

부착형 침상머리 각도 모니터링 시스템 개발 및 성능 분석

Development of attachable HOB monitoring system with performance analysis

경기영, 박영상, 이영삼*

G. Y. Gyeong, Y. S. Park and Y. S. Lee

요 약

본 논문은 적절한 침상머리 각도 상승을 유지하여, 인공호흡기 관련 폐렴을 예방하기 위한 의료 보조기구인 부착형 침상머리 각도 모니터링 시스템의 개발 및 성능 분석에 대한 것이다. 개발한 침상머리 각도 모니터링 시스템의 주 기능은 가시적인 침상머리 각도 디스플레이를 통하여 효과적으로 환자의 체위를 유지하도록 도움을 주며, 데이터의 수집을 통하여 환자의 증세 호전 혹은 악화와 연관된 환자의 체위에 대한 데이터베이스를 확보하는 것이다. 시스템은 손쉬운 이동을 위하여 부착형으로 구현하였으며, 데이터베이스로 활용하기 위해 휴리스틱 기법이 혼용된 FIR Filter를 사용하여 노이즈를 제거한다. 성능 분석을 위하여 광학식 엔코더와 침상머리 각도 모니터링 시스템의 측정값을 비교한다.

ABSTRACT

In this paper, we develop an attachable head of bed(HOB) monitoring system, which can prevent ventilator associated pneumonia(VAP), and analyze the performance of the developed HOB monitoring system. The main purpose of the HOB monitoring system is to support visible HOB display for keeping patients' position effectively and collect data for analysis of the relation between HOB elevation and patients' symptom. The HOB monitoring system is developed in attached-type and uses an FIR filter with heuristic logic to remove the unwanted noise. The optical encoder is used for the performance analysis of the developed HOB monitoring system.

Keyword : Monitoring system, attached-type, HOB, VAP, Semi Fowler's Position

1. 서론

중환자실의 입원환자는 질환의 중증도가 높고, 면역력이 떨어져있으며, 장기 입원을 하는 경우가 많

아 감염에 의한 합병증을 예방하는 것이 중요하다. 특히 병원 폐렴은 중환자실에서 쉽게 발병하며, 환자의 회복에 저해한 요소로 외부로부터의 감염 뿐 아니라 체내 장기에 집락된 균의 이동에 의해 발생한다[1]. 미국의 질병관리센터에서는 병원 폐렴 중 인공호흡기 관련 폐렴(VAP)을 예방하기 위한 지침으로 외부로부터의 감염에 대해서 호흡 보조기구 및 환자의 구강 소독을 철저히 하고, 위에 집락된 균의 이동을 방지하기 위하여 환자의 상체를 30° 기울인 세미 파올러씨 체위를 권장한다[2].

해외의 연구 사례에서는 정성적으로 세미 파올러씨 체위를 취하는 경우와 HOB 모니터링 및 알람 장비를 적용한 경우 VAP의 발병률을 비교하여 보조 기구를 통한 중환자의 정확한 체위 조절의 필요성을 주장하였다[3-4]. 국내에서는 침상머리 각도

접 수 일 : 2014.08.11

심사완료일 : 2014.08.26

게재확정일 : 2014.08.27

경기영 : 인하대학교 전기과 석사과정

jihad12@korea.com (주저자)

박영상 : 인하대학교 전자과 학사과정

pys0728k@hotmail.co.kr (공동저자)

* 이영삼 : 인하대학교 전기과 교수

lys@inha.ac.kr (교신저자)

※ 본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 IT융합고급인력과정지원사업의 연구결과로 수행되었음. (NIPA-2014-H0401-14-1003)

모니터링 장비에 대한 적용 사례가 없으며, 세미 파울러씨 체위와 VAP의 발병률의 상관관계를 검증한 시험에서 침상머리 각도의 가시적인 디스플레이가 가능한 보조 장비의 필요성을 언급하였다.

