링거 자동 교체를 위한 잔량 검출 알고리즘

(An Algorithm for Detecting Residual Quantity of Ringer's Solution for Automatic Replacement)

김창욱*, 우상효*, 지아 모이우딘*, 원철호*, 홍재표****, 조진호***

(Chang Wook Kim, Sang Hyo Woo, Zia Mohy Ud Din, Chul Ho Won, Jae Pyo Hong, Jin Ho Cho)

요 약 최근 POC (Point of care)와 같은 의료서비스의 질을 높이기 위한 연구가 많이 진행되고 있다. 서비스의 질을 높이기 위해서는 장비뿐만 아니라 간호사 인력의 확충이 매우 중요하다. 그러나 현재 대한민국의 간호사 인력은 매우 부족하며, OECD 국가 중 최하위를 기록하고 있다. 많은 간호사의 업무 중 단순 반복적인 업무를 대체할 경우, 추가적인 인건비 없이도 고급의 간호 인력을 다른 업무에 사용할 수 있다. 수많은 단순 반복적인 간호사 업무 중에는, 본 논문에서는 링거액을 교체하는 업무에 초점을 맞추었다. 그러므로 본 논문에서는 링거의 자동 교체를 위하여, 먼저 링거의 잔량을 검출하는 알고리즘을 구현하였다. 구현된 알고리즘은 실제 현장에 사용할 때 많이 발생할 수 있는 조명 문제의 해결을 위하여 수정된 SQI 알고리즘을 사용하였으며, 이후 간단한 히스토그램 누적 방법을 이용하여 링거의 잔량을 검색하였다. 구현된 알고리즘은 링거 교체에 사용될 수도 있으며, 간호사들에게 경보를 주는 곳에도 사용할 수 있다.

핵심주제어 : SQI, 링거, 잔량, 간호 보조 로봇

Abstract Recently, there are many researches to improve the quality of the medical service such as Point of care (POC). To improve the quality of the medical service, not only good medical device but also more man power is required. Especially, the number of nurses are very few in Korea, that is almost the lowest rank compared to OECD countries. If the simple repetition works of the nurse could be removed, it is possible to use the skillful nurse for other works and provide better quality services. There are many simple repetition works which the nurses have to do, such as replacing the ringer's solution. To replace the ringer's solution automatically, it is necessary to detect residual quantity of the ringer's solution. In this paper, image processing is used to detect the residual quantity of ringer's solution, and modified self quotient image (SQI) algorithm is used to strong background lights. After modified SQI algorithm, the simple histogram accumulation is done to find the residual quantity of the ringer's solution. The implemented algorithm could be use to replace the ringer's solution automatically or alarm to the nurses to replace the solution.

Key Words : SQI, Ringer, Residual, Nurse assistance robote

1. 서 론

최근 POC (Point of care)와 같은 의료서비스의 질을 높이기 위한 연구가 많이 진행되고 있다. 서비스의 질을 높이기 위해서는 장비뿐만 아니라 간호사 인력의 확충이 매우 중요하다. 그러나 2004년

* 경북대학교 전자전기컴퓨터학부
** 경북대학교 의용생체공학과
*** 경일대학교 컴퓨터제어학부
**** 경일대학교 전자정보통신공학부

도 보건복지부 자료를 살펴보면, 대한민국은 인구 1000명당 활동 간호사의 수가 OECD 가입국 중 가장 적은 1.8명인 것을 알 수 있다. 또한 간호사의 양성은 짧은 시간에 이루어질 수 없으며, 300병동 이상의 종합병원의 40%가 만성 적자에 시달리고 있음을 감안하면 간호사 인력의 추가적인 충원이 쉽지 않을 것임을 알 수 있다.

