

# Special Thema | 후각센서(Olfactory Biosensor) 기술과 응용 현황

## 1. 서론

송민중 교수  
(광주보건대학 의료공학과)

이호식 교수  
(동신대 병원의료공학과)

김진사 박사  
(광운대 전기공학과)

신은철 석사과정  
(홍익대 정보디스플레이공학과)

김태완 교수  
(홍익대 기초공학과)

인류는 센서라는 단어가 생기기 훨씬 이전부터 실제로 센서를 활용해 오고 있었다. 오늘날에는 센서를 이용하여 보고 들을 수 없는 적외선, 자외선, 초음파, x-선 등 여러 파장까지도 감지할 수 있으며, 지극히 적은 양을 전자현미경으로 확대시켜서 볼 수 있고 원거리 물체를 레이더로 감지해 내고 있다.

센서를 사람이 행할 수 있는 능력과 비교하면 인간의 근육을 센서의 제1차 산업으로 볼 수 있고, 두뇌를 제2차 산업, 즉 컴퓨터를 두뇌로 대체할 수 있고, 이 둘을 합치는 것이 제3차 산업으로 현재 발전이 기대되고 있다. 그 대표 주자는 지능형 로봇으로 0차원인 점의 계측으로부터 1차원, 2차원, 3차원의 공간까지 발전하고 있다.

외부(계)에서 다양하게 들어오는 신호를 오감(시각, 청각, 촉각, 후각, 미각)센서로 받아 계측함으로써 그 신호를 두뇌(컴퓨터)에 전달한다. 두뇌는 이 신호를 마이크로프로세서를 이용해 연산처리 등을 하여 근육에 전달한다. 이러한 시스템 중에서 화학효과를 이용하는 후각센서는 계측하고자하는 물질의 거시적 화학량, 화학적 반응성에 의거하는 양, 계측물질과 센서와의 흡착성, 반응성에 의거하는 화학량 등 변화로 볼 수 있다.

인간도 수천가지 이상의 냄새를 감지할 수 있다고 알려져 있으나 사람들은 후각을 다른 감각에 비하여 중요하게 생각하지 않고 있으며, 단순한 미학적 의미만을 부여하여 왔다. 그러나 물질문명의 발달로 인해 단순히 생존의 삶에서 벗어나 보다 쾌적하고 윤택한 삶을 살아가려는 인간의 욕망이 점차 커져가고 있는 가운데 향의 성분이나 화학작용에 의한 악취 등 이런 문제가 사람들의 관심사로 크게 대두되고 있는 실정이다. 이와 같이 후각에 대한 관심이 점점 높아짐에 따라 후각의 중요성이 대두되어 이를 이용한 산업적 전자후각센서의 응용이 활기를 띠고 있다.

따라서 본고에서는 현재 연구되고 있는 냄새인지 과정을 기술하고 이를 응용한 후각센서의 개발 가능성을 살펴보고자 한다. 후각을 이용한 센서 개발에 있어서 가장 우선시해야 할 것은 냄새가 어떤 경로를 통하여 우리 뇌에 인지되는지 알아보고 전자후각센서의 인식과정과 패턴인식을 통

한 후각센서를 시각적으로 표현하는 방법, 그리고 전자후각센서 시스템의 응용사례 순으로 기술하고자 한다.

## 2. 본 론

### 2.1 인체 코의 냄새가스 인식과정

후각(Olfactory Receptor)은 후상피라고 하여 비강의 윗부분에 있는 점막에 위치하고 있는 상피세포이다. 인체 후각센서는 냄새가 있는 화학물질 분자에 의하여 비강내의 후각세포가 자극되어 냄새를 인식할 수 있게 하는 냄새의 감각기관이다. 후각은 자극이 오랫동안 계속되면 쉽게 순응(Accommodation)하여 소실되지만, 다른 종류의 냄새에 대해서는 다시 반응할 수 있다.

각 수용체(Receptor)는 특정냄새를 식별해 낼 수 있으며, 뇌는 각 냄새들을 기억해 두었다가 후에 비

슷한 냄새가 나면 기억을 되살려 냄새들을 구분한다. 인간의 후각은 약 1,000여 가지 종류의 수용체를 가지고 있으나 실제로 인지하고 기억할 수 있는 냄새는 약 2,000~4,000가지 정도이다. 적은 후각 수용체의 수로 어떻게 많은 냄새들을 식별할 수 있는지에 대한 생리적 기초는 확실히 밝혀져 있지 않다. 그리고 냄새가 나는 방향의 식별은 두 비공(콧구멍) 속에 후각 물질분자가 도달하는 시간의 차이에 의하여 결정된다. 일반적으로 후각은 남자보다 여자가 더 정확하며 나이가 들면 역치가 높아져 약한 냄새는 맡기가 힘들어진다.

