

퍼지 리아푸노프 함수를 이용한 어파인 퍼지 시스템의 완화된 안정도 조건

Relaxed Stability Condition for Affine Fuzzy System Using Fuzzy Lyapunov Function

김 대 영* · 박 진 배[†] · 주 영 훈**
(Dae Young Kim · Jin Bae Park · Young Hoon Joo)

Abstract - This paper presents a relaxed stability condition for continuous-time affine fuzzy system using fuzzy Lyapunov function. In the previous studies, stability conditions for the affine fuzzy system based on quadratic Lyapunov function have a conservativeness. The stability condition is considered by using the fuzzy Lyapunov function, which has membership functions in the traditional Lyapunov function. Based on Lyapunov-stability theory, the stability condition for affine fuzzy system is derived and represented to linear matrix inequalities(LMIs). And slack matrix is added to stability condition for the relaxed stability condition. Finally, simulation example is given to illustrate the merits of the proposed method.

Key Words : Affine fuzzy system, Linear matrix inequality(LMI), Fuzzy Lyapunov function, Stability analysis.

1. 서 론

현존하는 대부분의 시스템은 비선형성을 가지고 있으며, 이를 모델링하고 제어하는 데에는 많은 어려움이 있다. 이러한 어려움을 극복하기 위해 제시된 여러 방법들 중에서 Takagi-Sugeno (T-S) 퍼지 시스템은 매우 효과적인 결과를 보여주고 있다[1]. T-S 퍼지 시스템은 비선형 시스템을 선형 시스템과 퍼지 집합에 대한 소속 함수의 퍼지 집합으로 표현하는 방법으로 퍼지규칙의 결론부가 선형 시스템으로 표현됨으로써, 기존의 선형제어 기법을 비선형 제어 문제에 적용하여 시스템을 모델링하고 제어기 설계를 할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

일반적으로 T-S 퍼지 시스템은 동차(homogeneous) 퍼지 시스템과 어파인(affine) 퍼지 시스템의 두 개의 큰 부류로 나눌 수 있다. 동차 퍼지 시스템이란 T-S 퍼지 시스템의 결론부가 선형이고 상수항을 포함하지 않는 시스템을 의미하며, 어파인 퍼지 시스템은 시스템의 결론부에 상수항을 포함하는 시스템을 말한다. [1]에서는 동차 퍼지 시스템과 어파인 퍼지 시스템이 함께 소개 되었지만, [2]에서의 동차 퍼지 시스템에 대한 개척적인 연구와 상대적으로 쉬운 분석법으로 인하여 대부분의 T-S 퍼지 시스템에 대한 연구는 어파인 퍼지 시스템보다 동차 퍼지 시스템에 치중하게 되었다. 하지만 자연계에 존재하는 비선형 플랜트의 모델링에는 상수항이 포함되어야 정확한 모델링이 가능한 경우가 존재한

다. 따라서 최근에 와서 어파인 퍼지에 대한 연구가 활발하게 진행되기 시작했으며, [3]과 [4]에서의 Kim의 연구를 통해 이산 시간과 연속 시간의 어파인 퍼지 시스템의 안정도와 안정화 조건이 제시되었다.

