

인공후각 물질의 전기저항 특성을 이용한 센서로 인공후각 측정회로

Front-end signal conditioning for resistance-based sensors in electronic nose system

글 _ 김 영 화 · KISTI 전문연구위원 · yhkev@resear.re.kr

1/ 머리말

모든 생물은 다같이 자기생존과 보존을 위해 필요한 감각기관을 가진다. 주지하다시피, 기본감각기능을 담당하는 다섯 가지의 감각기관(five sensory organs), 즉 시각, 청각, 미각, 촉각, 그리고 후각 가운데 인간의 후각은 다른 동물들에 비해 덜 발달 된 것으로 보고 되고 있다. 이에 본고에서는 인간의 후각 기관에 한정하여 논하고자 한다.

동물의 왕국이나 내셔널 지오그래픽(National Geo-graphic)에서 보듯, 고양이과의 사자, 표범, 치타 등은 먹이를 쫓을 때 바람이 불어오는 방향으로 눈과 머리를 고정함을 알 수 있는데, 이는 공기매체를 이용해 후각을 이용하는 것이다. 고양이과 동물들은 감각 기관 가운데 후각이 제일 발달해 있다.

2/ 5관이나 6관이나?

근래에 학자들 사이에 기본감각기능을 6개로 해야 한다는 의견이 제시되고 있다. 즉, 기존의 5관에 한 개를 추가한다는 뜻인데, 바로 평형과 중력을 느끼고 담당하는 내이(內耳)의 감각기능을 제6감각기관으로 해야 한다고 주장하고 있다. 아마도 무중력 상태에서 균형감각의 필요성이 제기되는 우주비행이 기폭제가 아닌가 생각해 본다. 결정은 전문 과학자들의 몫으로 남겨두어야 한다고 본다.

3/ 인공후각, IT 분야와 자동차업체에서 응용실험 중

인공후각의 개발은 여러 기업에서 시도되고 있다. 휴대전화메이커인 독일 지멘스(Siemens)는 특정냄새식별 및 재생기능 칩(Chip)을 개발 장착 실험중이고, 한때 세계 최고, 최대기업이었던 미국 G.M도 운전자가 착석하고나면 운전자가 좋아하는 향기가 나오는 시스템을 장착한다고 하였는데, 회사의 운명이 불투명한 지금 상황에서 확인을 할 수는 없다.



4 측정기술의 발전과정

인간의 후각감지 취약성을 보완하기 위한 연구가 오랜 기간, 여러 가지 방법으로 진행되어 왔으나, 중요한 것은 언제, 어디서, 누가, 어떻게 정하고, 분석했느냐 이며, 때로는 저장내지 재생할 수는 없느냐 였다.

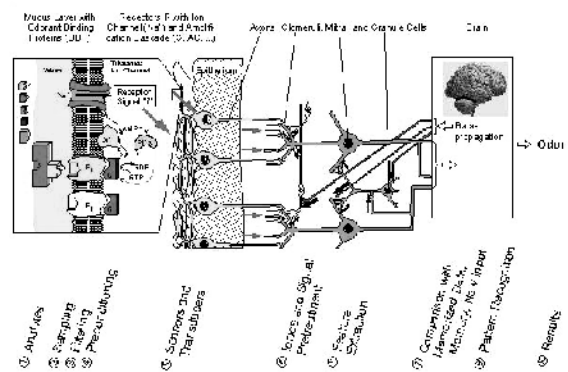
지금까지 주로 사용되고 있는 초기단계의 측정방식은 기체색층분석법(gas chromatography) 이나 질량분광분석법(mass spectrometry)에 의존하여 왔다.

그러나 이러한 방법은 고가이고, 분석소요시간이 길고, 장소를 많이 차지하고, 무엇보다 이동성이 나빠 휴대용이성, 조작간편성이 뛰어난 저가품으로의 대체 필요성이 대두되어 전기전자회로를 이용한 간편하고 정확한 회로가 필요하게 되었다. 냄새를 맡는다는 것은 초기에 감지한 값과 시간 경과후의 값의 차이가 크므로 초기파형신호(front-end signal) 분석이 중요하다. 초기파형신호 분석의 정확성으로 감도(주로 중간 및 출력 단에서 정밀증폭 함)를 향상시킬 수 있는 회로를 제시하는 것이 중요함으로 이에 따른 최적화된 회로구성과 측정의 정확성 및 편리성이 필요하다.

5 측정회로의 구성

전자회로에 의한 측정회로의 구성으로 후각기능을 실현하려면 대개 다음의 프로세스가 필요하다.

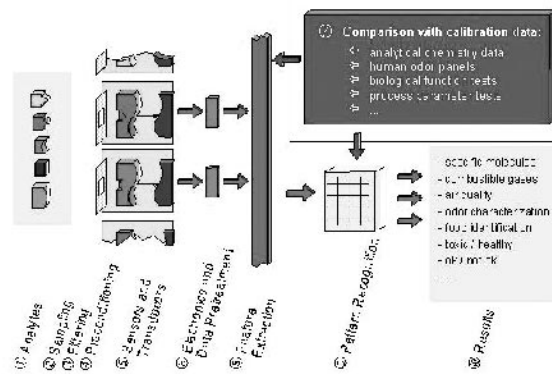
- 냄새센서의 배열 : 동물의 1차 신경계에 해당
- 냄새신호의 처리과정 : 동물의 2차 신경계에 해당
- 냄새인식 모형의 구동: 동물의 뇌에 해당



www.ipc.uni-tuebingen.de

조금 더 세분화한 흐름을 나타내면 다음과 같다.