그러므로 추가적인 비용의 발생을 줄이면서, 기존의 간호 인력의 일을 덜어줄 수 있는 시스템의 연구가 필요하다. 많은 간호사 업무 중에서는 단순 반복적인 업무가 많이 있다. 특히 주기적인 체온측정 및 링거 교체 등은 대표적인 단순 반복적인 일이다. 그러므로 본 논문에서는 자동적인 링거의 교체를 목표로 먼저 링거의 잔량을 검사하였다. 특히 링거의 잔량 검출의 중요한 이유는 잔량이 없는 링거를 장시간 방치하였을 경우, 공기가 혈류로 역류해서 치명적인 의료사고를 일으킬 수도 있기 때문이다.

기존의 링거의 잔량을 검출하는 방법은 몇 가지가 있다. 특히 하 등이 이용한 로드셀을 이용한 방법은 정확한 링거의 잔량을 검출할 수 있는 장점이 있다 [1]. 그러나 링거 병 또는 팩에 따라 초기 무게가 많이 차이나며, 링거대의 수평이 일정해야 하는 문제도 있다. 또 다른 방법으로는 광 드롭 검출기를 사용하여 일정시간 드롭이 없으면 잔량이 없는 것으로 판단하는 방법이 있다 [2]. 이 방법은 환자의 수면 등에 의하여 관의 일시 폐쇄와 잔량이 없는 것을 구분하지 못하며, 검출기의 설치가 쉽지 않다.

상기의 방법들은 단순히 링거의 잔량의 유무를 검출만 가능하지만, 본 논문에서 사용한 영상을 이용하여 잔량을 검출하면, 추후 간호사 보조 로봇이 자동적으로 링거의 잔량을 검사하고, 링거의 교체도 가능하다.

본 논문에서는 링거의 잔량을 검출하기 위하여 영상을 이용하여 링거의 잔량을 검출하였다. 특히 영상처리에서 가장 많이 부각되는 조명문제를 수정된 SQI (self quotient image) 알고리즘을 이용하여 줄였다. 다음으로는 히스토그램을 이용하여 링거 잔량 에지 성분을 검출하여 잔량을 검출하였다.

2. SQI 알고리즘을 이용한 전처리

본 논문에서는 야간에도 링거의 잔량을 측정하기 위하여 적외선 조명을 이용하여 영상을 획득하였다. 그러나 링거 표면이 적외선 조명을 과도하게 반사하는 부분이 국부적으로 발생하여 조명의 제어 및 링거 잔량의 측정을 방해하였다. 이를 해결하기 위하여 조명에 강인한 알고리즘 중 SQI를 선택하였다.

SQI 알고리즘은 Wang 등[3]에 의하여 제안되었으며, 다른 조명에 강인한 알고리즘과 달리 카메라 1대로도 쉽고 간단하게 조명의 영향을 줄일 수 있다[4-5]. SQI 알고리즘은 평균의 임계값 이상의 한쪽 부분만 평활화 한 후, 가중치된 가우시안 필터로 원영상을 나누어 조명 성분을 제거하는 것이다. 이를 수식을 이용하여 설명하자면 식 1과 같으며, Q (self quotient image)는 원 영상 I와 평활화 영상 (smoothing image, $\hat{I}$)의 비와 같다.

$$Q = \frac{I}{\hat{I}} = \frac{I}{F * I} \tag{1}$$

F는 평활화 커널 (smoothing kernel)로 가중치된 가우시안 필터 (weighted gaussian filter)이다. $\hat{I}$은 원 영상과 평활화 커널의 길쌈 (convolution) 연산으로 도출된다. F는 2차원 가우시안 필터 G와 가중치 W의 곱으로 식 2와 같다.

$$F = W \times G \tag{2}$$

$$\frac{1}{N}\sum_{\Omega} WG = 1 \tag{3}$$

N은 정규화 요소 (normalizing factor)이고 Ω는 가우시안 필터의 크기이다.