하지만 기존의 연구에도 불구하고, 어파인 퍼지 시스템은 동차 퍼지 시스템과 마찬가지로 안정도를 분석함에 있어 보수성(conservativeness)이 존재하는 단점이 있다. T-S 퍼지 시스템으로 변환된 원래의 비선형 시스템의 안정도 분석을 수행할 때, 안정도 분석을 리아푸노프 함수를 기반으로 수행하기 때문에 리아푸노프 함수 자체가 가지는 보수성에 의해 안정한 시스템임에도 불구하고 안정도를 판정하지 못하는 문제가 발생한다. 따라서 T-S 퍼지 시스템의 안정도 분석은 안정도 조건의 충분조건만을 만족한다. 기존의 어파인 퍼지 시스템의 안정도는 공통 제곱 리아푸노프 함수(common quadratic Lyapunov function)를 통해 분석되었다[3, 4]. 이 기법은 모든 선형 행렬 부등식을 만족시키는 하나의 공통 리아푸노프 행렬만을 구해내기 때문에 일부 T-S 퍼지 시스템의 안정도를 판단할 수 없는 보수적인 안정도 분석의 단점을 그대로 가지고 있다. 이러한 단점을 해결하기 위하여 동차 퍼지 시스템 분야에서는 많은 연구가 진행되었으며, [5]의 Tanaka의 연구는 리아푸노프 함수에 소속 함수를 고려하는 개선된 기법을 통해 각 규칙에 따른 리아푸노프 함수를 구해냄으로써 완화된 안정도 분석이 가능하게 되었다. 이후에 더 완화된 안정도 조건 분석을 위해서 [6]-[8]에서는 퍼지 리아푸노프 함수(fuzzy Lyapunov function)에 슬랙(slack) 행렬과 곱을 추가하여 고려하는 기법을 제시했다. 또한 [9]에서처럼 퍼지 리아푸노프 함수 자체를 바꿔 시간 미분 항을 직접 고려하는 기법도 연구되었다. 하지만 이러한 퍼지 리아푸노프 함수를 이용하는 기법을 통해 어파인 퍼지 시스템의 안정도 조건을 완화하려는 논문은 아직 제시되지 않았다.

* 준 회원 : 연세대 전기전자공학과 석사과정

** 시니어회원 : 국립군산대 제어로봇공학과 정교수

[†] 교신저자, 시니어회원 : 연세대 전기전자공학과 정교수

E-mail : jbpark@yonsei.ac.kr

접수일자 : 2012년 8월 14일

최종완료 : 2012년 9월 21일

본 논문에서는 기존 어파인 퍼지 시스템 논문들의 안정도를 완화시키기 위해 퍼지 리아푸노프 함수를 이용한 연속 시간 어파인 퍼지 시스템의 안정도 분석을 수행한다. 어파인 퍼지 시스템에 퍼지 리아푸노프를 이용하여 각각의 퍼지 규칙에 따른 리아푸노프 행렬을 따로 고려함으로써 전개되어진 선형 행렬 부등식의 조건을 푼다. 퍼지 리아푸노프 함수를 통해 안정도 조건을 계산하는 과정에서 슬랙 행렬을 고려함으로써 보다 완화된 안정도 조건을 제안한다. 그리고 제안하는 기법의 타당성을 검증하기 위해서 모의실험을 통해 완화되어진 결과를 제시한다.

2. 어파인 퍼지 시스템

일반적으로 연속시간 비선형 시스템은 다음과 같은 상태 변수 형태로 표현한다.

$$\dot{x}(t) = f(x(t), u(t)) \tag{1}$$

여기서 $x(t) \in R^n$ 는 시스템 상태 벡터, $u(t) \in R^m$ 는 입력벡터이다.

어파인 퍼지 시스템은 퍼지 규칙의 결론부에 상수항을 갖는 시스템으로, 연속시간 어파인 퍼지 시스템은 다음의 퍼지 규칙으로 표현이 가능하다.

Rule i :

IF $z_1(t)$ is M_{i1} and $z_2(t)$ is M_{i2} ..., and $z_n(t)$ is M_{in} ,

THEN $\dot{x}(t) = A_i x(t) + \mu_i$ (2)

여기서 $A_i \in R^{n \times n}$ 는 시스템 행렬, Rule i ($i=1,2,\dots,r$)은 i 번째 퍼지규칙, μ_i 는 각 규칙의 상수항, $z_k(t)$ ($k=1,\dots,n$)는 전체 변수, M_{ik} 는 그에 해당하는 퍼지 집합을 의미한다. 어파인 퍼지 시스템은 기존 시스템과 다르게 결론부에 상수항을 가지고 있는 것을 확인할 수 있다. 퍼지규칙 (2)에 싱글톤 퍼지화, 곱셈추론, 중심값 평균 비퍼지화를 적용하여 얻어낸 입·출력형태는 다음과 같다.

$$\dot{x}(t) = \sum_{i=1}^r h_i(z(t))(A_i x(t) + \mu_i) \tag{3}$$

여기서

$$w_i(z(t)) = \prod_{k=1}^n M_{ik}(z_k(t)), \quad h_i(z(t)) = \frac{w_i(z(t))}{\sum_{i=1}^r w_i(z(t))}$$

$$h_i(z(t)) \geq 0, \quad \sum_{i=1}^r h_i(z(t)) = 1 \tag{4}$$

이다.

