

HCI를 위한 오감정보처리에 관한 연구

이 현 구* · 김 동 규**

A Study on the Five Senses Information Processing for HCI

Lee, Hyeon Gu · Kim, Dong Kyu

〈Abstract〉

In this paper, we propose data format for smell, taste, touch with speech and vision which can be transmitted and implement a floral scent detection and recognition system. We provide representation method of data of smell, taste, and touch. Also, proposed floral scent recognition system consists of three module such as floral scent acquisition module using Metal Oxide Semiconductor (MOS) sensor array, entropy-based floral scent detection module, and floral scent recognition module using correlation coefficients. The proposed system calculates correlation coefficients of the individual sensor between feature vector(16 sensors) from floral scent input point until the stable region and 12 types of reference models. Then, this system selects the floral scent with the maximum similarity to the calculated average of individual correlation coefficients. To evaluate the floral scent recognition system using correlation coefficients, we implemented an individual floral scent recognition system using K-NN with PCA and LDA that are generally used in conventional electronic noses. In the experimental results, the proposed system performs approximately 95.7% average recognition rate.

Key Words : Five senses, Floral scent Recognition, Floral scent Detection

I. 서론

인간의 오감 정보처리 기술에 있어서 후각 정보는 매우 강력한 기억 및 연상 메커니즘을 제공하고 기존 감각과 더불어 극적인 증강 효과를 제공 할 수 있으며, 다른 감각과의 상호작용에 의해 방향성이 있는 냄새 반응을 추적해 갈 수가 있다. 인간의 오감을 처리하는 기술은 시각, 청각, 후각,

미각, 촉각 등의 정보를 입출력, 가공하는 기술로 컴퓨터와 인간 사이의 상호작용이 일어나도록 하며 정보통신분야, 휴먼 로봇, 홈네트워크 분야, 차세대 PC 등 미래에 무한한 가치를 지닌 기술이다[1]. 냄새 인식 기술에 대한 연구는 1990년대 중반부터 센서 어레이를 이용한 전자코 (Electronic Nose)가 개발되었고, 군사용 목적을 위해 사용되기 시작하였으며, 최근에는 다양한 디바이스를 이용한 전자코 및 인공 후각 칩 등이 개발되고 있다. 인간의 후각을 모방하는 전자코의 경우 인공지능 연구와 더불어 다양한 센서 기술의 발전으로 인해 주어진 시료에 대하여 인간의 후각 기관과

* 본 논문은 2008년도 서일대학 학술연구비에 의해 연구되었음.

** 서일대학 정보통신과

*** 성균관대학교 정보통신공학부

비슷하게 감지하고 분석 할 수 있는 인공 후각인식 시스템의 개발을 가능하게 하였다.

후각 정보처리 및 냄새 인식을 위한 기존 연구[2-5] 및 상용화 기술에서는 주어진 냄새 정보에 대하여 주성분분석(PCA:Principal Component Analysis) 또는 선형판별분석(LDA:Linear Discrimination Analysis) 등과 같은 특징 추출 기법과 퍼지 C-Means 알고리즘(FCMA: Fuzzy C-Means Algorithm) 및 신경망(Neural Network) 등과 같은 다양한 후각 인식 알고리즘들이 제시되어졌고, 이에 기반을 둔 휴대용 후각 인식 시스템[6] 및 휴대용 정보 단말기 상에서의 후각 표현 장치 개발[7] 등이 제안되었다.

그러나 기존의 후각 인식 관련 연구 및 상용화 기술들은 특정 표본 샘플의 패턴인식 및 상기 제시된 성분분석 기법 등으로 특정 가스를 검출하거나 특정 원소를 검출할 수 있는 실험실 차원의 수준으로 개발되어지는 사례가 대부분으로 복잡한 수학적 알고리즘의 적용에 따라 상당한 처리 시간 및 계산 비용이 요구되며 다양한 환경적 제약변수에 극히 제한적인 면을 고려하여 시료에 대한 센서 근접형 후각 인식 시스템으로의 설계 및 구현이 주를 이루었다.

