
LVQ를 이용한 영아 돌연사 방지 모니터링 시스템

정경권* · 엄기환**

Sudden Infant Death Syndrome Prevention Monitoring System using the LVQ

Kyung Kwon Jung* · Ki Hwan Eom**

이 논문은 2007년도 동국대학교 연구년 지원에 의하여 이루어졌음

요 약

영아 돌연사(SIDS)는 생후 한달에서 일년 사이의 건강한 아기가 원인불명으로 사망하는 것을 말한다. 본 논문에서는 영아 돌연사를 방지하기 위해 영아의 움직임을 감지하는 영아 모니터링 시스템을 제안한다. 제안한 시스템은 움직임 센싱 부분과 동작 인식 부분으로 구성된다. 움직임 센싱 부분은 3축 가속도 센서를 사용하며, 동작 인식 부분은 LVQ 알고리즘을 사용하였다. 제안한 시스템은 영아가 위험상황인 특정 위치가 되면 부모에게 모니터링 및 경고 알람을 보내게 된다. 실험을 통해서 제안한 모니터링 시스템의 성능을 평가하였다.

ABSTRACT

Sudden infant death syndrome (SIDS) is the leading cause of unexplained death of an apparently healthy infant aged one month to one year. This paper presents an infant monitoring system which detects the movement of infants to prevent SIDS. The proposed system is composed of a movement sensing part and a motion detecting part. The movement sensing part uses a tri-axis accelerometer. The motion detecting part is based on the LVQ algorithm. The proposed monitoring system connects to an alarm for alerting a parent when an infant is in a predetermined position. We evaluated the performance of the monitoring system through experiments.

키워드

Sudden infant death syndrome, accelerometer, LVQ, Infant monitoring system

I. 서론

영아 돌연사 증후군(SIDS: Sudden Infant Death Syndrome)이란 자세한 병력, 부검소견, 사망 현장 조사로 설명이 되지 않는 12개월 미만의 영아의 갑작스런 죽음을 말하는데, 최근 수년간 그 발생률이 급격하게 감소하였음에도 불구하고, 미국 통계에 의하면 연간 3000건

이 발생하여 영아 사망 원인 중 세 번째를 차지한다고 알려져 있다. 국내의 알려진 통계에 의하면 국내 영아 돌연사 발생률은 출생 1000명당 0.31명(남아 0.33명, 여아 0.29명)이었다. 영아 돌연사 증후군은 남아에게서, 가을철과 겨울철에 많이 발생하고 주로 2~4개월에 발생하며, 특히 6개월 미만에서 95%가 발생한다고 알려져 있다.

* 한림대학교 전자공학과

** 동국대학교 전자공학과

영아 돌연사 증후군의 위험 인자는 이러한 역학적 특성 외에도 엎드려서 재우기, 폭신한 침구의 사용, 옷을 두껍게 입히기, 보호자와 아기가 함께 자기, 모유 수유의 부족 등 아기를 돌보는 습관과도 연관이 있다고 알려져 있으나, 그 중 엎드려 자는 아기에서 바로 누워 자는 아기보다 영아 돌연사 증후군의 발생 빈도가 3배 이상 높다고 보고되고 있다.

미국 소아과 학회에서 1992년 영아들을 엎드려 재우지 말 것을 권유하고, 미국 내에서 1994년부터 시작된 바로 누워 재우기 캠페인을 실시한 이후로 영아 돌연사 증후군의 발생 빈도가 1992년 1000명당 1.2명에서 1999년 1000명당 0.67명으로 약 44%가 감소한 것으로 나타났다. 그 후 현재까지 영아 돌연사 증후군의 발생 위험을 낮추는 요소 중 엎어서 재우는 것을 피하는 것이 가장 중요한 단일 요소로 생각되고 있다[1-5].