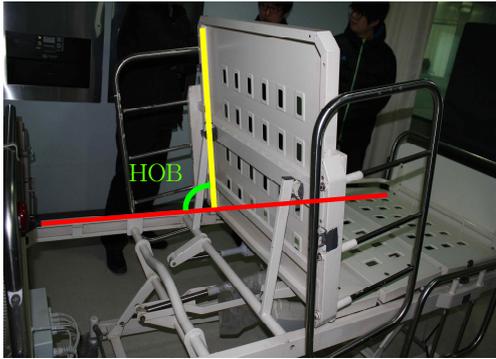


그림 1. 의료용 침대의 HOB

본 연구의 목적은 다음과 같다. 첫째, HOB 모니터링 시스템을 개발하고, VAP를 예방하기 위하여 운영 및 개선 사항을 확인한다. 둘째, 의료용 침대에 손쉽게 설치 및 제거가 가능한 구조의 HOB 모니터링 시스템을 제안한다. 셋째, 중환자의 체위와 질환의 악화 또는 호전과의 상관관계를 분석하기 위해 데이터베이스를 확보하는 방법을 고안하고 개선한다.

2. HOB 기울기의 이론적 배경

HOB는 침상머리 각도를 나타내는 말이며, ‘그림 1. 의료용 침대의 HOB’를 통해 HOB 모니터링 시스템이 측정해야 하는 것을 분명히 할 수 있다. HOB를 조절하는 것은 환자의 체위를 조절하는 것을 의미하며, 기울기에 따라 환자가 취할 수 있는 체위는 0°에서 슈퍼인 체위, 30°에서 세미 파울러씨 체위, 45° ~ 60°에서 파울러씨 체위, 90°에서 하이 파울러씨 체위로 분류된다.

환자의 체위 조절은 종류별로 해당하는 수술 및 검사를 위해 취하는 것이 일반적이며, 환자의 신체 이완을 통한 심신 안정, 폐의 확장을 통한 호흡량 확보, 혈압의 급격한 변화 방지와 같은 목적을 위해서 사용한다. 특히 본 논문과 관련된 세미 파울러씨 체위는 인공호흡기를 착용한 기계 환기 치료 환자에게 구강인두 혹은 위에 집락된 균이 비위관 혹은 기관투브를 통하여 이동하는 것을 예방할 수 있기 때문에 인공호흡기 관련 폐렴을 예방하는데 노력과 비용이 적게 들며 효과적인 방법이다[3-5].

HOB와 연관된 연구는 인공호흡기 관련 폐렴 이외에도 욕창의 발생률, 영양 흡수율, 심리적 스트레스, 골격에 미치는 영향 등 다양한 방면으로 데이터를 수집, 분석되어진다[6-9]. 이와 같은 연구들의 대다수는 데이터가 수집되는 과정에서 다양한 요소들이 시험에 영향을 준 점과 정확한 측정기기가 없이 이루어진 것, 일정한 기간 동안 연구를 진행한 것을 한계점으로 지적한다. 이에 본 논문에서는 HOB의 데이터를 수집하는 동시에 손쉽게 운영 가능하고, 신뢰도 있는 HOB 모니터링 시스템을 개발 및 검증하고자 한다.

