

패턴 clustering에 의한 캠퍼더 퍼지 제어기의 rule 획득

(A Pattern Clustering Approach to the Rule Acquisition for the Fuzzy controller of a CAMCODER)

張京植*, 鄭鎮榮*, 朴忠植*, 愼重寅**, 房校潤**, 金在熺***

(Kyung Shik Jang, Jin Young Jung, Chung Shik Pak, Joong In Shin, Gyo Yoon Bang, and Jai hie Kim)

要約

일반적으로 전문가 시스템에서의 rule은 전문가와의 면담 및 체험을 통하여 얻게되나, 정량적 개념을 내재하는 퍼지 제어기의 경우에는 이러한 방법이 부적합하다. 이 논문은 통계적 방법을 이용하여 rule을 얻는 방법을 제시한 연구로써, 제어되는 시스템의 각 상태를 하나의 패턴으로 간주하여, 패턴인식에서의 cluster-seeking 알고리즘에 의한 비교적 객관적이고 기계적인 귀납적 추론을 이용한 rule 획득방법을 제시하였다. 이 연구에서는 이러한 방법의 실험적 입증을 위하여 캠퍼더의 조리개 조절을 위한 rule을 얻는 경우에 대한 예를 보였으며, 이를 위하여 각 45개의 feature들을 지닌 98개의 샘플 패턴으로부터 K-means clustering 알고리즘을 사용하여 얻어진 rule을 분석하였다.

Abstract

While the rules for an expert system are obtained through the interviewing with domain experts or by designer's own experience, these are not adequate for fuzzy controllers dealing quantitative control values. In this paper, by considering a state of the controlled system as a pattern, we propose a method to obtain the control rules by a statistical method. Namely, we propose an rule acquisition method that is objective, mechanical, and inductive inference using a cluster-seeking algorithm, or K-means clustering algorithm. To validate this study, we show an example of an IRIS control in a CAMCODER and analyse the rules acquired from 98 sample patterns consisting of 45 features.

1. 서론

*準會員, ***正會員, 延世大學校 電子工學科
(Dept. of Elec. Eng., Yonsei Univ.)

*正會員, 金星社 平澤 研究所
(Gold Star co., Ltd, Pyungtaeg Reserch
Lab.)

接受日字: 1992年 7月 21日

근래에 이르러 퍼지집합 이론이 다양하게 응용됨에 따라, 공학에서도 퍼지제어기(fuzzy controller)의 응용비중이 더욱 크게 되었다. [1] 일본등을 포함하여 국내에서도, 특히 가전제품이나 간단한 시스템에서의 퍼지제어기는 결과의 실용성 및 성능에 있어서 널리

인정받고 있다. 이들 퍼지제어기는 비교적 적은 수의 rule 및 rule에서 사용되는 변수들과 관계된 멤버십 (membership) 함수들을 갖게 되는데, 이에 의하여 제어되는 시스템의 상태 입력에 대한 적절한 제어 출력을 내주게 된다.¹²

여지껏 많은 문헌에서 퍼지제어기의 구조나 이의 실용화 예를 서술하였으나, 비교적 적은 갯수이기는 하나 제어기의 핵심이 되는 rule들의 획득 방법에 대하여서는 별다른 이론적/체계적 방법이 제시되어 있지 못하다. 최근에 Genetic 알고리즘을 이용한 가능성을 제시한 바는 있으나,¹⁶ 이는 관념적이고 실용성 및 실용화에 대하여서는 언급하고 있지 못하다. 일반적으로 퍼지 제어기에서의 rule 구성은 문제분야의 전문가와 오랜 면담이나 체험을 통하여 경험적으로 구성하게 된다. 그러나, 이렇듯 면담 및 체험을 위주한 rule 획득 방법은 전문가 시스템 (expert system)¹³ 에서와 같이 정성적 (qualitative) 인 추론을 행하는 rule 획득의 경우에는 비교적 용이하나, 정량적 (quantitative) 인 값을 내재하는 퍼지제어기의 경우에는 상당히 부적합하거나 불편하다. 퍼지제어기의 개발에서 처음 맞게되는 어려움은 어떤 의미 (변수) 를 지닌 rule들을 사용 할 것인가와 이때 각 rule에서 사용되는 각 변수와 관계된 정량적인 멤버십 함수의 설정에 관한 것이다.

