

신경회로망을 이용한 아로마 분류

Classification of Aroma Using Neural Network

김용수* · 김한수** · 김선태** · 임미혜***

Yong Soo Kim, Han-Soo Kim, Sun-Tae Kim, and Mi-Hye Lim

*대전대학교 컴퓨터공학과

† Dept. of Computer Engineering, Daejeon University

**대전대학교 환경공학과

Dept. of Environmental Engineering, Daejeon University

***대전대학교 뷰티건강학과

Dept. of Beauty Healthcare, Daejeon University

요 약

아로마는 오래전부터 치유를 위하여 사용되어 왔고, 아로마의 종류에 따라서 치유하는 효능이 다르다. 아로마의 분류를 체계적으로 하기 위하여 가스센서 어레이 시스템을 제작하였다. 센서에서 출력한 신호를 신경회로망의 입력으로 사용하여 아로마를 분류하였다. 신경회로망은 IAFC(Integrated Adaptive Fuzzy Clustering) 신경회로망을 사용하였다. 실험결과 라벤더(Lavendula angustifolia), 자스민(Jasminum Officiale), 오렌지(Citrus Sinensis), 로만 카모마일(Chamaemelum nobile)를 성공적으로 4개의 부류로 분류하였고 오류가 없었다.

키워드 : 아로마 분류, 가스센서 어레이 시스템, IAFC 신경회로망, 전자 코

Abstract

Aroma has been used for healing for a long time. The healing effects depend on aroma used. We made gas sensor array system to classify aromas systematically. We used outputs of sensors as the input to IAFC neural network. Results show that the neural network successfully classified jasmine, orange, roman chamomile, and lavender into 4 classes, and classified without any error.

Key Words : Aroma Classification, Gas Sensor Array System, IAFC Neural Network, Electronic Nose

1. 서 론

아로마란 후각의 수용체를 자극하여 대뇌 중추로부터 냄새로 인지될 수 있는 것으로서 동물이나 식물과 같은 천연으로부터 얻어진 것과 합성되어 얻어진 모든 물질을 의미하는 광의의 의미로 사용되기도 하며, 향내 나는 식물인 허브로부터 추출된 향물질인 에센셜 오일을 지칭하는 협의의 의미로 사용되기도 한다. 그러나 일반적으로 치유목적의 아로마는 천연식물로부터 얻은 에센셜 오일과 같은 협의의 의미로 사용되고 있다

그러나 광범위한 산업에서 사용되고 있는 아로마의 수요에 비하여 품질에 대한 최종적 판단은 전문적으로 훈련된 인간의 후각에 의존하는 관능적 평가에 의해 이루어지고 있는 것이 현실이다. 관능평가를 좀 더 체계화시키기 위하여 향 감성평가에 대한 척도 개발이 시도된 바 있으나[1] 후각의 특성상 쾌, 불쾌감을 동반하는 선호도의 차이를 가지며 문화의 차이가 큰 영향을 미치고[2] 순응이나 피로현상이 현저하여 향물질에 대하여 후각 피로현상이 있어 객관적인 수치로의 판정이 쉽지 않으며 반복적인 평가에 대한 재현성 있는 결과를 얻기 어렵다. 한편 향이 인체에 미치는 영향을 보다 객관적으로 평가하기 위하여 심전도, 동공반응, 피부전위활동 등을 측정하기도 하며 후각전달이 대뇌에 투사되는 현상을 고려하여 뇌파(brain wave)를 측정하기도 하나 이는 향자체의 객관적 평가이기보다는 인체 반응을 통하여 측정하는 향에 대한 간접적 평가라 할 수 있겠다.