본 논문에서는 엎어서 자는 것을 피하여 영아 돌연사를 방지하기 위해 신경회로망을 이용한 영아 모니터링 시스템을 제안한다. 제안한 시스템은 움직임 센싱 부분, RF 부분, 모니터링 및 알람 부분으로 구성된다. 움직임 센싱 부분은 3축 가속도 센서를 사용하며, RF는 저전력으로 동작한다. 움직임에 대한 센싱 정보를 비지도 학습인 LVQ(Learning Vector Quantization) 방식으로 영아의 움직임 동작을 분류하여 부모에게 모니터링하고, 특히 영아가 위험상황인 특정 위치가 되면 부모에게 모니터링 및 경고 알람을 보낸다. 실험을 통해서 제안한 영아 모니터링 시스템의 성능을 평가한다.

II. 영아 돌연사 모니터링 시스템

제안한 영아 돌연사 방지 모니터링 시스템의 개념도와 블록선도는 각각 그림 1, 2와 같다. 영아 돌연사 방지 모니터링 시스템을 차고 있는 영아에게 설치하고 움직임에 대한 정보를 가속도 센서로 측정하여 부모에게 모니터링하고 특히 위험상황인 엎드려서 자는 위치가 되면 부모에게 모니터링 및 알람을 울리게 한다.

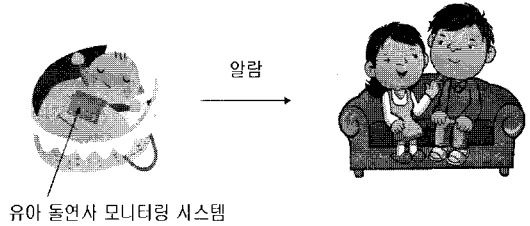


그림 1. 제안한 영아 돌연사 방지 모니터링 시스템 개념도

Fig. 1. Overview of proposed SIDS prevention monitoring system.

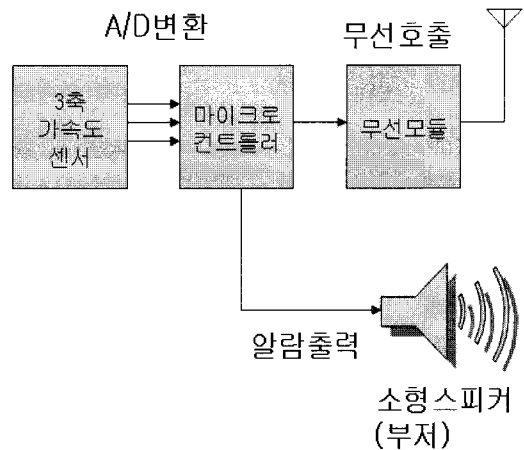


그림 2. 제안한 시스템의 블록선도
Fig. 2. Block diagram of proposed system.

그림 2의 제안한 시스템에서 사용한 3축 가속도 센서는 freescale사의 MMA7260Q를 사용하였다. MMA7260Q는 가속도의 범위를 1.5g~6g까지 선택이 가능하고, 아날로그 출력을 하는 MEMS형 센서로, 기울기, 회전, 충격 등의 동적인 움직임에 대한 가속도를 측정할 수 있고, 정적인 움직임에 대해서는 그림 3과 같이 중력방향에 대해서 +z축으로 구성되는 좌표축을 가지고 중력 가속도를 측정할 수 있다[6].

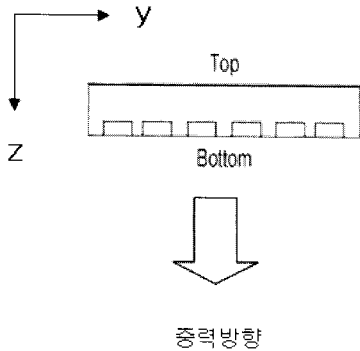
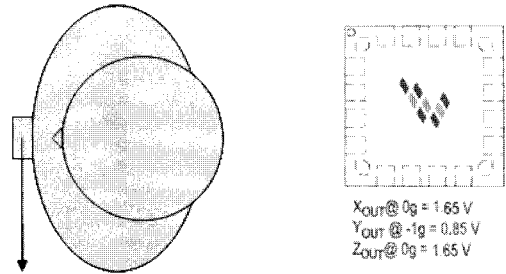
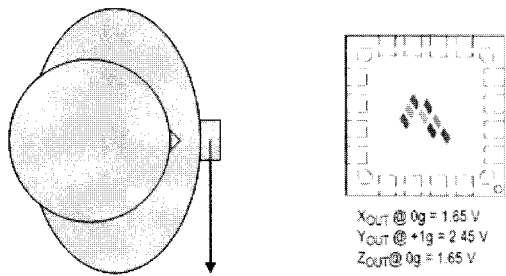


