

A Study on Fall Prevention System in Patient Bed

Youngseok Cho*

Abstract

In this paper, we investigate the patient fall prevention system to prevent the patient from falling out of the bed unintentionally on the bed of the bed. Patients stay in bed for many hours of hospitalization. During the hospitalization period, patients have low controllability of the body, as compared with normal persons, and fall due to intentional movements, resulting in a fall of the patient, can be a fatal threat to the patient. Therefore, an efficient fall prevention system is required. In this paper, the distance map to the patient is generated by the distance measuring sensor on the bed of the patient, and the risk is determined by estimating the position of the patient based on the distance map. As a result, when the distance map of the dangerous area is 150 mm or more, it is determined to be dangerous, and good results are obtained.

▶ Keyword: Fall prevention, Patient bed, Ultrasonic sensor, Distance map, Danger zone

1. Introduction

현재 우리나라는 산업화가 진행되면서 산업재해의 증가와 복지 증진으로 인한 국민 수명이 길어지면서 노령인구가 급속히 증가되고 있다[1]. 복지에 대한 수요 증진과 인구 고령화로 의료에 대한 서비스가 증가되고, 현재 보편적 복지를 강조하는 정부의 정책 등에 의하여 노령자와 독거노인에 대한 사회적 관심 증가로 인하여 의료 서비스 요구는 점점 증가하고 있다[2]. 노령인구의 급증과 산업의 고도화로 인한 산업재해 증가는 의료서비스 수요가 급격히 증가되는 현실로 나타나며, 한정된 의료 환경에서 환자의 증가는 의료인당 관리환자의 숫자가 증가되고 있다. 환자 발생 시 보호자가 항상 환자 곁에서 요양 보호하여야 하지만 현실은 쉬운 일이 아니다.

이들 문제의 해결방안으로 위험하지 않은 위치에 환자를 고정하는 단순한 방법부터 정보기술(ICT)을 활용한 환자보호 시스템에서 환자보호는 환자를 모니터링 하여, 위험한 위치로 이동할 경우 관리자에게 알려주는 기능을 수행하는 방법으로 다양한 방식으로 환자모니터링에 대한 연구가 진행되고 있다[3,4,5].

환자관리시스템 중 환자의 위치 검출은 레이저를 이용하는 라이더(Lidar)방식, 로드 셀을 이용한 방법 그리고 Flex 센서를

활용한 위치검출 방법들이 활용되고 있다.

라이더를 이용한 환자 모니터링 방식은 환자의 정확한 위치를 검출이 용이하지만 가격이 고가이고, 높은 주파수의 전자기파가 생성되는 단점을 가지며, 아직 환자침대용으로 적용하기 위한 모델이 다양하게 개발되지 않아 더 많은 연구가 필요하다.

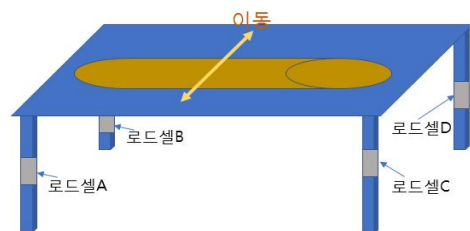


Fig. 1. Structure of fall prevention system using loadcell

이들 중 무선 호출기 업체들을 중심으로 현재 제품화가 진행되는 로드 셀을 이용한 환자 감지 장치는 그림 1과 같이 침대의 다리에 로드 셀을 설치하여 환자의 위치를 추정하는 시스템으로 침대의 다리에 로드 셀을 설치하여 이들의 하중 분포를

*First Author: Youngseok Cho, Corresponding Author: Youngseok Cho
*Youngseok Cho (yscho@gangdong.ac.kr), Dept. of Computer Information, Gangdong University
• Received: 2018. 11. 26, Revised: 2018. 12. 23, Accepted: 2018. 12. 27.
• This paper is an extension of the paper published in the 58th Summer Conference of KSCI in 2018 ("A study on the Design of Fall Protection system for Patient Protection").

분석하여 환자의 위치를 추정하는 방식으로 그림 1과 같다. 이 방식은 구조가 간단한 장점을 가지지만, 환자별로 몸무게가 다르고, 정확한 위치를 추정하여 어려우며, 로드 셀의 기계적 특성에 따라 센서의 수명이 짧은 특징을 가진다.