향기성분의 분석방법에는 향기성분을 구성하고 있는 개별성분에 대한 정량/정성분석이 가능한 GC/MS와 향기성분을 구성하고 있는 개별성분에 대한 분리와 분리된 성분을 인간의 후각에 의해 관능평가하는 GC/FID/O 등의 방법이 대표적인 향기 분석방법이라 할 수 있다[3]. 그러나 향을 구

접수일자: 2013년 3월 31일

심사(수정)일자: 2013년 4월 7일

게재확정일자 : 2013년 10월 18일

† Corresponding author

본 연구는 대전대학교 연구조성비로 수행되었음

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

성하고 있는 성분이 다양하고 복잡하여 미세한 조성변화에 따른 향기의 향취변화를 고찰하는 등의 과정에서 관능검사 방법이 지금까지도 가장 많이 이용되고 있는 방법이며, 사용자의 심리적인 요인까지 고려할 수 있다는 점에서 가장 확실한 향기 평가방법이라 할 수 있다. 이에 미국식품과학회(Institute of Food Technologists, IFT)에서는 관능평가 위원회를 별도 구성하고 관능검사(sensory evaluation)의 정의를 물질의 특성이 시각, 후각, 미각, 촉각 및 청각 등의 신체의 오감 전반에 대한 측정 분석 및 해석을 과학의 한 분야로 하고 있어 관능검사의 중요성을 강조하고 있다[4].

그러나 향기성분 분석을 위해 이용되는 GC/MS와 GC/FID/O는 향기성분을 구성하고 있는 미량의 물질에 대한 정량/정성분석이 가능한 장점이 있으나, 장치 구성이 고가이고 복잡한 전처리 과정을 거쳐야 하므로 숙련된 기술인력이 필요하고 향을 구성하는 개별 성분들의 상호작용(artifact의 생성)에 의한 향특성을 표현하기 어려운 단점이 있다[5]. 관능검사 방법도 반복적인 평가에 대한 재현성 있는 결과를 얻기가 쉽지 않을 뿐만 아니라 후각으로 판정하기 어려운 특정 향기에 대한 분석은 불가능하며, 장시간 평가시에는 후각이 쉽게 피로해지거나 순응하는 등의 문제점과 선호도의 차이, 표현방법의 차이 등으로 객관적인 수치로의 표현이 쉽지 않은 한계성이 있다[6].

최근에는 사람 코의 후각세포에 해당되는 화학센서 신호로 패턴인식 시스템을 모방한 "디지털 시스템"이라 할 수 있는 전자코(electronic nose)를 활용하여 냄새를 감별하는 장치를 향기분석에 많이 활용하고 있다. 특히 이 장치는 신속하고 편리하며 GC와 같이 성분 하나하나를 분리하여 향기를 분석하는 것이 아니라 인간이 감지하는 것처럼 혼합된 전체의 향을 감지하는 특성을 지닌 장치로 관능검사의 장점을 객관화시킨 향기성분 분석방법이 유용하게 사용되어 지고 있다[7].

전자 코의 하나인 가스센서 어레이 시스템은 인간의 후각에 해당되는 가스센서를 어레이로 구성한 것으로 특정 가스 및 향기 성분에 대해서 나타나는 서로 다른 출력특성을 패턴으로 분류하고 이러한 패턴분석을 통해 가스 및 향기성분의 종류를 분석할 수 있는 시스템이다. 가스센서 어레이에 적용되는 가스센서의 종류를 다양하게 구성하고 가스센서 수를 많이 구성할수록 가스 및 향기 성분을 구분할 수 있는 패턴의 수도 증가하게 되나, 현재 적용 가능한 가스센서의 수는 일반적으로 20개 내외의 수준으로 알려져 있다.