그림 3. 가속도 센서의 중력에 의한 가속도 방향
Fig. 3. Direction of Accelerometer sensor by Earth's gravity.

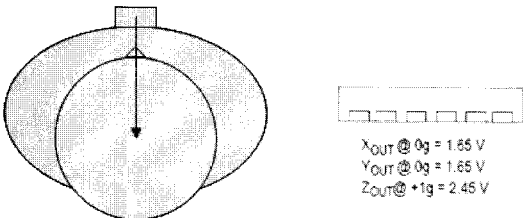
본 논문에서 제안하는 영아 돌연사 모니터링 시스템은 영아의 동작을 감지하여 바로 누워있는지, 엎드려있는지를 판단하는 용도로 가속도 센서를 사용한다. 영아가 잠을 잘 때 취할 수 있는 동작을 정면 위 자세(Front Up: FU), 정면 왼쪽 자세(Front Left: FL), 정면 오른쪽 자세(Front Right: FR), 정면 아래 자세(Front Down: FD)로 나누고, 이 때 측정되는 중력에 대한 가속도 센서값을 이용하여 FD가 발생하면 위험 상황으로 판단한다. 영아의 동작에 대한 가속도 센서의 위치와 출력은 그림 4와 같다. 4가지 동작에 대한 가속도에서 x축 방향으로의 변화가 없기 때문에 y-z 축의 가속도 데이터를 이용하여 동작에 대한 기준 패턴을 생성하여 동작 분류에 사용한다.



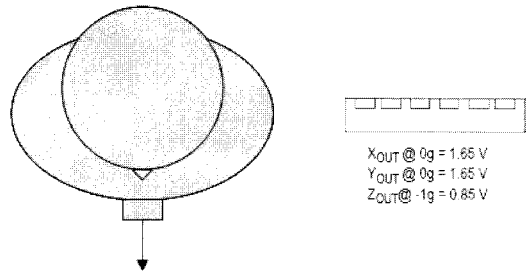
(b) 정면 왼쪽 자세(FL): -y 출력



(c) 정면 오른쪽 자세(FR): +y 출력



(a) 정면 위 자세(FU): +z 출력



(d) 정면 아래 자세(FD): -z 출력

그림 4. 가속도 출력
Fig. 4. Acceleration output.

