) 운전자 C

빠른 속력으로 운전하는 'C' 운전자는 고속 성향으로 판단되었다. 시내나 시외 가리지 않고 항상 속력을 내었던 'C' 운전자는 도로의 규정 속도가 높고, 비교적 장애도가 없는 고속경로가 추천경로로 나왔다. 실제로 고속으로 달릴 수 있는 경로를 주로 이용하고 있었다.

이밖에도 10여명의 운전 데이터 값을 대입시켜본 결과 그들이 생각 하는 성향과 90프로의 일치된 값을 보였다.

2. 네비게이션 시스템의 구현

제안한 알고리즘을 실제 구현을 해 보았다. 맵을 임의로 선정을 한 다음, 먼저 사용자의 성향을 학습하기 위한 모의주행 실험을 하였다. 그림 11, 12는 PDA상에서 사용자의 성향에 따라 모의 주행하고 그 결과를 개발 알고리즘에 넣어 최종 성향이 나오기까지의 과정이 나타나 있다.

사용자가 네비게이션을 장착한 후 실제 운전을 통해 성향에 대한 학습이 이루어지나 여건상 본 실험에서는 모의주행을 하면서 운전자의 성향을 일정한 구간마다 입력하는 방법을 통해 실제 운전과 동일한 실험 환경을

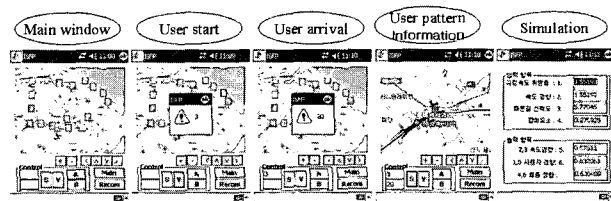


그림 11. 사용자 운전성향 획득과정
Fig. 11. User driving inclination acquisition process.

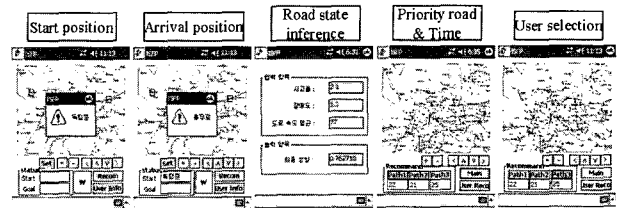


그림 12. 성향에 맞는 목적지 추천, 최종경로 결정 과정
Fig. 12. In inclination correct destination recommendation, last path decision progress.

만들었다.

그림 11에서 임의의 목적지까지 모의주행을 통해서 미리 지정해 놓은 사용자 운전 패턴을 학습하고 최종 성향을 판단한다. 그림4은 위 모의주행의 결과 값으로 사용자 성향에 가장 근접한 경로를 안내해주는 과정이고, 후보 경로에 대해 걸리는 예상 소요시간을 같이 보여주고 있다. 독립문에서 충무로까지 가는 길은 총 4가지 경로가 있다. 그중 앞서서 판단한 개인의 성향 값과 가장 근접한 길을 선택 하여주는 것을 확인 할 수 있다.

목적지를 입력하면 사용자 성향과 비슷한 길을 자동 안내해 주고 그 정보를 보여주며, 동시에 선택된 경로를 포함한 사용자 성향과 근접한 3가지 경로가 예상 소요시간과 함께 나타내어 사용자로 인해 최종 경로를 선택할 수 있다.

IV. 결 론

기존의 네비게이션 시스템은 같은 종류의 제품을 장착하면 목적지까지 빠른 기간에 갈 수 있는 오직 한가지의 방향을 제시하였고, 기계적이고 단방향성 시스템이다. 그러나 본 논문에서 제안한 알고리즘은 사용자의 다양한 성향에 따라 경로를 추천할 뿐만 아니라 사용자 성향의 업데이트를 통해 성향의 변화를 반영할 수 있는 쌍방향 지능형 네비게이션 시스템이다. 또한 운전자 상황과 목적에 따라 빠른 길 안내가 가능한 시스템이다. 시스템의 알고리즘은 사용자의 성향 판단에 있어서 보다 정확한 판단을 위해 계층적 퍼지 구조를 사용하여 그 구조를 쉽게 파악 할 수 있게 하였으며, 모듈화하여 추후 알고리즘 수정이나 변화를 쉽도록 하였다. 또한 본 논문에서 제안한 네비게이션 시스템은 쉽게 도출 가능한 도로의 정보들을 이용함으로써 현 시스템에 적용이 쉬울 것을 생각한다.

앞으로 Health-care 등을 이용한 운전자의 실시간 건강정보와 통신 기술의 발달로 인한 실시간 교통정보나

날씨정보 등을 이용하여 추가적인 알고리즘 개발이 이루어진다면 더욱 뛰어난 지능형 네비게이션 시스템을 구현 할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] P. T. Shaw, S. Peaslee, and M. O. Ferguson, "Integrated and distributed Position Navigation and Timing (PNT) data in shipboard environments," MTS/IEEE TECHNO-OCEAN '04, Vol. 2, pp. 796-801, 9-12 Nov. 2004.
- [2] Yao Jianchao, "A new scheme of vision based navigation for flying vehicles-concept study and experiment evaluation," Control, Automation, Robotics and Vision, ICARCV 2002. 7th International Conference, Vol. 2, pp. 643-648, 2-5 Dec. 2002.
- [3] A. Djunaidy, F. Samopa, and S. Halim "Development of a Web navigation guide system based on the hypertext probabilistic grammar," Circuits and Systems, 2002. APCCAS '02. 2002 Asia-Pacific Conference, Vol. 1, pp. 317 - 322 28-31 Oct. 2002.
- [4] M. Sugeno, M. Nishida, "Fuzzy control of model of model car," Fuzzy Sets Syst., Vol. 16, pp. 103-113, 1985.
- [5] T. Tagaki and M. Sugeno, "Fuzzy identification of System and Its Applications to Modeling and Control," IEEE Trans. Syst. Man Cybern., Vol. SMC-15, pp. 116-132, 1985.
- [6] Chin-Teng Lin and Ya-Ching Lu, "A neural fuzzy system with fuzzy supervised learning," IEEE Transactions, Vol.1, No. 5, pp. 744-763, Oct. 1966.
- [7] S. Chen, S. A. Billings, and P. M. Grant, "Nonlinear system identification using neural networks," Int. j. Contr., Vol. 51, No. 6, pp. 1191-1214, 1990.
- [8] S. R. Chi, R. Shouresshi, and M. Tenorio, "Neural networks for system identification," IEEE Contr. Syst. Mag., Vol. 10, No. 4 pp. 31-34, 1990.
- [9] K, Daniel Wong, and Donald C. COX, "Two-state pattern-recognition handoffs for corner-turning situations," IEEE Trans, pp 354-363, March, 2001.
- [10] A. Guez, J. L. Eilbert, and M. Kam, "Neural Network Architecture for Control," IEEE Control Systems Magazine, Vol.1, No. 7, pp. 22-24, April, 1988.

저 자 소 개



이 봉 우(학생회원)
2004년 중앙대학교 전자전기
공학부 학사
2006년 현재 중앙대학교 석사과정
<주관심분야 : 퍼지, 신경망,
Mobile Robot>



전 흥 태(평생회원)
제 41권 CI편 제 6호 참조
2006년 현재 중앙대학교 교수 .



최 우 경(학생회원)
2000년 전남대학교 전기공학사
2003년 중앙대학교 전자전기
공학부 석사
2006년 현재 동 대학 박사과정
<주관심 분야 : 퍼지, 신경망, 모
바일 로봇 제어>