아로마 분류를 위하여 가스센서 어레이 시스템으로부터 출력된 신호는 신경회로망의 입력으로 사용된다. 신경회로망은 학습 및 추론의 기능이 있어 패턴분류에 많이 사용되어 왔다. 특히 샘플을 획득하기가 힘들어 샘플 수가 적을 때 통계적인 방법보다 성능이 우수하다. 네 가지의 아로마에 대해서 각 아로마당 10개 썩의 샘플을 사용하여 신경회로망에 입력시켜 분류를 하였다. 본문에서는 가스센서 어레이 시스템의 11개의 센서들 중에서 6개의 센서들을 선정하여 그들의 출력만을 아로마 분류를 위하여 사용하였다. 가스센서 어레이 시스템과 IAFC 신경회로망을 사용하여 라벤더, 자스민, 오렌지, 로만 카모마일을 분류하는 실험을 하였다.

2. 아로마 분류를 위한 시스템

아로마 분류를 위한 시스템은 가스센서 어레이 시스템과 IAFC 신경회로망으로 구성되어 있다. 제안하는 아로마 분

류를 위한 시스템은 아로마의 분류를 위한 정보가 수치화 및 정량화 되어 있어 처리 속도가 빠르고 정확하며 반복성이 뛰어나다. 각각의 아로마의 특징을 인간의 느낌으로 기억하는 것이 아니라 신경회로망이 추출한 정보를 수치 값으로 저장하고 있어 일관성이 있고 용이하게 분류 할 수 있다. 제안하는 아로마 분류를 위한 시스템은 그림 1과 같다.

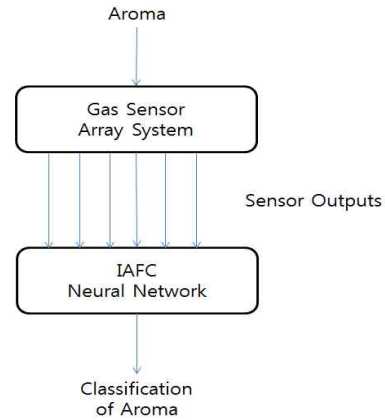


그림 1. 아로마 분류를 위한 시스템
Fig. 1. System for aroma classification

2.1 가스센서 어레이 시스템의 구성

가스센서 어레이 시스템은 크게 무취공기 공급부, 시료가스 주입부, 센서 어레이부, 데이터 수집부 및 펌프부로 구성된다. 먼저 무취공기 공급부는 센서 어레이부로 공급되는 공기를 활성탄 필터(AC filter)로 오염물질을 걸러주는 역할을 하며, 시료가스 주입부는 아로마 가스시료를 센서 어레이부로 주입하기 위하여 3방 밸브로 구성하였다. 정상시에는 무취공기가 센서 어레이부로 공급되지만, 아로마 가스를 측정할 경우에는 3방 밸브로 가스유로를 변경하여 시료가스를 센서 어레이부로 주입되도록 하였다. 가스센서 어레이부는 서로 다른 사양의 반도체식 가스센서 11개를 하나의 고정틀에 장착하여 어레이를 구축하였고, 아로마 시료가스와의 반응으로 나타나는 전기적인 변화를 PC를 통하여 데이터로 수집하였다. 그리고 펌프부는 가스센서 어레이부의 후단에 구성하여 센서 어레이부로 무취공기와 아로마 시료가스를 빨아들일 수 있도록 하였으며, 펌프가 쉽게 아로마 가스성분에 오염될 수 있으므로 시스템의 가장 후단에 올 수 있도록 구성하였다.

