디지털산업정보학회 논문지 제6권 제4호-2010년 12월

후각 센서를 이용한 냄새 인식 및 실감형 멀티미디어 표현 기술*

이 현 구** · 노 용 완***

A technology of realistic multi-media display and odor recognition using olfactory sensors

Lee, Hyeon Gu · Rho, Yong Wan

〈Abstract〉

In this paper, we propose a floral scent recognition using odor sensors and a odor display using odor distribution system. Proposed odor recognition has method of correlation coefficient between sensors that select optimal sensors in floral scent recognition system of selective multi-sensors. Proposed floral scent recognition system consists of four module such as floral scent acquisition module, optimal sensor decision module, entropy-based floral scent detection module, and floral scent recognition module. Odor distribution system consists of generation module of distribution information, control module of distribution, output module of distribution. 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 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 96% using only 8 sensors. Also, we applied to odor display of proposed method and obtained 3.18 thorough MOS experimentation.

Key Words : Floral scent Recognition, Odor display, Odor distribution system

Ⅰ. 서론

냄새 인식 시스템은 센서어레이를 이용하여 표본 샘플의 패턴인식 및 성분분석 기법 등을 통하여 입력 냄새를 분석 및 인식한다[1]. 이러한 연구를 기반으로 냄새 인식 시스템은 다양하게 활용되고 있으며, 차 또는 와인 감별[2-3], 대기 오염도 측정[4], 화재 검출[5-6], 등 여러 가지 분야에 사용되고 있다.

냄새는 다른 감각과의 상호작용에 의해 방향성이 있는 반응을 추적해 갈 수가 있으며 매우 강한 기억 메커니즘을 가질 수 있고 다양한 감각정보와 더불어 증강 효과를 제공 할 수도 있다. 실감형 멀티미디어 표현 기술에 있어서 후각을 기존의 시청각과 같이 미디어로 인식하여 이를 적용하기 위한 연구가 일부 진행되고 있다. 발향 기술은 동작 제어 신호가 전달되면 단일 냄새 또는 몇 가지의 정해진 냄새를 발향 하며 후각 디스플레이 장치와 후각 레코더에 관한 기술 및 영화에 적용 연구가 진행

* 본 논문은 2009년도 서일대학 학술연구비에 의해 연구되었음.
** 서일대학 정보통신과 교수(교신저자)
*** 서일대학 정보통신과 강의전담교수

된 바 있다[7].

하지만 기존 냄새 인식 및 합성 기술은 인식 및 합성할 수 있는 냄새가 매우 제한적이다. 냄새 인식의 경우 다양한 냄새를 획득하고 인식함에 있어 인식 대상을 미리 정해야 하며 정해진 용도 이외에 사용은 불가능하다. 즉, 대기오염 센서의 경우 대기오염 측정에 사용되며, 유독 가스 센서는 유독 가스 검출에 사용되며 다른 용도로는 사용하기 어렵다. 다른 용도로 사용하기 위해서는 센서 어레이의 센서를 변경해야 하므로 하드웨어를 다시 제작하는 것과 같다.

또한 냄새 합성에 있어서 한 가지 냄새 또는 미리 정해진 몇 가지 냄새를 분사하는 것은 실감형 표현을 위해 매우 부족하다. 따라서 제안하는 냄새 인식 및 실감형 멀티미디어 표현 기술은 다양한 냄새 센서를 배열하고 냄새 인식에 사용되며, 센서로부터 저장된 냄새 데이터 정보를 이용하여 냄새의 농도를 측정하여 발향한다. 냄새 인식기를 다양한 영역에서 사용 가능하고 냄새 정보를 저장하며 중심향 기반의 발향으로 입력 냄새와 유사한 냄새를 저장하고 전송 가능 하다. 따라서 입력되는 냄새의 영역에 따라 센서를 선별하여 센서의 중심향을 기반으로 냄새를 저장 및 전송하는 기술과 이를 토대로 냄새를 인식 합성하는 기술의 필요성이 대두되고 있다.

본 논문에서는 후각 센서를 이용한 냄새 인식 방법 및 냄새 합성 기술은 꽃냄새로부터 가장 적절한 센서를 선별하고 선택된 센서의 중심향의 농도를 측정하여 냄새 데이터로 저장한다. 저장된 냄새 데이터를 발향 장치로 전송하여 중심향의 농도에 맞게 냄새를 발향하게 된다.