3. 안정도 조건

이 장에서는 시간 미분에 종속적인 소속 함수를 고려한

퍼지 리아푸노프 함수를 이용하여 어파인 퍼지 시스템의 안정도 조건을 제안한다.

어파인 퍼지 시스템의 안정도 분석을 위해서는 다음의 가정이 필요하다.

가정 1 [4]: I_ξ 를 원점 $x(t)=0$ 을 포함하는 퍼지 규칙의 색인의 집합이라고 하면:

$$I_\xi \equiv \{\xi | h_\xi(0) \neq 0\}. \tag{5}$$

그 때, $i \in I_\xi$ 에 대해서 (2)의 상수항 μ_i 는 0이 된다고 가정하면,

$$\mu_i = 0. \tag{6}$$

이 가정은 원점 $x(t)=0$ 이 어파인 퍼지 시스템의 평형점이 됨을 보장한다.

다음의 정리를 통해 어파인 퍼지 시스템 (3)의 안정도를 보장하는 충분조건을 제안한다.

정리 1: $\phi_\rho \geq 0$ ($\rho=1,2,\dots,r$)로 주어진 스칼라 값에 대해 성립하는 $|\dot{h}_\rho(z(t))| \leq \phi_\rho$ 를 고려한다. 어파인 퍼지 시스템 (3)은 다음의 선형 행렬 부등식을 만족하는 대칭 행렬 $P_i = P_i^T$ ($i=1,2,\dots,r$), $M = M^T$, 그리고 상수항 τ_{jq} ($j=1,2,\dots,r$)가 존재한다면 평형점이 $x(t)=0$ 에서 점근적으로 안정하다.

$$P_i > 0, \tag{7}$$

$$P_i + M > 0, \tag{8}$$

퍼지 규칙 Rule j ($j \in I_\xi$)에 대해서,

$$P_\phi + A_j^T P_i + P_i A_j < 0, \tag{9}$$

다른 퍼지 규칙 Rule j ($j \notin I_\xi$)에 대해서,

$$\tau_{jq} > 0,$$

$$\begin{bmatrix} P_\phi + A_j^T P_i + P_i A_j - \sum_{q=1}^r \tau_{jq} T_{jq} & * \\ \mu_j^T P_i - \sum_{q=1}^r \tau_{jq} u_{jq} & - \sum_{q=1}^r \tau_{jq} v_{jq} \end{bmatrix} < 0. \tag{10}$$

여기서 $P_\phi \equiv \sum_{\rho=1}^r \phi_\rho (P_\rho + M)$ 이고, ϕ_ρ 는 스칼라 값, 그리고 T_{jq} , u_{jq} , v_{jq} 는 $h_j(z(t)) > 0$ 인 퍼지 규칙의 모든 $x(t)$ 에 대해서

$$F_{jq}(x(t)) \equiv x(t)^T T_{jq} x(t) + 2u_{jq}^T x(t) + v_{jq} \leq 0 \tag{11}$$

로 정의된다.