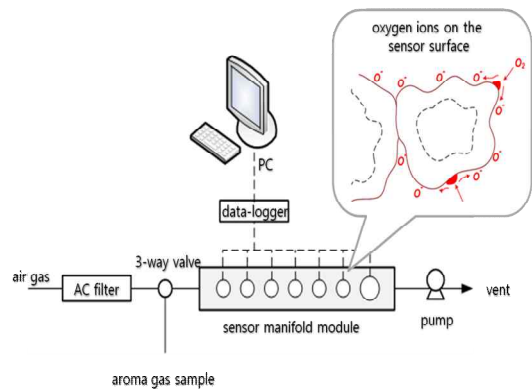


그림 2. 가스센서 어레이 시스템의 구성
Fig. 2. Structure of gas sensor array system

표 1. 가스센서 어레이에 활용된 센서들
Table 1. Sensors used for gas sensor array

No.	Model	Target gas	range
1	S1-42 A	refrigerant (R-134, R-410a, R-407c)	10 ppm ~
2	S2-30	organic solvent, alcohol	1 ppm ~
3	S3-41	HCFCs(R-22)	10 ppm ~
4	S4-12 A	Methane	100 ppm ~
5	S5-EN 3	breath gas	.
6	S6-AQ 1	air quality controls, VOCs	10 ppm ~
7	S7-00	air cleaners/ventilation control, air quality	1 ppm ~
8	S8-10	methane, domestic gases	100 ppm ~
9	S9-20	alcohol, organic vapor, solvent etc	10 ppm ~
10	S10-02	air quality, VOCs, odor	0.1 ppm ~
11	S11-25	Hydrogen sulfide	1 ppm ~

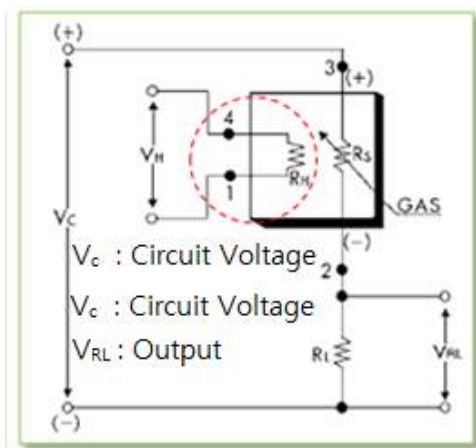


그림 3. 가스센서 회로도
Fig 3. Circuit diagram of gas sensor

2.2 반도체식 가스센서의 반응원리

반도체식 가스센서의 표면은 금속산화물(ex. SnO₂)의 미세한 입자들로 구성되어 있으며, 센서의 뒷면에 구성된 히터에 의해 약 300 °C 이상으로 유지되고 있다. 정상시에 무취

공기를 센서에 공급하면 고온으로 작동되는 센서표면이 산소와 반응하여 산소이온의 형태로 존재하여 입자간의 전위장벽을 형성하게 되나, 아로마 가스와 같은 환원성 가스가 주입이 되면 센서표면에 존재하던 산소이온이 가스와 반응하여 센서표면에서 떨어지게 되면 전위장벽이 낮아지게 되는 원리로 가스센서가 작동하게 된다.

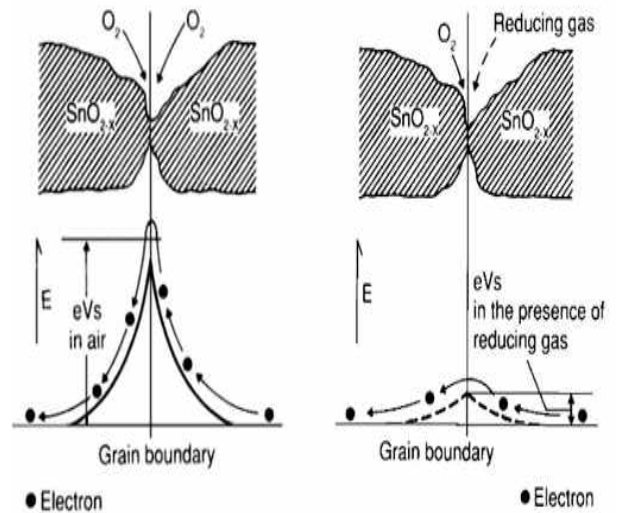


그림 4. 반도체식 가스센서의 반응
Fig 4 Reaction of semiconductor-type gas sensor

2.3 가스센서 어레이 시스템을 이용한 아로마 가스 측정 실험

가스센서 어레이 시스템을 이용한 아로마 가스 측정 실험의 과정은 그림 5와 같다.