III. LVQ를 이용한 움직임 동작 분석

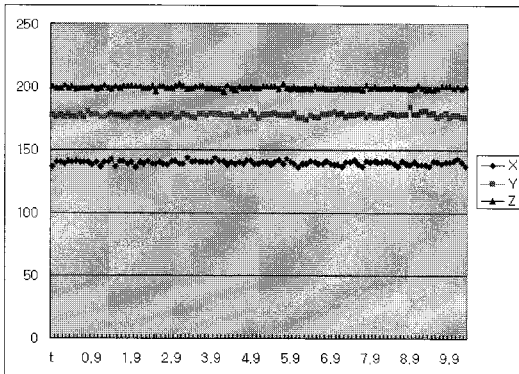
본 논문에서는 가속도 센서 데이터를 이용하여 영아의 움직임을 판단하기 위해 분류기(classifier)로 LVQ 신경회로망을 이용한다. Kohonen이 제안한 LVQ 알고리즘은 패턴을 보다 정밀하게 분류할 수 있도록 경계를 형성하는 것을 목적으로 한다. LVQ의 출력 뉴런은 하나의 서브 클래스가 되고, 여러 개의 서브 클래스를 묶어서 하나의 클래스로 지정한다. LVQ는 지도 학습과 비지도 학습이 동시에 존재하는 형태이며, 학습을 하는 동안 LVQ의 출력 뉴런들은 이론적인 Bayes 분류기의 결정 경계에 접근하고, 학습 후에는 기준 벡터와 입력 벡터가 가장 가깝게 위치하는 출력 뉴런으로 입력 벡터를 분류한다. 입력 벡터의 클래스(T)와 승리 뉴런의 클래스(C_j)가 같으면 기준 벡터의 학습은 새로운 입력 벡터의 방향으로 이동하고, 입력 벡터의 클래스와 승리 뉴런의 클래스가 다르면 기준 벡터의 학습은 새로운 입력 벡터와 반대 방향으로 이동한다. 기준 벡터의 조정은 식(1), 식(2)와 같다 [7-9].

$$m_j(t+1) = m_j(t) + \alpha [x - m_j(t)], T = C_j \quad (1)$$

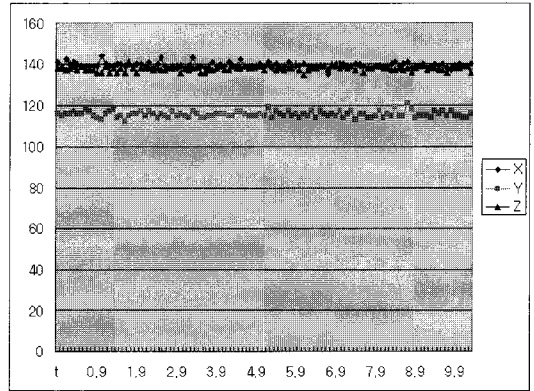
$$m_j(t+1) = m_j(t) - \alpha [x - m_j(t)], T \neq C_j \quad (2)$$

여기서 m_j 는 기준 벡터이고, α 는 학습률이다.

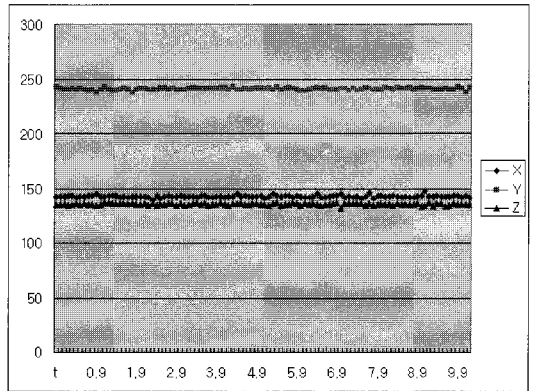
영아의 움직임 동작 분석을 위하여 수면 상황에서 영아의 4가지 동작 패턴을 측정된 결과는 그림 5와 같다. 10Hz로 샘플링하여 10초간 데이터 측정된 결과이다.



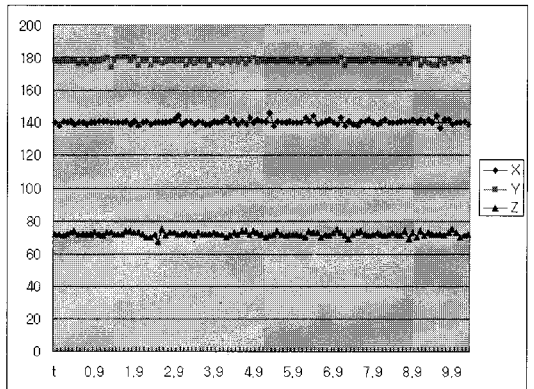
(a) FU



(b) FL



(c) FR



(d) FD

그림 5. 가속도 데이터
Fig. 5. Acceleration data.

