한국전기전자재료학회 2000년도 추계학술대회 논문집

원칩형 냄새 인식시스템 구현

Fabrication of one chip smell recogniton system

장으뜸*, 정완영*, 서용수*
(U-Ttum Jang, Wan-Young Chung, Yong-Su Seo)

Abstract

Recently, a study of intellectual smell recognition system is applied for the various fields such as control of food processing and survey of decay. A basic gas recognition system was implemented gases using four metal oxides semiconductor sensors as inputs. A CPLD chip of twenty thousand gates level was used for this purpose. The CPLD chip was designed and the availability of the one chip smell recognition system was tested.

key words(중요용어) : Gas sensor array(가스센서 어레이), Neural-network(뉴럴 네트워그), Back propagation algorism(백 프로퍼게이션 알고리즘), CPLD(복합프로그램어블로직디바이스), Metal oxide semiconductor sensor(금속산화 반도체센서)

1. 서 론

변위센서(물리적인 변위량에 대하여 Analog 값으로 출력을 취할 수 있는 센서) 중의 하나인 가스센서를 이용한 응용기술이 나날이 발전하고 있다. 특히 반도체식 후막형 가스센서 소자는 반도체 표면에 가스가 접촉하였을 때 발생하는 전기전도도의 변화를 이용하게 되는데 제조공정과 센서동작의 효율성 측면을 고려하여 설계하였다[1].

그런 면에서 본 연구는 이러한 센서의 효율성 측면을 고려한 가스센서의 선택성, 내구성, 안정성 등을 향상시키기 위해 다중 가스센서로 구성된 센서 어레이를 이용하고 신경회로망 이론을 응용하여 가스센서로부터 데이터를 입력받는다. 이러한 가스센서의 출력은 비선형적인 아날로그 값이며 가스농도에 따라 저항의 변화가 생긴다. 이런 복잡한 데이터를 효과적으로 처리하기 위해 다층퍼셉트론(Multilayer Perceptron) 이론을 이용하여 실험을 통한 센서의 출력값을 목표값으로 설정하여 가스종류에 대한 판별력을 가지게 하였다.

또한 이런 시스템 구현을 위해 Altera사의 CPLD 칩을 이용하여 신경회로망을 구현하였다. 이러한 PLD에 의한 시스템 구현은 적은 비용과 짧은 시간에 복잡한 디지털 회로를 단일 칩 상에 실현하는 것을 가능하게 하며, 알고리즘의 수정과 보완이 수월하여 다양한 환경에도 응용할 수 있다는 장점이 있다.

* 동서대학교 정보통신공학부
(부산광역시 사상구 주례2동 동서대학교,
Fax : 051-320-1751
E-mail : wychung@dongseo.ac.kr

2. 가스센서 데이터 분석

가스센서는 가스의 선택성을 고려하여 반도체식 가스센서를 사용하였다. 4종류의 가스센서는 출력의 안정성을 고려하여 TGS_109, TGS_203, TGS_813,

TGS_842를 사용하였다. 표1, 2는 각 가스(CO, H_2, CH_4, Ethanol)에 대한 감지특성과 그에 대한 4bit 랜덤펄스값을 나타냈었다.

표1. 가스 CO, H_2 : 단위(V)

가스종류 / 가스센서	CO		H_2	
	농도평균 (100-5000 ppm)	4bit 랜덤펄스값	농도평균 (100-5000 ppm)	4bit 랜덤펄스값
TGS_109	2.93	1001	3.43	1011
TGS_203	4.95	1111	4.55	1110
TGS_813	1.41	0100	3.4	1011
TGS_842	1.1	0100	2.02	0110

표2. 가스 CH_4, Ethanol : 단위(V)

가스종류 / 가스센서	CH_4		Ethanol	
	농도평균 (100-5000 ppm)	4bit 랜덤펄스값	농도평균 (100-5000 ppm)	4bit 랜덤펄스값
TGS_109	3.82	1100	3.67	1100
TGS_203	3.42	1011	2.79	1001
TGS_813	2.82	1001	2.62	1000
TGS_842	2.91	1001	2.14	0111

3. 시스템을 위한 신경망이론

본 연구에서 사용한 CPLD칩에 알고리즘 구현을 위한 신경망은 그림1과 같은 다층 퍼셉트론 구조인 입력층(Input_layer), 중간층(Hidden_layer), 출력층(Output_layer)으로 구성된다[2].