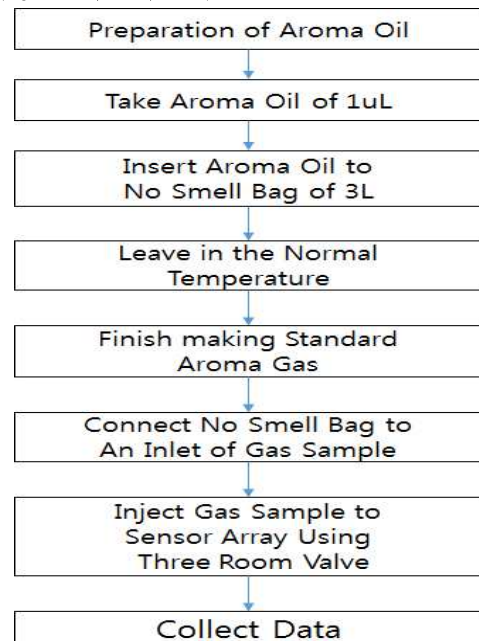


그림 5. 아로마 가스 측정 실험
Fig. 5. Measuring experiment of aroma gas

2.4 IAFC 신경회로망 [8-10]

IAFC 신경회로망은 Vigilance parameter로 분류를 조절한다. 다른 신경회로망에서는 초기에 클래스의 개수를 초기화함으로써 분류의 정밀도를 조절한다. 즉 초기에 클래스의 개수를 적은 값으로 초기화하면 클래스의 크기가 크고 느슨한 분류를 한다. 반면에, 초기에 클래스의 개수를 많은 값으로 초기화하면 클래스의 크기가 작고 엄격한 분류를 한다.

이에 비해 IAFC 신경회로망은 Vigilance parameter로 분류를 조절한다. Vigilance parameter를 큰 값을 사용하면 클래스의 개수는 적고 클래스의 크기는 크다. 반면에, Vigilance parameter를 작은 값을 사용하면 클래스의 개수는 많고 클래스의 크기는 작다. Vigilance parameter를 사용하여 분류의 정밀도를 조절하는 구조는 신경회로망의 연결강도를 초기화 할 필요는 없게 한다. 따라서, IAFC 신경회로망은 다른 신경회로망에서 존재하는 초기화 문제가 없다. 초기화 문제는 연결강도를 다른 값으로 초기화함에 따라서 분류 결과가 달라질수 있는 것이다.

분류하고자 하는 데이터와 유클리디안 거리가 제일 작은 대표값을 갖는 클래스를 선정한 후에 그 유클리디안 거리가 Vigilance parameter의 값보다 작으면 충분히 유사한 것으로 보고 데이터를 선정된 클래스에 배정한다. 그러므로, Vigilance parameter의 값이 크면 느슨하게 분류를 하여 클래스의 크기가 크고, 클래스의 개수는 적다. Vigilance parameter의 값이 작으면 엄격하게 분류를 하여 클래스의 크기는 작고, 클래스의 개수는 많다.

3. 실험 및 결과

가스센서 어레이 시스템을 이용하여 분석할 아로마를 선정하기 위하여 기능적으로 유사한 특징을 가지고 있으며 화학적으로는 어느 정도 구분이 되는 범주를 정하고자 하였다. Franchomme 와 Péroël의 실험 결과에 따르면[11] 아로마는 테르펜(terpene) 및 테르펜유도체(terpenoids)로 구성된 복합물로서 구성하고 있는 주성분의 화학적 특성에 따라 상대적으로 전자(electron)를 내어 놓기 쉬운 친핵성(nucleophilic)군과 여분의 전자로부터 전자를 받아들이기 쉬운 특성을 가진 친전자성(electrophilic)군으로 분류할 수 있다. 또한 이들은 다시 물과의 친화도에 따라 친수성(hydrophilic)과 친유성(lipophilic)으로 구분될 수 있어 아로마는 주성분의 화학적 특성에 따라 크게 4 가지 분류로 구분될 수 있는 것으로 알려져 있다.