따라서 본 논문에서는 다양한 실생활 활용을 위해서 복잡한 절차가 없이 냄새 유입을 판단하고 인식할 수 있도록 MOS 센서 어레이를 이용한 꽃냄새 획득 모듈 및 엔트로피 기반의 꽃냄새 검출 모듈 그리고 상관계수 기반의 꽃냄새 인식 모듈로 구성된 냄새 검출 및 인식 시스템을 제안하고 구현하였다. 본 제안에서 기반 알고리즘으로 제시된 상관계수는 획득되어진 냄새 정보와 참조 모델들 간의 방향성과 선형적 결합정도에 대한 정보를 모두 포함하는 장점이 있음에도 불구하고 기존의 냄새 인식 또는 패턴 인식 시스템에서는 거의 사용되지 않았거나 특정 범위에 대한 확률적 검증 등과 같은 제한적인 범주 내에서 수행되어져 왔으므로 본 제안은 센서 어레이 기반의 후각 인식 기술을 위한 새로운 방법론을 제시할 수 있다. 제안한 시스템의 성능 평가를 위해 총 12 종의 꽃 오일(Rose, Jasmine, Lavender, Lily, Musk, Rosemary, Sandalwood, Tulip, Vanilla, Chamomile, Hyssop, Neroli)에 대하여 각각 50회의 꽃냄새 데이터베이스

를 구축하였고 전체 600번의 꽃냄새 측정 결과에 대해 상관계수 기반의 꽃냄새 인식 실험 그리고 PCA 기반의 K-최근접(K-NN: K-Nearest Neighbors) 및 LDA 기반의 K-NN을 이용한 꽃냄새 인식 실험 인식을 실험을 수행하였다.

II. 관련 연구

상관계수는 두 변수 간의 연관성의 정도를 나타내는 척도이며, 가장 일반화된 상관계수는 두 변수 간의 선형 연관성의 정도를 분석하는 피어슨 곱적률 상관계수(Pearson product-moment correlation coefficient)로 수식 (1)과 같이 정의된다. 피어슨 상관계수 r 은 공분산(covariance)을 두 변수 X, Y 에 대한 표준편차의 곱으로 나눈 정규화된 공분산 값으로 그 범위는 $-1 \leq r \leq +1$ 의 값을 가진다. 즉, 피어슨 상관계수는 측정된 자료가 좌표 상에 양의 기울기를 갖는 직선에 가깝다면 즉, X 가 증가할 때 Y 도 증가하면 양(+)의 상관계수를, 음의 기울기를 갖는 직선에 가깝다면 음(-)의 상관계수를 가지게 되며 선형의 상관관계를 갖지 않는 경우 상관계수는 0에 가까워진다.

$$cov(X, Y) = \sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y}) \quad (1)$$

$$r = \frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2} \times \sqrt{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

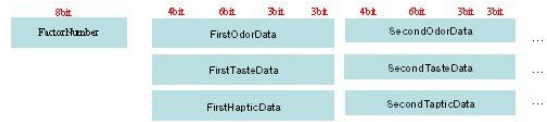
한편, 꽃냄새 감지 및 인식에 대한 관련 연구로는 M. Takano 및 Mithchi Seiko[8] 등이 제안한 QCR(Quartz Crystal Resonators) 후각 센서를 이용한 장미향의 실시간 감지 기술 및 MOS 센서 어레이 기반의 백합 향기의 인식 기술, 그리고 전자코(Electronic Nose)를 이용한 장미 및 나리의 향기패턴 분석[9, 10] 등과 같은 사례들을 제시할 수 있으며, 특히 홍차 잎의 냄새로부터 숙성 정도를 분석하여 그 품질을 평가하기 위한 Ritaban Dutta 및 Bhattacharyya, N. [11] 등의 연구에서는 다차원 특징 벡터로 이루어진 데이터

에 대하여 높은 차원에서의 정보를 유지하면서 낮은 차원으로 차원을 축소시키는 다변량 데이터 처리 방법 중의 하나인 PCA 알고리즘을 이용하여 홍차 잎의 냄새 정보로부터 특징을 추출하고 신경망 알고리즘 및 K-NN 알고리즘, Radial Basis Function(RBF) network 등을 이용하여 홍차 냄새를 인식하는 다양한 후각 인식 기술들을 제안한 바 있다.

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[12]. 또한 LDA 특징 추출 알고리즘은 전체 특징 데이터의 공간상에서 클래스 분리를 최대화하도록 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[13]. 또한 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].

III. 후각, 미각 및 촉각 데이터 융합 형식

본 논문에서 제시하는 후각, 미각 및 촉각 데이터는 후각, 미각 및 촉각 데이터를 한번에 최대 7개의 후각 데이터, 7개의 미각 데이터 3개의 촉각 데이터의 전송이 가능하다. 사람이 동시에 한가지의 데이터를 받아들이는 것이 아니라 여러 가지 오감을 동시에 받아들이는 것을 감안하여 후각, 미각 및 촉각 데이터를 패킷으로 결합하여 전송이 가능하다. <그림 1>은 후각, 미각 및 촉각 데이터가 결합된 후각, 미각 및 촉각 데이터 구조 이다.

