

# 냄새 인식을 위한 최적의 센서 결정 방법

노 용 원<sup>†</sup> · 김 동 규<sup>††</sup> · 권 형 오<sup>†††</sup> · 홍 광 석<sup>††††</sup>

## 요 약

본 논문에서는 다중 센서를 선택하는 냄새 인식 시스템에서 최적의 센서 조합을 선택하기 위하여 통계적 분석 기반의 센서 사이의 상관계수를 이용하는 방법을 제안한다. 제안하는 센서 결정 방법은 금속 산화물 반도체(Metal Oxide Semiconductor : MOS) 센서 어레이를 사용하여 냄새 데이터를 획득한 후 획득한 냄새의 상관도를 기반으로 적합한 센서를 결정한다. 우선 측정 대상이 유사한 MOS 가스센서 중 응답의 크기가 작고 변화가 낮은 센서를 제외하여 총 16개의 센서를 선별한다. 입력되는 냄새로부터 16개의 센서를 사용하여 냄새 DB를 구축하고 각 센서별 상관계수를 계산한 후 상관도가 낮은 센서를 선택한다. 선택된 센서는 유사한 응답 특성을 갖는 센서를 제거한 것이며 제안한 방법으로 최적의 센서를 결정할 수 있다. 제안된 센서 결정 방법의 성능 평가를 위해 꽃 냄새 인식 시스템에 적용하였다. 상관계수를 이용한 꽃 냄새 인식 시스템에 제안한 방법을 적용한 결과로 16개의 센서를 사용한 경우 95.67%의 인식률을 보이는 반면 제안한 센서 결정 방법을 적용한 꽃 냄새 인식 시스템은 6개를 사용한 경우 94.67%, 8개의 센서를 사용한 경우 96%의 인식률을 도출하는 것을 확인하였다.

키워드 : 센서 결정 방법, 상관계수, 꽃냄새 인식

## A Method of Optimal Sensor Decision for Odor Recognition

Yong-Wan Roh<sup>†</sup> · Dong-Ku Kim<sup>††</sup> · Hyeong-Oh Kwon<sup>†††</sup> · Kwang-Seok Hong<sup>††††</sup>

### ABSTRACT

In this paper, we propose method of correlation coefficients between sensors by statistical analysis that selects optimal sensors in odor recognition system of selective multi-sensors. The proposed sensor decision method obtains odor data from Metal Oxide Semiconductor(MOS) sensor array and then, we decide optimal sensors based on correlation of obtained odors. First of all, we select total number of 16 sensors eliminated sensor of low response and low reaction rate response among similar sensors. We make up DB using 16 sensors from input odor and we select sensor of low correlation after calculated correlation coefficient of each sensor. Selected sensors eliminate similar sensors' response therefore proposed method are able to decide optimal sensors. We applied to floral scent recognition for performance evaluation of proposed sensors decision method. As a result, application of proposed method with floral scent recognition using correlation coefficient obtained recognition rate of 95.67% case of using 16 sensors while applied floral scent recognition system of proposed sensor decision method confirmed recognition rate of 94.67% using six sensors and 96% using only 8 sensors.

Keywords : Sensors decision method, Correlation Coefficient, Floral scent Recognition

### 1. 서 론

전자코(E-nose) 시스템은 인간 코의 기능을 디지털화한 것으로 다중센서배열 (multi sensor arrays)을 이용해 특정 냄새 성분과 각각의 센서에서의 반응을 전기화학적 신호

로 나타내며 이 신호를 처리함으로써 각 냄새의 분석을 수행할 수 있다[1]. 이러한 전자코를 이용한 냄새 분석에 대한 연구는 일반적으로 표본 샘플의 패턴인식 및 성분분석 기법 등을 통하여 입력 냄새를 분석 및 인식한다[2]. 이러한 연구를 기반으로 여러 종류의 상용화된 냄새 측정 제품들이 출시되었다. 상용화된 제품들에는 대기오염도 측정[3], 식품 및 음식 냄새 측정[4-5], 화재 검출[6-7], 와인 감별[8] 등이 있다.

후각 정보처리 및 냄새 인식을 위한 기존 연구[9-11]에서는 주어진 냄새 정보에 대하여 PCA(Principal Component Analysis) 또는 LDA(Linear Discrimination Analysis) 등과 같은 특징 추출 기법과 FCMA(Fuzzy C-Means Algorithm) 및 신경망(Neural Network), 센서 어레이의 신호패턴 분류를 위한 각도 변이 기반 상태 천이 모델링 기법, Genetic

\* 이 논문은 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원 (No. 2009-0068120) 및 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업(2009-(C1090-0902-0046))의 지원을 받아 수행된 연구임.