따라서 본 연구에서는 아로마 중 이완(relaxation) 작용을 나타내는 것으로 알려진 것들 중 대표적인 자스민(jasmine, Jasminum officinale), 오렌지(orange, Citrus sinensis), 로만 카모마일(roman chamomile, Chamaemelum nobile), 라벤더(lavender, Lavendula angustifolia)를 택하였으며 이들을 Franchomme 와 Péroël의 분류 방법에[11] 의 해 배속해 보면 양전하를 띠는 아로마 중 친수성인 자스민과 소수성인 오렌지 그리고 음전하를 띠며 소수성을 지닌 로만 카모마일과 라벤더로 구분되었다.

본 실험에 사용된 라벤더는 프랑스산으로서 꽃대로부터 수증기증류법으로 추출된 것이었으며 로만 카모마일은 독일산으로서 꽃으로부터 수증기증류법으로 추출된 것이었다. 또한 자스민은 모로코산으로서 꽃으로부터 수증기증류법으로 사용된 것으로 사용하였으며 오렌지는 이태리산으로서

껍질로부터 냉압착법으로 추출된 것이었고 이들은 모두 독일 노이몬트(Neumond)사로부터 수입된 것이었다.

네 종류의 아로마인 라벤더, 자스민, 오렌지, 로만 카모마일을 분류하는 실험을 하였다. 데이터는 각 아로마당 10개씩으로 총 40개의 데이터를 구성되었다. Vigilance parameter를 변화 시키면서 실험한 결과 Vigilance parameter의 값이 57에서 95사에서 4개의 클래스로 올바르게 분류하였으며 오류는 없었다. 클래스의 연결강도의 변화량이 0.1보다 작을 때 까지 반복하도록 한 결과 38회 반복하였고, IAFC 신경회로망이 구한 각각의 아로마에 대한 대표값은 그림 6과 같다.

Aroma	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Lavender	19.5	44.7	4.6	52.6	90.1	126.4
Jasmine	32.4	92.8	10.6	125.7	115.8	94.1
Orange	116.0	278.0	39.9	380.8	277.1	721.0
Roman Chamomile	23.8	56.1	4.1	83.9	125.8	229.6

그림 6. 4종류의 아로마에 대한 대표값

Fig. 6. Prototypes of 4 aromas

4. 결론

아로마의 분류를 위한 시스템을 제안하였다. 제안하는 시스템은 가스센서 어레이 시스템과 IAFC 신경회로망으로 이루어져 있다. 제안하는 시스템으로 라벤더, 자스민, 오렌지, 로만 카모마일을 분류하였다. 실험결과 제안하는 시스템이 아로마를 4개의 클래스로 분류하였고 오차가 없어 제안하는 시스템의 우수성을 보여주었다.

References

- [1] Jimhun Sohn, Mikyung Park, Baehwan Lee and Byungchan Min, "Development of an Emotion Scale and Analysis of the Structure of Emotion Induced by Odors," *Korean Journal of the Science of Emotion and Sensibility*, vol. 5 pp. 61-70, 2002
- [2] Ayabe-Kanamura S, Schicker I, Laska M, Hudson R, Distel H, KobayKawa T and Saito S, "Differences in the perception of everyday odors : a Japanese-German cross cultural study, " *Chem Sens*, vol. 23, no. 1 pp. 31-38, 1998
- [3] Jeong-Mi Yu, Yu-Hwa Park and Song-Mun Kim, "Floral volatile Composition of daisy fleabane," *Korea Journal of Weed science*, vol. 28, no. 3, pp. 274 - 278, 2008.
- [4] So-Young Lee, Mi-Sook Chung, Mi-Kyung Kim, Hyung-Hee Back and Mi-Soon Lee, " Volatile compounds of elsholtzia splendens," *Korea J. Food Sct. Technol*, vol. 37, no. 3, pp. 339-344, 2005
- [5] Aye-Ree Youn, Bong-Soo Noh, Byeong-San Kim, Ki-Hyun Kwon, Jong-Honn Kim, Sang-Hee Kim, Duck-Joo Choi and Hwan-Soo Cha, "Analysis of