가중치는 가우시안 필터의 크기와 같은 영역의 평균을 임계값으로 하여 결정되며 식 4와 같다.

$$W(x,y) = \begin{cases} 0, & I(x,y) < \tau \\ 1, & otherwise \end{cases} \tag{4}$$

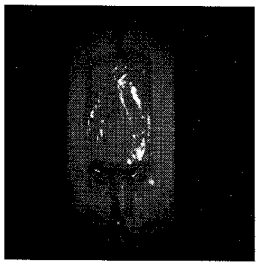
이 때 평활화 커널의 가중치는 가우시안 필터 행렬의 각 원소에 독립적으로 적용되는 값으로 길쌈

의 매 연산마다 식 (5)와 같이 가우시안 필터의 크기 영역의 평균값을 임계값으로 하여 식 (4)과 같이 원 영상의 화소 값이 임계값보다 작으면 0, 크면 1의 값을 가진다.

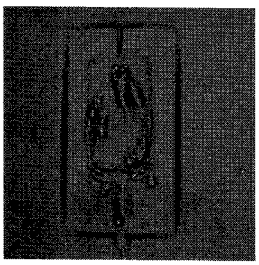
$$\tau = Mean(I_{\Omega}) \tag{5}$$

SQI 알고리즘은 1대의 카메라로 조명 성분은 간단하고 빠르게 제거할 수 있으나, 밝기 차가 극명한 곳에 따라 하로 효과가 나타난다. 그림 1는 SQI 알고리즘을 이용하였을 시 발생하는 하로 효과를 보여주고 있다. 그러므로 본 논문에서 하로 효과를 줄이기 위하여 원 영상에서 밝기 차가 극명하게 나는 부분을 검색하고, 이 부분에 가중치 (W)를 0으로 함으로서 기존의 SQI 알고리즘을 수정하였다. 그림 1의 (b)는 기존의 SQI 알고리즘의 적용 시 영사이며, (c)는 수정된 알고리즘을 적용했을 때 영상이다. 수정된 SQI 알고리즘은 계산이 적으면서도 하로 효과의 제거에 탁월한 것을 알 수 있다.

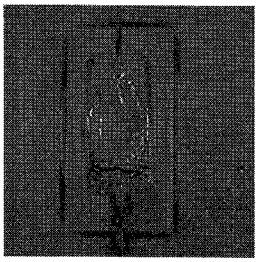
그림 2는 앞에서 설명한 개선된 SQI의 순서도이며, 기존의 SQI 알고리즘과 달리 밝기차가 k (0.13, normalized value) 이상일시 가중치 (W)을 부여하지 않고, 그렇지 않을 경우에는 가중치를 부여함을 알 수 있다.



(a)



(b)

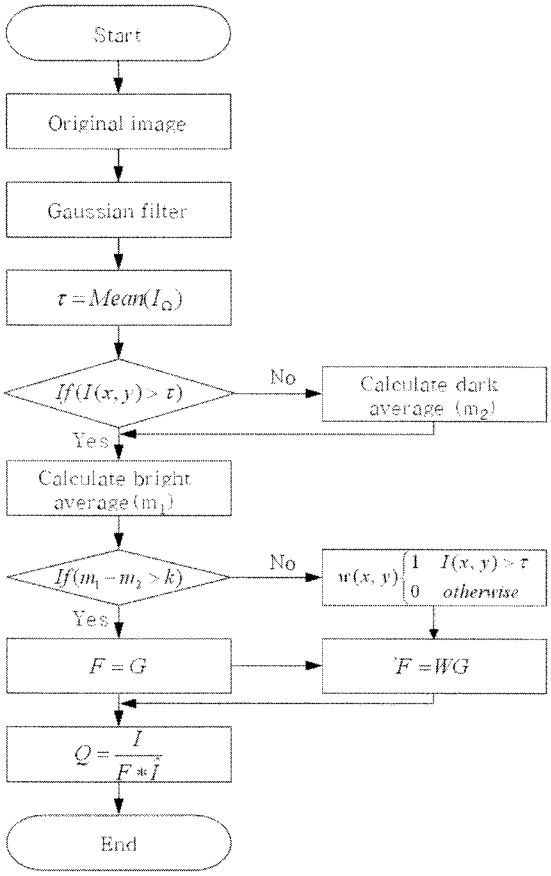


(c)