냄새 인식에서는 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 유효성을 평가였으며 냄새 합성에서는 5명의 피실험자로부터 MOS (Mean Opinion Score)를 구하여 유효성을 평가하였다.

<표 1> 전자코 시스템에 이용되는 센서와 장치 [8]

센서 타입	동작 원리	감도	장점	단점
금속 산화물 (MOS)	전도도변화	5~500ppm	경제적, 규격화	고온동작
전도성 고분자 (CP)	전도도변화	0.1~100ppm	저온 동작, 미세기술 적용	습도 의존성
수정 진동자 (QCM)	압전성	1.0ng 질량변화	제조 용이	주파수 변화 회로 구현
표면탄성파 소자 (SAW)	압전성	1.0pg 질량변화	고감도	주파수 변화 회로 구현
금속산화물 전계 효과 트랜지스터 (MOSFET)	문턱전압변화	ppm	미세구조화, 고생산성	시료와 게이트층의 투과 반응 이용
광학소자	형광, 화학발광	ppb	저잡음	광원 조달문제
가스크로마토 그래피 (GS)	분자스펙트럼	ppb	정확성	시료의 농도, 고가
메스스펙트로메터(MS)	원자 질량, 스펙트럼	ppb	정확성	시료의 농도, 고가
광스펙트럼 (OS)	투과광 스펙트럼	ppb	시료의 소모 없음	고가, 양자소자의 필요

Ⅱ. 관련 연구

2.1 냄새 센서를 이용한 인식 기술

후각센서 시스템에서의 결정적인 중요한 요소는 사람의 코에 해당하는 신경세포의 구실을 하는 센서로 용도와 목적에 따라 여러 가지 센서가 이용되고 있다. <표 1>은 후각센서 시스템에서 이용되고 있는 센서와 계측장치를 나타낸 것으로 센서의 종류에 따라 동작방법, 장점 및 단점 등을 기술하였다[12].

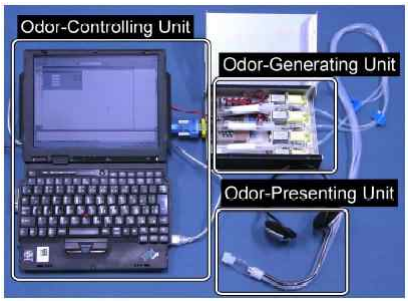
기존의 냄새 인식 관련 연구에서는 냄새 정보의 획득을 위하여 주로 MOS 센서 및 전도성 고분자 (Conducting Polymer : CP) 센서, 수정진동자(Quartz

Crystal Microbalance : QCM) 센서 그리고 표면탄성파 소자(Surface Acoustic Wave : SAW) 센서 등이 주로 이용된다[14]. 이들 중 특히 금속산화물 센서는 대상 물질에 따라 인간의 후각범위를 상회하는 감도를 나타내기도 하며 수명이 길고 습도의 영향을 잘 받지 않는 장점이 있다[15]. 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.

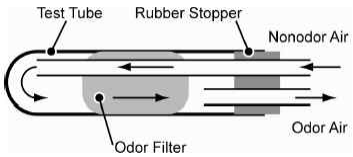
후각 정보처리 및 후각 인식을 위한 기존 연구 및 상용화 기술에서는 주어진 후각 정보에 대하여 Sammom Mapping Method(SMM)을 이용한 PCA(Principal Component Analysis) 또는 LDA(Linear Discrimination Analysis) [9-10]등과 같은 특징 추출 기법과 FCMA(Fuzzy c-menas Algorithm) 및 신경망(neural network), 가스의 구분에 효과적으로 이용하기 위해 디지털 영상처리에서 사용되는 패턴 매칭을 응용한 time-profile 방법, 센서 어레이의 신호패턴 분류를 위한 각도 변이 기반 상태 천이 모델링 기법, priori 데이터 마이닝 연관 규칙, genetic algorithms, self organising maps(SOM) 그리고 GC/ECD 또는 GC/MS 방법, HPLC/UV방법 등과 같은 성분 분류 및 후각 인식 알고리즘들이 다수 응용되어졌다. 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[11].