이 연구에서는 퍼지제어기의 rule을 통계적 (statistical) 으로 얻는 한가지 방법으로써, 패턴인식 분야에서 패턴들의 분류에 사용되는 clustering⁴ 을 이용하는 방법을 제안하였다. 이를 위하여서는 제어되는 시스템의 각 상태를 하나의 패턴으로써 정의하고, rule에서 조건에 사용될 시스템 변수들을 패턴의 feature들로 정의하며 통상의 시스템 동작 상태들로부터 샘플패턴 (sample pattern) 들을 얻어낸다. 이러한 샘플패턴들을 적당한 수로 clustering 하면, 각 cluster는 나름대로의 비슷한 패턴들의 모임이 되며, 이는 곧 우리가 제어하여야 할 하나의 대표적 상태에 해당된다. 따라서, 이 상태에 적합한 제어를 하도록 rule을 만든다. 이때 이 rule이 과연 실용적 의미가 있는지의 여부를 판단하고, 실용적 의미가 있을 때는 해당되는 cluster에 포함되는 샘플패턴들로부터 적절한 정량적 의미를 추출하여 rule의 조건 및 행동부의 변수값을 규정하는데 사용한다. 이 방법은 예 (examples) 들로부터 규칙 (rule) 을 유도하여 내는 귀납적 추론 (inductive inference) 에 해당되는 것으로서¹, 이러한 기계적 방법은 과거의 면담 및 체험에 의한 인위적 방법을 대체 혹은 보강하여 주게 된다.

이 논문에서는 이러한 방법의 실험적 입증을 위하여 캠코더 (camcoder) 의 조리개 (iris) 조절을 위한

rule을 얻는 경우에 대한 예를 보였다. 이를 위하여 각 45개의 feature들로 구성된 98개의 샘플 패턴으로부터 K-means clustering 알고리즘¹⁴ 을 사용하여 얻어진 rule을 분석하였다.

II. 캠코더에서의 조리개 제어

일반적으로는 퍼지제어기는 그림 1과 같이 구성된다.¹² 이 중 fuzzification interface는 제어되는 시스템의 상태값을 적합한 변수의 퍼지값으로 변환하여 제어기의 decision making 부분으로 보내고, decision-making 부분에서는 이로부터 최상의 제어값을 결정하면, defuzzification interface에서는 이를 실질적인 시스템 제어값으로 변환하여 내 보낸다. 이때 knowledge base는 "if - then" 형태의 rule 들과 rule에서 사용되는 변수들의 멤버십 함수를 정의하고 있는데, 후자가 fuzzification/defuzzification interface에서 쓰이고 전자가 decision making logic에서 쓰이는 것이 전형적인 형태이다.¹²

예컨대, SANYO사에서 개발한 캠코더의 조리개 조절을 위한 퍼지제어기⁶ 는 다음과 같다. 일반적으로 자동 조리개 제어기는 입력되는 화상의 전체 밝기에 대한 평균으로써 조리개를 열어주는데, SANYO사에서 개발한 퍼지 조리개 제어기는 입력되는 화상의 내용 (즉, 역광 혹은 순광 여부) 도 고려하여 역광 시에는 피사체가 어둡게 나오므로 이런 경우에는 피사체를 보다 밝게 강조하여 준다. 이를 위하여 우선 입력되는 화상을 그림 2와 같이 6등분을 하여 각 부분의 밝기를 V1 - V6까지로 나타내고 이들간의 밝기를 비교하여 역광인지 여부를 여러가지 rule로써 판단하여 낸다.

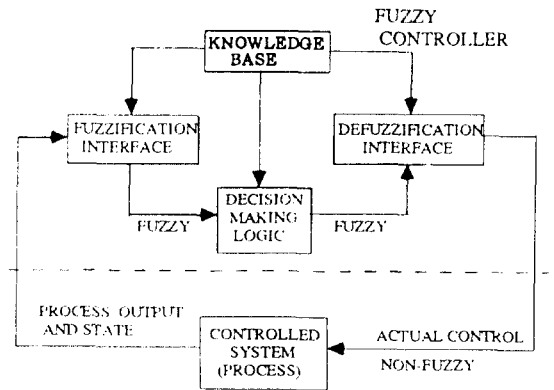


그림 1. 전형적인 퍼지제어기의 구조
Fig. 1. A Typical structure of the fuzzy controller.