다른 방식으로 Flex 센서를 이용한 방식은 환자의 침상에 센서를 배치하여 환자위치에 배치된 센서의 구부러짐 값으로 환자의 위치를 추정하는 방법이다. 구부러짐 정도를 측정하는 Flex 센서는 환자의 움직임에 따라 구부러짐이 반복되어 센서의 내구성 낮은 단점을 가지고 있다.

환자관리를 위한 위치검출에서 센서는 정확성뿐만 아니라, 기계적 요소가 없어 긴 내구성이 요구된다. 초음파를 활용하는 위치검출은 전자파를 방사하지 않아 의료장비에 영향이 적고, 기계적 동작이 없어 긴 내구성과 안정적인 특징을 가진다.

본 연구에서는 병실에서 환자의 낙상 방지를 시스템에 대한 연구로서, 환자의 위치를 계측하여 위험영역으로 환자가 진입하였을 경우 보호자에게 알려주는 침대 낙상방지 시스템에 대하여 연구하고자 한다.

환자의 위치는 침대 상부에 초음파 센서를 설치하여 환자의 위치를 측정한다. 침대를 낙상 가능영역과 안정영역으로 나누고, 낙상 가능영역에 환자가 진입하면 알람으로 알려주도록 시스템을 설계하고자 한다.

2장에서는 기존 연구의 방향에 대하여 알아보고, 3장에서는 초음파에 의한 환자 위치추출 그리고, 그리고 4장에서는 제안한 시스템의 실험과 그에 따른 결과에 대하여 기술한다. 5장에서는 제안시스템을 평가하고 향후 연구 방향에 대하여 기술하고자 한다. 발전 방안을 위한 서론을 기술하고 있으며, 본 방안을 수행하기 위한 본 학회의 발전은 다음과 같이 기술할 수 있으며, 향후 논의를 통해 발전 방안을 제시할 수 있습니다 [1][3-5]. 추가적으로 기록 할 내용은 연구내용과 함께

II. Preliminaries

1. Related works

한국컴퓨터정보학회고령화 사회로 진행되면서 고령인구의 의료기관 이용이 증가되고 있으며, 고령자는 인지능력이 저하되어 낙상사고의 위험성은 더 높다[3,4,5]. 낙상 사고는 일상생활뿐만 아니라 치료를 위하여 입원하는 환자의 경우 신체 제어 능력이 부족하여 낙상의 위험에 대비하여야 한다. 또한 의료기관에서 환자에 대한 의료서비스 향상을 위하여 많은 의료 인력이 필요하지만 현실은 그렇지 않다. 따라서 환자에 대한 위험 예방과 알람, 상해로부터의 보호 시스템의 개발이 요구되고 있다. 이와 같은 요구로 환자 종합관리시스템의 한 분야로 병상에서 낙상방지에 대한 연구가 진행되고 있다[6]. 이들 병상에서 낙상방지 시스템은 여러 가지 방법으로 구현되고 있다.

국내의 관련 연구로 백성호 외 2인은 압력센서와 가드센서

와 무선 네트워크를 기반으로 하는 병상환자 움직임 감지 시스템[10]에 대하여 연구하였고, 백성호는 의료기관에서의 낙상에 관하여 연구[11]하였다. 또한 이지훈 외 3인은 수분센서와 압력센서를 이용한 욕창 예방을 위한 자세 및 대소변 모니터링 시스템 개발[12]에 대한 연구를 진행하였다.

이들 환자 모니터링 및 환자 움직임에 대한 연구는 ICT기술이 발달하면서 다양한 연구가 활발히 진행되고 있다.

III. The fall prevention using by Distance map Scheme Proposed Scheme

일반적으로 병원용 침대의 크기는 1000mm(가로) X 2000mm(세로) X 500mm(높이)의 형상으로 그림 2와 같다[13].



Fig. 2. Common forms and sizes of hospital beds

환자의 위치 검출 방법은 인체에서 방출되는 적외선을 이용하는 방법, 카메라를 이용하여 침대위의 영상을 취득하여 분석하는 방법, 등 다양한 방법이 이용된다.