<그림 1> 하로 효과의 감소: (a) 원 영상; (b) SQI; (c) 개선된 SQI

3. 링거 잔량 검출 방법

본 논문에서는 링거의 잔량을 검출하기 위해서 개선된 SQI에서 i 방향으로 이동하면서 j 방향에 대한 밝기 값을 누적하여, 링거액의 가장자리 영역의 밝기가 주위 다른 영역의 밝기보다 어둡다는 사실을 이용해 링거액의 가장자리 (edge) 영역을 검출하였다. 편의상 실제로 모니터에 나타낼 때는 개선된 SQI의 밝기분포의 반대되는 값을 나타내었다.

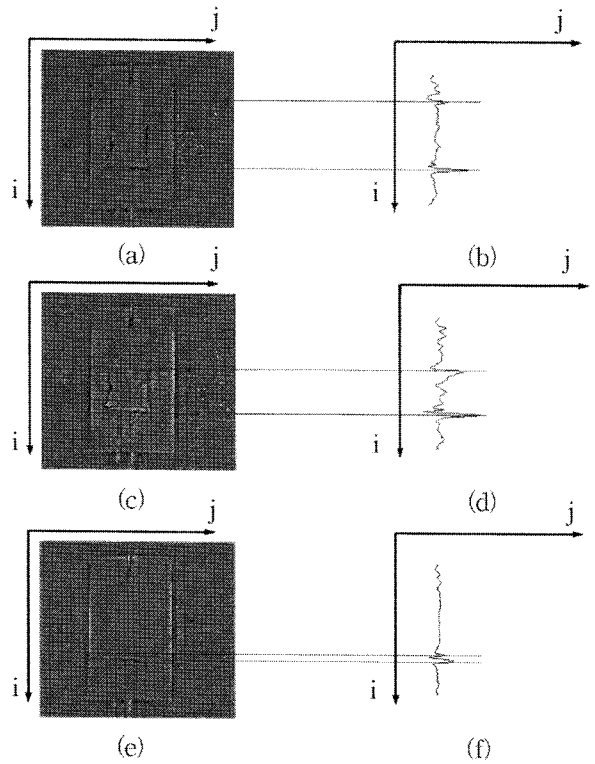


<그림 2> 개선된 SQI 순서도

그림 3의 (a), (c), (e)는 개선된 SQI이다. 그림 3의 (b), (d), (f)에서 볼 수 있듯이 링거액의 가장자리 영역과 링거의 맨 아래쪽 영역의 밝기가 가장 두드러짐을 볼 수 있다.

이러한 밝기 변화를 이용하여 링거액의 잔량을 검출이 가능하다. 그림 4는 링거 잔량 검출 프로그램의 흐름도이다. 흐름을 살펴보면 제일 먼저 본 논문에서 제안한 기존의 SQI의 문제점인 하로 효

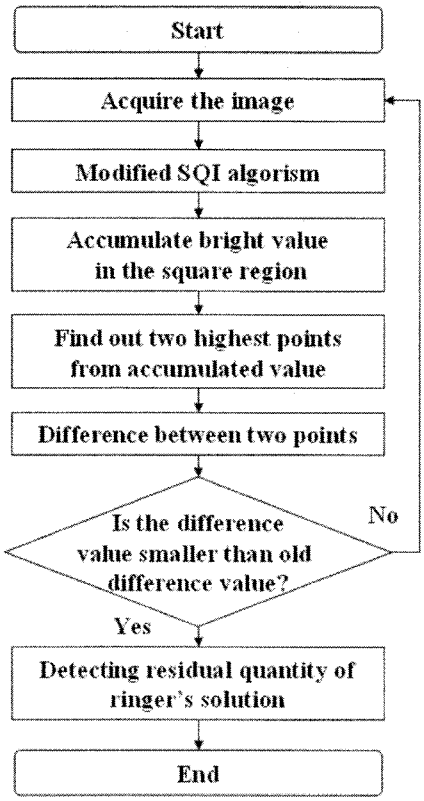
과를 줄인 개선된 SQI 영상을 얻은 다음, 링거 뒤쪽의 사각형 영역안의 밝기 값을 누적해 가장 두드러지게 어두운 값을 가지는 두 영역을 찾은 다음, 그 두 영역의 차이를 이용해 링거의 잔량을 검출한다. 검출된 링거 잔량이 이전에 검출된 링거의 잔량보다 많거나 차이가 심하게 나면 흐름도의 처음으로 돌아가 다시 링거의 잔량을 검출하게 된다.