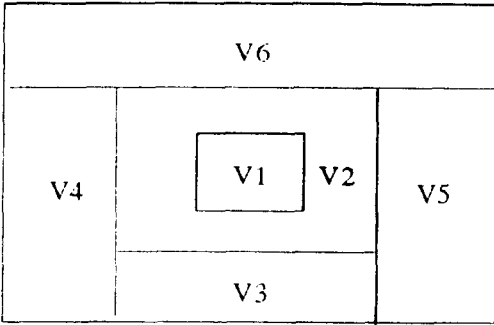


그림 2. 조리개 퍼지 제어기에서의 화면분할
Fig. 2. The screen partitioned for an fuzzy IRIS controller.

예로써, 이들이 사용하는 rule 중에는 rule 1 :

if V1 과 V2 의 밝기가 비슷하지 않고(조건 1)
V1 과 V3 의 밝기가 비슷하면, (조건 2)
then V1 과 V3 의 밝기를 강조한다. (행동 1)

이 있으며, 조건1 및 조건2를 정량적으로 나타내기 위한 멤버십 함수(μ)는 그림 3과 같다. 특별히, rule 1은 피사체의 얼굴이 V1에, 어깨가 V3에 주어지고 V2에는 역광이 들어오는 그림 4 와 같은 경우에 해당된다. 참고로, 행동에서 'V1과 V3의 밝기를 강조한다'라는 것은 조리개의 조절을 주로 V1과 V3의 밝기에 따른다는 것이다. 즉, 이 경우 좀 더 어두운 경우로 판단하여 조리개를 더 열게 된다. 이제 문제는 어떻게 역광을 나타내는 이러한 rule들을 어떻게 얻을 것인가 하는 것이고, 또 다른 문제는 그림 3에서 주어져야 할 (a, b)와 (a', b')의 값들을 설정하여야 하는 것이다. 이러한 rule획득의 문제는 전문가 시스템등에서는 비교적 깊이있게 논의되어 왔으며, 주로 전문가와의 면담을 통한 방법이 널리 사용된다. 그런데, 전문가 시스템에서 사용되는 rule은 일반적으로 변수들간의 예외나 오차를 허용치 않는 정성적(qualitative)인 것이 보통이고, 또 불확실성을 내재하는 경우라도 비교적 제한된 범위내에서 단순한 연관방법에 의하여 처리되므로, 면담이나 체험에 의하여 개념이 쉽게 전달되거나 정립될 수 있다. 반대로 신경망(neural network)이나 패턴 인식에서는 입력/출력 쌍들의 통계적 성격을 이용, 이들을 일반화시켜, 규범적인 입력에 대하여 출력을 내주는 통계적추론(statistical inference)을 행하게 된다. 현재 논의되고 있는 퍼지제어기는 후자에 더욱 가깝고, 따라서 rule 및 관계된 멤버십을 면담이나 체험을 통하여 체계적으로 또 정량적으로 얻기는 매우 어렵게 된다.

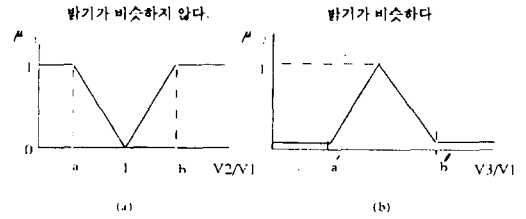


그림 3. rule1에서 사용하는 변수들의 멤버십 함수
(a) "V1과 V2의 밝기가 비슷하지 않음"에 대한 멤버십 값
(b) "V1과 V3의 밝기가 비슷함"에 대한 멤버십 값

Fig. 3. The membership functions of variables used in rule1.

- (a) The membership function about "not similar between V1 and V2 brightness".
- (b) The membership function about "similar between V1 and V3 brightness".

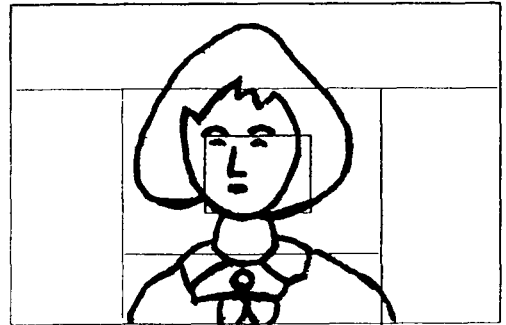


그림 4. rule 1 이 적용되는 경우
Fig. 4. A case of the rule 1.