† 준 회 원 : 성균관대학교 정보통신공학부 박사과정(교신저자)

†† 정 회 원 : 성균관대학교 정보통신공학부 박사과정

††† 준 회 원 : 성균관대학교 정보통신공학부 석사과정

†††† 종신회원 : 성균관대학교 정보통신공학부 교수

논문접수: 2009년 8월 25일

수정일: 1차 2009년 10월 15일, 2차 2009년 11월 24일

심사완료: 2009년 11월 24일

Algorithms, Self Organizing Maps(SOM) 그리고 HPLC/UV방법 등과 같은 다양한 성분 분류 및 후각 인식 알고리즘들이 제시되어졌고, 이에 기반을 둔 휴대형 후각 인식 시스템[12] 및 인간의 피부냄새를 이용한 성별 인식 시스템[13] 등과 같은 다수의 학제적 연구가 제안되었다.

냄새 인식 시스템은 임의의 16개 센서를 사용하여 꽃 냄새를 획득하고 인식함에 있어 PCA와 ICA, PCA+Correlation Coefficient, ICA+Correlation Coefficient를 사용하였다[24]. 기존의 방법은 임의의 센서를 사용하여 냄새를 취득하며 취득된 냄새 데이터로부터 특징추출 및 인식을 한다. 하지만 사용된 센서의 응답 특성이 유사할 경우 인식을 저하 및 제작비용이 상승한다.

따라서 본 논문에서는 냄새 인식을 위한 최적의 센서 결정 방법을 제안한다. 제안하는 센서 결정 방법은 센서간 상관관계를 구하여 상관관계가 높은 센서를 제외하는 방식으로 센서를 결정한다.

제안된 방식의 성능 평가를 위해 총 12 종의 꽃 냄새 오일(Rose, Jasmine, Lavender, Lily, Musk, Rosemary, Sandalwood, Tulip, Vanilla, Chamomile, Hyssop, Neroli)을 사용하여 그 유효성을 평가하였다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 냄새 인식 시스템

기존의 다양한 후각 인식 관련 연구에서는 냄새 정보의 획득을 위하여 일반적으로 MOS 센서 및 전도성 고분자(Conducting Polymer : CP) 센서, 수정진동자(Quartz Crystal Microbalance : QCM) 센서 그리고 표면탄성파소자(Surface Acoustic Wave : SAW) 센서 등이 주로 이용되어지고 있으며, 이들 중 특히 MOS 센서는 대상 물질에 따라 인간의 후각범위를 상회하는 감도를 나타내기도 하며 수명이 길고 습도(수분)의 영향을 잘 받지 않으며, 센서의 선택성은 표면 촉매층의 종류에 따라 변하고 휘발 성분이 센서의 표면과 접촉해 반응하면 전기전도성으로 바뀌는 응답 특성을 가진다[14]. 또한 다수의 센서 조합으로 구성된 센서 어레이의 사용은 각 개별 센서가 반응하는 응답 패턴으로부터 어떤 특정 냄새의 존재를 보다 확실하게 검출함과 동시에 해당 냄새의 정량을 보다 신뢰성 있게 표현할 수 있다.

꽃냄새 감지 및 인식에 대한 관련 연구로는 M. Takano [15] 및 Mithchi Seiko[16] 등이 제안한 QCR(Quartz Crystal Resonators) 후각 센서를 이용한 장미향의 실시간 감지 기술 및 MOS 센서 어레이 기반의 백합 향기의 인식 기술 [17], 그리고 전자코(Electronic Nose)를 이용한 장미 및 나리의 향기패턴 분석[18, 19] 등과 같은 사례들을 제시할 수 있으며, 특히 홍차 잎의 냄새로부터 숙성 정도를 분석하여 그 품질을 평가하기 위한 Ritaban Dutta[10] 및 Bhattacharyya [20] 등의 연구에서는 PCA 알고리즘을 이용하여 홍차 잎의 냄새 정보로부터 특징을 추출하고 신경망 알고리즘 및 K-NN 알고리즘, Radial Basis Function(RBF) network 등

을 이용하여 홍차 냄새를 인식하는 다양한 후각 인식 기술들을 제안한 바 있다.