적외선을 이용하는 경우 환자가 이불 등으로 환자를 가릴 경우 검출이 불가능하고, 영상을 취득하여 분석하는 경우 밝기의 변화나 취침 시에도 영상 취득을 위하여 항상 조명을 이용해야 하는 문제점이 있다.

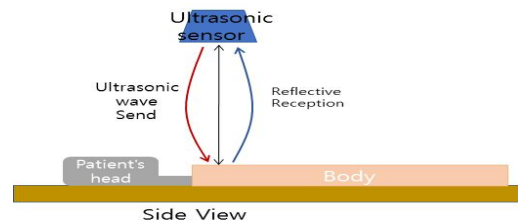


Fig. 3. Configuration of Patient's chest height measurement(side view).

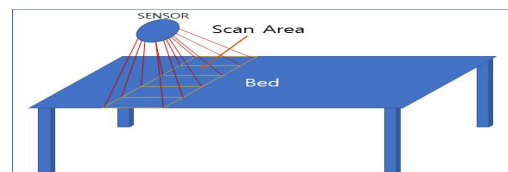


Fig. 4. A Scan area of fall prevention system.

본 연구에서는 이용자의 추락방지하기 위한 방법으로 침대에서 환자의 위치를 초음파 센서로 침대 면의 높이 변화를 측정하여 처리한다. 침대 면의 위쪽에 센서를 설치하고, 환자의 누운 위치 중 가슴 위치의 높이를 측정한다. 초음파를 이용한 거리계측은 초음파를 발사하고자 하는 방향으로 발사한 다음 반사파를 수신하여 거리를 계산한다. 그림 3과 같이 침대의 위쪽에서 초음파를 발사하여 침대 윗면까지의 거리를 측정한다. 환자가 누웠을 경우 검사할 영역을 정하였다. 그림 4는 낙상방지시스템에서 검출 영역(Scan Area)보인 것으로 검출영역에서 높이를 측정하여 환자의 위치를 확인한다.

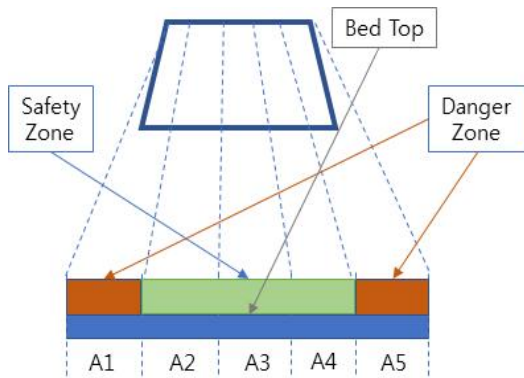


Fig. 5. define of for safety and danger zone.

침대에서 환자가 안전한 영역과 낙상의 위험이 있는 위험영역으로 구분할 수 있어, 침대의 단면을 여러 구역으로 나누고, 높이 변화를 측정하여 환자의 위치를 추정하도록 구성한다. 그림 5는 침대의 폭을 5개영역으로 나누고 중앙의 3개영역은 안전영역으로 정하고, 양 옆의 영역은 위험영역으로 지정하여 침대까지의 거리를 측정한다 다음, 각 영역별로 변화량을 측정하도록 구성한다. 각 영역의 변화량을 거리 맵(Distance map)이라고 정한다.

5개의 영역의 높이 변화는 식(1)과 같이 구한다.

$$dh = \sum_{t=0}^{t=5} (h_{avg} - h_t) dt \quad \text{식(1)}$$

식(1)에서 dh는 침대의 높이 변화이고, h_t 는 계측된 높이 값이고, h_{avg} 는 초기 침대의 평균 높이를 의미한다.

5개 영역의 변화량을 비교하여 A₁ 영역과 A₅ 영역의 변화량이 기준 값 이상일 경우 위험상태로 판정하도록 구성한다.

IV. Experience and Result

제안 시스템의 성능평가를 위하여 그림 6과 같이 시스템을 구성하였다. 컨트롤러부, 거리측정모듈 그리고 알람부로 구성하였다. 컨트롤러부는 Arduino Mega2560를 이용하였고, 거리측정 모듈은 5개의 초음파 센서로 측정영역의 중심을 향하도록 배치하였으며, 그림 7과 같다.