사람의 후각 수용기들은 코의 중격(Septum) 상단과 상비갑개(Superior Conchae) 사이에 있는 비강천장과 그 주변을 피복하는 후점막(Olfactory Mucous Membrane)에 산재되어 있는 보조 상피 세포 사이에 있는 신경세포이다. 후각세포 축삭은 섬모로부터 시작되어 축삭(Axon)을 통하여 신경섬유, 승모세포를 거쳐 후구(Olfactory Bulb)에 도달한다. 승모신경세

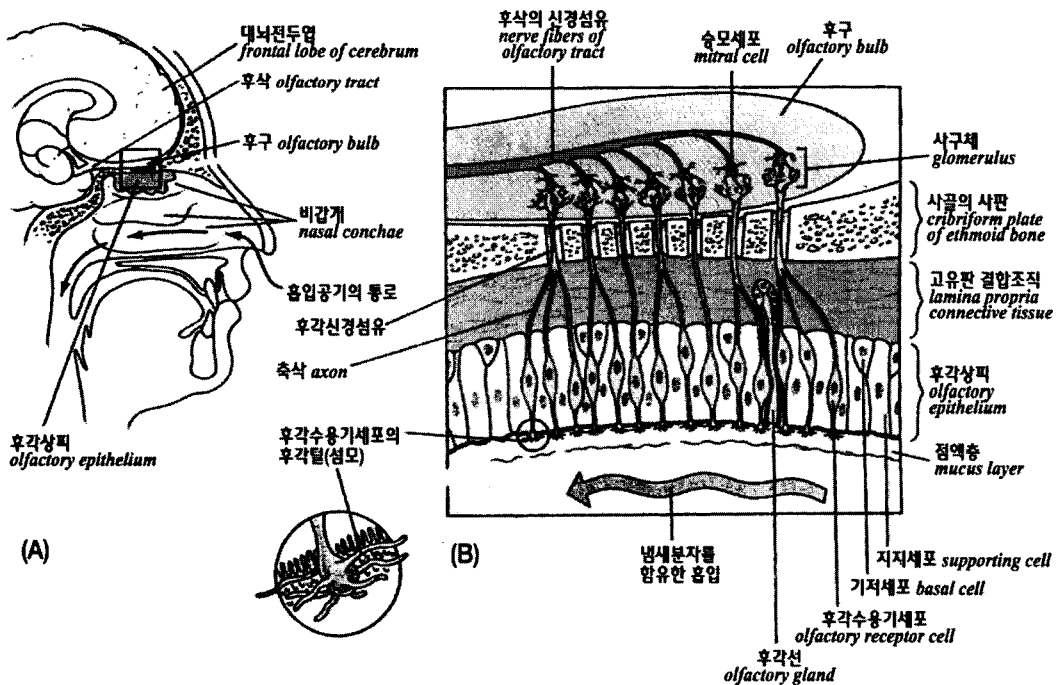


그림 1. 구강 내부의 구조도.

포는 주된 수상돌기와 보조 수상돌기를 갖고 있으며, 후각 신경 사구는 사구체의 주위세포와 연결을 형성하고 있어서 후각 수용기에서 얻은 후각정보를 크게 수정하여 중추에 도달된다고 알려져 있다. 이런 경로를 통하여 수많은 화학물질이 모여서 그 물질만을 맡을 수 있는 후구에 그 중 특별한 수용체들이 달라붙는데 그림 1에 나타난 것처럼 냄새분자와 후각 수용체가 결합된 후 전기신호로 변환되어 후구(후각신경의 중간 집합소)의 사구체 조직에 모이게 되어 이것이 뇌로 전달되면 뇌는 각각의 신호를 조합해 냄새를 인지하게 된다.

처음에는 이런 복잡한 경로를 통하여 냄새가 인지되지만 뇌는 한번 인지한 냄새를 기억하고 있기

때문에 다음에 비슷한 냄새가 나면 즉시 기억하게 된다는 것이 액셀(Richard Axel, 1947~, 미국 면역, 신경생물 학자, 2004년 노벨 생리 의학상 수상, 인체 후각계통의 작동 메커니즘 규명)과 벅(Linda B. Buck, 1946~, 미국 병리, 생리학자, 2004년 노벨 생리 의학상 수상, 인체 후각계통 분야 권위자)이 밝혀낸 후각 메커니즘이다.

그림 2는 분자구조와 반응하는 전기적 후각센서의 구조를 나타낸 것이다.

### 2.2 전자 후각센서 인식과정

후각센서인 전자후각센서는 Artificial Nose 또는 Electronic Nose로 표현되며, 특정한 냄새를 갖는 화학물질을 인식하도록 만들어진 것이다. 사람 코의 후각세포에 해당하는 초정밀 박막 센서는 시스템의 Primary Sensing Element로 이용되어 사람의 뇌의 후각피질에 해당되는 마이크로프로세서를 장착함으로써 지능형 컴퓨터 시스템을 구현할 수 있다. 전자 코의 초정밀 센서가 공중에 떠다니는 냄새 분자와 반응하면 뇌의 후각 정보처리 방식을 모방한 패턴인식 소프트웨어가 냄새를 감별하게 된다. 다시 말하면, 다양한 가스분자를 계측할 수 있는 소자로 구성된 어레이(Array)의 센서기술과 패턴인식기법 및 제어시스템을 결합하여 인체, 식품, 주류 및 향수 등의 냄새를 맡을 수 있는 인공지능 시스템을 구현할 수 있다.

센서의 생산에 있어서 경박단소화(輕薄短小化)를 통한 Compact화를 실현함으로써 인체 점차 성능 향상과 더불어 센서 어레이 기술개발이 실현되고 있다. 전자후각센서는 공기를 포함하고 있는 어떤 성분의 존재나 그 양을 계측하고 정량할 수 있으며, 입력되는 화학적 신호를 전기적 신호로 변환하는 센서로 트랜스듀서(transducer)를 이용한다. 따라서 여러 가지 가스의 종류를 동시에 계측, 정량할 수 있는 고성능의 복합가스 측정 장치가 개발되면 냄새를 구별할 수 있는 시스템을 제작할 수 있게 된다. 최근 센서 어레이 기술과 신경회로망 기술을 결합함으로써 일부 냄새를 인식하는 전자후각센서 시스템 개발이 이루어지고 있다.