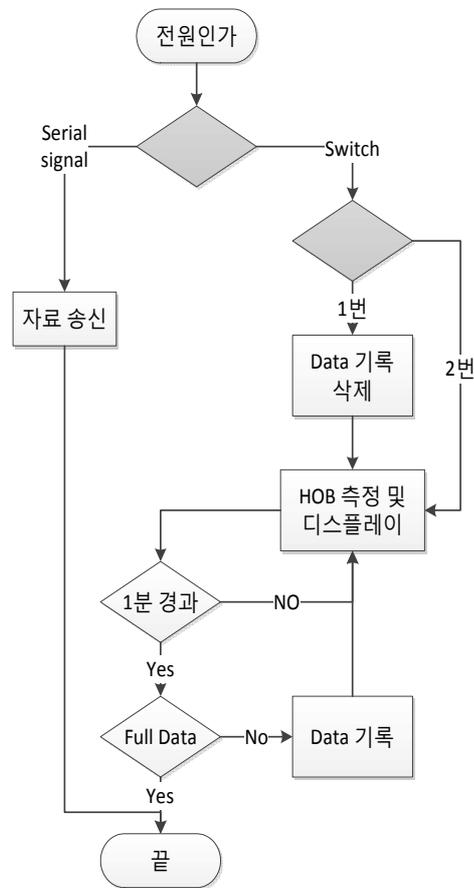


그림 2. HOB 모니터링 시스템 동작 흐름도

3. HOB 모니터링 시스템 연구 개발

3.1 시스템 동작

HOB 모니터링 시스템의 주목적은 HOB의 디스플레이, HOB의 측정값 저장 및 문서화이다. 시스템의 동작은 ‘그림 2. HOB 모니터링 시스템의 동작 흐름도’와 같다. HOB 모니터링 시스템에 전원이 인

가된 후 스위치를 이용하여 조작 시 디스플레이 장비를 통하여 HOB의 측정값을 확인할 수 있으며, 콘솔 프로그램의 Serial signal을 수신할 경우 기록된 데이터를 문서화하기 위해 메모리에 저장된 데이터를 송신한다. 스위치를 이용한 조작은 1번 스위치를 통하여 저장된 기존 데이터를 지우거나, 2번 스위치를 통하여 기존의 데이터에 이어서 기록 가능하다. 데이터는 1분 주기로 시간과 함께 저장한다.

3.2 HOB 모니터링 시스템 설계

시스템은 인하대병원의 내과 병동에서 시험적으로 사용될 목적으로 관계자와 상의 하에 ‘그림 3. HOB 모니터링 시스템의 구조도’와 같이 구성되었다. HOB 모니터링 시스템의 구성은 기울기를 측정하기 위한 센서와 마이크로 컨트롤러가 포함된 메인 보드, LCD와 7-Segment, 스위치로 구성되어 디스플레이 및 시스템 조작을 위한 컨트롤러, 마지막으로 USB를 이용하여 기록된 데이터를 문서화하기 위한 콘솔 프로그램이다.

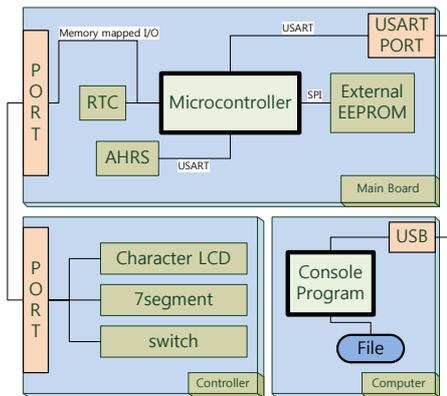


그림 3. HOB 모니터링 시스템 구조도

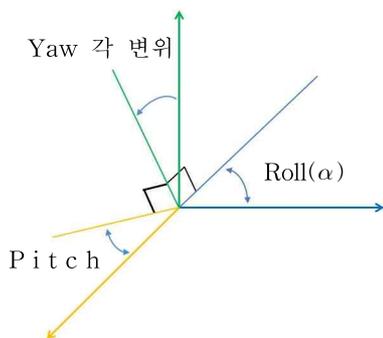


그림 4. Roll, Pitch, Yaw의 관계도

HOB 모니터링 시스템은 중환자실에서 사용될 장비로 응급 시 의료용 침대를 이동하는 경우 방해될 요소를 최소화하기 위하여 부착형으로 다음과 같이 고안되었다. 첫째, 부착형으로 동작하기 위해 중력 기반의 기울기 센서를 사용한다. 둘째, 부착 시 모니터링의 오차를 줄이기 위해 Roll, Pitch와 같이 2개의 각을 측정한다. 침상머리를 기울인 상태로 Pitch의 측정값이 0도인 상태로 부착할 경우 Pitch의 기울기는 침상머리 각도와 독립적으로 0도를 유지할 수 있으며, Roll의 측정값을 침상머리 각도로 근사가능하다. Roll과 Pitch, 침상머리 각도의 관계는 아래에서 설명한다.