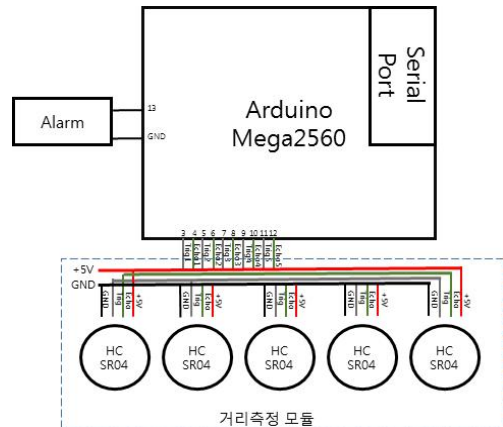


Fig. 6. Fall prevention system block diagram.

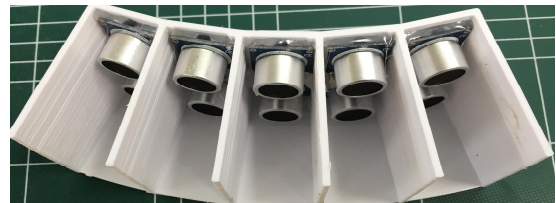


Fig. 7. Distance Sensing Module.

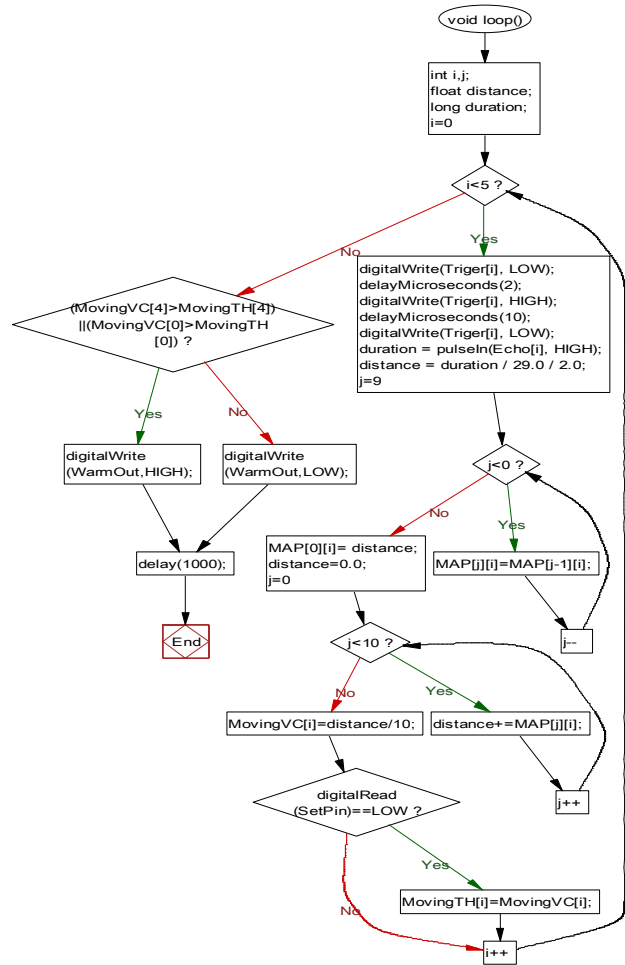


Fig. 8. Flowchart of Fall Prevention System.

그림 8은 낙상방지 시스템의 순서도이며, 구축 시스템의 실험은 의료용 침대의 너비인 1M를 검사할 있도록 침대 위 약 60Cm 위쪽에 설치하여 실험하였다.

위와 같이 설계 제작된 시스템의 성능을 평가한 결과를 알아보기 위하여 환자가 없는 경우와 환자가 있는 경우로 나누어 실험하였으며, 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

구축된 시스템에서 거리측정은 매 1초마다 수행하도록 구성하였으며, 측정값은 영역별로 T_{n-4} 부터 T_{n0} 까지 5개의 측정값의 높이 변화량을 거리 맵으로 저장한다. 먼저, 환자가 없고 침대 위 약 50mm 두께의 이불이 설치된 상태에서 거리를 측정할 결과 표 1과 같은 결과를 얻었다.