그림 3은 전자후각센서의 기본 기능인 냄새가스를 인식하는 과정을 나타낸 것이다. 이와 같이 전자

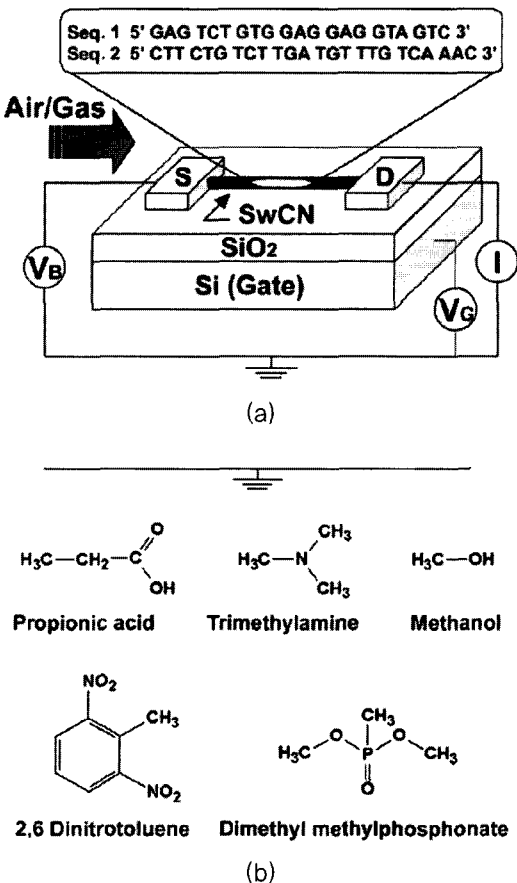


그림 2. 분자구조 반응하는 전기적 Mechanism.

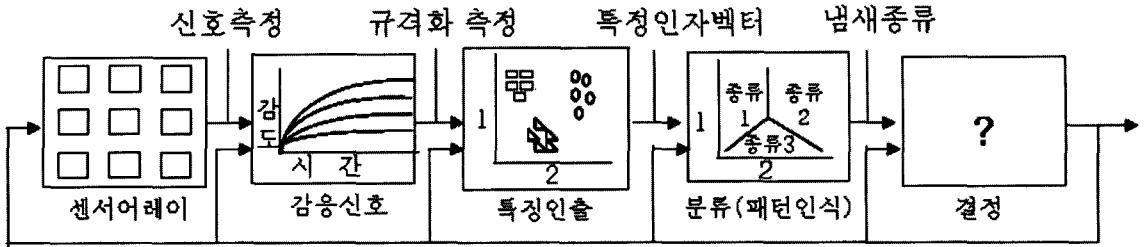


그림 3. 후각센서 인식과정.

후각센서의 인식기능을 확장하면, 각종 냄새와 무취가스를 동시에 정량적 수치정보로 계측을 할 수 있는 시스템이 가능할 것으로 생각된다.

2.3 센서 어레이(Sensor Array)

정교한 기술로 Multi-sensor Array을 제조하여 응용하면 측정하고자 하는 대상 가스 이외의 가스가 혼재되어 존재하여도 각각의 개별소자(Multi-sensor)가 반응하는 응답패턴으로부터 특정가스의 존재를 보다 확실히 계측할 수 있고, 더욱이 정성적이고도 정량적인 선택의 신뢰성이 확보되어 실생활에 응용할 수 있는 시제품을 구현할 수 있을 것이다.

그림 4는 각각의 센서들을 하나의 기판위에 6개를 구현한 복합센서 어레이를 나타낸 것이다. 6개의 개별 센서들에게 선택 감지막을 달리할 수 있도록 제조함으로써 특정다수가스들이 노출되었을 때 응답 특성은 각각 다르게 나타날 것이다.

전술하였듯이 반도체식 전자후각센서의 원리에 기초하여 여러 가지 형태의 전자후각센서가 개발되고 있는 실정이다. 이들을 전자후각센서 제조형태별로 분류하면 Bulk Type, Thick Type, Thin Film Type, Micro Type 및 MOSFET(Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)Type 등으로 구별할 수 있다. 최근에 복합다기능화 및 Compact화가 제조의 대세를 이루면서 thin film type과 micro type에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는 실정이다. 그림 5는 박막형 전자후각센서의 단면도를 나타낸 것이다.

전자후각센서 시스템에서 결정적인 중요한 요소

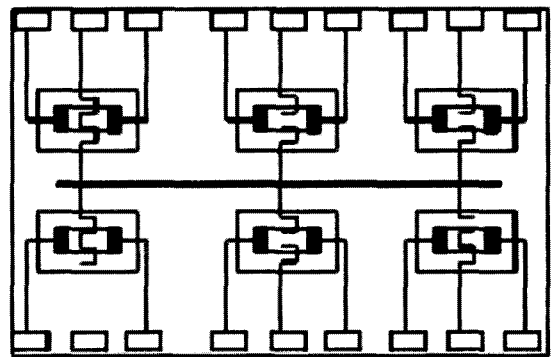


그림 4. 6개의 센서를 이용한 어레이.