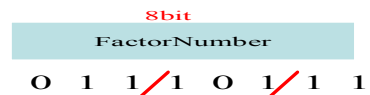


<그림 1> 후각, 미각 및 촉각 데이터 포맷

<그림 1>에서 FactorNumber는 후각, 미각 및 촉각 정보의 개수를 나타내며 후각을 나타내는 Odor_Data의 경우 FactorNumber의 초기 3비트에 의해 결정되며 최대 7개의 후각 데이터를 가질 수 있으며 첫 번째 데이터의 경우 FirstOdorData, 두 번째 데이터의 경우 SecondOdorData의 형태로 나타낸다. OdorData는 16비트로 구성되며 냄새의 분류 4bit, 냄새의 종류 6bit, 냄새의 느낌 3bit, 냄새의 강도 3bit로 나누어진다.

미각을 나타내는 TasteData의 경우 FactorNumbers의 후각 3비트의 다음인 4번째 비트부터 6번째 비트까지 총 3비트에 의해 결정되며 최대 7개의 미각 데이터를 가지며 첫 번째 데이터의 경우 FirstTasteData, 두 번째 데이터의 경우 SecondTasteData의 형태로 나타낸다. TasteData는 16비트로 구성되며 맛의 분류 4bit, 맛의 종류 6bit, 맛의 느낌(심미도) 3bit, 맛의 강도 3bit로 나누어진다.

촉각을 나타내는 HapticData의 경우 FactorNumbers의 마지막 2비트에 의해 결정되며 최대 3개의 미각 데이터를 가지며 첫 번째 데이터의 경우 FirstHapticData, 두 번째 데이터의 경우 Second HapticData의 형태로 나타낸다. HapticData는 16비트로 구성되며 촉각의 분류 4bit, 촉각의 종류 6bit, 촉각의 느낌 3bit, 촉각의 강도 3bit로 나누어진다. <그림 2>는 FactorNumber의 예이다.



<그림 2> FactorNumber의 예

<그림 2>는 후각, 미각 및 촉각의 정보의 개수를 나타내는 FactorNumber의 예로 총 8비트이며 후각과 미각의 경

우 각각 3비트를 할당하여 0(000)~7(111)개 까지 전송이 가능하며 촉각의 경우 2비트를 할당하여 0(00)~3(11)개까지 여러 개의 오감 데이터를 통합하여 전송 할 수 있다. 예로 FactorNumber가 <그림 2>처럼 01110111일 경우 OdorData가 3개, TasteData가 5개 HapticData가 2개가 전송되는 것을 의미한다. <그림 3>은 후각 정보를 갖는 OdorData 구조의 예이다.



<그림 3> OdorData 구조의 예

<그림 3>에서 OdorData는 16비트이며 후각 데이터의 관련 정보를 나타낸다. FactorNumber의 최초 3bit에 따라 후각 데이터 패킷의 개수가 정의 된다. 이때 정의된 개수에 따라 FirstOdorData, SecondOdorData, ... 형태를 가질 수 있다. 냄새의 분류는 총 4bit의 크기를 가지며 총 16개까지 확장이 가능하다. 냄새의 종류는 냄새의 표현이며 각각의 분류에서 6bit, 64개까지 표현할 수 있다. 냄새의 느낌은 냄새 없음 (000), 매우 안 좋은 느낌(001), 안 좋은 느낌(010), 약간 안 좋은 느낌(011), 보통(100), 약간 좋은 느낌(101), 좋은 느낌(110), 매우 좋은 느낌(111)으로 분류 된다. 냄새의 강도의 경우 없음(000), 매우 약함(001), 약함(010), 조금 약함(011), 보통(100), 약간 강함(101), 강함(110), 매우 강함(111)으로 나누어 정보 전송이 가능하다. <그림 4>는 미각 정보를 갖는 TasteData 구조 예이다.



<그림 4> TasteData 구조의 예

TasteData는 16bit이며 미각 데이터의 관련 정보를 나타낸다. FactorNumber의 후각 데이터 이후의 4bit~6bit에 따

라 미각 데이터 패킷의 개수가 정의 된다. 이때 정의된 개수에 따라 FirstTasteData, SecondTasteData, ... , 형태를 가질 수 있다. 맛의 분류는 총 4bit의 크기를 가지며 총 16개까지 확장이 가능하다. 맛의 종류는 맛의 표현이며 각각의 분류에서 6bit, 64개까지 표현 할 수 있다. 맛의 느낌은 맛이 무미한 (000), 매우 안 좋은 맛(001), 안 좋은 맛(010), 약간 안 좋은 맛(011), 보통(100), 약간 좋은 맛(101), 좋은 맛(110), 매우 좋은 맛(111)으로 분류 된다.