Table 1. The result of the distance measurement of empty the bed.

순번	위치				
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
T _{n-4}	1,027	1,016	1,005	1,009	1,009
T _{n-3}	1,011	1,052	993	1,006	1,005
T _{n-2}	1,006	1,038	988	1,005	1,001
T _{n-1}	1,007	1,034	993	1,006	1,006
T _n	1,010	1,039	996	1,005	1,009
T _{avg}	1,012.20	1,035.80	995.00	1,006.20	1,006.00

거리측정 모듈로부터 침대의 중앙인 A3영역까지의 평균 거리는 995mm 였고, A1영역과 A5영역까지의 거리는 각각 1012mm와 1006mm로 측정되었다.

침대에서 환자의 위치에 따라 센서로 부터의 거리변화를 확인하기 위하여 거리의 중앙의 안전영역인 A₃영역과 침대의 좌측 A₁ 영역 그리고 우측 A₅ 영역에 위치할 때의 측정 값을 표시하였다.

표 2는 환자가 침대의 중앙인 A₃ 영역에 있을 때 측정 결과이고, 표 3은 환자가 A₁ 위치에 그리고 표 4는 A₅에 있을 때 측정된 결과를 보였다.

Table 2. Measured value when patient is area A₃.

순번	위치				
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
T _{n-4}	997	896	753	909	959
T _{n-3}	996	920	753	883	933
T _{n-2}	954	887	768	853	946
T _{n-1}	975	906	720	875	936
T _{n0}	972	904	740	873	948
평균값	978.80	902.60	746.80	878.60	944.40
거리 맵	33.4	132.4	248.2	127.4	61.6

표 2는 이불로 덮힌 환자가 A₃ 영역에 있는 경우로, 스캔 영역 별 평균값과 표 1의 평균값과의 차를 식(1)을 이용하여 구한 결과 거리 맵은 약 248.2mm로 측정되었으며, 다른 영역들도 높이의 변화가 있음을 확인하였다.

Table 3. Measured value when patient is area A₁.

순번	위치				
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
T _{n-4}	774	796	905	934	984
T _{n-3}	761	852	870	939	975
T _{n-2}	778	828	836	951	971
T _{n-1}	770	829	862	936	978
T _{n0}	762	839	864	938	977
평균값	769.0	828.8	867.4	939.6	977.0
거리 맵	243.2	207	127.6	66.6	29

Table 4. Measured value when patient is area A₅.

순번	위치				
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅
T _{n-4}	997	959	909	896	753
T _{n-3}	996	933	883	920	753
T _{n-2}	954	946	853	887	768
T _{n-1}	975	936	875	906	720
T _{n0}	972	948	873	904	740
평균값	978.80	944.40	878.60	902.60	746.80
거리 맵	33.4	61.6	127.4	132.4	248.2

또한 환자가 침대의 우측 끝과 좌측 끝 영역에 있을 때 측정 값인 표 3과 표 4에서도 환자가 위치한 영역에서 243.2mm와 248.2mm의 높이 변화를 확인할 수 있었다.

또한 환자의 체격변화에 따른 특성을 확인하기 위하여 키와 몸무게가 각각 170Cm, 70Kg 인 대학생, 180Cm, 83Kg 인 직장인을 그리고 185Cm, 92Kg인 일반인을 대상으로 침대에 평상복을 착용한 상태로 측정할 결과를 표 5와 같은 결과를 얻었다.

Table 5. Measured values when there are patients whose body shape is different in area A3.

순번	T _{n-4}	T _{n-3}	T _{n-2}	T _{n-1}	T _{n0}	평균	
170Cm, 70Kg	A ₁	1266	1257	1249	1253	1249	1,254.80
	A ₂	728	1550	727	1556	1563	1,224.80
	A ₃	690	691	680	679	691	686.20
	A ₄	976	967	977	965	977	972.40
	A ₅	1262	1244	1270	1258	1266	1,260.00
180Cm, 83Kg	A ₁	1261	1239	1239	1256	1239	1,246.80
	A ₂	737	724	726	727	725	727.80
	A ₃	673	625	670	659	662	657.80
	A ₄	984	935	961	946	949	955.00
	A ₅	1295	1252	1248	1239	1235	1,253.80
185Cm, 92Kg	A ₁	1291	1194	1211	1177	1191	1,212.80
	A ₂	725	712	727	715	722	720.20
	A ₃	696	666	663	662	672	671.80
	A ₄	933	936	933	922	935	931.80
	A ₅	1235	1270	1287	1231	1287	1,262.00

표 5에서 체형에 따라 높이 변화는 약 30mm 정도로 측정되었으며, 체형변화보다는 옷 착용형태에 따라 다양한 것으로 나타났다.