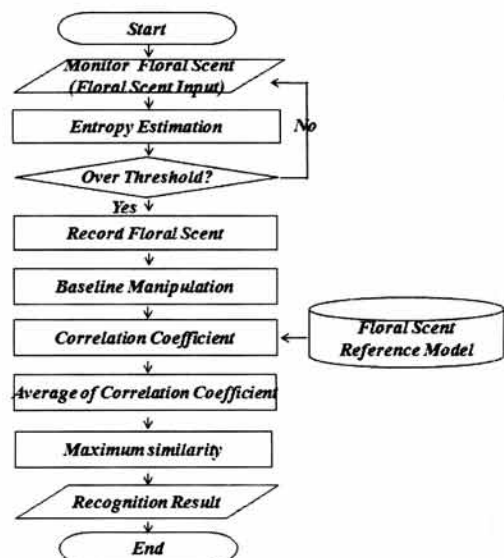
냄새 인식에서 사용되는 특징 추출 및 인식 알고리즘은 PCA, LDA, K-NN이 많이 사용된다. PCA 특징 추출 알고리즘은 전체 데이터를 데이터의 분산이 큰 몇 개의 고유벡터에 대한 축으로 선형 투사시켜서 데이터의 차원을 줄이는 방법으로, 서로 다른 클래스를 차원을 줄여서 간단하게 표현할 수 있는 체계적이고 실용적인 방법으로 알려져 있으며 트레이닝 데이터로부터 기저 벡터(basis vector)들을 찾아 효율적으로 데이터의 차원을 줄일 수 있는 장점을 가진다 [21].

또한 LDA 특징 추출 알고리즘은 전체 특징 데이터의 공간상에서 클래스 분리를 최대화 하도록 클래스간 분산(between-class scatter)과 클래스내 분산(within-class scatter)의 비율을 최대화하는 주축으로 사상시켜 선형 부공간으로 차원을 축소하는 방법으로, 데이터의 최적 분류의 견지에서 데이터를 축소하여 표현하는 장점을 가진다[22]. K-NN(K-Nearest Neighbor)은 샘플의 분포 상태에 영향을 받지 않는 non-parametric 학습 방법 중의 하나로서, 각 샘플에 대한 확률적 파라미터들을 사전에 구하지 않고 샘플의 값 자체를 그대로 좌표에 표시하여 가장 유사하거나 거리상으로 가장 가까운 집단으로 분류한다[14, 23].

### 2.2 상관 계수를 이용한 꽃 냄새 시스템

상관계수를 이용한 꽃냄새 인식 시스템[24]을 (그림 1)에 나타내었다.

꽃냄새 인식 시스템은 1) MOS 센서 어레이를 이용한 꽃냄새의 획득 단계 및 2) 엔트로피를 이용한 꽃냄새의 검출 단계, 3) 검출된 꽃냄새와 모집단 꽃냄새 참조 모델간의 각 센서별 상관계수를 획득하는 단계, 그리고 4) 꽃냄새 참조 모델들에 대한 각 센서별 상관계수의 평균값으로부터 꽃냄



(그림 1) 상관계수를 이용한 꽃냄새 인식 시스템의 전체 흐름도

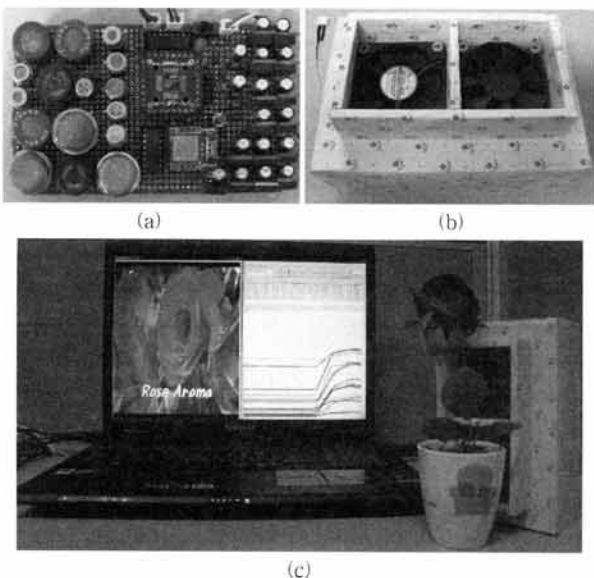
새 인식을 위한 최대 상관계수를 획득하는 단계를 포함한다. 입력되는 꽃 냄새와 가장 유사도가 높은 모델을 인식결과로 나타낸다.

<표 1>에서 제시된 바와 같이 센서 어레이는 16개의 MOS 센서를 사용하였으며 이를 사용하여 꽃냄새 획득 모듈을 구현하였다. 꽃냄새 데이터를 획득하기 위한 센서 어레이와 센서의 히팅 전원 및 회로 전원, A/D 변환 및 데이터 처리를 수행하는 MCU(C8051F350) 그리고 취득된 데이터를 전송하기 위한 통신 모듈을 포함한다.