<그림 3> 링거액의 변화에 따른 각각의 밝기 누적 그래프: (a), (c), (e)원 영상; (b), (d), (f) 밝기 누적 그래프

4. 실 험

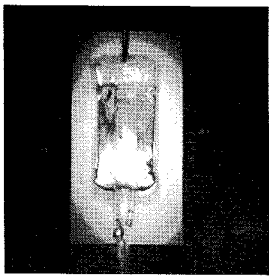
본 논문에서는 적외선 카메라를 이용한 링거 잔량 검출 알고리즘을 제안하였으며, 이를 검증하기 위해서 세 가지 방사 강도 (radiant intensity)를 가지는 적외선 조명 환경에서 링거 잔량 검출 실험을 수행하였다. 실험 수행을 위해 카메라와 링거 사이의 거리는 의료용 로봇이 병실 내에서 링거 잔량



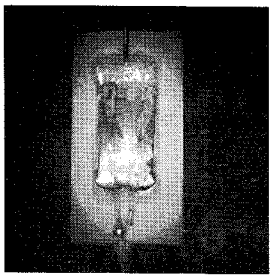
<그림 4> 링거 잔량 검출 순서도

측정을 수행할 경우, 환자 또는 보호자에게 심리적 및 물리적 피해를 주지 않는 최소 거리로 설정하여야 한다. 이를 위해 본 논문에서는 약 70 cm의 거리로 카메라와 링거 사이의 거리를 고정하였다.

세 가지 방사 강도를 가지는 적외선 조명 환경을 조성하기 위해서, 조명 조건은 그림 5과 같이 3가지의 밝기를 가지도록 적외선 다이오드의 전류를 조절 하여 적외선 조명의 강도를 조절하였다. 그림 13은 다양한 방사 강도의 조명에서 촬영된 링거 영상이다. 링거의 뒤편에 가로 25 cm, 세로 35 cm의 하얀색 배경을 두어 배경에 대한 반사 효과를 일정하게 하였다.



(a)



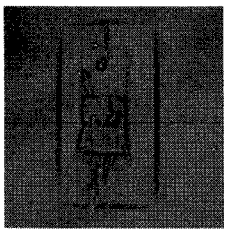
(b)

(c)

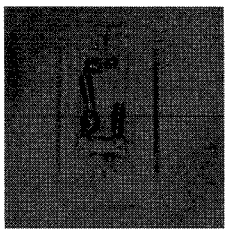
<그림 5> 조명에 변화에 따른 영상 :
(a) 300 mW/Sr; (b) 150 mW/Sr; (c) 50 mW/Sr

본 논문에서 제안한 링거 잔량 검출 알고리즘의 성능을 검증하기 위해 앞 절에서 말한 바와 같이 세 가지의 조명 상황 아래에서 링거 잔량을 검출하였다. 기존의 SQI 알고리즘은 조명 제거에는 탁월한 효과를 보이는 반면, 하로 효과라는 현상으로 인해 정확한 링거 잔량을 검출하는데 어려움이 있었다. 그래서 본 논문은 입력 영상의 조명 성분을 제거하기 위하여 기존의 SQI 알고리즘의 문제점인 하로 효과가 줄어든 개선된 SQI 알고리즘으로 전처리를 수행하였다. 하로 효과로 인해 잘못된 링거액의 경계 영역을 찾는 경우는 그림 6 (a), (b)에서와 같으며, 제안된 방법으로 하로 효과가 줄어들면서 정확하게 링거액의 경계 영역을 검출한 결과는 그림 6 (c), (d)에서와 같다.