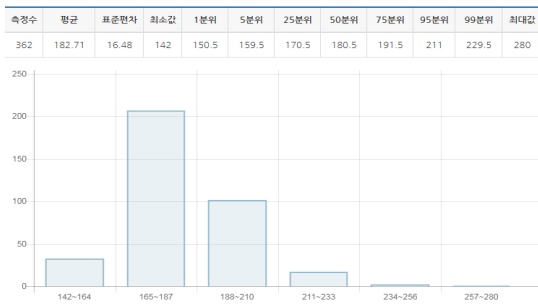


Fig. 9. Korean Body size of chest Thickness.



Fig. 10. Korean body size of wall body thickness.

거리 맵에서 환자의 위치는 침대의 높이변화를 기준으로 추정하였으며, 보호자 없이 혼자 입원이 가능한 연령인 20세를 기준으로 한국인 표준체형 정보[14]에서 가슴두께 정보와 벽면몸통두께를 적용하여 결정하였다. 그림 9과 그림 10은 2015년에 조사된 20~24세 한국인 여성의 신체 치수 중 가슴두께와 벽면 몸통두께를 표시하였다.

Table 6. A testing data of the proposed system.

순번		위치				
		A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
empty bad	T_{n-4}	1033	1089	1088	1081	1088
	T_{n-3}	1051	1081	1078	1072	1100
	T_{n-2}	1069	1081	1081	1068	1092
	T_{n-1}	1056	1081	1105	1063	1118
	T_{n0}	1063	1094	1127	1072	1108
	평균	1,054.4	1,085.2	1,095.8	1,071.2	1,101.2
the case of patient is in area A1	T_{n-4}	858	864	954	1097	1147
	T_{n-3}	853	864	950	1089	1143
	T_{n-2}	861	854	949	1019	1105
	T_{n-1}	867	863	962	967	1156
	T_{n0}	864	871	959	961	1116
	거리맵	193.8	222	141	44.6	-32.2
the case of patient is in area A5	T_{n-4}	1075	1026	973	883	873
	T_{n-3}	1079	1087	978	879	878
	T_{n-2}	1092	1009	991	884	881
	T_{n-1}	1091	1083	973	884	878
	T_{n0}	1074	1093	978	887	869
	거리맵	-27.8	25.6	117.2	187.8	225.4

거리 맵에서 A_1 과 A_5 영역의 높이 변화가 가슴두께 값과 벽

면 몸통 두께를 값인 150mm보다 클 경우 제어기의 Pin13을 HIGH로 설정하여 경보를 표시하도록 구성한다. 경보신호는 제어보드에 연결된 비상호출기를 통하여 위험정보를 알리도록 구성하였다. 표 6은 환자가 없는 경우, A_1 영역에 환자가 있는 경우 그리고 A_5 영역에 환자가 있는 때 취득된 데이터로 위험신호를 경보가 정상적으로 표시됨을 확인하였다.



Fig. 11. Alarm(left: caller, Right: Display unit)

그림 11은 호출기(왼쪽)와 표시기로 A_1 영역의 맵이 150mm보다 큰 경우 호출된 표시장치를 보였다.

V. Conclusions

본 연구는 환자의 위치를 예측하여 위험영역으로 환자가 진입하였을 경우 보호자에게 알려주는 침대 낙상방지 시스템에 대하여 연구하였다. 침대에서 환자의 위치 추정은 침대 면을 여러 영역으로 나누어 침대의 높이를 측정하는 방법으로 각 영역의 거리의 변화량을 거리 맵으로 작성하여 환자의 위치를 추정하였다. 환자가 위치한다면 관리자에게 추락위험 정보를 보내도록 구성하였다.