2.2 냄새 발향 관련 연구

냄새 발향 기술 관련 연구로는 국외의 경우 후각을 기존의 시청각과 같이 미디어로 인식하여, 이를 적용하기 위한 연구가 진행되어 왔으며, MIT 미디어랩을 중심으로 이론적 연구가 진행되어 왔다. T Yamada, S Yokoyama 등은 Wearable 냄새 표현 시스템을 개발하여 냄새 출력 호스를 헤드폰에 부착하여 냄새를 맡을 수 있도록 하였다. 이 시스템은 냄새 출력 호스를 헤드폰에 부착하여 냄새를 맡을 수 있도록 하였고, 휴대형으로 Outdoor Environment에서 사용 할 수 있도록 제작 하였다. RFID 센싱 기능을 포함하여 특정 지역(위치)에서 향수를 발향하는 기능을 하고, 4가지 향수를 발향할 수 있다. 시스템은 Odor-Controlling Unit, Odor- Generating Unit, Odor-Presenting Unit로 구성 된다. 도쿄대학교에서 개발한 기존의 Wearable 냄새 표현 시스템을 <그림 1>에 나타내었다. 그리고 Odor Filter에 향수를 적셔 공기가 입력 될 때 향수 향기가 발향될 수 있는 구조이다. <그림 2>에 공기 입력 및 냄새 출력 구조를 나타내었다.



<그림 1> 기존의 Wearable 냄새 표현 시스템



<그림 2> 공기 입력 및 냄새 출력 구조

또한 동경공업대의 나카모토 교수를 중심으로 하여 후각 디스플레이 장치와 후각 레코더에 대한 기술을 구현한 바 있으며 이를 영화 및 오락(Cooking game)에 적용한 바 있다. 프랑스에서는 동영상 및 음성과 연동하는

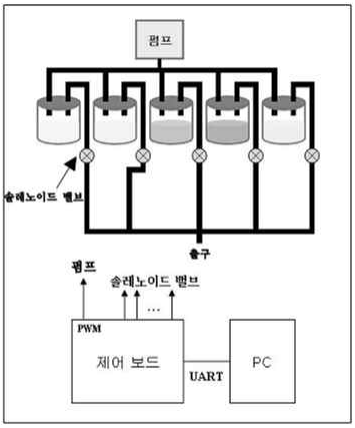
방법에 대한 특허를 출원한 바 있으며, 이스라엘의 경우 향기를 인터넷에 포함하여 전송하는 기술을 선보인바 있다.

<표 1> 공격도구의 유형 및 특성

국가	연구주체	연구 내용
미국	디지센츠	가상현실과 연동되는 향 전달 시스템과 컴퓨터로 제어 가능한 향 분사 하드웨어 개발
	MIT 미디어랩	후각 디스플레이의 이론적 접근
	센세이트 인코퍼레이션	냄새를 전송하기 위한 방법 및 장치 (특허)
일본	동경공업대	조합형 후각 디스플레이 장치 및 후각 레코더의 개발
	시세이도	인터넷을 통한 향수냄새 출력하는 기술개발
	NTT	휴대폰을 이용한 향-메일 서비스 시연
	오감 산업 포럼	후각의 적용을 위한 학문적 포럼
유럽	International Flavors Fragrances	동영상 및 기타 미디어와 발향장치의 연동(특허)
이스라엘	바이즈만 과학 연구소	냄새를 인터넷을 통해 전달하는 시스템 원리 (특허)

국내의 경우 성균관대와 호서대, 전자통신연구원, KAIST, 광주과기원 등에서 냄새 발향 및 표준화 연구에 많은 노력을 기울이고 있다[16]. 2006년 국내의 호서대학교에서는 발향 시스템을 개발 하여, 2006년 11월 킨텍스(Kintex)에서 열린 차세대 PC전시회에서 시연을 하였다. 시스템 구성은 PC, 제어보드, 발향출력부(펌프, 솔레노이드 밸브 등)로 구성 되었고, 5가지 냄새를 발향할 수 있게 제작하였다. 호서대학교에서 연구한 발향장치의 물리적 구조와 시스템 블럭도를 <그림 3>에 나타내었다.