(그림 2) (a), (b)는 16개의 MOS 센서를 하나의 기관 상에 제작한 센서 어레이 기반의 꽃냄새 획득 모듈과 외형을 보여주고 있으며 개별 센서의 응답패턴에 대한 사례는 (그림 2) (c)와 같이 장미향에 대한 센서 어레이의 응답패턴을 나타내었다. 냄새 검출 모듈에서는 입력되는 꽃냄새에 대한 센서의 응답을 C. Shannon에 의한 정보 엔트로피의 정의에 적용함으로써 입력 냄새에 대한 센서 측정값의 변화 시점을 판단하였으며 개별 센서에 대한 프레임 단위의 엔트로피는 수식 (1)과 같다. n번째 프레임의 엔트로피 값  $E(n)$ 이 검출 실험에 의해 정의된 임계값 (1.0) 이상일 경우 센서 반응의 변화 구간으로 판단하고, 그 구간이 일정한 프레임 동안 지

<표 1> 센서 어레이 구현을 위한 16개의 MOS 센서

NO	센서명	측정대상	NO	센서명	측정대상
1	TGS800	Air Contaminants	9	TGS2620	Alcohol
2	TGS822	Alcohol	10	MICS2710	Nitrogen
3	TGS825	Ammonia	11	MICS5131	Alcohol
4	TGS826	Ammonia	12	MICS5132	Carbone Dioxide
5	TGS833T	Water Vapors	13	MICS5135	VOCs
6	TGS880	Alcohol	14	SP-53	Ammonia
7	TGS2602	Air Contaminants	15	MQ-3	Alcohol
8	TGS2611	Methane	16	SP3s-AQ2	Air Contaminants



(그림 2) 센서 어레이 기반의 꽃냄새 획득모듈의 회로 및 외형 (a,b), 장미향에 대한 센서 어레이 응답패턴 (c)

속될 경우에 향기 발생 시점으로 판단한다. 한 채널당 샘플링 주파수는 17Hz이며 한 프레임은 32샘플로 50%의 중첩을 허용하며 변화 구간의 판단을 위한 지속 프레임의 개수는 4 프레임을 기준으로 한다.

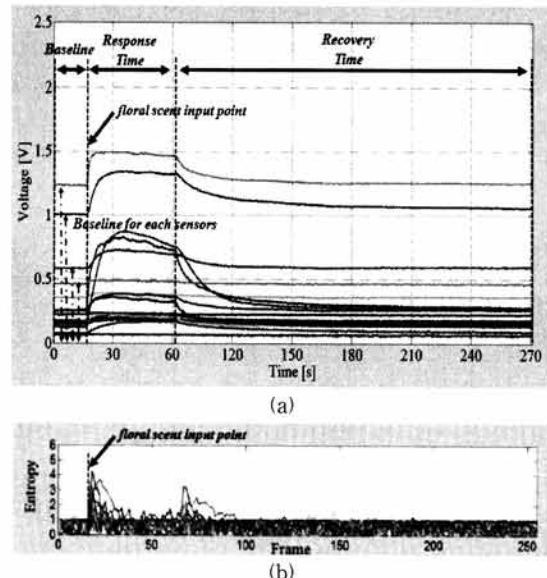
$$E(n) = - \sum_{l=0}^{L-1} p(l) * \log_2 p(l) \quad (1)$$

여기에서  $p(l)$ 은 특정 범위  $l$ 이 한 프레임 내에서 발생할 확률을 의미하며 수식 (2)와 같이 한 프레임 내에서  $l$ 범위 발생 빈도  $c(l)$ 을 한 프레임의 샘플 개수  $S$ 로 나누어 계산한다.

$$p(l) = \frac{c(l)}{S} \quad (2)$$

여기에서  $l$ 은  $0 \leq l \leq L-1$ 로 표현이 가능하며 센서의 응답 범위를  $L$ 개의 세부 범위로 나눈 것을 의미한다. (그림 3)은 입력 꽃냄새의 신호 전개 (a)에 따른 엔트로피의 변화 정도 (b)를 도식화 한 것이다.

(그림 3) (a)에서 16개의 개별 센서 응답에 대한 각각의 냄새 정보는 초당 17 샘플로 획득되어진다. 입력되는 꽃 냄새 신호는 베이스라인(Baseline), 센서 응답 시간(Response Time), 회복시간(Recovery Time)으로 구성된다. 베이스라인은 냄새가 유입되지 않는 초기 상태로 각 센서마다 다르며 또한 온도나 습도 등과 같은 환경에 따라 달라진다. 센서의 응답시간은 향기가 입력되는 시간을 나타낸 것으로 (그림 3) (a)에서는 15초부터 60초까지이다. 회복시간은 센서가 초기 상태로 회복되는 시간이다. 냄새가 발생된 시점을 검출하기 위해 엔트로피 방법을 사용하였으며 (그림 3) (b)와 같이 냄새가 입력되면 엔트로피 값이 상승하게 된다. 실험을 통하여 임계값을 설정하고 임계값 이상으로 엔트로피 값이



(그림 3) 입력 꽃냄새의 신호 전개 (a) 및 입력 꽃냄새에 대한 엔트로피의 변화 (b)

상승 할 경우 그 시점을 냄새가 검출된 시점으로 판단한다. 냄새가 검출된 시점을 기준으로 앞선 32샘플부터 시작점 이후의 480 샘플까지를 꽃 냄새 인식을 위한 특징 영역으로 총 512 샘플을 선정하였다. 검출된 시점을 기준으로 앞선 32 샘플은 베이스라인에 대한 정보, 시작점 이후의 480샘플은 냄새 유입에 따른 상승 곡선으로 냄새 변화를 가장 잘 나타낼 수 있는 정보로 판단되며 이에 대한 패턴 인식 프로세스를 수행한다[24].