Ⅲ. 실험 : 카메라의 예

패턴은 하나의 개념, 물체, 혹은 사건등을 나타내는 개체로써 인식이나 논의의 대상이 된다. 어떤 패턴의 feature는 그 패턴의 특징을 나타내는 구분 요소들로서 임의의 패턴 P_i 의 feature들을 f_{ik} ($k = 1, \dots, N$: N 은 총 feature의 수)로 나타낼 때, P_i 는 N 차원의 공간에서의 한 점으로 표현될 수 있다. 이런 경우 두 개의 패턴 P_i 와 P_j 간의 유사정도는 Euclidean distance를 이용하면, $\sum_k (f_{ik} - f_{jk})^2$ 로 나타낼 수 있다. Cluster seeking 알고리즘은 N -

feature공간에 놓인 패턴들을 유사한 것들끼리 무리 짓는 알고리즘으로써, Maximin-Distance 알고리즘, K-Means 알고리즘, Isodata 알고리즘 등이 있다. 1. 캠코더에서 조리개의 조절을 위한 퍼지제어기를 생각하기로 한다. 어떤 순간의 화면을 하나의 패턴으로 간주하고, 2장에서 서술한 바와 같이 한 화면을 6영역으로 분할한다. 각 영역의 절대적 밝기를 feature로 쓸 수도 있지만, 영역들간의 상대적 비교가 더욱 의미가 있다고 판단하여 두 영역 V_i 와 V_j 밝기간의 비슷한 정도($V_i=V_j$)와 밝은 정도($V_i > V_j$)를 feature로 쓴다. 이를 위하여 두 영역 밝기간의 비슷한 정도와 밝은 정도를 나타내는 퍼지함수 $S(V_i, V_j)$ 와 $B(V_i, V_j)$ 를 그림 5와 같이 정의한다.

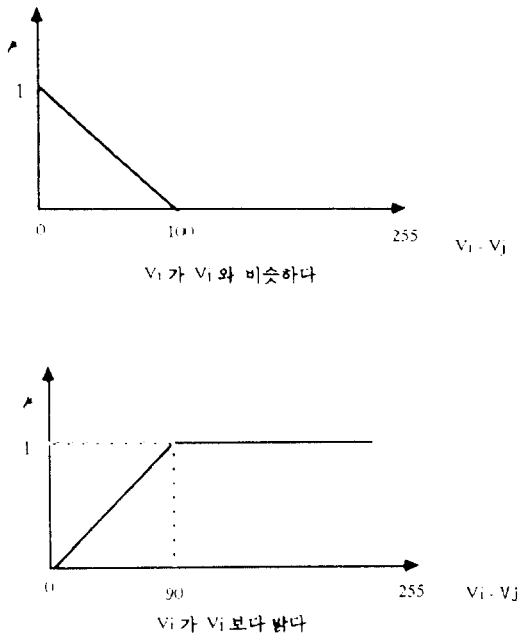


그림 5. 두 영역간의 밝기에 대한 비슷한 정도와 밝은 정도를 나타내는 멤버십 함수
Fig. 5. The membership functions relating to the similar and brighter measures between two regions brightness.

한 화면에 6개의 영역이 있으므로, 한 화면에 대하여 중복을 제외하면 $i, j = 1$ 부터 6까지 $S(V_i, V_j)$ 는 전부 15개, $B(V_i, V_j)$ 는 30개, 도합 45개의 feature를 얻게 되며, 이들 각 feature는 그림 5와 같은 퍼지집합으로 정의되어, 하나의 화면에 해당하는 패턴에 대하여서 각 feature의 멤버십 값을 구할 수 있게 된다. 따라서 각 화면은 45개의 feature공간상의 한

점으로 나타낼 수 있게 되고, 이때의 각 축 좌표는 그 축에 해당하는 feature의 멤버십 값이 된다.

표1은 98개의 샘플패턴에 대하여 K-means clustering 알고리즘에 의하여 20개의 cluster로 묶은 결과의 일부이다. 표에서 보듯이 cluster에 따라 포함된 패턴의 수가 차이가 나는데, 이는 거리(Euclidean distance)를 위주로 나누었기 때문이고, 심지어는 한 개의 패턴으로 구성된 cluster도 나타나고 있다. 여기에서, K-means 알고리즘을 사용해야 하는 특별한 이유는 없고 보다 좋은(그러나 복잡하여 질 수 있는)알고리즘은 보다 나은 결과를 얻을 수 있을 것이며, 결과의 cluster 갯수는 경험적 수치이다.