도쿄대학교에서 개발한 발향 시스템은 착용형으로 제작 되었지만, 전체 시스템의 부피가 크고, 착용하고 다니기엔 불편한 단점이 있다. 호서대학교에서 개발한 발향 시스템은 5가지의 냄새를 발향할 수 있고, 냄새 출구에 FAN을 부착하지 않아 냄새가 멀리 발향되지 못하는 단점을 가지고 있다. 또한 상기 냄새 발향 시스템에 관한



<그림 3> 발향장치의 물리적 구조와 시스템 블럭도

연구는 전체 시스템의 부피가 크고 유선 네트워크 기반 연구로서 한정된 거리에서 발향을 하며 소수의 향을 발향한다.

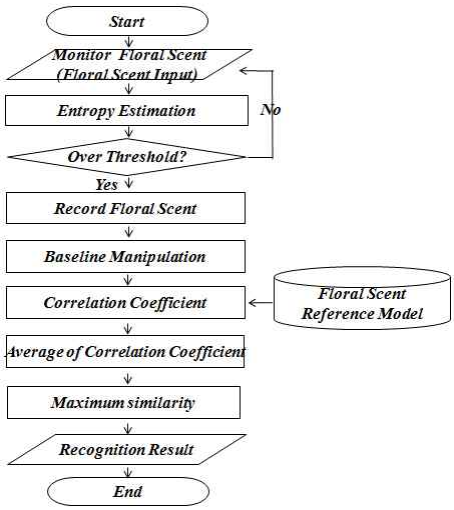
Ⅲ. 후각 센서를 이용한 냄새 인식 및 실감형 표현 기술

3.1 상관 관계를 이용한 꽃냄새 인식 시스템

상관계수를 이용한 꽃냄새 인식 시스템을 <그림 4>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 모델 간의 각 센서별 상관계수를 획득하는 단계, 그리고 4) 꽃냄새 참조 모델들에 대한 각 센서별 상관계수의 평균값으로부터 꽃냄새 인식을 위한 최대 상관계수를 획득하는 단계를 포함한다. 입력되는 꽃 냄새와 가장 유사도가 높은 모델을 인식결과로 나타낸다.

<표 3>에서 제시된 바와 같이 센서 어레이는 16개의 MOS 센서를 사용하였으며 이를 사용하여 꽃냄새 획득



<그림 4> 상관계수를 이용한 꽃냄새 인식 시스템의 전체 흐름도

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[13].

<표 3> 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

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 지속될 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.

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

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

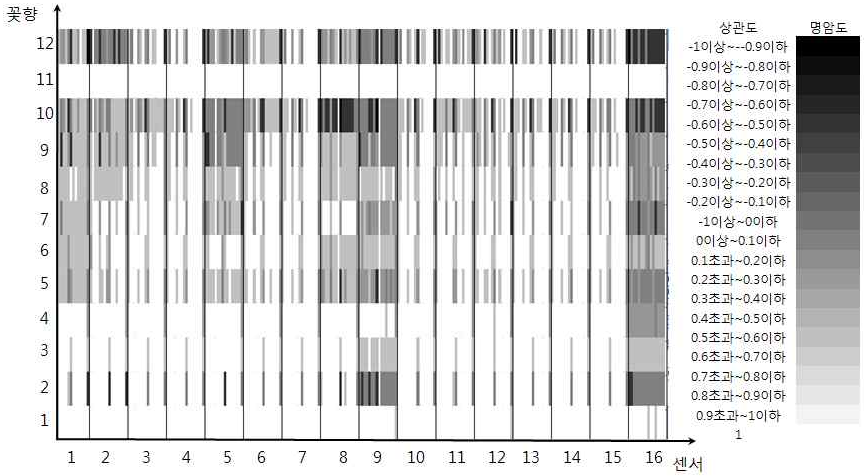
$$p(l) = \frac{c(l)}{S} \tag{2}$$

여기에서 l은 $0 \le l \le L-1$로 표현이 가능하며 센서의 응답 범위를 L개의 세부 범위로 나눈 것을 의미한다.

냄새가 검출된 시점을 기준으로 앞선 32샘플부터 시작점 이후의 480 샘플까지를 꽃 냄새 인식을 위한 특징 영역으로 총 512 샘플을 선정하였다. 검출된 시점을 기준으로 앞선 32샘플은 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.