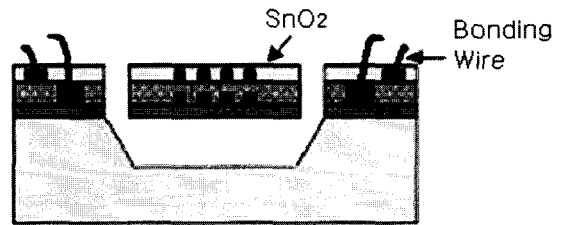


그림 5. 전자후각센서 단면도.

는 그 신경세포의 구실을 하는 센서로 용도와 목적에 따라 여러 가지 센서가 이용되고 있고, 또한 micro-process를 포함하여 micro-electronics를 활용한 반도체 장비의 획기적인 기술로 새로운 센서가

표 1. 전자후각센서 시스템에 이용되는 센서와 장치.

센서 타입	동작 원리	제조 방법	감 도	장 점	단 점
금속 산화물	전도도변화	마이크로 기술	5~500 ppm	경제적, 규격화	고온 동작
전도성 고분자	전도도변화	마이크로 기술, 전기도금	0.1~100 ppm	저온 동작, 미세기술 적용	습도 의존성
수정 진동자 (QCM)	압전성	와이어 본딩, 스크린 프린팅	1.0 ng 질량변화	제조 용이	주파수 변화 회로 구현
표면탄성파 소자 (SAW)	압전성	마이크로 기술, 스크린 프린팅	1.0 pg 질량변화	고감도	주파수 변화 회로 구현
금속산화물 전계 효과트랜지스터 (MOSFET)	문턱전압 변화	마이크로 기술	~ ppm	미세구조화, 고생산성	시료와 게이트층의 투과 반응 이용
광학소자	형광, 화학발광	딥코팅, MEMS	ppb	저잡음	광원 조달 문제
가스크로마토 그래피	분자스펙트럼	정밀기계	< ppb	정확성	시료의 농도, 고가
매스스펙트rometer	원자질량, 스펙트럼	정밀기계	< ppb	정확성	시료의 농도, 고가
광스펙트럼	투과광 스펙트럼	정밀기계	< ppb	시료의 소모가 없음	고가, 양자소자의 필요

개발되고 있다. 표 1은 전자후각센서 시스템에 이용되고 있는 센서와 계측장치를 나타낸 것으로 센서의 종류에 따라 동작방법, 장점 및 단점 등이 기술되어 있다. 표 2는 전자후각센서 시스템의 응용분야를 나타낸 것으로 의료분야의 원격진료(Telemedicine) 및 모니터링(monitering)에 크게 이용될 것으로 전망된다.

#### 2.4 전도성 고분자 전자후각센서

가스에 대한 계측은 여러 형태의 센서타입이 활용되고 있으나 일반적으로 가장 폭넓게 이용되고 있는 것은 금속산화물계 가스센서이다. 금속산화물계 가스센서는 높은 온도(350~400 ℃)에서 구동되므로 전원이 필요하기 때문에 소형화에 적합하지가 않은 실정이다. 따라서 경박단소화하고 Compact화에 적합한 가스센서물질은 상온에서 구동된다면 대단히 유리할 것이다. 이런 관점에서 볼 때 카본블랙-고분자 복합체(Carbon Black-Polymer Composite)로 이루어지는 물질을 센서 필름으로 하여 유리 기판위에 thin film화된 전극을 구현하고 그 위에 센서필름을 증착한 것과 또 다른 지름이 수 nm되는 금 물질 입자에 유기분자로 둘러싸여 있는 물질을 전극기판위에 필름을 형성하는 것의 구조가 다른 이 두 가지 형식의 센서 물질을 개발하여 사용하고 있다. 이들 복합체 센서와 나노 입자 센서는 기존의 금속산화물

표 2. 전자후각센서 시스템의 응용분야.

응용분야	개 요
1. 의료 산업	감염여부진단, 호흡기 체크, 원격진료, 기타 질병진단, 축농증, 당뇨병, 신장병, 간경변, 암의 진단 등
2. 반도체 산업	유독가스 모니터링
3. 계측 산업	특성성분 검출 및 정량
4. 화학, 고분자 분야	고분자 향, 화학플랜트 모니터링, 유전자인식 등
5. 식품, 음료 및 주류산업	신선도, 과일등급, 아로마 향
6. 자동차	배기가스 검지, 공연비 제어, 실내체적 제어
7. 환경 산업	공기청정도, 환경모니터링, 폐기물 분석
8. 안전 · 보안	총포 · 마약검색, 마약복용여부, 폭발물 검색, 폭발성가스 등
9. 화장품 · 향수 산업	건설, 지성구별 및 분석

센서의 어려움 중의 하나인 화학적 선택성의 문제 등을 쉽게 해결할 수 있는 장점들을 지니고 있다.

카본블랙-고분자 복합체 센서는 절연물질인 고분자 매트릭스에 전도성 물질인 카본블랙이 분산되어 있는 형태로 센서필름을 형성하게 된다. 따라서 고분자의 종류를 달리함으로써 용이하게 화학적 선택성에 변화를 줄 수 있다. 폴리머로서 PVP(polyvinylpyridine), PU(polyurethane), PS(polystyrene),



PMMA(polymethymethacrylate) 등 다양한 고분자가 존재하기는 하나 카본블랙을 잘 분산시켜야 초기 결합력에서 우수한 감지특성을 나타내며, 가스센서로 활용될 복합고분자의 물질 종류는 다양하게 존재한다. 감지 기구에 있어서 외부에서 감지대상 가스 분자가 가스센서와 접촉하게 되면 가스센서는 고분자를 신축 진동시켜서 저항 값의 변화를 일으키는 전도기구로써 가스를 감지하게 된다. 전도성분인 카본블랙과 절연물질인 고분자의 상대적 양이 감지 특성의 주요인자로 작용하므로 이들의 상대량에 따른 센서의 저항변화와 감지특성을 조사하여 최적의 감지특성을 나타내는 Protocol을 행하기 위한 실험이 시도되고 있다.