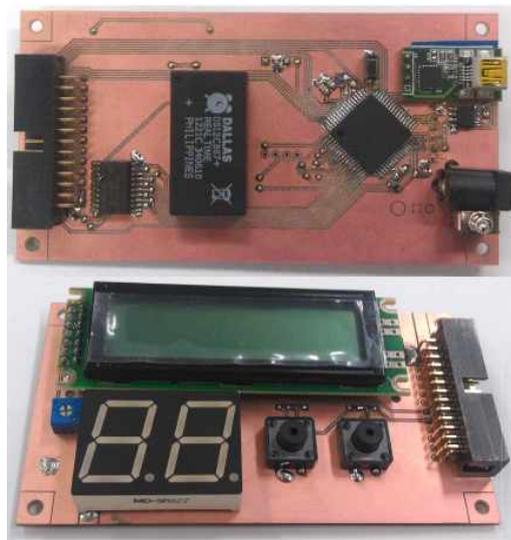


그림 5. HOB 모니터링 시스템 전장부

HOB는 침상머리의 기울기로 ‘그림 4. Roll, Pitch, Yaw의 관계도’에서 $HOB(\theta)$ 의 기울기는 Yaw 축의 각 변위와 같다. 각 변위의 관계식은 점-법선형 방정식을 이용하여, Roll(α)과 Pitch(β)를 통해 나타내면 식(1)과 같으며, Pitch의 값이 항상 0일 경우 식(1)은 식(2)로 근사된다[10].

$$\cos(\theta) = \frac{\cos(\alpha)\cos(\beta)}{\sqrt{\cos^2(\beta) + \cos^2(\alpha)\sin^2(\beta)}} \quad (1)$$

$$\cos(\theta) = \cos(\alpha), \beta = 0 \quad (2)$$

위와 같은 방식으로 측정되는 침상머리 각도는 1분 간격으로 저장하며, 하나의 데이터는 1Byte의 메모리를 사용한다. 따라서 64K Byte의 외부 메모리를 적용하여 약 44일 동안 데이터를 수집가능하다.

프로토 타입의 부착형 HOB 모니터링 시스템은 ‘그림 5. HOB 모니터링 시스템 전장부’와 같이 제작하였으며, 구성 부품은 ‘표 1. HOB 모니터링 시스템의 구성 부품’을 통해 나타낸다.

표 1. HOB 모니터링 시스템의 구성 부품

항목	사용된 소자	주요 성능
MCU	Atmega128	<ul style="list-style-type: none"> • 16MIPS (16MHz) • 4K Byte EEPROM • Dual Serial USARTs
AHRS	EBIMU-9DOF	<ul style="list-style-type: none"> • Angle resolution : 0.01° • Static accuracy < 0.5° • Data rate : 1~100Hz
EEPROM	M95512	<ul style="list-style-type: none"> • 64K Byte memory • SPI Bus Serial Interface
RTC	DS12C887	<ul style="list-style-type: none"> • Valid up to 2100

3.3 콘솔 프로그램 및 필터

콘솔 프로그램은 개발한 HOB 모니터링 시스템에 기록된 HOB 측정 데이터와 데이터가 기록된 시간을 문서화하기 위해 고안되었다. 콘솔 프로그램을 통하여 HOB 모니터링 시스템과 컴퓨터가 USB 단자로 연결되며, 데이터의 송수신 절차는 ‘표 2. 데이터 송신 순서’와 같다. Signal은 콘솔 프로그램에서 메인보드로 보내는 신호이며, Data는 메인보드에서 콘솔 프로그램으로 보내는 데이터의 종류를 나타낸다.