증명: (9)과 (10)에 앞뒤에 각각 벡터 $x(t)$ 와 $[x(t) \ 1]^T$ 이 곱해지면 정리1의 조건은 다음을 내재한다.

i) $j \in I_\xi$ 의 경우,

$$x^T(t)\{P_\phi + A_j^T P_i + P_i A_j\}x(t) < 0, \quad x \neq 0.$$

ii) $j \notin I_\xi$ 의 경우,

$$x^T(t)\{P_\phi + A_j^T P_i + P_i A_j\}x(t) + \mu_j^T P_i x(t) + x^T(t) P_i \mu_j < \sum_{q=1}^r \tau_{jq} F_{jq}(x(t)).$$

어파인 퍼지 시스템 (3)의 안정도 해석을 수행하는데 다음의 퍼지 리아푸노프 함수를 사용한다.

$$V(x(t)) = \sum_{i=1}^r h_i(z(t)) x^T(t) P_i x(t) \tag{12}$$

퍼지 리아푸노프 함수 (12)의 일차 시간 미분을 하면, 다음과 같은 식이 된다.

$$\begin{aligned} \dot{V}(x(t)) &= \sum_{\rho=1}^r \dot{h}_\rho(z(t)) x^T(t) P_\rho x(t) + \sum_{i=1}^r h_i(z(t)) x^T(t) P_i \dot{x}(t) \\ &\quad + \sum_{i=1}^r h_i(z(t)) \dot{x}^T(t) P_i x(t) \\ &= \sum_{\rho=1}^r \dot{h}_\rho(z(t)) x^T(t) P_\rho x(t) + \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r h_i(z(t)) h_j(z(t)) \\ &\quad \times \{x^T(t) P_i A_j x(t) + x^T(t) A_j^T P_i x(t) + x^T(t) P_i \mu_j + \mu_j^T P_i x(t)\}. \end{aligned} \tag{13}$$

또한, 식 (4)를 이용하면 다음이 성립함을 알 수 있다.

$$\sum_{\rho=1}^r \dot{h}_\rho M = 0. \tag{14}$$

여기서 M 은 적절한 차원의 대칭행렬이다. $|\dot{h}_\rho(z(t))| \leq \phi_\rho$ ($\rho=1, 2, \dots, r$)를 가정하고, 식 (14)를 식 (13)에 대입하고, 식 (6)을 고려하면 다음의 부등식이 성립한다.

$$\begin{aligned} \dot{V}(x(t)) &\leq \sum_{\rho=1}^r \phi_\rho x^T(t) \{P_\rho + M\} x(t) + \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r h_i(z(t)) h_j(z(t)) \\ &\quad \times \{x^T(t) (P_i A_j + A_j^T P_i) x(t) + x^T(t) P_i \mu_j + \mu_j^T P_i x(t)\} \\ &= \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^r h_i(z(t)) h_j(z(t)) \{x^T(t) (P_\phi + P_i A_j + A_j^T P_i) x(t) \\ &\quad + x^T(t) P_i \mu_j + \mu_j^T P_i x(t)\}. \\ &< \sum_{j \in I_\xi} \sum_{i=1}^r h_i(z(t)) h_j(z(t)) \{x^T(t) (P_\phi + P_i A_j + A_j^T P_i) x(t)\} \\ &\quad + \sum_{j \notin I_\xi} \sum_{i=1}^r h_i(z(t)) h_j(z(t)) \left\{ \sum_{q=1}^r \tau_{jq} F_{jq}(x(t)) \right\}. \end{aligned}$$

따라서, 부등식 (11)에 의해 $\dot{V}(x(t))$ 는 모든 $x(t) \neq 0$ 에서 음의 값을 가지게 되고, 어파인 퍼지 시스템 (3)은 점근적으로 안정하게 된다. ■

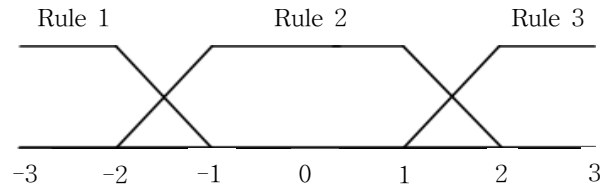


그림 1 시스템의 소속 함수.
Fig. 1 Membership functions of system.