그림 6는 카본블랙과 전도성 고분자와의 복합체 센서의 상대량에 따른 저항값의 변화를 나타낸 그림이고, 그림 7은 카본블랙과 전도성 고분자와의 복합체 센서의 상대량에 따른 전기적 신호를 나타낸 그림이다.

복합체 전자후각 센서는 여러 종류의 소재조합을 통하여 다양한 감지특성을 보여주고 있다. 다양한 종류의 후각센서 제조가 가능해지면서 다른 종류의 센서타입에 비하여 복합체 전자후각센서의 장점은 우수한 내환경성 특성이 나타난다는 것이다. 복합체 후각센서의 감지원리는 기체시료가 센서 소재의 표면에 흡착되고 박막 내부로 침투하여 전도성 카본블랙으로 연결된 전기전도 경로에 변화를 일으켜서 저항변화를 감지하는 것이다. 혼합체 후각센서에서 고분자는 전도성 카본블랙 입자들을 전기적으로 절연시키고 감지시료와의 차별적인 상호작용을 유발하여 선택적으로 감지할 수 있게 하는 특성을 나타내게 한다.

### 2.5 패턴인식

전자 후각센서 어레이에 화학적 변화의 표현을 패턴으로 인식하여 패턴인식 소프트웨어가 발전하였다. 특히 센서어레이가 복잡한 응답특성을 보일 경우, 인간의 시각은 그 다양성과 속도라는 측면에서 효율적으로 패턴을 인식하는 시스템이 된다. 따라서 센서대상의 변화를 신속히 관찰하고 결론을 도출하기 위해서는 인공적인 패턴인식 시스템 도입이 효과적이다. 이러한 관점에서 데이터의 표현 방식은

영상(Image)으로 나타낸 것이 효과적이고 자연스런 방식이라 생각된다. 화학적 어레이 센서로부터 획득한 데이터를 영상으로 표현하기 위해서는 각각의 픽셀 데이터를 분석하고 정보를 추출, 분할하여 저장하고 그 데이터를 압축 등을 통하여 프로세싱 함으로써 통계적으로 2차원 영상으로 변환하여 표현하는 해석방법인 Principle Component 해석법이 활용되고 있다.

또한, 광섬유다발을 화학적 센서로 사용하여 패턴인식을 하는 경우가 늘고 있다. 광섬유는 색소와 각종 고분자의 혼합물로 코팅하여 기체 혼합물에 대하여 형광하면 광섬유다발의 다른 쪽 끝에 원형의 색 패턴을 유발한다. 이 패턴을 컴퓨터에 이용하면 해당 기체 혼합물에 대한 후각 영상을 획득할 수 있

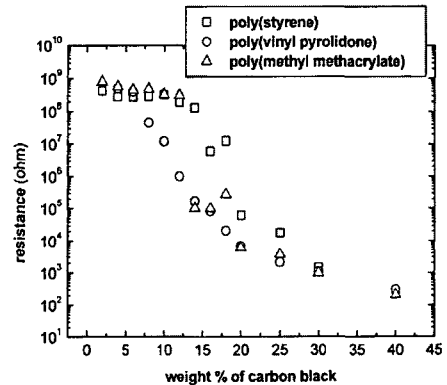


그림 6. 카본블랙과 고분자 비율에 따른 저항값의 변화.

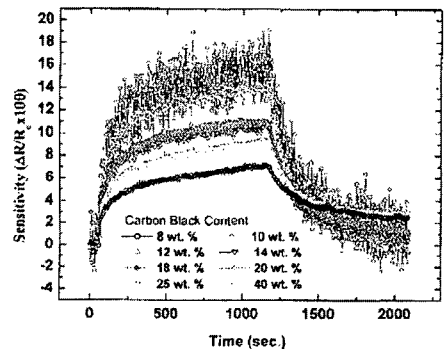


그림 7. 카본블랙과 고분자 비율에 따른 전기신호의 변화.

다. 이런 방식의 후각 카메라를 실제 생물학적 후각 시스템에서 응용하면 저분수의 리셉터 세포(센서)로도 수천가지의 냄새를 인식하고 뇌에 전달하여 공간적인 신경 지문(Neuronal Fingerprints)을 생성할 수 있다.