표 1. 98개의 샘플 패턴에 대한 20개의 cluster로 묶은 경우

Table 1. The case of clustering 98 samples patterns into 20 cluster.

| cluster | cluster에 포함된 패턴 | cluster 반경 |
|---------|--|------------|
| C0 | P0, P42, P50, P51, P53, P54, P55, P75, P79, P83, P85 | 2.198 |
| C1 | P1 | 0.0 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| C9 | P9, P22, P33 | 1.033 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| C13 | P25, P38, P39, P40, P41 | 1.073 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| C20 | P56, P69, P74, P77 | 2.487 |

예로써, cluster C9에 포함된 패턴의 원 영상은 그림 6 - a, b, c 이다. 실제로 이 실험에 사용된 영상들은 거의 무의식적으로 촬영한 뒤 98개를 추출한 것이므로, 그림 6의 세영상은 직관적으로 판단하여도 놀라울 정도로 유사함을 알 수 있다. Cluster C9에 포함된 3패턴들의 각 feature를 평균내어 평균값이 membership 0.7이상인 feature들을 선택하면 다음과 같다.

- V_1 이 V_3 와 비슷하다 : = 0.91 (C9-1)
- V_1 이 V_6 와 비슷하다 : = 0.837 (C9-2)
- V_2 이 V_4 와 비슷하다 : = 0.853 (C9-3)
- V_2 이 V_5 와 비슷하다 : = 0.827 (C9-4)
- V_3 이 V_6 와 비슷하다 : = 0.833 (C9-5)

V4 이 V5 와 비슷하다 := 0.893 (C9-6)

V6 이 V5 보다 크다 := 0.708 (C9-7)

이들중 C9-5는 C9-1과 2로부터 유추될 수 있고 C9-6은 C9-3과 4로부터 유추되므로 이 두 조건은 제외시킬 수 있다. 따라서 나머지를 rule 7의 조건들로서 사용하면 이는 그림 2에서 나눈 바와 같이 영역 V1, V3, V6가 비슷하게 밝고 V2, V4, V5에 물체



(a)



(b)



(c)

그림 6. cluster 9에 포함된 패턴들
Fig. 6. The patterns in cluster9.

들이 있거나 해서 비슷하게 어두운 경우에 해당된다. 이제 각 패턴 P9, P22, P23에서 역광시 강조해야 할 영역에 대한 내용을 종합하여 (혹은 cluster 전체의 성격으로부터 판단 할 수도 있다) 다음과 같은 Rule R7을 얻는다.

Rule R7 : IF : V6 가 V5 보다 크고
V1 이 V3 와 비슷하고
V1 이 V6 와 비슷하고
V2 이 V4 와 비슷하고
V2 이 V5 와 비슷하면
THEN : V2, V4, V5를 강조한다.

THEN 부분의 구성은 cluster의 각 pattern 혹은 이들의 평균에 대한 제어를 하게되며, 이는 rule 전체완성을 위하여 필요하나 본 논문의 초점은 아니므로 생략한다.

다른 예로써, cluster 13에 포함된 6개의 패턴이 그림 7에 주어져 있다. 역시 전체 패턴들을 고려할때에 환경이 상당히 유사한 것들이 모였음을 알 수 있다. Cluster 13으로부터 위와 같은 방식으로 구한 rule은 다음과 같다.

Rule R8 : IF : V6 가 V1 보다 크고
V6 이 V2 보다 크고
V6 이 V3 보다 크고
V6 이 V4 보다 크고
V6 이 V5 보다 크면
THEN : V1, V2, V3, V4, V5 를 강조한다.

여기에서 cluster로부터 공통조건을 얻어내는 방법은,

- (1) 멤버십 값이 얼마 이상인 조건들을 이용하는 법
- (2) 멤버십 값이 큰 것들을 고르되, N개 까지만 선택하는 법
- (3) (1)과 (2)를 같이 이용하는 법

등이 가능한데 우리의 경우는 (1)을 사용하였다.

IV. 결론

이 논문에서는 비교적 소수의 rule을 갖는 퍼지제어기를 위하여 rule을 획득하는 초기적 단계를 연구하였다. 퍼지 제어기의 개발에서 처음 맞게되는 어려움은 어떤 rule들을 사용할 것인가와 이때 각 rule에

Cluster C13의 예



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

그림 7. cluster13에 포함된 패턴
Fig. 7. The patterns in cluster 13.