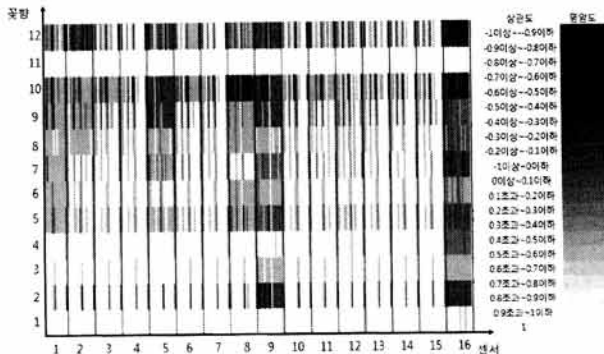
### 3. 최적의 센서 결정 방법

최적의 센서 결정 방법은 냄새 영역에 따라 인식에 적절한 센서를 선택 하는 것이며, 센서의 상관계수를 이용하여 냄새 영역에 대한 유사한 특성을 갖는 센서를 배제하고 상관도가 낮은 센서만을 사용하여 인식하였다. 센서 결정 방법을 꽃냄새 인식 시스템에 적용하였으며 상용화된 센서 중 크기가 소형이며, 아로마 향에 대한 반응치가 크고, 센서 응답의 변화가 빠른 16개 센서를 선정하였다. 상용화된 센서는 MOS 센서 중 Figaro사의 TGS 계열 센서와 E2V사의 센서, FIS 사의 센서를 사용하였다.

(그림 4)는 16개의 냄새 센서와 12가지의 아로마 향에 대한 상관관계를 3차원으로 표현하였다. 가로축은 센서 1번부터 센서 16번까지 상관도를 나타내었으며 1번 센서의 경우 1번~16번 센서까지의 상관도를 명암에 따라 표현하였다. 즉, (그림 4)에서 가로 축의 1번 센서는 1번-1번, 1번-2번, ..., 1번-16번 센서의 상관도를 명암도에 따라 표현한 것이며, 이 값들의 평균을 낸 것이 표 2에서 상관관계의 평균값이다.

세로축은 12개의 꽃 향을 나타낸 것으로 실제 상관도는 (그림 4)의 16개의 냄새 센서와 12종류 향에 대한 상관관계의 3차원 표현에 의해 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 9번, 16번 센서의 명암도가 전체적으로 어둡게 나타나며 이는 상관도가 낮은 것을 의미한다. 센서 간의 상관계수는 각 센서를 중심으로 다른 센서와 각각 상관계수를 계산하여 구한다. 상관계수를 구한 후 각 센서에 대한 상관계수의 평균을 구할 수 있다.

각 센서에 대한 상관계수의 평균을 이용하여 상관도가 높



(그림 4) 16개의 냄새 센서와 12종류 향에 대한 상관관계의 3차원 표현

은 센서를 제외하여 상관도가 낮은 센서를 선별한다. 표 2은 꽃 냄새에 대한 MOS 센서 사이의 상관관계(평균) 및 순서(Rank)를 나타내었다. <표 2>에서 상관관계의 평균이 낮은 8개의 센서는 1, 2, 3, 5, 8, 9, 11, 16번 센서가 낮은 상관도를 가지고 있다. 한 예로 위의 8개 센서를 최적의 센서로 정의할 수 있으며, 상관도가 낮은 순서에 따라 센서의 개수를 자유롭게 결정 할 수 있다.

센서의 전체 개수가 N개이고, 각 센서를 통해 취득한 냄새 샘플의 반응치를 X, 참조 모델에 대한 반응치를 Y라고 할 때, N개의 센서(1≤n≤N)로 획득된 i개의 샘플에 대한 상관계수는 수식 3과 같다.

$$r_n = \frac{\sum(X_{ni} - \bar{X}_n)(Y_{ni} - \bar{Y}_n)}{\sqrt{\sum(X_{ni} - \bar{X}_n)^2} \times \sqrt{\sum(Y_{ni} - \bar{Y}_n)^2}} \quad (3)$$

위와 같이 상관도가 낮은 센서를 선별하여 중심센서를 선정 후 중심 센서를 사용하여 냄새 인식을 수행한다. 선택된 중심 센서가 M개라면, 각 센서를 통해 취득한 냄새 샘플의 반응치를 X, 참조 모델에 대한 반응치를 Y라고 할 때, 선정된 M개의 센서(1≤m≤M)로 획득된 i개의 샘플에 대한 상관계수는 수식 4와 같다.