4가지 동작에 대한 가속도에서 x축 방향으로의 변화가 없기 때문에 y-z 축의 가속도 데이터를 이용하여 생성한 기준 패턴은 그림 6과 같다. 그림 6에서 FU, FL, FR, FD 이외의 영역을 동작을 바꾸기 위한 변화 상태 (Transition State: TS)로 세분화하여 LVQ의 클래스를 설정한다.

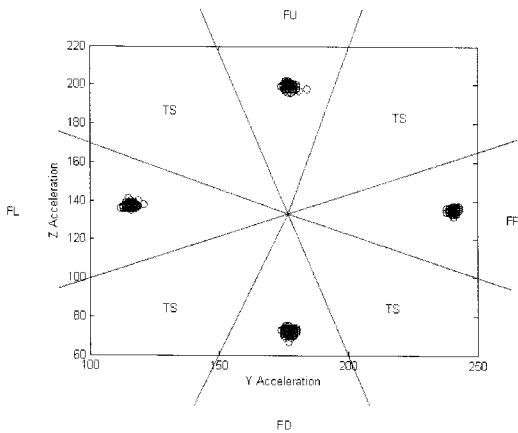


그림 6. 기준 패턴
Fig. 6. Reference patterns.

LVQ의 입력 뉴런은 2개로 하고, 5가지 출력에 대해서 1개의 서브 클래스를 갖는 LVQ의 구성은 그림 7과 같다. 학습률은 0.9로 설정하여 학습이 진행됨에 따라 감소하게 설계하였다. 기준 벡터의 초기값은 0으로 하여 10000회 학습을 수행하였다.

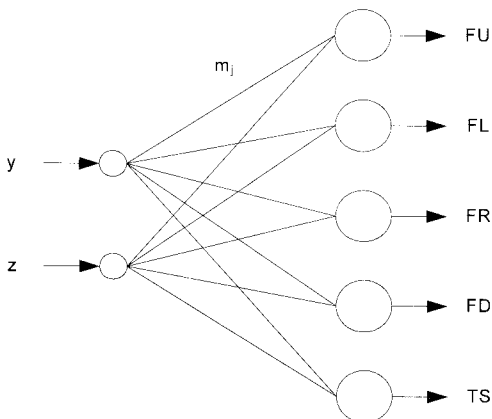
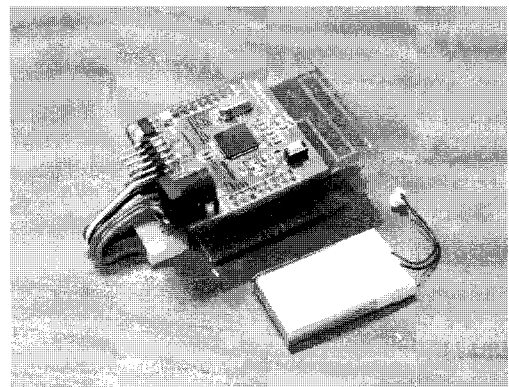


그림 7. LVQ 네트워크
Fig. 7. LVQ network.

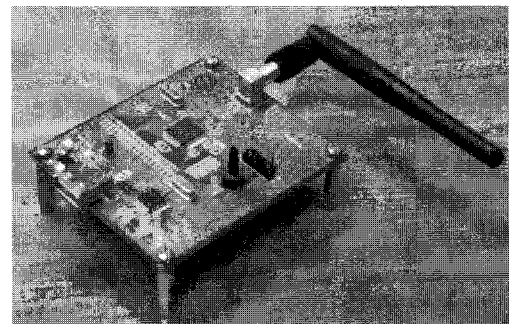
IV. 실험 및 검토

그림 2의 구성을 갖는 영아 돌연사 방지 모니터링 시스템을 그림 8과 같이 제작하였다. 3축 가속도 센서는 freescale사의 MMA7260Q를 사용하였으며, 마이크로컨트롤러는 RF 트랜시버와 8051이 내장된 TI사의 CC1010을 사용하였다[10]. CC1010은 400~1000MHz 범위의 주파수 대역을 사용할 수 있으며, 12비트 ADC를 가지고 있는 저전력 마이크로컨트롤러이다. 본 논문에서는 433MHz 대역을 사용하였으며, 안테나는 PCB위에 패턴으로 안테나를 구성하였다. 전원은 3.7V 500mAh 리튬-폴리머 배터리를 사용하였다.