표 2. 데이터의 송신 순서

순서	데이터 역할
Signal (1)	데이터 송신 모드 요청
Data (2)	기기에 할당된 번호
Data (3)	데이터를 이어받은 회수
Data (4)	데이터를 이어받은 시점
Data (5)	총 HOB의 데이터

프로토 타입의 부착형 HOB 모니터링 시스템과 콘솔 프로그램은 내과 병동의 중환자실에서 시험 운영하였으며, 측정된 데이터는 ‘그림 6. 시험 운영된 HOB 데이터’와 같다. 데이터의 유형을 파악하면, 평균적으로 중환자실의 침상머리 각도는 18.6°이었으며, 간호사가 중환자의 체위를 조절하고 기타 간호활동을 하는 시간이 3분에서 5분 정도의 시간을

소요하는 것을 나타낸다.

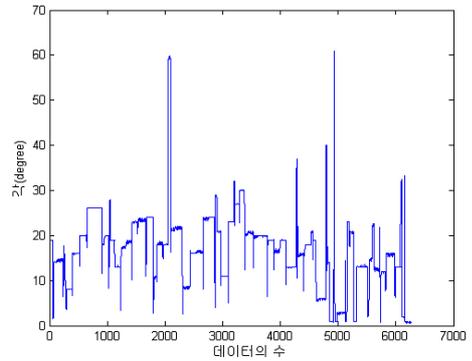


그림 6. 시험 운영된 HOB 측정 데이터

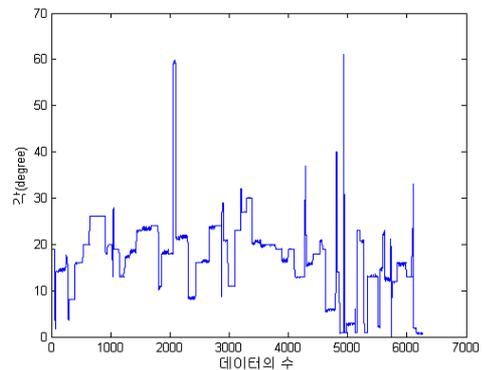


그림 7. 휴리스틱 기법이 혼용된 FIR Filtering

기록된 데이터를 문서화 및 데이터베이스로 활용하기 위하여 간호활동 간의 데이터를 필터링할 필요성을 제기한다. 5분 내외로 유지되는 간호활동을 필터링하는 방법으로 5분 사이의 데이터를 비교하여 데이터를 필터링하는 휴리스틱 기법을 적용하였으며, 센서 자체의 노이즈를 제거하기 위하여 5분의 데이터 평균값을 구하는 FIR Filter를 사용하였다. 시험운영을 통하여 측정된 데이터를 콘솔 프로그램을 통해 필터링 한 결과는 ‘그림 7. 휴리스틱 기법이 혼용된 FIR Filtering’와 같다.

4. 데이터 분석 및 성능 평가

HOB 모니터링 시스템의 신뢰도를 평가하기 위하여 ‘그림 8. 실험 보조 장비’를 구성한다. 광학식 엔코더와 HOB 모니터링 시스템은 샤프트를 이용하여 고정되며, 각각의 측정값을 수집하여 분석한다.



그림 8. 실험 보조 장비

성능 평가 기준과 결과는 다음과 같다. 첫째, 정적인 동작 위주의 시스템으로 정상상태 오차를 Euclidean Norm을 통해 광학식 엔코더의 측정값과 개발된 HOB 모니터링 시스템의 측정값을 비교하였으며 그 값은 ‘표 3. 정상상태 실험 결과’와 같다. HOB 모니터링 시스템의 정상상태 오차는 $0.5 \pm 1.2^\circ$ 이었으며, 0.5° 는 센서의 사양에 의해 결정되고, 1.2° 는 사람의 손으로 부착하는 과정에서 생긴 오차로 고려한다.