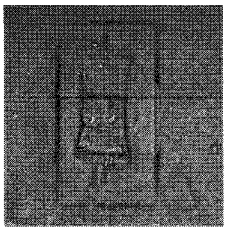
영상의 전처리로 기존의 SQI 알고리즘과 개선된 SQI 알고리즘을 각각 적용하여 링거 잔량을 검출해 그 결과를 비교하여 제안된 방법이 더 우수함을 표 I에서 보였다. 결과에서 보듯이 기존의 SQI의 문제점인 하로 효과로 인해 링거 잔량 검출 성공률이 낮았으나 개선된 SQI를 적용한 후에는 좀 더 나은 링거 잔량 검출 성공률을 보였다. 적외선 조명의 방사 강도가 50 mW/Sr일 때 90.0%, 150 mW/Sr일 때 94.4%, 300 mW/Sr일 때, 96.6%로 향상되었다.



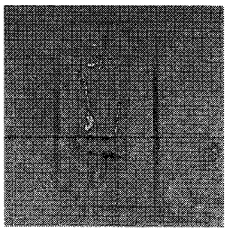
(a)



(b)



(c)



(d)

<그림 6> 제안된 방법의 결과 영상: (a), (b) SQI 알고리즘으로 전 처리 후 링거 잔량 검출; (c), (d) 개선된 SQI 알고리즘으로 전 처리 후 링거 잔량 검출

<표 I> 제안된 알고리즘의 성능 비교
Table I. The result comparison of the proposed algorithm.

종류 / 방사 강도	원 영상	SQI	개선된 SQI
50 mW/Sr	7.8 % (7/90)	66.6 % (60/90)	90.0 % (81/90)
150 mW/Sr	32.2 % (29/90)	76.6 % (69/90)	94.4 % (85/90)
300 mW/Sr	42.2 % (38/90)	81.1 % (73/90)	96.6 % (87/90)

5. 고 찰

본 논문에서는 의료용 로봇에서 적외선 카메라를 이용해 링거 잔량을 자동으로 검출하기 위하여 다양한 조명과 반사 성분에 강인한 알고리즘을 제안하였다. 기존의 SQI 알고리즘은 조명 변화와 반사

성분에 상관없이 가장자리 이외의 영역에서 동일한 밝기 값을 가지는 영상을 얻을 수 있어 다양한 조명 변화에 강인 하였다. 그러나 원 영상에서 밝기 차이가 많이 나는 영역, 즉 조명에 의해 반사되는 영역에서 하로 효과가 발생하여 오히려 링거 잔량 검출을 방해하는 문제점이 있었다. 따라서 본 논문에서는 하로 효과가 발생하는 영역을 검출하여 가중치가 부여되지 않은 가우시안 필터로 원 영상을 나누어 기존의 SQI의 문제점을 해결함으로써 효과적으로 링거잔량의 검출을 가능하게 하였다.

본 실험에서는 링거액의 남은 양을 검출하기 위하여, 제안된 방법과 기존의 방법들을 이용해 전처리 단계를 세 가지 경우로 나누어 실험하였다. 첫 번째 경우에서는 원 영상, 두 번째 경우에서는 기존의 SQI, 그리고 세 번째 경우는 개선된 SQI를 이용하여 링거 잔량을 검출하였다. 실험 결과, 세 번째 경우인 개선된 SQI를 이용한 경우가 가장 높은 링거 잔량 검출 성공률을 보였다. 적외선 조명의 방사 강도가 50 mW/Sr일 때 90.0%, 150 mW/Sr일 때 94.4%, 300 mW/Sr일 때, 96.6%로 향상되었음을 확인 할 수 있었다.

Special Thanks

위 실험을 도와준 경북대학교 윤현근, Wei Qun 학생들에게 감사드립니다.