냄새의 강도의 경우 없음(000), 매우 약함(001), 약함(010), 조금 약함(011), 보통(100), 약간 강함(101), 강함(110), 매우 강함(111)으로 나누어 정보 전송이 가능하다.

<그림 5>는 촉각 정보를 갖는 Haptic 구조의 예이다. HapticData는 16bit이며 촉각 데이터의 관련 정보를 나타낸다. FactorNumber의 마지막 3bit에 따라 촉각 데이터 패킷의 개수가 정의된다.



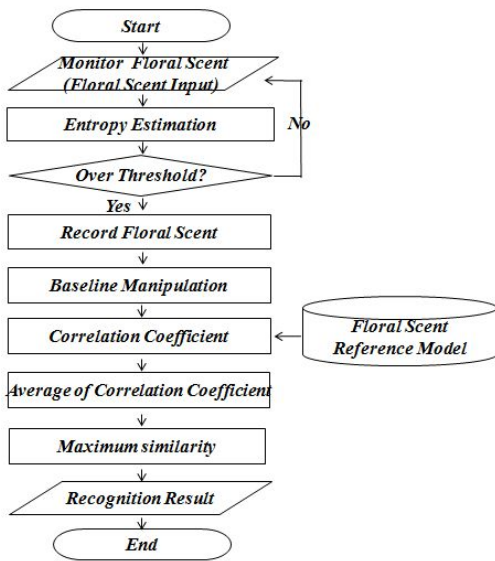
<그림 5> HapticData 구조의 예

이때 정의된 개수에 따라 FirstHapticData, SecondHapticData, ... , 의 형태를 가질 수 있다. 촉각의 분류는 총 4bit의 크기를 가지며 총 16개까지 확장이 가능하다. 냄새의 종류는 냄새의 표현이며 각각의 분류에서 6bit, 64개 까지 표현 할 수 있다. 냄새의 느낌은 냄새 없음 (000), 매우 안 좋은 느낌(001), 안 좋은 느낌(010), 약간 안 좋은 느낌(011), 보통(100), 약간 좋은 느낌(101), 좋은 느낌(110), 매우 좋은 느낌(111)로 분류 된다.

IV. 상관계수를 이용한 꽃냄새 인식 시스템

상관계수를 이용한 꽃냄새 인식 시스템은 <그림 6>의 전체 흐름도에서 도식화한 것과 같이 MCS 센서 어레이를 이

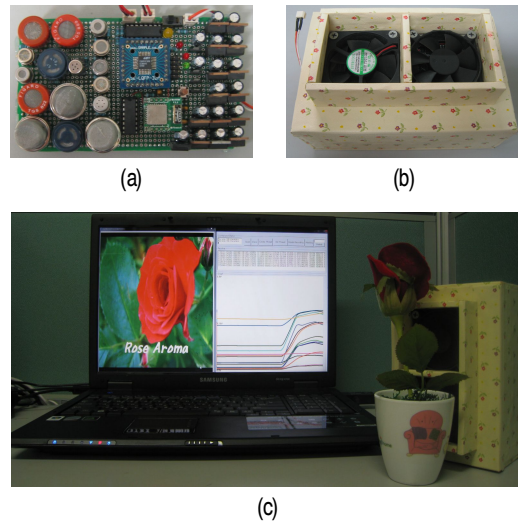
용한 꽃냄새의 획득 단계 및 엔트로피를 이용한 꽃냄새의 검출 단계, 검출된 꽃냄새와 모집단 꽃냄새 참조 모델간의 각 센서별 상관계수를 획득하는 단계, 그리고 꽃냄새 참조 모델들에 대한 각 센서별 상관계수의 평균값으로부터 꽃냄새 인식을 위한 최대 상관계수를 획득하는 단계를 포함하며 본 장에서는 이에 대한 세부 기술들에 대하여 간략히 기술한다.



<그림 6> 상관계수를 이용한 꽃냄새 인식 시스템의 전체 흐름도

<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	SP3-AQ2	Air Contaminants



<그림 7> 센서 어레이 기반의 꽃냄새 획득 모듈의 회로 (a) 및 외형 (b) 그리고 장미향에 대한 센서 어레이 응답패턴 (c)

4.1 MOS 센서 어레이를 이용한 꽃냄새 획득 모듈

본 논문에서는 <표 1>에서 제시된 바와 같이 16 개의 MOS 센서를 이용한 센서 어레이 기반의 꽃냄새 획득 모듈을 설계 및 구현하였다. 이는 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 블루투스 기반의 통신 모듈을 포함한다.