본 이론에서 부등식 (11)은 퍼지규칙 Rule j 가 활성화 되는 $x(t)$ 의 범위를 나타낸다. 부등식 (11)의 T_{jq} , u_{jq} , 그리고 v_{jq} 는 다음과 같이 계산된다.

i) $x_q \leq \alpha_{jq}$ 의 경우,

$$F_{jq}(x(t)) \equiv x(t)^T T_{jq} x(t) + 2u_{jq}^T x(t) + v_{jq} \leq 0$$

$$\begin{cases} T_{jq} = 0_{n \times n} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix} \\ u_{jq} = (0 \ 0 \ \dots \ 1/2(q\text{번째 원소}) \ \dots \ 0)^T \\ v_{jq} = -\alpha_{jq}. \end{cases}$$

ii) $x_q \leq \beta_{jq}$ 의 경우,

$$F_{jq}(x(t)) \equiv x(t)^T T_{jq} x(t) + 2u_{jq}^T x(t) + v_{jq} \leq 0$$

$$\begin{cases} T_{jq} = 0_{n \times n} \\ u_{jq} = (0 \ 0 \ \dots \ -1/2(q\text{번째 원소}) \ \dots \ 0)^T \\ v_{jq} = \beta_{jq}. \end{cases}$$

iii) $\alpha_{jq} \leq x_q \leq \beta_{jq} \Leftrightarrow (x_q - \alpha_{jq})(x_q - \beta_{jq}) \leq 0$ 의 경우,

$$F_{jq}(x(t)) \equiv x(t)^T T_{jq} x(t) + 2u_{jq}^T x(t) + v_{jq} \leq 0$$

$$\begin{cases} T_{jq} = 0_{n \times n} = \begin{pmatrix} 0 & & & \\ & \ddots & & \\ & & 1(q\text{번째 원소}) & \\ & & & \ddots \\ & & & & 0 \end{pmatrix} \\ u_{jq} = (0 \ 0 \ \dots \ -1/2(q\text{번째 원소}) (\alpha_{jq} + \beta_{jq}) \ \dots \ 0)^T \\ v_{jq} = \alpha_{jq} \beta_{jq}. \end{cases}$$

4. 모의 실험

이 장에서는 제안하는 기법의 타당성을 검증하기 위해, 다음의 어파인 퍼지 시스템의 안정도 조건을 분석한다.

본 예제는 다음의 세 개의 규칙을 가지는 퍼지 시스템을 고려한다.

- Rule 1: IF $z_1(t)$ is M_{11} THEN $\dot{x}(t) = A_1 x(t) + \mu_1$,
- Rule 2: IF $z_1(t)$ is M_{21} THEN $\dot{x}(t) = A_2 x(t) + \mu_2$,
- Rule 3: IF $z_1(t)$ is M_{31} THEN $\dot{x}(t) = A_3 x(t) + \mu_3$,

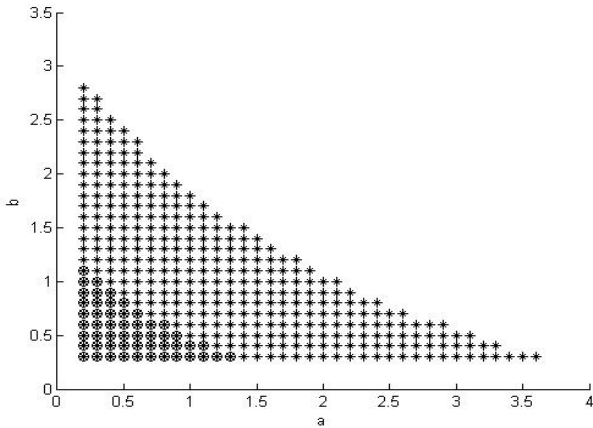


그림 2 $\phi_p = 0.75$ 일 때 안정도 조건 영역. (O는 [4]에서 제시한 안정도 조건 영역, *는 정리 1에 의한 안정도 조건 영역.)

Fig. 2 Stability condition region with $\phi_p = 0.75$. (O is the region of stability condition which is from [4], * is the region of stability condution which is from Theorem 1.)