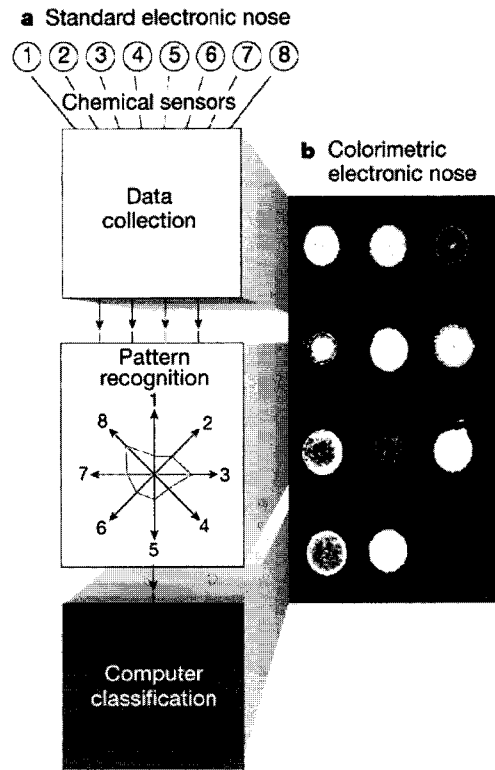
전자 후각센서 시스템은 후각을 인지하는 인간 코의 기능과 유사하게 구성되어 있다. 이를 크게 두 부분으로 분류하면, 특정 향에 대해 반응하는 코의 후각세포들은 가스 센서 배열들에 해당되며, 각각의 센서에서 전기적인 신호를 처리하고 이를 패턴 인식 소프트웨어를 이용하여 향을 감별하는 부분은 두뇌와 같은 역할이라고 할 수 있다. 후자의 패턴 인식 신호 처리 기술은 센서 출력 데이터를 그래프 분석(Graphical Analysis), 주성분 분석(Principal Component Analysis), 군집 분석(Cluster Analysis), 신경회로망 분석(Neural Network Analysis) 등과 같은 후처리 과정을 거쳐 측정된 식품의 품질 검사를 가능케 한다.

그림 8~10는 기체에 민감한 메탈포르피린(Metalloporphyrin)색소의 색 전이를 활용하여 기체 성분들과 결합하여 간단히 색 전이를 유발하도록 한 전자후각센서의 시각적인 인식패턴을 나타낸 것이다. 이것을 이용하면, 측정된 모든 데이터 출력, 센서의 과도 응답 분석, 시료에 의한 센서의 응답, 센서에 대한 과도 응답 패턴 출력 등을 행할 수 있다.

이런 방식으로 냄새를 눈으로 인식한다면 박테리아에 의한 감염 등을 쉽게 발견하는데 이용할 수 있을 것이다. 그리고 마이크로프로세서를 활용한 패턴 인식과정을 시각과 후각센서로 활용한다면 이는 지대한 과학의 진일보가 아닐 수 없다.

### 2.6 전자 후각센서 시스템의 응용사례

전자 후각센서 시스템은 코의 후각세포에 해당하는 가스센서와 뇌의 후각 정보처리방식을 모방한 패턴인식 소프트웨어를 이용한 냄새를 감별하는 전자 처리 장치이다. 전자 후각센서는 1980년대 영국의 Warwick 대학에서 처음 개발된 이래 상업적으로는 Aroma Scan(UK), Alpha Mos(France), Figaro Engineering Inc.(Japan), Smiths Detection(USA) 등 여러 나라에서 다양한 제품인 전자 후각센서 시스템을 개발하여 판매하고 있다.



(a) 전기적 신호로 변환된 전자 후각 센서

(b) 색전이 전자 후각 센서

그림 8. 전자 후각 센서의 시각적인 인식패턴.

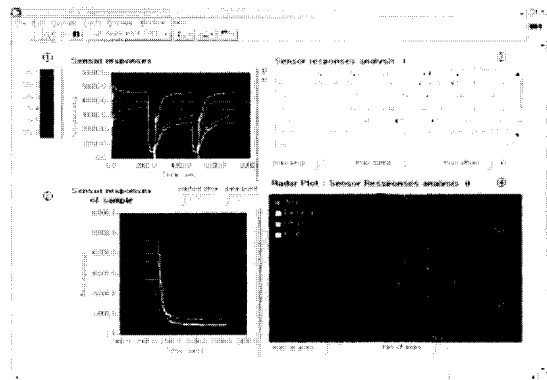
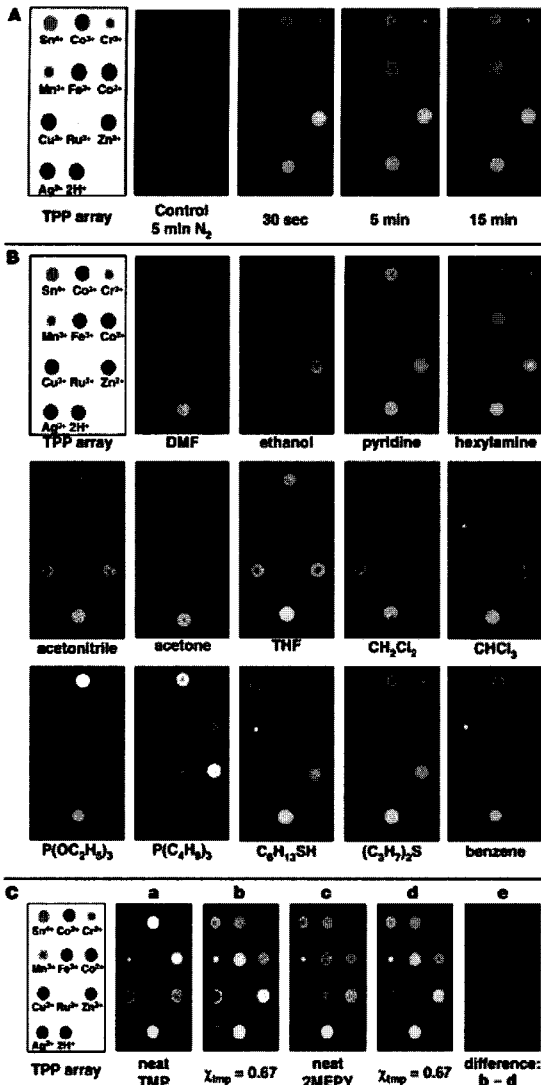


그림 9. 전자후각센서의 전송신호 분석 패턴.