<그림 7>의 (a), (b)는 16개의 MOS 센서를 하나의 기판 상에 제작한 센서 어레이 기반의 꽃냄새 획득 모듈과 외형을 보여주고 있으며 개별 센서의 응답패턴에 대한 사례는 <그림 7>의 (c)와 같이 장미향에 대한 센서 어레이 응답패턴으로 나타내었다. <그림 7> (c)에서 보는 바와 같이, 16개의 개별 센서 응답에 있어서 각각의 냄새 정보는 초당 17 샘플로 획득되어지고 베이스라인(냄새가 유입되지 않은 초기 상태)-센서 응답 영역-회복 영역에 해당하는 다양한 응답

특징을 가지고 있으며, 본 논문에서는 냄새 입력(냄새 검출) 시점을 기준으로 앞선 32샘플로부터 시작점 이후 480샘플까지를 꽃냄새 인식을 위한 특징 영역으로 선정하여 이에 대한 패턴 인식 프로세스를 수행한다.

4.2 엔트로피 기반의 꽃냄새 검출 모듈

센서 어레이 기반의 후각 인식 시스템에서는 획득되어진 냄새 정보로부터 해당 특징 영역을 정확히 검출하고 검출된 특징 영역에 대한 보정 및 변환 단계를 포함하는 입력 냄새의 전처리 과정이 매우 중요하다. 특히 냄새 획득 장치를 이용한 다양한 꽃냄새의 획득에 있어서, 입력되는 향기 정보는 냄새의 획득 위치 및 주변의 환경적 요소 그리고 개별 센서가 가지는 내부 응답 특성 등과 같은 환경적 제약변수에 매우 민감하게 반응하여 주어진 냄새 정보에 대한 정확한 특징 영역의 검출이 매우 어렵고 입력 향기 정보 자체에 대한 상당한 왜곡이 발생할 가능성이 높다.

본 논문에서는 입력되는 꽃냄새의 발생 시점을 검출하고 검출된 시작 시점을 기준으로 보다 명확한 특징 영역을 추출하기 위하여 엔트로피를 사용하였다. 제안된 꽃냄새 검출 모듈에서는 입력되는 꽃냄새에 대한 센서의 응답값을 C. Shannon에 의한 정보 엔트로피의 정의에 적용함으로써 입력 냄새에 대한 센서 측정값의 변화 시점을 판단하였으며 개별 센서에 대한 프레임 단위의 엔트로피는 수식 (2)과 같다. n 번째 프레임의 엔트로피 값 $E(n)$ 값이 검출 실험에 의해 정의된 임계값 (1.0) 이상일 경우 센서 반응의 변화 구간으로 판단하고, 그 구간이 일정 프레임 동안 지속될 경우에 향기 발생 시점으로 판단한다. 한 프레임은 32샘플로 50%의 중첩을 허용하며 변화 구간의 판단을 위한 지속 프레임의 개수는 4 프레임을 기준으로 한다.

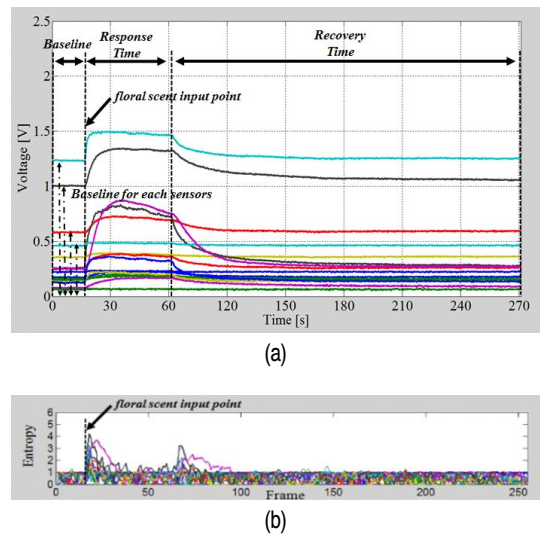
$$E(n) = - \sum_{l=0}^{L-1} p(l) * \log_2 p(l) \quad (2)$$

여기에서 $p(l)$ 은 특정 범위 l 이 한 프레임 내에서 발

생할 확률을 의미하며 수식 (3)과 같이 한 프레임 내에서 l 범위 발생 빈도 $c(l)$ 을 프레임의 샘플 개수 S 로 나누어 계산한다.

$$p(l) = \frac{c(l)}{S} \quad (3)$$

여기에서 l 은 $0 \leq l \leq L-1$ 로 표현이 가능하며 센서의 응답값 범위를 L 개의 세부 범위로 나눈 것을 의미한다. <그림 8>은 입력 꽃냄새의 신호 전개 (a)에 따른 엔트로피의 변화 정도 (b)를 그래프로 도식화 한 것이다.