우선 4종류의 가스센서 array를 배열하여 입력패턴을 형성하고, 이 입력패턴이 연결강도에 전달되는 시냅스층1, 센서의 반응도를 가지는 중간층, 그리고 다시 시냅스층2을 거쳐 최종 출력층에는 가스의 종류에 대한 판단정보를 출력하게 구성한 것이 그림2이다. 이렇게 구현된 신경회로망은 4개의 입력뉴런과 4개의 중간층을 통해 최종 4개의 출력뉴런에서 각각의 특정 농도에 대한 가스에 대한 인식 결과를 출력하게 된다. 그림2는 각각의 뉴런 구성에 대해 프로그램한 CPLD 내부 블록도이다[3].

세부적으로, 입력으로는 4종류의 가스센서를 사용하

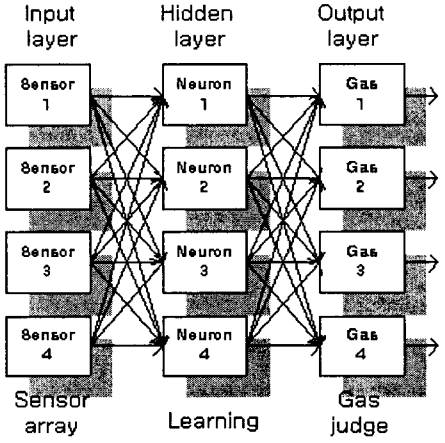

그림1 신경회로망의 구성도

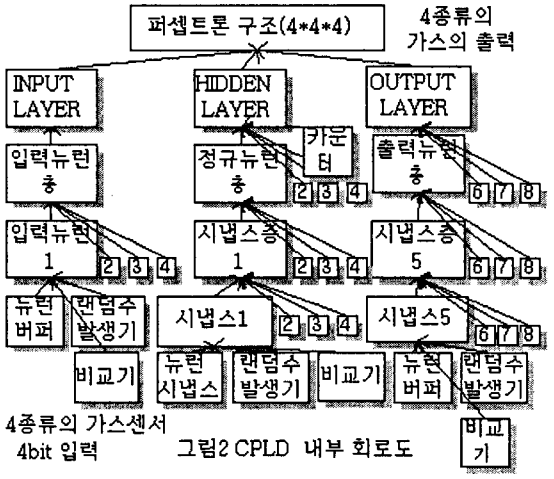

그림2 CPLD 내부 회로도

였으며 이러한 가스센서의 반응은 A/D 컨버터를 거쳐 4bit의 랜덤 펄스값로 나타나게 된다. 그리고 각각의 뉴런에 대한 입력은 1주기 즉, 1/16에서 16/16의 랜덤 펄스주기에 대해 전압의 변화를 4bit로 나타내었다. 입력뉴런층의 구성을 보면 입력뉴런에 3개의 뉴런버퍼, 랜덤수 발생기, 비교기가 있다. 여기서 입력패턴이 형성되어 시냅스층1 입력으로 랜덤 펄스값이 들어가고 시냅스층1에서는 정규뉴런층의 연결강도로서 한 시점에 대해서 현재의 펄스변화와 이전의 펄스변화의 차이가 없으면 자극의 펄스를 상위 뉴런에 전달하고 차이가 있으면 억제하는 역할을 하게 하였다. 즉 시냅스층1에서는 가스유입후 안정된 값인 랜덤펄스를 상위뉴런에 전달한다. 이러한 랜덤펄스가 정규

뉴런층 입력으로 들어가서 뉴런의 활성화를 위한 기초데이터를 제공한다. 다음으로 활성화된 정규뉴런층에서 발생된 랜덤 펄스값이 시냅스층2로 전달된다. 시냅스층2에서는 실험에서 나온 랜덤펄스값을 미리 목표치로 설정하였기 때문에 정규뉴런층에서 발생한 랜덤 펄스값과 비교하게 된다. 만약 같다면 상위 정규뉴런층에 전달되어 최종 가스판단이 결정되어지겠지만 그렇지 않다면 그 오차가 억제 역할을 하게되어 같을 때까지 판단을 대기하게 하였다.