$$r_m = \frac{\sum(X_{mi} - \bar{X}_m)(Y_{mi} - \bar{Y}_m)}{\sqrt{\sum(X_{mi} - \bar{X}_m)^2} \times \sqrt{\sum(Y_{mi} - \bar{Y}_m)^2}} \quad (4)$$

각 센서 별로 구한 상관계수의 값을 합하고, 중심 센서의 개수 M으로 나눔으로써, 각 참조 모델에 해당하는 상관계수의 평균값을 구할 수 있다. 참조 모델이 m개인 경우, m개의 상관계수 평균값을 구할 수 있다. 상관계수의 평균값 중 가장 큰 값에 해당하는 참조 모델의 냄새가 인식된 결과이다.

<표 2> 꽃 냄새에 대한 MOS 센서 사이의 상관관계 평균 및 순서(Rank)

NO	센서명	상관 관계 (평균)	순서(Rank)
1	TGS800	0.7143229	12
2	TGS822	0.723099	11
3	TGS825	0.798125	9
4	TGS826	0.8409323	1
5	TGS833T	0.6583021	14
6	TGS880	0.8100885	7
7	TGS2602	0.8408646	2
8	TGS2611	0.6726354	13
9	TGS2620	0.5211146	15
10	MICS2710	0.8372396	5
11	MICS5131	0.7771823	10
12	MICS5132	0.808724	8
13	MICS5135	0.8354948	6
14	SP-53	0.8377083	3
15	MQ-3	0.8374063	4
16	SP3s-AQ2	0.3868021	16

#### 4. 실험 및 결과

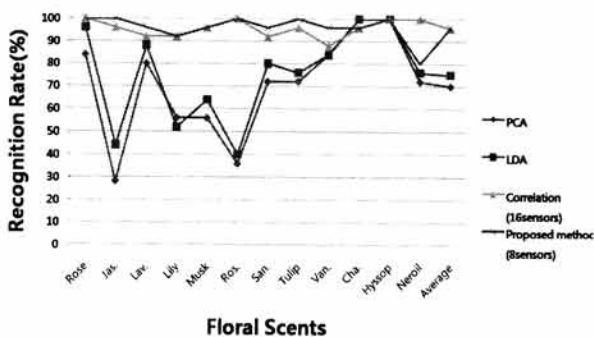
본 논문에서는 적은 센서를 사용하고도 높은 인식 성능을 보이기 위해 최적의 센서 결정 방법을 제안하고 꽃냄새 인식 실험을 통하여 기존 방법과 비교하여 성능을 평가한다. MOS 센서 어레이 기반의 꽃냄새 획득 모듈을 이용하여 총 12 종의 꽃냄새-Rose, Jasmine, Lavender, Lily, Musk, Rosemary, Sandalwood, Tulip, Vanilla, Chamomile, Hyssop, Neroli 에 대하여 각각 50개의 데이터베이스를 구축하였고 전체 600번의 향기 측정 결과를 본 실험에 이용하여 개별 향기에 대하여 각각 50회의 인식 실험을 수행하였다. 본 실험은 상관관계수 기반의 꽃냄새 인식 실험 그리고 PCA 기반의 K-NN 및 LDA 기반의 K-NN을 이용한 꽃냄새 인식 실험을 포함한다. PCA 기반의 K-NN 및 LDA 기반의 K-NN 패턴인식 알고리즘을 이용한 꽃냄새 인식 시스템에서는 개별 꽃냄새에 대해 시작 시점을 기준으로 앞선 32샘플로부터 시작점 이후 480샘플까지의 특징 영역에 대한 전체 64개의 특징 파라미터를 추출하였으며 최소 유클리드 거리를 가지는 꽃냄새를 인식하였다. (그림 5)는 꽃냄새에 대한 인식률을 나타낸 것으로 전체 12 종의 꽃냄새에 대해 PCA기반의 K-NN 알고리즘의 경우 71.33%의 평균 인식률을 도출하였고, LDA기반의 K-NN 알고리즘의 경우 76.67%의 평균 인식률을 도출하였다.

또한 비교 알고리즘과 동일한 특징 영역에 대한 상관관계수 기반의 꽃냄새 인식 시스템은 12종의 모든 꽃냄새에 대해 95.67%의 평균 인식률을 도출하였다.