<그림 8> 입력 꽃냄새의 신호 전개 (a) 및 입력 꽃냄새에 대한 엔트로피의 변화 (b)

그림 8의 (a)에서 냄새신호는 baseline, response time, recovery time으로 나타낼 수 있으며 baseline은 입력되는 냄새가 없는 센서의 초기 상태이다. response time은 향이 입력되는 상태를 의미하며, recovery time은 센서가 초기상태로 회복되는 시간을 의미한다. 그림 8의 (b)에는 (a)에 대한 냄새 신호의 엔트로피 변화를 나타낸 것으로 냄새의 입력 시점과 냄새 입력이 끝난 시점에서 큰 엔트로피 값을 보이고 있다.

4.3 상관계수를 이용한 꽃냄새 인식

본 논문에서는 개별 꽃냄새에 대한 센서별 반응이 실제 냄새 정보와의 유의 수준에 따라 상대적인 의미가 존재한다는 점을 이용하여 통계적 분석 기반의 상관계수를 이용한 꽃냄새 인식시스템을 제안하고 구현하며, 기존의 후각 인식 기술에서 일반적으로 채택되었던 PCA 기반의 K-NN 및 LDA 기반의 K-NN 패턴 인식 알고리즘을 이용하여 개별적인 냄새 인식 시스템을 구현하여 제안된 꽃냄새 인식 기술에 대한 상대적인 성능을 평가하고자 한다.

상관계수를 추정하기 위하여 본 연구에서는 전체 12종의 꽃냄새에 대한 50개의 꽃냄새 데이터베이스를 구축하였고, 검출된 꽃냄새의 발생 시점을 기준으로 앞선 32 샘플로부터 시작점 이후 480 샘플까지를 포함하는 전체 512개의 샘플을 특징 영역으로 추출한 후 개별 꽃냄새에 대한 전체 12 종의 참조 모델을 구축하였다.

꽃냄새 인식을 위한 상관계수 기반의 꽃냄새 인식 모듈에서는 현재 유입된 꽃냄새와 참조 모델간의 개별 센서 응답값에 대한 상관계수를 수식 (4)와 같이 계산한 후, 참조 모델에 대한 각 센서별 상관계수의 평균값을 수식(5)을 이용하여 계산하고 이들 중 최대 상관계수를 선정하여 최대 유사도를 가지는 꽃냄새를 식별한다.

$$r_k = \frac{\sum (X_{ki} - \bar{X}_k)(Y_{ki} - \bar{Y}_k)}{\sqrt{\sum (X_{ki} - \bar{X}_k)^2} \times \sqrt{\sum (Y_{ki} - \bar{Y}_k)^2}} \quad (4)$$

수식 (5)에서 k 는 센서의 채널 번호를 의미하며 전체 16개의 MOS 센서를 이용함에 따라 $1 \leq k \leq K$ ($K=16$)의 범위를 가진다. X_{ki} 는 k 번째 센서에서 측정된 입력 냄새에 대한 센서 응답값으로 샘플 i 는 $1 \leq i \leq 512$ (전체 샘플 개수)의 범위를 포함하며, \bar{X}_k 는 k 번째 센서에서 측정된 입력 향기의 평균 반응치를 의미한다. 또한 특정 참조 모델의 k 번째 센서 반응치 Y_{ki} 또한 $1 \leq i \leq 512$ 의 샘플 개수를 가지며 특정 참조 모델의 k 번째 센서에 대한 평균 반응치를 \bar{Y}_k 로 정의한다.

$$S_m = \frac{\sum_{k=1}^K r_k}{K} \quad (5)$$

수식 (5)에서 S_m 은 특정 참조 모델에 대한 각 센서별 상관계수의 평균값을 의미하며 m 은 참조 모델의 개수를 정의한다.

V. 실험 및 결과

기존의 논문에서의 후각, 미각 및 촉각 데이터와 본 논문에서 제시한 후각, 미각 및 촉각 데이터를 비교 평가 하였다. 표 2는 기존방식과 논문에서 제시한 방식을 비교하였다.