4. 시스템 동작 특성

1) 컴퓨터 시뮬레이션 결과

표3은 본 실험에서 사용된 4개의 상업용 센서의 출력을 비교한 것이고, 표4는 이러한 4개의 센서를 입력으로 가정하여 4개의 노드를 가지는 중간층과 4개의 출력층을 가지는 신경망에서 출력결과를 컴퓨터 시뮬레이션 한 결과이다. 여기에서는 농도 100, 500, 1000, 2000, 3000, 5000ppm에 대해 가스센서의 반응도를 신경회로망의 4개 입력으로 인가하여 출력노드에 1.000000이 목표값이 되도록 순차 입력하여 시뮬레이션 한 결과를 보인 것이다.

기본적으로 data table 수는 24개, 입력과 중간층 출력층 노드수는 각각4개, 학습률 파라메터는 0.500000, 운동량 상수는 0.700000, 반복횟수는 250000번을 실시하였다. 그 결과 오차는 0.000004 이었다.

2) Max+ II 프로그램 이용한 시뮬레이션 결과

본 연구에서 사용한 CPLD칩은 ALTERA사 SRAM 방식의 FLEX10K20RC(240핀)를 사용하였다. 프로그램은 ALTERA사의 전용 프로그램인 Max PlusⅡ를 사용하였고 VHDL을 이용하여 프로그래밍을 한 후, 그 동작특성을 시뮬레이션 하였다. 사용한 핀수는 38개이며 Logic Cell수는 825/1152개로서 71.6%를 사용하였다[4].

그림3은 시뮬레이션한 결과를 보여주고 있다. 가스의 농도는 100~5000ppm의 평균을 입력형태로 하여 각각의 센서의 반응을 출력한 것이다. output _pulse에 "0001'이라는 것은 CO에 대한 출력이다. 2번째 bit부터 H_2, CH_4, Ethanol 순으로 출력하게 프로그램 하였다.

5. 시스템 전체 구성도

표3 4가지 종류의 가스에 각 센서의 반응(전압 : V)

입력데이터 / 농도(ppm)		TGS_109	TGS_203	TGS_813	TGS_842
100	CO	2.16	4.8	1	1
	H2	2.27	3.47	2.12	1.17
	CH4	2.55	1.19	1.47	2.40
	Ethanol	2.31	1	1.13	1.23
500	CO	2.72	4.96	1.19	1.05
	H2	3.125	4.46	3.05	1.62
	CH4	3.57	2.78	2.36	2.40
	Ethanol	3.38	1.67	2.12	1.67
1000	CO	2.91	4.98	1.37	1.07
	H2	3.47	4.72	3.38	1.92
	CH4	3.86	3.57	2.78	2.91
	Ethanol	3.83	2.55	2.55	1.98
2000	CO	3.125	4.984	1.54	1.11
	H2	3.72	4.83	3.79	2.27
	CH4	4.14	4.10	3.20	3.29
	Ethanol	4.01	3.38	3.05	2.40
3000	CO	3.21	4.986	1.62	1.14
	H2	3.94	4.88	3.96	2.45
	CH4	4.40	4.31	3.38	3.57
	Ethanol	4.17	3.85	3.32	2.60
5000	CO	3.47	4.989	1.76	1.23
	H2	4.07	4.92	4.11	2.66
	CH4	4.40	4.58	3.57	3.87
	Ethanol	4.33	4.27	3.57	2.98