3.2 중심향 기반의 냄새 인식 방법

본 논문에서는 꽃냄새 인식을 위해 다중 센서를 선택하는 냄새 인식 시스템에서 최적의 센서 조합을 선택하기 위하여 통계적 분석 기반으로 센서 간의 상관계수를 이용하는 방법을 제안한다. 제안하는 센서 결정 방법은 다양한 금속 산화물 반도체(Metal Oxide Semiconductor



<그림 5> 16개의 냄새 센서와 12종류 향에 대한 상관관계의 3차원 표현

: MOS) 센서 어레이를 사용하여 냄새 데이터를 수집한 후 수집한 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 냄새 영역에 가장 적절한 센서를 결정 할 수 있다.

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 사용한다. 센서 결정 방법을 꽃냄새 합성 및 인식 시스템 등에 적용하며, 상용화된 센서 중 크기가 소형이며, 아로마 향에 대한 반응치가 크고, 센서 응답의 변화가 빠른 16개 센서를 선정한다. 상용화된 센서는 MOS 센서 중 Figaro사의 TGS 계열 센서와 E2V사의 센서, FIS 사의 센서를 사용한다.

<그림 5>는 16개의 냄새 센서와 12가지의 아로마 향에 대한 상관관계를 2차원 평면상에 3차원으로 표현하였다. 가로축은 센서 1번부터 센서 16번까지 상관도를 나타내었으며 1번 센서의 경우 1번~16번 센서까지의 상관도를 명암에 따라 표현하였다. 즉, 그림 1-1에서 가로 축의 1번 센서는 1번-1번, 1번-2번,..., 1번-16번 센서의 상관도를 명암도에 따라 표현한 것이며, 이 값들의 평균을 낸 상관관계의 평균값을 표 1에 나타내었다.

세로축은 12개의 꽃 향을 나타낸 것으로 그림 3의 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 센서들과 각각 상관계수를 계산하여 구한다. 상관계수를 구한 후 각 센서에 대한 상관계수의 평균을 구할 수 있다.

각 센서에 대한 상관계수의 평균을 이용하여 상관도가 높은 센서를 제외하고 상관도가 낮은 센서를 선별한다. <표 4>는 꽃 냄새에 대한 MOS 센서 사이의 상관관계(평균) 및 순서(Rank)를 나타내었다. <표 4>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 중심센서로 정의할 수 있으며, 상관도가

<표 4> 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

낮은 순서에 따라 센서의 개수를 자유롭게 결정 할 수 있다.

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

$$r_n = \frac{\sum(X_{ni} - \overline{X_n})(Y_{ni} - \overline{Y_n})}{\sqrt{\sum(X_{ni} - \overline{X_n})^2} \times \sqrt{\sum(Y_{ni} - \overline{Y_n})^2}} \quad (3)$$

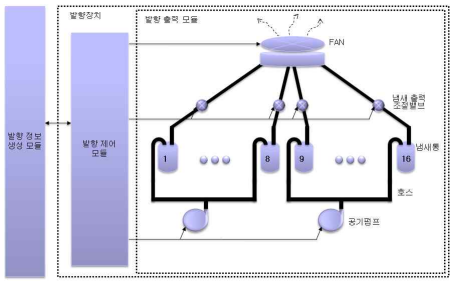
위와 같이 상관도가 낮은 센서를 선별하여 중심센서를 선정한 후 중심 센서를 사용하여 냄새 인식을 수행한다. 선택된 중심 센서가 M개라면, 각 센서를 통해 취득한 냄새 샘플의 반응치를 X, 참조 모델에 대한 반응치를 Y라고 할 때, 선정된 M개의 센서(1≤m≤M)로 획득된 i개의 샘플에 대한 상관계수는 수식 4과 같다.

$$r_m = \frac{\sum(X_{mi} - \overline{X_n})(Y_{mi} - \overline{Y_m})}{\sqrt{\sum(X_{mi} - \overline{X_m})^2} \times \sqrt{\sum(Y_{mi} - \overline{Y_m})^2}} \quad (4)$$

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

3.3 실감형 멀티미디어 표현 기술

전체 시스템 구성은 발향 정보 생성 모듈, 발향 제어 모듈, 발향 출력 모듈로 구성된다. 발향 정보 생성 모듈에서는 냄새 이름에 해당하는 냄새를 출력하기위해 발향 농도와 발향시간의 발향정보를 계산한다. 계산된 발향정보는 발향 제어 모듈로 전송된 후 공기펌프와 냄새 출력 조절밸브의 제어에 의해 발향되어진다.