<표 2> 기존 형식과 제안한 형식의 포맷 비교

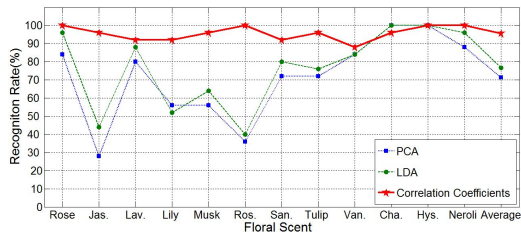
	기존 방식	제안한 방식
오감전송하는 데이터	후각, 미각, 촉각 각각 1개	후각, 미각, 촉각 최대 17개
전송 가능한 데이터 종류	종류와 세기	분류, 종류, 세기, 느낌
포맷의 형태	후각, 미각, 촉각 각각의 형태	통합된 형태

기존의 후각과 미각에서 종류와 세기만을 전달하는 방식과 달리 본 논문에서 제시한 방법은 후각과 미각을 분류하고 분류된 것을 다시 종류로 표현을 한다. 그리고 기존의 강도만을 전송하는 것이 아니라 강도와 더불어 느낌까지 전송을 하게 된다. 기존의 논문에서는 후각, 미각 및 촉각 데이터의 유무를 따져 1개씩만 전송이 가능하였다. 하지만 제시된 방법은 후각, 미각 및 촉각 데이터를 여러 개의 정보를 동시에 전송 가능하다. 마지막으로 기존의 형태는 후각, 미각 및 촉각 데이터를 따로따로 포맷의 형태를 갖춰야 하지만 본 논문에서 제시한 형태를 모두 합쳐진 형태로 전송이 가능하다.

본 논문에서는 4.1절에서 구현한 MOS 센서 어레이 기반의 꽃냄새 획득 모듈을 이용하여 총 12 종의 꽃냄새-Rose,

Jasmine, Lavender, Lily, Musk, Rosemary, Sandalwood, Tulip, Vanilla, Chamomile, Hyssop, Neroli에 대하여 각각 50개의 데이터베이스를 구축하였고 전체 600번의 향기 측정 결과를 본 실험에 이용하여 개별 향기에 대하여 각각 50회의 인식 실험을 수행하였다. 본 실험은 상관계수 기반의 꽃냄새 인식 실험 그리고 PCA 기반의 K-NN 및 LDA 기반의 K-NN을 이용한 꽃냄새 인식 실험을 포함한다.

PCA기반의 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 식별하였다. <그림 9>에서와 같이 전체 12종의 꽃냄새에 대해 PCA기반의 K-NN 알고리즘의 경우 71.3%의 평균 인식률을 도출하였고, LDA기반의 K-NN 알고리즘의 경우 76.7%의 평균 인식률을 도출하였다. 또한 비교 알고리즘과 동일한 특징 영역에 대한 상관계수 기반의 꽃냄새 인식 시스템은 12종의 모든 꽃냄새에 대해 88.0%이상의 인식률과 95.7%의 평균 인식률을 도출하였다.



<그림 9> 개별 꽃냄새에 대한 인식을 및 평균 인식률 비교

PCA나 LDA는 차원 감소를 위해 사용되는 방법 중 하나이지만 아로마 향의 경우 MOS 가스 센서의 반응은 약간의 응답크기만 차이가 날뿐 유사한 특성을 가지고 있다. 센서들간의 유사한 곡선(응답 곡선)을 갖기 때문에 인식률이 현저히 낮다고 사료되며, 입력 데이터와 향 모델과의 상관관계를 계산할 경우 기존의 방법보다 우수하다 판단된다. 제안한 방법의 경우 상관관계만을 사용하여 인식을 하므로 계

산량이 적으며, PCA와 LDA도 32차로 모델을 생성하는데 많은 시간 및 계산량이 필요한 반면 상관관계의 경우 냄새 획득 장치로부터 입력된 데이터들을 사용하여 모델을 생성하므로 계산량이 적다.