(a) 부틸아민 기체의 노출시간에 따른 색전이 패턴

(b) 각종 기체에 대한 색전이 패턴(노출시간: 15분)

(c) 트리메틸피리딘과 메틸피리딘 혼합물에 대한 색전이 패턴

그림 10. 메틸포피린(Metalloporphyrin) 센서 어레이의 색전이 패턴.

그림 11은 상품화된 전자후각센서 시스템(FOX 2000)이다.

이런 시스템은 음료, 주류 등 각종 식품의 향미성분 분석, 과일 등의 선도와 등급결정, 생산공정 감시, 공정제어 및 자동화 분야, 제품의 품질평가 및 관리 등 선진국의 식품산업계 여러 분야에서 유용하게 이용되고 있다.

최근의 전자 후각센서 시스템의 응용사례를 간략히 나열하면

첫째, 폐암 등 암 진단 전자후각센서 개발이다. 사람은 몸의 이상여부에 따라 특정성분의 가스가 포함된 숨을 내뿜는다. 예를 들어, 간세포의 장애와 결합 조직의 증가로 간이 굳어지고 축소되는 간경변증에 걸리면 지방산성분이 날숨에 포함되어 간암은 특정성분의 가스를 포함한다. 이는 신장의 기능이 약해지며 암모니아 냄새가 나는 기체인 트리메탈아민(Trimethylamine)이 발견된다는 것이다. 이렇듯 날숨 속에 포함된 가스성분을 찾아내어서 그 가스 성분을 분석 사용함으로써 암을 진단할 수 있다는 것이다.

폐암진단을 위해 개발된 전자후각센서는 수정을 센서로 이용한다. 이 수정센서는 날숨에 포함된 다양한 휘발성 유기물질과 결합하는 금속 포르피린(Metalloporphyrin)이라는 물질을 센서에 코팅함으로써 이루어진다. 금속포르피린에 부착된 휘발성 유기물질을 분석할 때 수정의 고유진동수를 이용한다. 이와 같은 원리들을 응용한 전자후각센서의 개발은 호흡만으로도 많은 질병을 진단할 수 있게 될 것이

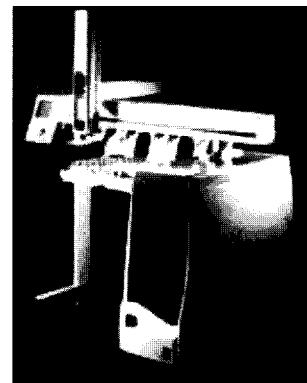


그림 11. 상품화된 전자 코 시스템(FOX 2000).



다.

둘째, 식품 등 향미 분석 전자후각센서 개발이다. 향기는 자연현상에서 나오기도 하지만 인공적으로 향을 가미한 제품이 개발되고 있다. 보통 향기성분을 Aroma라 하며 용도에 따라 Fragrance와 Flavor가 있다. fragrance는 perfume류, 화장품류, 세제류, 방향제류를 포함하여 사람의 입을 통해 인체에 흡수되지 않는 향료를 말하며, flavor는 식품향료의 향, 맛, 촉각 등의 복합적인 감각의 개념으로 미각과 후각에 나타나는 감각을 말한다. 전자 후각센서는 이런 식품의 향미 분석을 하는 데 이용되며, 향 성분 측정은 향이 유발하는 전기적 변화인 전기저항 변화와 공명주파수 변화 등을 응용한 시스템이다.

셋째, 향을 발생하는 시스템의 전자후각 센서 개발이다. 방송, 영화, 인터넷 등을 즐기면서 향기를 맡을 수 있는 시스템 개발용 센서 개발로 시스템 주변 기기 내부에 출력 디스플레이처럼 향을 낼 수 있는 향 탱크를 저장한 후 특정향기를 배합하도록 명령을 주면 향이 발생케 되는 원리를 이용한 시스템개발이다.

넷째, 석유냄새를 찾는 전자후각 센서개발이다. 석유나 천연가스에서 나오는 에탄분자(ethane molecule)의 냄새를 감지하는 센서로 공기 중에 분자 1조 개 중 메탄이 수십 개만 있어도 감지할 수 있다. 이는 파이프를 통한 가스누설 뿐만 아니라 유전 탐색에도 사용될 수 있을 것이다.

### 3. 결론

특정 물질에 존재하는 분자들의 구조가 그 물질로부터 이탈하여 공기 중에 존재하고, 공기 중에 존재한 그 분자들을 우리가 흡입함으로써 후각 기능에서 분비된 점액에 녹아 후각세포를 자극한다. 흥분된 후각세포가 자극을 뇌로 전달하면 냄새를 구분할 수 있게 된다. 이런 원리로 개발된 전자후각센서에 대한 다양한 연구에 의해 인간의 후각 수용체 유전자 확보가 가능하게 되었고 냄새가 나는 분자 반응에 대하여 전기적 변화가 나타난다. 이런 변화를 이용하여 후각센서 인식 과정을 통한 전자후각센서 시

스템을 개발할 수 있다. 전자후각 시스템을 개발하면 다음과 같은 장점을 얻을 수 있을 것이다.