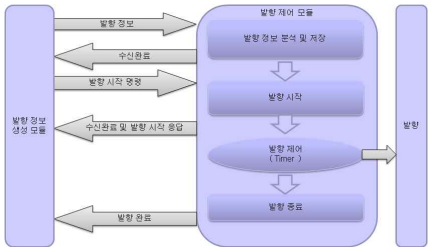


<그림 6> 발향 시스템 구성도

발향 출력 모듈은 냄새통에 공기를 투입하는 공기펌프와 냄새출력을 조절하는 냄새 출력 조절밸브가 있다. 냄새통에는 공기가 투입되는 호스와 냄새가 출력되는 호스가 연결된다. 냄새통과 냄새 출력부 중간에 냄새 출력 조절밸브가 위치한다. 냄새의 최종 출력부에 FAN을 설치하여 냄새가 멀리 분사될 수 있도록 하였다. <그림 6>

에 발향 시스템 구성도를 나타내었다.

발향 제어 시퀀스는 <그림 7>과 같다. 1) 발향 정보 생성 모듈에서 발향정보를 발향 제어모듈로 전송, 2) 발향 제어모듈에서 발향정보의 수신완료 응답, 3) 발향 정보 생성모듈에서 발향시작 명령전송, 4) 발향 제어모듈에서 수신완료 응답 및 발향시작(Timer발향 동작: 공기펌프와, 냄새 출력 조절밸브의 동작), 5) 발향이 완료되면 발향완료 응답.



<그림 7> 발향 제어 시퀀스

3.3.1 발향 정보 생성 모듈

발향 정보 생성모듈의 핵심 기능은 발향 제어모듈에 필요한 냄새(향기)이름에 해당되는 발향정보를 만든다. 즉, 냄새를 발향정보(발향농도와 발향시간)로 변환하고 이 발향정보를 발향 제어모듈로 전송한다. 냄새이름에 해당하는 냄새를 발향하기 위해 발향장치에 필요한 데이터 포맷 구조는 <그림 8>과 같다.

<그림 8> 발향장치로 보내는 데이터 포맷 구조

위 그림에서 “START”는 데이터 포맷의 시작임을 뜻하고, “장치ID”는 여러 대의 발향장치를 구분한다. “명령어”는 발향의 set, start, stop, reset의 코드를 의미한다. “냄새번호”, “발향농도”, “발향시간”의 데이터를 1번부터 N번까지 보낸다. 그리고 데이터 포맷의 마지막을 의미하는 END 코드로 구성된다.

3.3.2 발향 제어 모듈

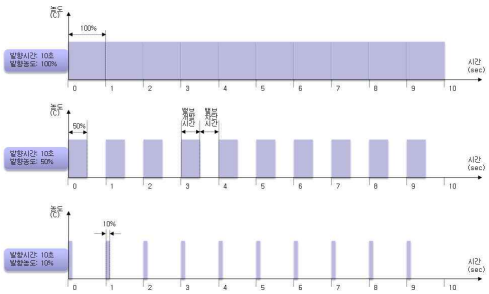
Bluetooth 통신을 115.2Kbps의 속도로 데이터 통신을 하도록 설계 하였고, MCU는 ATmega2560을 사용하였다. MCU에서 출력되는 신호의 전류는 40mA이하로 낮기 때문에 출력단에 전류증폭 Circuit를 구성하여 공기펌프. 냄새 출력 조절밸브 등을 구동 하도록 하였다. 또한 발향 출력동작의 상태를 확인 할 수 있도록 상태 표시 LED를 추가 하였다. 발향 출력을 실시간 제어하기 위해 내부의 Timer를 사용하여 시분할 제어하도록 설계하였다.

3.3.3 발향 출력 모듈

발향을 위해 공기펌프는 12V/500mA, 300ml/min의 부품을 사용, 냄새 출력 조절밸브는 12V/300mA, 10ms 이내 ON/ OFF 동작 성능의 부품을 사용, 냄새통 크기는 30ml를 사용, 공기 입력 연결호스는 1.2ϕ, 냄새 출력 연결호스는 1.5ϕ를 사용하였다. 냄새출력 FAN은 12V/100mA, 10000RPM/min의 부품을 사용하였다. 발향시간은 1초 단위로 99초 까지 발향을 가능 하게 하였으며, 발향농도는 1% 단위로 0~100%까지 조절 가능도록 하였다. 이해를 돕기 위해 <그림 9>에 발향 Timing Chart를 나타내었다.