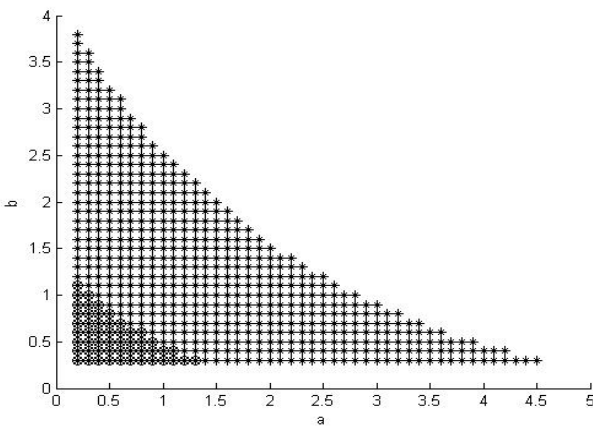


그림 3 $\phi_p = 0.6$ 일 때, 안정도 조건 영역. (O는 [4]에서 제시한 안정도 조건 영역, *는 정리 1에 의한 안정도 조건 영역.)

Fig. 3 Stability condition region with $\phi_p = 0.6$. (O is the region of stability condition which is from [4], * is the region of stability condution which is from Theorem 1.)

여기서 소속 함수는 그림 1과 같으며, $I_\xi = \{2\}$ 이며, 시스템 상태 벡터는 $x(t) = [x_1(t) \ x_2(t)]^T$, 시스템 행렬과 상수항은 다음과 같다.

$$A_1 = \begin{bmatrix} 0 & 2+a \\ -2 & -1 \end{bmatrix}, \quad \mu_1 = \begin{bmatrix} -0.5 \\ 0 \end{bmatrix},$$

$$A_2 = \begin{bmatrix} 0 & 2 \\ -(2+b) & -1 \end{bmatrix}, \quad \mu_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix},$$

$$A_3 = \begin{bmatrix} 0 & 2+a \\ -2 & -1 \end{bmatrix}, \quad \mu_3 = \begin{bmatrix} 0.5 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

정리 1에서 제시된 방법에 의해 활성화 되는 범위를 고려하면 다음의 행렬을 구할 수 있다.

$$T_{11} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad u_{11} = \begin{bmatrix} 0.5 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad v_{11} = 1,$$

$$T_{31} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad u_{31} = \begin{bmatrix} -0.5 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad v_{31} = 1.$$

주어진 예시의 안정도를 정리 1에서 제안된 선형 행렬 부등식을 통해 분석한다. 그림 2는 정리 1을 통해 제안하는 방법을 이용하고, $\phi_p = 0.75$ 로 설정하였을 때의 안정도 조건 영역을 표현하였다. 추가로 [4]에서 제안된 어파인 퍼지의 안정도 분석 가능 영역도 함께 표현함으로써, 본 논문에서 제안하는 기법을 통해 더 완화되어진 안정도 조건을 얻을 수 있음을 증명하였다. 또한, 그림 3을 통해 $\phi_p = 0.6$ 으로 설정했을 때 안정도 조건 영역이 증가하는 것을 통해, 분석 가능한 안정도 조건의 a와 b의 최댓값이 ϕ_p 의 값에 의해 달라지는 것을 확인할 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 퍼지 리아푸노프 함수를 이용한 연속 시간 어파인 퍼지 시스템의 완화된 안정도 조건을 다루었다. 우선 상수항을 포함하는 어파인 퍼지 시스템을 정의하고, 안정도 분석을 퍼지 리아푸노프 함수를 통해 수행하였다. 완화된 안정도 조건을 얻기 위해 슬랙 행렬을 추가하였으며, 이 과정을 통해 얻어진 선형 행렬 부등식을 수치 해석적 기법을 통해 풀어내었다. 마지막으로 모의실험을 통하여 기존의 어파인 퍼지의 안정도 분석과 본 논문에서 제안된 안정도 분석을 비교하여, 제안된 기법의 우수성을 증명하였다.