1. 전자 후각센서 시스템에서 Data Acquisition Card, Relay Board, Solenoid Valve 등을 이용하여 가스 추출과 신호 취득의 과정이 자동화되어 인터넷 원격 제어에 활용됨으로서 향미분석, 화학약품 및 가스배출 시설에 대한 개선 명령, 환경오염이나 환경감시 활동을 크게 강화시킬 수 있다
2. 감염여부 진단, 호흡기 체크, 원격 진료, 암의 조기진단 등은 전자후각센서를 응용하여 패턴인식을 활용한다면 의료산업의 혁명을 일으킬 수 있다.
3. 인터넷 원격 제어를 이용한 전자 코 시스템은 시간과 장소에 구애 받지 않는 분석에 의한 보다 넓은 분야로 활용이 가능할 것으로 예상되며, 식품의 품질 검사와 신선도 예측과 같은 목적으로 유용하게 이용될 것이다.
4. 전자후각센서의 응용가능성과 관련하여 지뢰탐지, 생화학무기 색출 등에 활용이 가능하기 때문에 군사적 목적으로도 유용하게 사용될 수 있다.

### 참고 문헌

- [1] M. D. Manson, "Introduction to bacterial motility and chemotaxis", J. Chem. Ecol, 16, 107-113, 1990.
- [2] R. R. Reed, "Signaling pathways in odorant detection", Neuron, 8, 205-209, 1992.
- [3] Axel, "The molecular logic of smell", Scientific American, 273(4), 154-159, 1995.
- [4] S. Price, "Mechanisms of stimulation of olfactory neurons an essay", Chem, Senses, 8, 341-354, 1984.
- [5] Gold, G. H and T. Nakamura, "Cyclic nucleotide-gated conductances a new class of ion channels mediates visual and olfactory epithelium". Chem, Senses Flavour, 4, 207-214, 1979.
- [6] Lancet D. and U Pace, "The molecular basic of odor recognition", Trend Biochem, sci., 12-63-66, 1984.
- [7] Nomura, T and K. Kurahara, "Liposomes as a

model for olfactory receptor cells, changes in membrane potential in response to various odorants", *Biochemistry*, 26, 6135-6140, 1987.

- [8] G. E. Amoore, "Oder theory and odor classification, *Fragrance Chemistry : The science of The sense of smell*". Academic press. New york, 1982.
- [9] D. Ottoson, "Analysis of the electrical activity of the olfactory epithelium", *Acta. physiol, Scand*, 35, 1-83, 1956.
- [10] Shurmer. H. V. *Sens, Actuators B*. 1. 48, 1990.
- [11] Z. Cao. et al, "Mimicking the olfactory system by a thickness -shear mode acoustic sensor array", *Anal, Chim., Acta.*, 335, 117-125, 1996.
- [12] Stetter and S. L. Rose, "Detection of hazardous gases and vapors: Pattern recognition analysis of data from an electrochemical sensor array", *Anal, Chem.*, 5, 83, 860-866, 1986.
- [13] Namdev P. K. Y Alroy and V. Singh, "Sniffing out trouble : Use of an electronic nose in bioprocesses", *Biotechnol, Prog.*, 14, 75-78, 1998.
- [14] 박태현 외, "냄새의 인지과정과 후각센서". *한국생물공학회지*, 13. 6, 631-637, 1998.
- [15] 박태원 외, "패턴분류 기술을 이용한 후각센서 어레이 개발", *대한설비공학회 학술발표대회*, 454-459, 2006.
- [16] 송민중 외, "의료용 계측기기에 이용되는 기능성 재료". *한국전기전자재료학회지*, 14. 3, 1-8, 2001.
- [17] 김승렬, "LB법을 이용한 분자성 초박막의 제조와 QCM 가스 센서로의 응용에 관한 연구", *한국과학기술원학위논문*, 1996.

저자|약력



성 명 : 송민중

- ◆ 학 력
  - 1989년 원광대 전기공학과 공학사
  - 1991년 원광대 대학원 전기공학과 공학 석사
  - 1995년 홍익대 대학원 전기공학과 공학 박사

- ◆ 경 력
  - 1997년 - 현재
  - 2007년 - 현재

광주보건대학 의료공학과 교수  
한국전기전자재료학회 학술이사

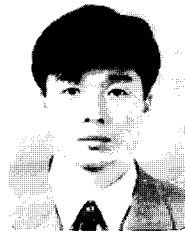


성 명 : 이호식

- ◆ 학 력
  - 1992년 광운대 전기공학과 공학사
  - 1994년 광운대 대학원 전기공학과 공학 석사
  - 2002년 홍익대 대학원 전기공학과 공학 박사

◆ 경 력

- 2005년 - 2006년 일본 동경공업대 객원연구원
- 2007년 - 현재 동신대 병원의료공학과 전임강사



성 명 : 김진사

- ◆ 학 력
  - 1993년 원광대 전기공학과 공학사
  - 1995년 광운대 대학원 전기공학과 공학 석사
  - 1998년 광운대 대학원 전기공학과 공학 박사

◆ 경 력

- 현재 광운대 전기공학과 시간강사



성 명 : 신은철

- ◆ 학 력
  - 2005년 광운대 화학공학과 공학사
  - 현재 홍익대 대학원 정보디스플레이공학과 석사과정



성 명 : 김태완

- ◆ 학 력
  - 1981년 연세대 물리학과 이학사
  - 1983년 연세대 대학원 물리학과 이학석사
  - 1990년 Univ. of Calif., Los Angels. 이학박사

◆ 경 력

- 1991년 - 현재 홍익대 기초과학과 부교수