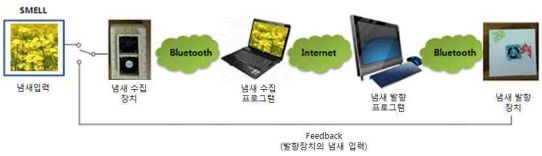
3.3.4 실감형 멀티미디어 표현 기술

입력된 냄새를 TCP/IP 통신을 사용하여 냄새 발향 프로그램에 냄새 정보를 전송하며, 발향에 대한 농도 정보를 발향 장치에 전송해 냄새를 발향하게 된다. 기존 음성 및 영상 디스플레이 장치에 연결할 경우 냄새 표현이 가능하다. 발향 장치로부터 나오는 냄새는 feedback되어 다시 냄새 수집 장치로 입력되며, 냄새 입력 데이터와 유



<그림 9> 발향 Timing Chart

사한 방법으로 처리한다.



<그림 10> 실감형 멀티미디어 표현 기술

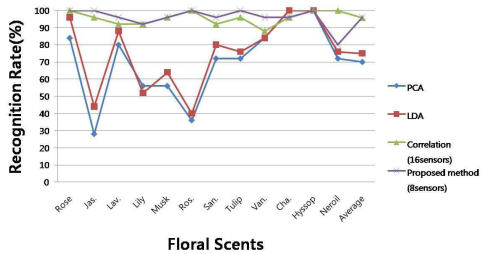
Ⅳ. 실험 및 결과

본 논문에서는 각 센서를 이용한 꽃냄새 인식과 냄새 발향 시스템을 이용한 냄새 표현 방법을 제안하고 꽃냄새 인식 실험을 통하여 기존 방법과 비교하여 성능을 평가한다. 또한 냄새 발향의 경우 피실험자를 통해 MOS(Mean Opinion Score)를 측정하여 실험하였다.

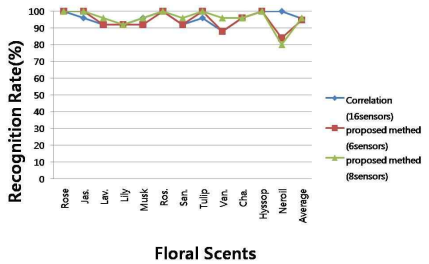
MOS 센서 어레이 기반의 꽃냄새 획득 모듈을 이용하여 총 12 종의 꽃냄새-Rose, Jasmine, Lavender, Lily, Musk, Rosemary, Sandalwood, Tulip, Vanilla, Chamomile, Hyssop, Neroli 에 대하여 각각 50개의 데이터베이스를 구축하였고 전체 600번의 향기 측정 결과를 본 실험에 이용하여 개별 향기에 대하여 각각 50회의 인식 실험을 수행하였다. 본 실험은 상관계수 기반의 꽃냄새 인식 실험 그리고 PCA 기반의 K-NN 및 LDA 기반의 K-NN을 이용한 꽃냄새 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 인식하였다. <그림 11>은 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 상관계수 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 12>는 16개의 센서와 센서 결정 방법에 의해 선택된 센



<그림 11> 개별 꽃냄새에 대한 인식률 및 평균 인식률



<그림 12> MOS 센서 6개, 8개, 16개를 사용한 개별 꽃 냄새 인식률 및 평균 인식률 비교

서 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% 향상된 96%의 성능을 보였다. 또한 8개의 센서만을 사용함으로 회로를 간소화하여 비용 절감 효과를 얻을 수 있다.

발향 모듈의 검증을 위해서 장미, 백합, 백단, 연꽃, 히야신스, 제라늄, 양귀비꽃, 일랑일랑, 쟈스민, 카모메일, 네롤리, 라일락의 12개 향을 발산하는 에센셜 오일을 가지고 MOS(Mean Opinion Score) 테스트를 수행하였다. 총 5명의 피험자에게 12개의 향에 대한 레퍼런스 향기를 발산하여 향기를 맡게 한 후, 100%의 농도로 발향하는 발향 장치의 향기와 비교시켜서 피험자의 정성적 향기 인지 정도를 평가하였다. 그 결과, 전체 피험자 평균 약 3.18의 MOS 결과를 얻었다.