표 3. 정상상태 실험 결과

실험 각도	Data	Euclidean Norm	최대 오차
0°	1000	0.2043	0.6300
15°	1000	0.4362	1.0200
30°	1000	0.4450	0.9100
45°	1000	0.6708	1.2100
60°	1000	0.6696	1.1100
75°	1000	0.5278	1.1100
총합	6000	0.4923	1.2100

둘째, 0°부터 90°까지 측정값을 수집하고, 광학식 엔코더의 측정값을 기준으로 HOB 모니터링 시스템의 측정값을 선형 회귀 분석을 통하여 비교한다. Balonov(2007)의 연구 및 개발 사례에서 압력 센서를 이용한 HOB 모니터링 장비의 검증과정에서 사용된 방법으로, 본 논문에서는 선형 회귀 결과의 기울기는 추정 오차, 편차는 추정 편차로 표현한다[3]. 선형 회귀 분석 실험을 통하여 수집된 데이터의 예시는 ‘그림 9. 선형 회귀 분석 실험의 측정값’과 같으며 5번의 실험은 임의의 시간동안 이루어졌다. 분

석 결과는 ‘표 4. 선형 회귀 분석 결과’와 같다. 개발된 장비의 추정 오차는 1.0085 ± 0.0032 , 추정 편차는 0.27 ± 0.13 으로 Balonov시스템의 추정 오차 1.0331, 추정 편차 0.99보다 개선되었다.

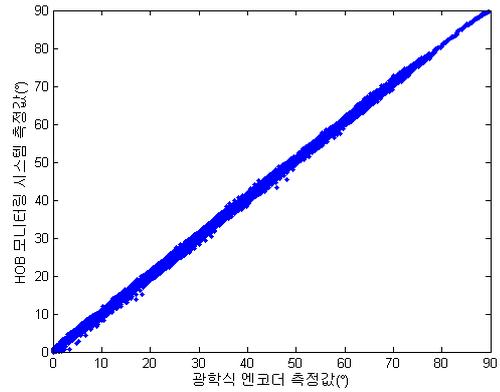


그림 9. 선형 회귀 분석 실험의 측정값

표 4. 선형 회귀 분석 결과

	Data	추정 오차	추정 편차
실험(1)	1000	1.0084	0.0023
실험(2)	900	1.0066	0.3531
실험(3)	1000	1.0091	0.2790
실험(4)	1000	1.0134	0.4026
실험(5)	1100	1.0117	0.1387
총합	5000	1.0085	0.2716

5. 결론

본 논문은 세미 파올러씨 체위를 적절하게 제공하여 VAP를 적극적으로 예방하고, 환자의 체위와 관련된 복합적 증세에 대한 연구를 보조하기 위한 의료 보조 장비를 개발하고자 하였다. 연구의 결과는 다음과 같다. 첫째, 개발된 HOB 모니터링 시스템은 부착형으로 수동 혹은 전동형 의료용 침대에 설치되어 운영할 수 있으며, 정상상태 오차는 $0.5 \pm 1.2^\circ$, 추정 오차는 1.0085 ± 0.0032 , 추정 편차는 0.27 ± 0.13 으로 기존 HOB 모니터링 시스템에 비해 개선된 성능을 보였다. 둘째, HOB 모니터링 시스템을 통하여 기록된 데이터를 활용하기 위하여 휴리스틱 기법이 혼용된 FIR Filter를 제안하였다.

IT기술은 환자의 복합적인 정보를 실시간으로 확인하고 기록하여 질병 또는 환자의 복합적인 증세를 분석하는데 유리하여, U-Healthcare(Ubiquitous Healthcare)분야와 같은 의료 서비스를 구현하는데

사용된다. 또한, 대용량 데이터의 수집 및 분석의 자동화 기술은 환자의 체위가 VAP의 발병률에 미치는 영향을 분석하는 연구와 같은 질병의 인과 과정을 분석하기에 적합하다. 따라서 HOB 모니터링 시스템은 독립적으로 운영 및 개선점을 고려하는 것뿐만 아니라 향후 통합 의료 시스템과 융합되어 다방면의 의료 연구 및 재활 복지를 위한 보조 기기로 사용될 것을 기대한다.

참 고 문 헌

[1] 김유정, “Chlorhexidine gluconate 구강간호와 30° 두부거상 체위가 중환자실의 인공호흡기 관련 폐렴발생에 미치는 효과” 경북대학교 대학원 석사 학위논문, 2009.

[2] O. C. Tablan, L. J. Anderson, R. Besser, C. Bridges, R. Hajjeh, “Guidelines for preventing health-care-associated pneumonia”, CDC and Healthcare infection control practices advisory committee, 2003.