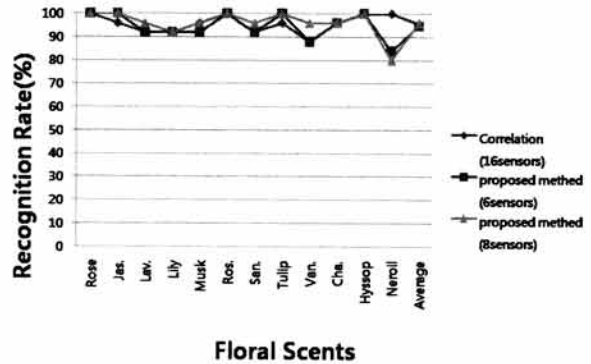
최적의 센서 결정 방법에 의해 상관도가 높은 10개의 센서를 제외하고 6개의 센서만을 사용했을 때의 결과를 8개와 16개의 센서를 사용한 인식 결과와 비교하였다. (그림 6)은 16개의 센서와 센서 결정 방법에 의해 선택된 센서 6개와 8개에 대한 인식률 및 평균 인식률 나타내었다.

위의 실험에서 센서 결정 방법에 의해 결정된 센서 6개를 사용한 결과 16개를 사용한 실험에 비해 1% 낮은 인식률을 보였으나, 이는 센서의 개수 차이에 비해 인식률의 하락폭이 적다고 할 수 있다.

본 논문에서 제안한 상관관계 기반을 둔 최적의 센서 결정 방법에 의해 상관도가 높은 8개의 센서를 제외하고 8개의 센서만을 사용하여 인식실험을 했을 때 가장 우수한 성능을 보였으며 16개의 센서를 사용한 경우보다 0.33% 향상



(그림 5) 개별 꽃냄새에 대한 인식률 및 평균 인식률



(그림 6) MOS 센서 6개, 8개, 16개를 사용한 개별 꽃 냄새 인식을 및 평균 인식을 비교

된 96%의 성능을 보였다. 또한 8개의 센서만을 사용함으로써 회로를 간소화하여 비용 절감 효과를 얻을 수 있다.

#### 5. 결론

본 논문에서는 냄새 인식을 위한 최적의 센서 결정 방법을 제안하였으며 성능 평가를 위하여 기존 후각 인식 시스템에서 주로 사용되어진 PCA기반의 K-NN 패턴 인식 알고리즘과 LDA기반의 K-NN 패턴 인식 알고리즘 및 상관관계를 이용한 꽃냄새 인식 시스템을 개별적으로 구현하고 제안된 알고리즘을 이용한 꽃냄새 인식 실험을 수행함으로써 본 제안의 유효성 등을 검증하였다. 또한 상관관계를 이용한 꽃냄새 인식 시스템에 16개 센서를 사용한 결과와 제안된 최적의 센서 결정 방법으로 6개와 8개의 센서를 선별하여 실험하였다. 실험한 결과 상관도가 낮은 6개, 8개의 센서로 인식한 경우 16개의 센서를 사용한 경우보다 각각 1% 하락, 0.33% 향상되었다. 센서의 응답 특성을 고려하여 센서를 선택할 경우 보다 우수한 성능을 나타낼 수 있지만, 다양한 냄새에 대해 모든 센서의 응답 특성을 고려하기가 매우 어렵다. 또한 암모니아와 에탄올과 같은 분자의 냄새를 검출하는 센서의 경우 특정 분자(암모니아, 에탄올)를 검출할 때 여러 개 센서를 선택하는 것 보다 우수한 성능을 나타낼 수 있다. 하지만 응답특성과 상관없이 센서 냄새 센서를 배열하고 냄새의 영역에 따른 최적의 센서를 선택 및 사용함으로써 높은 인식 성능을 나타내며, 향후 다양한 냄새 영역에서 냄새 인식을 위해 사용 가능할 것으로 사료된다.

#### 참고 문헌

- [1] Gardner, J.W. and P.N. Bartlett: "Electronic Noses, Principles and Applications," Oxford University Press, Inc., NY, USA, 1999.
- [2] Javier Gaayo : "Software Analysis Techniques for Odor Analysis and Classification Using the Electronic Nose," Master Thesis, North Carolina State University, 2004.
- [3] Chanem M.G., Hassard J., Osmond M., and Richards M.

"Sensor Grids for Air Pollution Monitoring," UK e-Science All Hands Meeting, Nottingham, UK, 2004, pp.1-8.

[4] Selena Sironi, Laura Capelli, Paolo Ce'ntola, Renato Del Rosso, Massimiliano Il Grande: "Continuous monitoring of odours from a composting plant using electronic noses," ScienceDirect Waste Management, Vol.27, No.3, pp.389-397, 2007.

[5] C. Di Natale, A. Macagnano, F. Davide, A. D'Amico, R. Paolesse, T. Boschi, M. Faccio, G. Ferri.: "An electronic nose for food analysis," Journal of Sensors and Actuators B, pp. 521-526, 1997.

[6] Charumporn B. 외, "Compact Electronic Nose System Using Metal Oxide Gas Sensors for Fire Detection Systems," International Joint Conference on Neural Network, pp.2214-2217, 2006.