제안한 시스템은 Arduino mega2560 마이크로컴퓨터와 거리측정 모듈 그리고 알람부로 구성되어 제작하였다.

시스템 성능평가를 위하여 실험한 결과 침대의 위험영역인 A_1 과 A_5 영역이 한국의 성인 신체 정보를 기반으로 150mm이상의 측정값이 변화할 경우 위험 영역에 환자가 있음으로 판정하여 관리자에게 알리도록 구성하여 양호한 결과를 확인하였다.

향후 실제 병실에서 낙상방지시스템으로 적용과 복수개의 초음파를 사용할 경우 발생하는 간섭현상을 최소화 시키는 연구가 계속되어야 하겠다.

REFERENCES

- [1] Youngseok Cho, "A study on IV-set Monitoring System Development using by ISM Band", Proceedings of KSCI Conference, Vol. 18, No. 2, pp289 - 292, 2010. 7.
- [2] Korea Consumer Agency Press Release, "Elderly falls

occurred mainly in 'bed"',2016.12.01.

- [3] Hae-Sung Lee, Dong-Geun Lee, Sun-Heum Lee, and Kwan-Sun Choi, "IoT Hospital Room Environment Management System", Proceedings of KIIT Summer Conference, pp295-297, 2017.6.
- [4] Gui-Jung Kim, "USN base U-Health monitoring system design", The Korea Contents Society, The Korea Contents Association Review 10(2), pp53-56, 2012.6.
- [5] Tae-Hoon Kim, Yong-Yul Kim, Lim Keun, Ki-Young Lee, "USN Monitoring and control system design for managing to infirmary", The Korean Society Of Computer And Information, Proceedings of the Korean Society of Computer Information Conference 16(2), pp255-258, 2009.1.
- [6] Choi Eun-Jul, Lee Young-Shin, Yang Eun-Jung, Kim Ji-Hui, Kim Yeon-Hee, Park Hyeoun-Ae, "Characteristics and Risk Factors for Falls in Tertiary Hospital Inpatients", Journal of Korean Acad Nurs Vol.47 No.3, pp420-430, 2017. 6.
- [7] Kim, Yoon Sook, Choi-Kwon, Smi, "Fall Risk Factors and Fall Risk Assessment of Inpatients", Korean J Adult Nurs Vol. 25 No. 1, 74-82, February 2013.
- [8] Hong Seong-ok, Kim Bo-ae, Bae Ji-yeong, Oh Jeong-a, Cho Min-i, Kim Su-jin, Choi Hui-su, Song Min-jin, Wang Gyeong-hae, Kim Yeong-taek, "Epidemiologic Characteristics of Injured Elderly Inpatients in Korea: The Results of the Korea National Hospital Discharge Survey, 2004-2013"
- [9] Lee Jinwoo, "Medical Bed for Preventing Fall", KIPO, KR101645617B1, 2017.7.30.
- [10] Sung-Ho Baec, Min-Sik Jeon, Bong-Jin Ko, "Implementation of Movement Detection System for Patient on Bed", Journal of Advanced Navigation Technology, J. Adv. Navig. Technol. 19(5), pp458-463, 2015.
- [11] Sung Ho Baec, "A Study on the Monitoring System in Hospital", Graduate School of Changwon National University, Master Thesis, 2015.
- [12] Chee-Hoon Lee, Su-Jin Kim, Keun-Jik Kim, Bo-Jeong Song, Byung-Soo Lee, "Development of System Monitoring Physical Posture & Urine and Feces to Prevent Pressure Ulcers", KIPS, The 35'th KIPS Spring KIPS Conference, Vol18. NO 1, 2015,5, pp1120~ 1123.
- [13] Youngnam Bed & Medical Co. Ltd. , http://ynbed.co.kr/product/detail.html?product_no =341
- [14] Size Korea, <https://sizekorea.kr/measurement-data/body>

Authors



Youngseok Cho received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Electronic Engineering from Cheongju University, Korea, in 1991, 1993 and 2001, respectively. Dr. Cho joined the faculty of the Department of Computer

Information at Gangdong University, Chungbuk, Korea, in 1998. He is currently a Professor in the Department of Computer Information, Gangdong University. He is interested in database, internet and mobile computing, and Smart farm.