참 고 문 헌

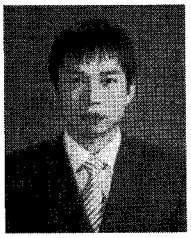
[1] K. Y. Ha, C. Nam, and H. S. Kim, "Development of real-time checking system on ringer's solution using load cell," International conference on control, automation and systems, pp. 420-426, Seoul, Korea, 2005.

[2] 김상은, 김기덕, "링거 공급량 표시 및 경보장치," 등록실용신안공보 출원번호 10-2004-0048699, 대한민국, 2004.

[3] H. Wang, S. Z. Li, Y. Wang, and J. Zhang, "Self Quotient Image for Face Recognition," International conference on image processing, vol. 2, pp. 1397-1400, Singapore, Republic of Singapore, 2004.

[4] R. Ramamoorthi, "Analytic PCA construction for theoretical analysis of lighting variability in images of a lambertian object," IEEE trans- actions on pattern analysis and machine int- elligence, vol. 24, no. 10, pp. 1322-1333, 2002.

[5] R. Basri and D. Jacobs, "Lambertian reflectance and linear subspaces," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 25, no. 2, 2003.



김 창 욱 (Chang Wook Kim)

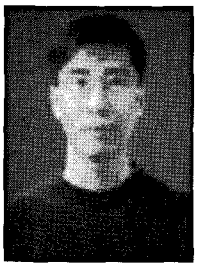
- 정회원
- 2005년 3월 : 대구대학교 제어공학과 졸업 (학사)
- 2007년 3월 : 경북대학교 전자공학과 졸업 (석사)
- 현재 : LG이노텍
- 관심분야 : 영상처리, 텔레메트리, 로봇

우 상 효 (Sang Hyo Woo)

- 비회원
- 2004년 3월 : 경북대학교 전자공학과 졸업(학사)
- 2006년 3월 : 경북대학교 전자공학과 졸업 (석사)
- 현재 : 경북대학교 전자공학과 (박사과정)
- 관심분야 : 캡슐형 내시경, 신호처리 및 생체신호 측정

지아 모이우딘 (Zia Mohy Ud Din)

- 비회원
- 2004년 3월 : Sir Syed university of engineering and technology 졸업 (학사)
- 현재 : 경북대학교 전자공학과 (석사과정)
- 관심분야 : neural signal amplification, BCI, Bio signal processing

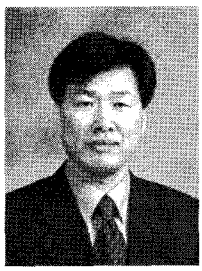


원 철 호 (Chul Ho Won)

- 비회원
- 1992년 3월 : 경북대학교 전자공학과 졸업 (학사)
- 1995년 3월 : 경북대학교 전자공학과 졸업 (석사)
- 1998년 3월 : 경북대학교 전자공학과 졸업 (박사)
- 1999년 : 계명대학교 의과대학 의공학교실 연구강사
- 2002년 : Univ. of Iowa, Post Doc. Fellow.
- 현재 : 경일대학교 제어계측공학과 조교수
- 관심분야 : 의용계측, 의학영상처리, 컴퓨터 비전

홍 재 표 (Jae Pyo Hong)

- 비회원
- 1981년 3월 : 경북대학교 전자공학과 졸업 (학사)
- 1983년 3월 : 경북대학교 전자공학과 졸업 (석사)
- 1989년 3월 : 경북대학교 전자공학과 졸업 (박사)
- 현재 : 경일대학교 전자정보통신공학부 교수
- 관심분야 : 마이크로파 및 전자파, 안테나, 마이크로파소자



조 진 호 (Jin Ho Cho)

- 비회원
- 1988년 : 경북대학교 전자공학과 졸업 (박사)
- 1991 ~ 1992년 : University of Iowa, 교환교수
- 1984년 : 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 교수 및 병원 의공학 과장(겸무)
- 2002년 : 보건복지부지정 첨단감각기능회복장치 연구소 연구소장
- 관심분야 : 생체 전자, 생체 신호 처리, 의용 센서시스템, 완전이식형 인공중이, 초소형 텔레메트리 시스템 등