그림 8(a)는 3축 가속도 센서가 부착된 영아 돌연사 모니터링 시스템이고, 그림 8(b)는 PC와 연결되어 무선으로 가속도 데이터를 수신하는 베이스 모듈이다.



(a) 영아 돌연사 모니터링 시스템



(b) 베이스 모듈

그림 8. 실험 장치
Fig. 8. Experimental set-up.

그림 9와 같은 아기 인형에 제안한 시스템을 설치하여 움직임에 대한 가속도를 측정하고, 동작을 판단하는 실험을 수행하였다. 인형을 한쪽 방향으로 움직이면서 측정된 가속도값은 그림 10과 같다.



그림 9. 인형 실험 사진
Fig. 9. Photo of experiment with a baby doll.

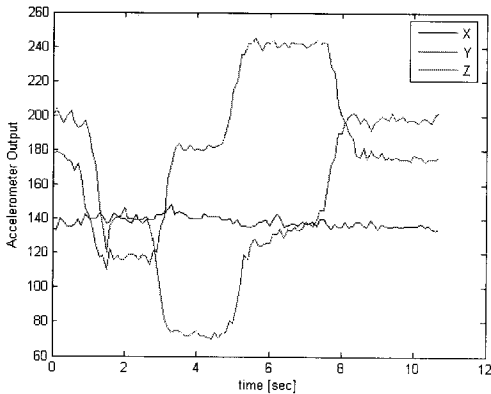


그림 10. 실험 데이터
Fig. 10. Experiment data.

그림 11은 측정된 실험 데이터를 실험 패턴으로 구성한 결과로 4가지 동작과 변환상태가 만들어졌으며, 기준 패턴을 이용하여 학습시킨 LVQ에 입력하여 얻어진 실험 패턴의 인식률은 표 1과 같다.

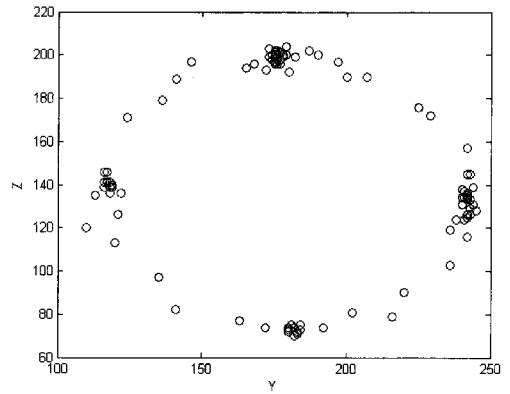


그림 11. 실험 패턴
Fig. 11. Test pattern of experiment data.

표 1. 동작 분류 인식률
Table 1. Classification rate of movements.

동작	실험회수	성공회수	성공률(%)
FU	20	20	100
FL	20	20	100
FR	20	20	100
FU	20	20	100
TS	80	76	95

표1과 같이 총 20번의 실험을 통해서 99%의 성공률을 확인하였다. 위험상황인 FD동작의 인식률은 100%이며, TS 동작의 경우는 4개의 구간이 있기 때문에 실험회수가 80회이다.

V. 결론

본 논문에서는 영아가 엎드려서 자므로 생기는 영아 돌연사를 방지하기 위하여 신경회로망을 이용한 영아 모니터링 시스템을 제안하였다. 제안한 시스템은 움직임 3축 가속도 센서를 사용하여 영아 위치에 대한 중력 가속도를 측정하여 LVQ 알고리즘으로 영아의 움직임 동작을 5가지(FU, FL, FR, FD, TS)로 분류하고, 각 동작을 부모에게 모니터링하며, 특히 영아가 위험상황인 특정 위치(FD)가 되면 부모에게 모니터링 및 경고 알람을 보낸다. 영아의 위치에 따른 가속도를 측정하여 5가지의

기준 패턴을 구성하고, LVQ는 기준 패턴에 맞추어 입력 뉴런은 2개, 출력 뉴런 5개, 서브클래스 1개로 설계하여 학습하였다.