[3] K. Balonov, A. D. Miller, A. Lisbon, and A. M. Kaynar, “A novel method of continuous measurement of head of bed elevation in ventilated patients”, Intensive care medicine, vol. 33, no. 6, pp. 1050-1054, Mar. 2007

[4] R. F. Wolken, R. J. Woodruff, J. Smith, R. K. Albert, and I. S Douglas, “Observational study of Head of Bed Elevation Adherence Using a Continuous Monitoring System in a Medical Intensive Care Unit”, Respiratory Care, vol. 57, no. 4, pp. 537-543, 2012.

[5] M. B. Drakulovic, A. Torres, T. T. Bauer, J. M. Nicolas, S. Nogue, M. Ferrer, “Supine body position as a risk factor for nosocomial pneumonia in mechanically ventilated patients: a randomised trial” THE LANCET, vol. 354, no. 9193, 1999.

[6] 라세희, 이호선, 고신욱, 이현심, 나성원, “환기보조 받는 중환자에서 병상머리 올림 프로토콜 적용이 임상 경과와 경장영양공급에 미치는 효과” 대한중환자의학회지, 제 26권, 제 3호, pp. 128-133, 2011.

[7] 김경아, 김영경, “복강경 수술 후의 반좌위가 수술직후 회복정도에 미치는 영향”, 성인간호학회지, vol. 16, no. 4, pp. 566-574, 2004.

[8] M. J. Grap, C. L. Munro, S. Bryant, B.

Ashtiani, “Predictors of backrest elevation in critical care”, ICON, vol. 19, no. 2, pp. 68-74, 2004.

[9] E. R. Spector, S. M. Smith, J. D. Sibonga, “Skeletal effects of long-duration head-down bed rest”, Aviation Space and Environmental Medicine, vol. 80, no. 5, pp. A23-A28, 2009.

[10] H. Anton, R. C. Busby, Contemporary linear algebra Book, WILEY, pp. 22-55, 2002.

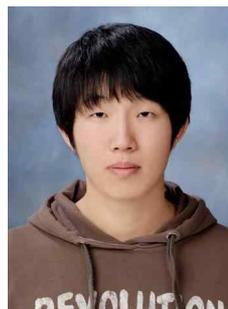
[11] A. V. Oppenheim and R. W. Schaffer, Discrete-time Signal Processing Book, Prentice Hall, pp. 384-475, 2008.

[12] 반금옥, “중환자실 인공호흡기 관련 폐렴 예방 프로그램의 개발 및 효과 평가”, 성인간호학회지, vol. 21, no. 2, pp. 155-166, 2009.

[13] 박상건, 문인혁, “의료용 침대 및 수술대의 기준규격 연구”, 재활복지공학회논문지, vol. 3, no. 1, pp. 35-40, 2009.

[14] 윤찬영, “WBAN 환경에서 U-Healthcare 모니터링 시스템 구축에 관한 연구” 한국통신학회논문지, 제 35권, 제 8호, pp.171-178, 2010.

[15] 장문석, 엄수홍, 김평수, 이웅혁, “u-헬스케어 시스템에서 멀티 생체신호 측정 무선단말기 설계 및 구현”, 재활복지공학회 논문지, vol. 7, no. 2, pp. 27-34, 2013.



경 기 영

2014년 2월 인하대학교 전기과 졸업(학사)
2014년 - 현재 인하대학교 전기과 석사과정

관심분야 : 제어기 구현 및 모델 분석



박 영 상

2009년 - 현재 인하대학교 전자과 학부과정

관심분야 : 임베디드 시스템 및 영상처리



이 영 삼

1997년 인하대학교 전기공학
공학사

1999년 인하대학교 전기공학
학과 석사

2003년 서울대학교 전기컴
퓨터공학부(박사)

2004년 - 현재 인하대학교
부교수

관심분야 : 임베디드 시스템, 디지털제어,
CACSD(Computer-aided Control
System Design) 소프트웨어