VI. 결론

본 논문에서 제시한 후각, 미각 및 촉각의 데이터 포맷은 다음과 같은 곳에서 활용이 가능하다. 꽃, 향수 등과 같은 냄새 정보의 데이터화를 할 수 있으며 냄새 분사 시스템과 결합하여 멀티미디어 데이터 내의 존재하는 분위기에 따라 냄새를 전송 및 표현 할 수 있다. 또한 오감을 인식 및 표현을 이용하는 실감형 멀티미디어 서비스, 차세대 PC에서의 오감 표현, 미래형 로봇에서의 오감 데이터 전송 및 표현에 중요하게 쓰일 것이라 사료 된다. 상관계수 기반의 꽃냄새 인식 시스템을 제안 및 구현하였으며 본 제안의 성능 평가를 위하여 기존 후각 인식 시스템에서 주로 사용되어진 PCA기반의 K-NN 패턴 인식 알고리즘과 LDA기반의 K-NN 패턴 인식 알고리즘을 이용한 꽃냄새 인식 시스템을 개별적으로 구현하고 이에 제안된 알고리즘을 이용한 꽃냄새 인식 실험을 수행함으로써 본 제안의 응용 가능성 및 유효성 등을 검증하였다. 제안된 상관계수 기반의 꽃냄새 인식 시스템의 경우 전체 12종의 꽃냄새에 대하여 기존 기술 대비 약 19% 이상의 향상된 인식 성능이 도출되어짐에 따라, 본 제안은 기존의 다양한 후각 인식 시스템의 취약점을 보완하여 신뢰성을 확보 할 수 있고, 보다 정확한 성분 냄새의 인지가 가능한 새로운 방법론이 될 수 있으리라 사료된다.

참고문헌

- [1] 노용완, "후각, 미각 및 촉각 데이터 형식에 관한 연구", 인터넷 정보학회 춘계학술대회, 제7권, 제1호, 2006, pp. 377-381.

- [2] P. Somboon, B. Wyszynski, T. Nakamoto, "Novel odor recorder for extending range of recordable odor", Journal of Sensor and Actuators B, 2007, pp. 583 - 589.
- [3] Nabarun Bhattacharyya, "Monitoring of black tea fermentation process using electronic nose", Journal of Food Engineering, Vol. 80, Issue 4, June 2007, pp. 1146-1156.
- [4] Ritaban Dutta, "Electronic Nose Based Tea Quality Standardization", Journal of Neural Networks, 2003, pp. 847-853.
- [5] Yong Shin Kim, "Portable electronic nose system based on the carbon black - polymer composite sensor array", Sensors and Actuators B, Volume 108, Issues 1-2, 2005, pp. 285-291.
- [6] Jesús Brezmes, "Evaluation of an Electronic Nose to Assess Fruit Ripeness", Journal of IEEE SENSORS, 2005, pp. 97-108.
- [7] T Yamada, "Wearable Olfactory Display Using Odor in Outdoor Environment", Virtual Reality Conference, 2006, pp. 199-206.
- [8] Mithchi Seiko, "Odor sensing in natural environment : Application to the rose aroma sensing in an outside garden", Nippon Kagakkai Koen Yokoshu, 2003, Vol. 83, No. 1, pp. 664.
- [9] 이영순, "전자코(Electronic nose)를 이용한 장미의 향기패턴 분석", 한국화훼연구회지, 제11권 제1호, 2003, pp. 1-4.
- [10] 변미순, "전자코에 의한 나리의 종류, 개화 단계 및 꽃의 기관별 향기 특성의 비교", 한국화훼연구회지, 제15권 제1호, 2007, pp. 1-8.
- [11] Bhattacharyya, N., "Aroma characterization of orthodox black tea with electronic nose", TENCON 2004. 2004 IEEE Region 10 Conference, Vol. 2, 2004, pp. 427-430.
- [12] A. M. Martinez and A. C. Kak, "PCA versus LDA", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 23, No. 2, 2001, pp. 228-233.
- [13] Simon M. Scott, "Data analysis for electronic nose systems", Microchim Acta 156, 2007, pp. 183-207.
- [14] Gregory Shakhnarovich, Trevor Darrell, Piotr Indyk, "Nearest-Neighbor Methods in Learning and Vision: Theory and Practice", The MIT Press, 2005, pp. 1-26.

■ 저자소개 ■



이 현 구
Lee, Hyeon Gu

1998년 3월-현재
서울대학 정보통신과 교수
2000년 2월 성균관대학교 전자공학과(공학박사)
1991년 2월 성균관대학교 전자공학과(공학석사)
1989년 2월 성균관대학교 전자공학과(공학사)
1991년 1월~1996년 6월
대영전자기술연구소
1996년 7월~1998년 2월
부일이동통신중앙연구소

관심분야 : 통신 및 신호처리, 음성 처리, HCI, 멀티미디어 통신
E-mail : lhg@seoil.ac.kr



김 동 규
Kim, Dong Kyu

2006년 3월-현재
성균관대학교 정보통신공학부 박사과정
2006년 2월 성균관대학교 정보통신공학부(공학석사)

관심분야 : HCI, 오감정보처리
E-mail : kdgyu13@skku.edu

논문접수일 : 2009년 5월 7일
수 정 일 : 2009년 5월 27일
게재확정일 : 2009년 6월 3일