표4 컴퓨터 시뮬레이션 결과

출력데이터 / 농도(ppm)		TGS_109	TGS_203	TGS_813	TGS_842
100	CO	0.000898	0.999137	0.000001	0.000000
	H2	0.000750	0.001218	0.998334	0.000088
	CH4	0.997256	0.000000	0.000000	0.002980
	Ethanol	0.002270	0.000000	0.000000	0.997608
500	CO	0.000001	0.999476	0.000141	0.000000
	H2	0.000323	0.001366	0.999180	0.000181
	CH4	0.998464	0.000000	0.000000	0.001344
	Ethanol	0.002214	0.000000	0.000006	0.997592
1000	CO	0.000000	0.999440	0.000427	0.000000
	H2	0.000367	0.000980	0.999325	0.000239
	CH4	0.999614	0.000000	0.000000	0.000112
	Ethanol	0.000052	0.000001	0.000111	0.999938
2000	CO	0.000000	0.999311	0.000744	0.000000
	H2	0.000433	0.000567	0.999402	0.000422
	CH4	0.999150	0.000001	0.000000	0.000053
	Ethanol	0.000044	0.000001	0.000193	0.999924
3000	CO	0.000000	0.999197	0.000923	0.000000
	H2	0.000395	0.000401	0.998967	0.000917
	CH4	0.999681	0.000000	0.000000	0.000037
	Ethanol	0.000035	0.000001	0.000594	0.999860
5000	CO	0.000000	0.998838	0.001378	0.000000
	H2	0.000360	0.000293	0.998210	0.001897
	CH4	0.999982	0.000001	0.000000	0.000000
	Ethanol	0.000092	0.000002	0.001857	0.998344

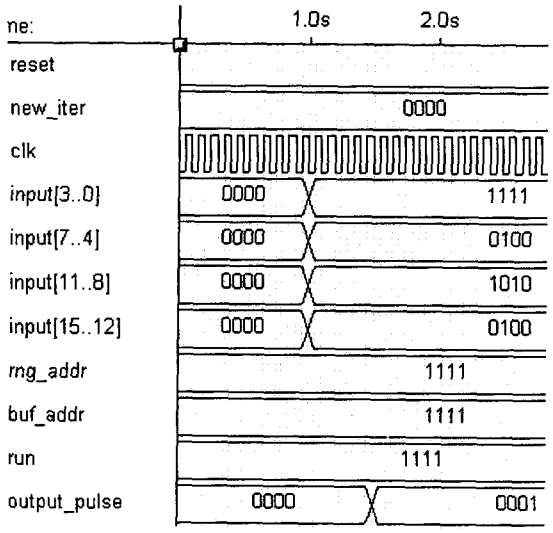

그림3 CPLD 시뮬레이션 결과

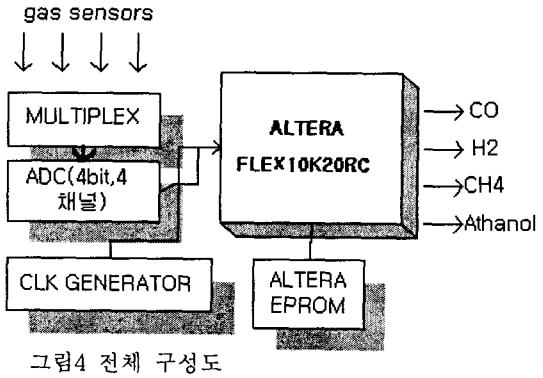

그림4 전체 구성도

그림4는 전체 시스템 구성도이다. 4개의 가스센서 입력이 4개 채널로 구성되고 각 bit 별로 순서대로 입력시켜 CPLD 칩 디지털 입력으로 들어가게 하였다. 이렇게 하므로써 CPLD를 거쳐 가스의 판단을 확인할 수 있는 시스템을 구성하였다.

6. 결 론

본 논문에서는 후막형 반도체식 가스센서로 구현된 가스 센서 어레이와 신경회로망 회로를 이용하여 4종류의 가스에 대한 구분을 할 수 있었다.

이러한 CPLD 칩으로 가스판단을 위한 뉴럴칩 설계가 가능하였으며, 이런 원칩형 시스템은 초소형의 시스템 제작이 가능하고 적은 개발비용과 빠른 제작 시일 때문에 앞으로 보다 많은 활용도가 있을 것이라 기대된다.

참고문헌

[1] 박종욱, "autotech.co.kr" 산화물 반도체식 가스 센서의 응용 및 기술동향, 2000

[2] 김대수, "신경망 이론과 응용 I", 하이테그정보, 다층 퍼셉트론, 1999

[3] 김영철, 정연모, 조중휘, 홍윤식 "디지털 시스템 설계를 위한 VHDL", 홍릉과학출판사, 디지털 신경망, 1999

[4] 정완영, 이영욱, "vhdl을 이용한 디지털 회로 설계 및 응용" vision21, 시스템 설계 응용, 2000