[7] Charumporn B. 외, "Detecting Household Burning Smell Using a Neuro-Electronic Nose System," IEEJ Trans. EIS, Vol.124, No.2, pp.520-525, 2004.

[8] Lozano J. 외, "Identification of Typical Wine Aromas by Means of an Electronic Nose," IEEE Sensors Journal, Vol.6, No.1, pp.173-177, 2006.

[9] Nabarun Bhattacharyya 외, "Monitoring of black tea fermentation process using electronic nose," Journal of Food Engineering, Vol.80, Issue4, June, 2007, pp.1146-1156.

[10] Ritaban Dutta 외, "Electronic Nose Based Tea Quality Standardization," journal of Neural Networks, 2003, pp.847-853.

[11] Yong Shin Kim 외, "Portable electronic nose system based on the carbon black-polymer composite sensor array," Sensors and Actuators B, Vol.108, Issues1-2, 2005, pp.285-291.

[12] T Yamada 외, "Wearable Olfactory Display Using Odor in Outdoor Environment," Virtual Reality Conference, 2006, pp.199-206.

[13] Corrado Di Natale, Antonella Macagnano, Roberto Paolesse, Enrico Tarizzo, Alessandro Mantini, Arnaldo D'Amico: "Human skin odor analysis by means of an electronic nose," ScienceDirect Sensors and Actuators B: Chemical, Vol.65, No.1-3, pp.216-219, 2000.

[14] 한학용, "패턴인식 개론," 한빛미디어, 2005. 7.

[15] M. Takano 외, "Real-time sensing of roses' aroma using an odor sensor of quartz crystal resonators," IEICE Electronics Express, Vol.4, No.1, 2007.

[16] Mithchi Seiko 외, "Odor sensing in natural environment (2)-Application to the rose aroma sensing in an outside garden," Nippon Kagakkai Koen Yokoshu, Vol.83, No.1, 2003.

[17] S. Fukai 외, "Discrimination of lily fragrance by use of an electronic nose," ISHS Acta Horticulturae 572: XX International Eucarpia Symposium, Section Ornamentals, Strategies for New Ornamentals - Part II, 2001.

[18] 이영순 외, 전자코(Electronic nose)를 이용한 장미의 향기패턴 분석, 한국화훼연구회지, 제11권 제1호, 2003.

[19] 변미순 외, 전자코에 의한 나리의 종류, 개화 단계 및 꽃의 기관 별 향기 특성의 비교, 한국화훼연구회지, 제15권 제1호, 2007.

[20] Bhattacharyya, N. 외, "Aroma characterization of orthodox

black tea with electronic nose", TENCON 2004. 2004 IEEE Region 10 Conference, Vol.B, 2004.

[21] A. M. Martinez and A. C. Kak, "PCA versus LDA," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.23, No.2, 2001.

[22] Simon M. Scott 외, "Data analysis for electronic nose systems," Microchim Acta 156, 183-207, 2007.

[23] Gregory Shakhnarovich 외, "Nearest-Neighbor Methods in Learning and Vision: Theory and Practice," The MIT Press, 2005.

[24] Byeong-Geun Cheon 외, "An Implementation of Floral Scent Recognition System Using ICA Combined with Correlation Coefficients," Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009.



**노 용 완**

e-mail : elec1004@skku.edu

2001년 남서울대학교 정보통신공학과(학사)  
2003년 성균관대학교 정보통신공학부(공학 석사)  
2003년~현 재 성균관대학교 정보통신공학부 박사과정

2009년~현 재 서일대학 정보통신과 강의전담 교수  
관심분야: HCI, 오감 인식 및 표현, 후각 display



**김 동 규**

e-mail : kdgyu13@skku.edu

2003년 국립진주산업대학교 전자공학과(학사)  
2006년 성균관대학교 정보통신공학부(공학 석사)  
2006년~현 재 성균관대학교 정보통신공학부 박사과정

관심분야: HCI, 후각 신호처리



**권 형 오**

e-mail : oya200@skku.edu

2009년 대구가톨릭대학교 컴퓨터공학과(학사)  
2009년~현 재 성균관대학교 정보통신공학부 석사과정

관심분야: BCI, EEG 신호처리



**홍 광 석**

e-mail : kshong@yurim.skku.ac.kr

1985년 성균관대학교 전자공학과(공학사)  
1988년 성균관대학교 전자공학과(공학석사)  
1992년 성균관대학교 전자공학과(공학박사)  
1990년~1993년 서울보건대학 전산정보처리과 전임강사

1993년~1995년 제주대학교 정보공학과 전임강사  
1996년~현재 성균관대학교 정보통신공학부 교수  
관심분야: 오감 인식, 융합, 재현 및 HCI