서 사용되는 각 변수와 관계된 정량적인 membership 함수의 설정에 관한 것이다. 퍼지제어기에서는

통계적인 변수를 사용하는 정량적인 추론을 행하므로, 인공지능의 전문가 시스템등에서와 같이 전문가와의 면담을 통하여 정성적인 rule을 얻는 방법을 적용하기 어렵다.

이 논문에서는 패턴인식에서 유사한 패턴을 무리 짓는 cluster-seeking 알고리즘을 이용하여 rule을 구성하는 방법을 제시하였고, 이를 카메라의 조리개 제어를 위한 rule획득을 예로써 설명하였다. 제어되는 시스템의 각 상태를 하나의 패턴으로써 정의하고, rule에서 조건에 사용될 시스템 변수들을 패턴의 feature들로 정의하며 시스템의 동작 상태들로부터 샘플패턴들을 얻어낸다. 이러한 샘플패턴들을 clustering한 후 각 cluster에 포함되는 샘플패턴들로부터 적절한 정량적 의미를 추출하여 rule의 조건 및 행동부의 변수값을 규정하는데 사용한다. 결과로 얻어지는 rule은 비교적 의미가 부여되고, 또 정량적으로도 분명하게 정의되어 이러한 rule 획득 방법은 실용성이 높을 것으로 판단되며, 이 논문에서의 컴퓨터 조리개는 상품화되어서 좋은 반응을 얻고 있다.

參考文獻

[1] G. J. Kirl and T. A. Folger, FUZZY SETS, UNCERTAINTY, and INFORMATION, PRENTICE HALL, 1988.

[2] C. C. Lee, "Fuzzy Logic in control system : Fuzzy Login Controller," *IEEE Trans. Syst. Man, Cybern.*, Vol. 20, No. 2, pp. 404-435, 1990.

[3] D. A. Waterman, A Guide to Expert Systems, Addison-Wesley Publishing Company, 1986.

[4] J. T. Tou and R. C. Gonzales, Pattern Recognition Principles, Addison-Wesley Publishing Company, 1974.

[5] 김재희, 인공지능의 기법과 응용, 교학사, 1988.

[6] 井出 裕之, "ヒテオムーヒの新技術," 小型 輕 糧 vw6 t/ok 開發發 設計事例, pp. 40-50, 1990.

[7] M. Zeidenberg, Neural networks in artificial intelligence, Ellis horwood, 1990.

[8] C. Karr, "APPLYING GENETICS to FUZZY LOGIC," *AI EXPERT*, March, Vol. 6, No. 3, pp. 38-43, 1991.

著者紹介



金在熿(正會員)
 1972~79 연세대학교 전자공학과 졸업. 1982年 미국 Case Western Reserve University 전기공학과(석사). 1984年 미국 Case Western Reserve University 전기공학과(박사). 1984-현재 연세대학교 전자공학과 부교수. 주관심분야는 전문가시스템을 포함한 인공지능, 문자인식등의 패턴인식 등임.



鄭鎮榮(準會員)
 1991年 2月 연세대학교 전자공학과 졸업. 현재 연세대학교 전자공학과 대학원 석사과정. 주관심분야는 퍼지시스템, 패턴인식, 컴퓨터 비전 등임.



朴忠植(正會員)
 1985年 2月 한양대학교 전자공학과 졸업. 1987年 8月 연세대학교 대학원 전자공학과 석사학위 취득. 1991年 8月 연세대학교 대학원 전자공학과 박사학위 취득. 연세대학교 시간강사. 주관심분야는 퍼지 시스템, 전문가시스템, 객체지향시스템 등임.



愼重寅(正會員)
 1985年 2月 연세대학교 전기공학과 졸업. 1984年 12月 금성사 입사. 현재 금성사 평택 video 연구소 근무중. 주관심분야는 analog 및 digital 영상신호처리 등임.



張慶植(正會員)
 1989年 2月 연세대학교 전자공학과 졸업. 1991年 2月 연세대학교 대학원 전자공학과 석사학위 취득. 현재 연세대학교 전자공학과 대학원 박사과정. 주관심분야는 퍼지시스템, 컴퓨터 비전 등임.



房校潤(正會員)
 1971年 2月 서울대학교 전자공학과 졸업. 1971年 7月 금성사 입사. 1987年 금성사 video 설계실장. 1988年 금성사 video 연구소장. 1992-현재 금성사 camcorder OBU장 주관심 분야는 analog 및 digital 영상신호처리 등임.