<표 5>는 제안하는 시스템의 발향 성능 평가를 위한 MOS 실험 결과를 보인다. 이러한 결과는 제안하는 시스템에 의해 발산된 향기가 인간의 인지 능력으로 판단될 수 있는 수준임을 의미한다.

<표 5> 꽃 향기 발향에 대한 MOS 실험 결과

꽃향 \ 피험자	피험자 1	피험자 2	피험자 3	피험자 4	피험자 5	평균
1. 장미	4	4	3	3	2	3.2
2. 백합	2	3	3	2	4	2.8
3. 백단	3	3	3	4	3	3.2
4. 연꽃	4	4	4	2	3	3.4
5. 히야신스	3	3	3	3	3	3
6. 제라늄	2	3	2	2	2	2.2
7. 양귀비꽃	3	4	4	3	4	3.6
8. 일랑일랑	3	4	3	2	3	3
9. 쟈스민	2	3	3	4	3	3
10. 카모메일	3	3	3	4	5	3.6
11. 네롤리	3	4	4	3	4	3.6
12. 라일락	3	4	3	4	4	3.6
Total						3.1833

V. 결 론

본 논문에서는 후각 센서를 이용한 꽃냄새 인식과 냄새 발향 시스템을 이용한 냄새 표현 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. 냄새 표현 실험의 경우 냄새 표현을 위한 발향 시스템 을 제안하였으며 후각 인지 실험을 수행한 결과, 본 연구의 유효성을 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구는 다양한 응용 서비스에 적용 가능할 것이라고 판단된다. 특히, 유비쿼터스 환경에서 실감형 멀티미디어, 가상현실 및 증강현실 등의 서비스 제공이 가능할 것이다.

참고문헌

[1] Javier Gaayo, “Software Analysis Techniques for Odor Analysis and Classification Using the Electronic Nose,” Master Thesis, North Carolina State University, 2004.

[2] Q. Zhang, “Identification and pattern recognition analysis of Chinese liquors by doped nano ZnO gas sensor array,“ Sens. Actuators B110, 2005, pp. 370-376.

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

[4] 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.

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

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

[7] T Yamada, S Yokoyama, T Tanikawa, K Hirota, M, "Wearable Olfactory Display Using Odor in Outdoor Environment," Proceedings of the IEEE Virtual Reality Conference (VR 2006), 2006.

[8] 송민종, "후각센서 기술과 응용 현황," 전기전자재료, 제20권, 제11호, 2007, pp. 3-12.

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

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

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

[12] 김정주, "후각 정보 표현 참조 모델과 응용에 관한 연구," 호서대 첨단정보기술대학원 석사학위논문, 2008.

[13] 이현구, 김동규, "HCI를 위한 오감정보처리에 관한 연구," 디지털산업정보학회논문지, 제5권, 제2호, 2009, pp. 77-86.

[14] K. Arshak, et. al. "A review of gas sensors employed in electronic nose applications," Sensor Review, Vol. 24, No. 2, 2004, pp. 181-198.

[15] 김정도, "후각인터페이스와 후각 디스플레이 기술," 전자공학회지, 제34권, 제6호, 2007, pp. 59-70.

[16] 이현구, 노용완, "유비쿼터스를 위한 후각 인식 컨텐츠 구현," 디지털산업정보학회논문지, 제4권, 제3호, 2008, pp. 85-90.

■ 저자소개 ■

이 현 구
Lee, Hyeon Gu

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

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

노 용 완
Rho, Yong Wan

2009년 3월~현재
서일대학 정보통신과 강의전담교수
2010년 8월 성균관대학교 정보통신공학부 전자전기공학과 (공학박사)
2003년 2월 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 전자전기공학과 (공학석사)
2001년 2월 남서울대학교 정보통신공학과 (공학사)

관심분야 : HCI, 오감인식, 후각 디스플레이
E-mail : elec1004@seoil.ac.kr

논문접수일 : 2010년 11월 3일
수 정 일 : 2010년 11월 14일
게재확정일 : 2010년 11월 18일