냄새센서 → 혼합과 선택 → 신호분석 및 처리 → 아날로그 디지털 처리 → 디지털 신호 인식 모형 → 도형 또는 계량화 표시



www.ipc.uni-tuebingen.de

다시 말해서 생화학적인 초기 신경계통에서 포착된 냄새신호를 뇌에 전달하여 인지되는 계통을 전기전자회로에 의한 포착과 처리과정을 등가 시키는 것이다. 냄새는 분자상태 물질의 연속성의 흐름이므로 이들 분자흐름은 센서집합체(sensor array)에 도달하면 물리화학적 변화 일어난다. 이 변화는 어디까지나 아날로그 상태임으로 이를 증폭, 여과, 선형화하여 디지털화한 후, 이 디지털신호를 인식하기 좋은 인식 모형(PARC, pattern recognition)에 입력하면 된다.



6/ 센서의 종류

센서의 종류는 수없이 많으나 여기서는 화학적저항의 특성 검출의 중요에 맞추어 다음 2 종만 검토한다.

- 금속 산화물 센서

(metal-oxide sensor)

분자상태의 기체가 가열되면 흡착과 탈착 현상이 크므로 가열상태 유지공정이 단점이나, 가연성가스, 알코올, 휘발성 음식물 검출에 많이 쓰인다.

- 도전성 폴리머 (electro-conducting polymer sensor)

금속산화물 센서의 단점을 보완한 유기질 센서로서 polypyrrole, thiophene, indole, furan 등이 있으며, 금속산화물 센서와 달리, 가열이 필요 없고, 상온에서 사용 가능하고, 감도와 냄새 유지기간도 길다.

7/ 적용회로

실험의 정확도, 긴급성, 간편성에 따라 많은 회로가 소개되고 있으나 다음의 4가지를 제시한다.

- 정전압 전압 분배기 (constant voltage potential divider)

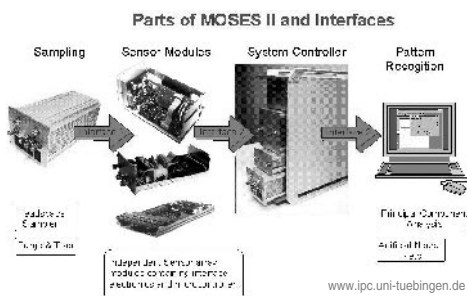
일정전압 입력상태에서 측정치에 대응하는 출력전압 이용회로로서, 간편하여 초기실험에 적당하나, 출력이 비선형이고, 미세측정에 오차가 크다.

- 정전류 전압 분배기 (constant current potential divider)

위의 정전압 전압 분배기의 비선형성을 개선한 회로로서 출력 단에서 저항치에 비례하는 전압치를 사용하며, 미세량 가스 검출회로에 적용된다.

- 휘스톤 브리지 (Wheaston bridge)

상기 2회로 보다 발전된 회로이며, 자동/반자동 다목적 용도이다. 미세량 검출과 영점조정으로 자동검출도 가능하나, 추력의 비선형성이 단점이다.



- 증폭비례 분석회로 (ratiometric op-amp circuit)

위의 모든 단점들을 최대한 제거한 개량형 회로이다. 기본개념은 다음과 같다.

- 동일한 2개의 저항을 등위 시킨 후 어느 한쪽에 감응물질로 표면을 도포하여 증폭후, 미세량도 측정 가능케 하고, 센서의 온도변화 보정, 오차제거기능을 강화하고, 다단계증폭에 의한 고감도 측정과 선형화한 출력을 얻는 회로다.





8/ 간단한 도표와 수식

위 7항의 4가지의 비교표를 표시한다. V는 입·출력 전압, R은 입·출력단의 저항 표시, S는 감도 표시, A는 증폭율을 표시한다.

회 로	출력신호방정식	선형출력 특 성	감도방정식	최대감도 (시험결과)
정전압 분배기	$V_{OUT} = \frac{V_{IN}R_S}{R_S R_1}$	없 음	$S = \frac{V_{IN}R_1}{(R_S+R_1)}$	0.158mV/Ω
정전류 전압 분배기	$V_{OUT} = I_{IN}R_S$	있 음	$S = I_{IN}$	0.316mV/Ω
휘스톤 브리지	$V_{OUT} = AV_{IN} \left(\frac{R_S}{R_S+R_1} - \frac{R_3}{R_2+R_3} \right)$	없 음	$S = A \left(\frac{V_{IN}R_1}{(R_S+R_1)^2} \right)$	3.16mV/Ω
증폭비례 분석 회로	$V_{OUT} = A(-V_{IN} \frac{R_S}{R_1} - V_{OFF})$	있 음	$S = -A \left(\frac{V_{IN}}{R_1} \right)$	6.32mV/Ω

〈표 1〉 측정 분석 결과

9/ 결론 및 제언

- 작년도 Nobel 의학상 수상자는 미국의 리처드 액셀(58세)과 린더 버그(여, 57세)였으며, 이들이 한 연구는 인간의 후각기능과 그 작용의 원리에 관한 것이었다. 이는 가까운 곳에도 연구대상이 많이 있음을 보여주는 것이라 할 수 있다.
- 과학기술의 발전은 머지않아, 향기나 냄새가 나는 TV, Radio, MP3, PMP 등 가전기구나 자동차를 만들 가능성이 있으며, 이들은 기대되는 품목 가운데 하나가 될 수도 있다.
- 문제는 향기나 냄새가 시간의 함수이며 감쇄현상이어서, 초기포착으로 원상복구 내지 재생기술의 발전과 가역반응의 실현이 가능해야만 완성단계에 이른다고 볼 수 있다.
- 인공후각은 휴대용 화재경보기(fire alarm)나 매연검출기(smoke detector) 등에서 활용이 가능하고, 자기만의 향기를 선택해 원하는 상황에서 즐기는 것도 가능하다. 