aroma patterns in muskmelon at different storage temperatures using a mass spectrometry-based electronic nose," *Korean J. Food Sci. Technol.*, vol. 43, no. 3, pp. 419-425, 2011

- [6] Kee-Heun Yang, Kum-Jong Lee and Mee-Ree Kim, "Analysis of gel powders created from different acorn crude starches to determine country of origin," *Journal of the Korea Society of Food Science and Nutrition*, vol. 41, no. 6, pp. 816-822, 2012
- [7] Mee-Soo Byun, Myung-Ji Kim and Kyu-Won Kim, "Characteristics comparison of fragrance by species, flowering stage and organ in liliun flower by electronic nose," *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*, vol. 22, pp.119, 2004
- [8] Yong Soo Kim and Sunanda Mitra, "An Adaptive Integrated Fuzzy Clustering Model for Pattern Recognition," *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 65, no. 2, pp. 297-310, 1994
- [9] Yong Soo Kim, "An Unsupervised Neural Network Using a Fuzzy learning Rule," *Proceedings of the 1999 IEEE Fuzzy Systems Conference*, vol. 1, pp. 349-353, 1999.
- [10] Yong Sun Back and Yong Soo Kim, "Fuzzy Neural Network Using a Learning Rule utilizing Selective Learning Rate," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 20, no. 5, pp. 672-676, 2010
- [11] Franchomme P and Péroël, *L'Aromatherapie exactement*, Limoges, France, Roger Jallois, 1990

저 자 소 개



김용수(Yong Soo Kim)

1981년 : 연세대학교 전기공학과 공학사
 1983년 : KAIST 전기 및 전자공학과 공학석사
 1986년 : 삼성전자 종합연구소 주임연구원
 1993년 : Texas Tech Univ. 공학박사
 1995년~현재 : 대전대학교 컴퓨터공학과 교수

관심분야 : 신경회로망, 퍼지 논리, 패턴인식, 영상처리, 침입탐지 등
 Phone : +82-42-280-2547
 E-mail : kystj@dju.kr



김한수(Han-Soo Kim)

1998년 : 대전대학교 환경공학과 공학사
 2000년 : 대전대학교 환경공학과 공학석사
 2007년 : 대전대학교 환경공학과 공학박사
 2004년~2011년 : (주)과학기술분석센터 환경사업부
 2012년~현재 : 대전대학교 환경문제연구소

관심분야 : 가스센서, 악취측정기 및 전자코시스템
 Phone : +82-42-280-2597
 E-mail : khans20@naver.com



김선태(Sun-Tae Kim)

1986년 : 서울대학교 농화학과 학사
 1988년 : 서울대학교 환경대학원 석사
 1992년 : 일본 Kyoto대학 위생공학과 박사
 1992년 ~ 현재 : 대전대학교 환경공학과 교수

관심분야 : 가스센서, 환경계측시스템, 센서모듈 및 시스템
 Phone : +82-42-280-2534
 E-mail : envsys@dju.kr



임미혜(Mi-Hye Lim)

1985년 : 가톨릭대학교 생물학과 이학사
 1986년 : 한양대학교 생물학과 아학석사
 1984년 : 한양대학교 생물학과 이학박사
 2010년 ~ 현재 : 대전대학교 뷰티건강관리학과 교수

관심분야 : 아로마테라피 향균 및 항산화 활성, 이완효과 등 효과 분석 및 에센셜 오일 성분분석
 Phone : +82-42-280-2387
 E-mail : beauty1@dju.kr