감사의 글

본 연구는 2012년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 20124010203240)

참 고 문 헌

- [1] T. Takagi, and M. Sugeno, "Fuzzy Identification of Systems and Its Applications to Modeling and Control," IEEE Trans. on Syst., Man, and Cybern., vol. 15, pp. 136-156, Jan. 1985.
- [2] K. Danaka, and M. Sugeno, "Stability Analysis and Design of Fuzzy Control Systems," Fuzzy Sets and Systems, vol. 45, No. 2, pp. 135-156, Jan. 1992.
- [3] E. Kim, and S. Kim "Stability Analysis and Synthesis for an Affine Fuzzy System via LMI and ILMI: Discrete Case," IEEE Trans. on Syst., Man, and Cybern., Part B: Cybern., vol. 31, No. 1, pp. 132-140, Feb. 2001.
- [4] E. Kim, and S. Kim "Stability Analysis and Synthesis for an Affine Fuzzy Control System via

LMI and ILMI: Continuous Case,” IEEE Trans. on Fuzzy Systems, vol. 10, No. 3, pp. 391-400, June 2002.

- [5] K. Tanaka, T. Hori, and H.O. Wang, “A Fuzzy Lyapunov Approach to Fuzzy Control System Design,” American Control Conf, vol. 6, pp. 4790-4795, June 2001.
- [6] K. Tanaka, T. Hori, and H.O. Wang, “A Multiple Lyapunov Function Approach to Stabilization of Fuzzy Control Systems,” IEEE Trans. on Fuzzy Systems, vol. 11, No. 4, pp. 582-589, Aug. 2003.
- [7] L.A. Mozelli, R.M. Palhares, F.O. Souza and E.M.A.M Mendes, “Reducing Conservativeness in Recent Stability Conditions of TS Fuzzy Systems,” Automatica. vol. 45, No. 6, pp.1580-1583, June 2009.
- [8] L.A. Mozelli, R.M. Palhares, and G.S.C. Avellar, “A Systematic Approach to Improve Multiple Lyapunov Function Stability and Conditions for Fuzzy Systems,” Information Sciences. vol. 179, No. 8, pp.1149-1162, March 2009.
- [9] D.H. Lee, J.B. Park, and Y.H. Joo, “A New Fuzzy Lyapunov Function for Relaxed Stability Condition of Continuous-Time Takagi-Sugeno Fuzzy Systems,” IEEE Trans. on Fuzzy Systems, vol. 19, No. 4, pp. 785-791, Aug. 2011.



주 영 훈 (周永焄)

1982년, 1984년, 1995년 연세대학교 전기공학과 졸업 (공학사, 공학석사, 공학박사). 1986~1995년 삼성전자 (주) 생산기술센터 팀장. 1995년~현재 군산대학교 제어·로봇공학과 교수. 1998~1999년 미국 휴스턴대학 박사후 과정, 2006~2007년 제어·로봇 시스템학회 편집주간. 2008~2009년 한국 지능시스템학회 회장. 2010~2012년 대한 전기학회 정보제어부문 부회장. 2009~2013년 군산대학교 PostBK21 팀장. 2007~2012년 IJCAS Editor. 관심분야는 지능형로봇, 지능제어, 휴먼로봇, 로봇 비전, Human-Robot Interaction.

저 자 소 개



김 대 영 (金大瑩)

2012년 연세대학교 전기전자공학과 졸업 (공학사). 2012~현재 연세대학교 전기전자공학과 학사과정 재학 중. 관심분야는 비선형제어, 지능제어.



박 진 배 (朴珍培)

1977년 연세대학교 전기공학과 졸업(공학사). 1985~1990년 Kansas State University 전기 및 컴퓨터 공학과 졸업 (공학박사). 1990~1991년 Kansas State University 전기 및 컴퓨터 공학과 조교수. 1992~현재 연세대학교 전기전자공학과 교수. 2006~2011 제어·로봇 시스템학회 부회장, 편집위원장. 2009~현재 한국공학한림원 위원. 2009~현재 한국 지식재산연구원 이사. 2009~현재 교육과학부 지주회사 설립인가 위원회 위원장. 관심분야는 강인제어, 필터링 비선형제어, 지능형모바일로봇, 퍼지지능제어, 뉴럴네트워크, 하다마드시스템, 카오스이론, 유전자알고리즘.