제안한 SIDS 모니터링 시스템의 성능을 확인하기 위하여 아기 인형에 시스템을 장착하여 실험을 수행하였다. 제작한 시스템의 3축 가속도 센서는 freescale사의 MMA7260Q를 사용하였으며, 마이크로컨트롤러는 RF 트랜시버와 8051이 내장된 TI사의 CC1010을 사용하였다. 실험 결과 5가지 동작에 대해서 99%의 동작 인식률을 얻었으며, 특히 영아가 위험상황인 특정 위치(FD) 인식율은 100%이다.

향후 소형화 설계를 수행하고, 배터리의 사용 시간을 늘리기 위해서 RF 및 가속도 측정에 저전력 알고리즘을 적용할 계획이다. 또한 실제 적용에 있어서는 FD 상황이 발생할 때 알람을 보내는 것이 아니라 일정 시간 이상 FD를 유지하게 되면 알람을 전달하게 구성하여 시스템의 유용성을 향상시켜야 한다.

감사의 글

본 연구는 2007년도 동국대학교 연구년 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사 드립니다.

참고문헌

[1] DAVID I. TUDEHOPE, GEOFFREY CLEGHORN, "Home monitoring for infants at risk of the sudden infant death syndrome," *Journal of Paediatrics and Child Health*, Volume 20, Issue 2, pp. 137-140, 1984.

[2] Committee on Fetus and Newborn, "Apnea, Sudden Infant Death Syndrome, and Home Monitoring," *PEDIATRICS*, Vol. 111, No. 4, pp. 914~917, 2003.

[3] Paul N. Goldwater, "SIDS pathogenesis: pathological findings indicate infection and inflammatory responses are involved," *FEMS Immunology & Medical Microbiology*, Volume 42, pp. 11-20, 2004.

[4] 김창휘, "영아 돌연사 증후군," 대한의사협회지, 제

44권 제9호, pp. 976-984, 2001년 9월

[5] 하미나, 윤석준, 고운영, "Capture-recapture 분석법을 이용한 우리나라 영아 돌연사 발생수 추정," 대한예방의학회 제52차추계학술대회연제집, pp.253-254, 2000년

[6] freescale, <http://www.freescale.com/>

[7] David M. Skapura, *Building Neural Networks*, Addison-Wesley Professional, 1995.

[8] Simon Haykin, *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*, Prentice Hall, 1998.

[9] Martin T. Hagan, Howard B. Demuth, Mark H. Beale, *Neural Network Design*, Martin Hagan, 2002.

[10] Texas Instruments, <http://www.ti.com>

저자소개



정경권(Kyung Kwon Jung)

1998년 동국대학교 전자공학과 (공학사)
2000년 동국대학교 전자공학과 (공학석사)

2003년 동국대학교 전자공학과(공학박사)
2005년 3월 ~ 2008년 2월 동국대학교 밀리미터파신기술연구센터 연구원
2008년 3월 ~ 현재 한림대학교 전자공학과 전임강사
※관심분야: 디지털신호처리, 인공지능, 임베디드 시스템, 센서 네트워크



엄기환(Ki Hwan Eom)

1972년 동국대학교 전자공학과 (공학사)
2000년 동국대학교 전자공학과 (공학석사)

1989년 ~ 1990년 Toho Univ. Post Doc.
2000년 ~ 2001년 Univ. of Canterbury Visiting Professor
1994년 3월 ~ 현재 동국대학교 전자공학과 교수
※관심분야: 시스템응용, 인공지능, 홈네트워크