JANT 한국항행학회논문지 Journal of Advanced Navigation Technology

응용 및 융합 기술

J. Adv. Navig. Technol. 19(5): 458-463, Oct. 2015

병상환자의 움직임 감지 시스템 구현

Implementation of Movement Detection System for Patient on Bed

백 성 호 · 전 민 식 · 고 봉 진*
창원대학교 전자공학과

Sung-Ho Baec · Min-Sik Jeon · Bong-Jin Ko*
Department of Electronic Engineering, Changwon National University, Gyeongsangnam-do 641-773, Korea

[요 약]

본 논문에서는 IEEE 802.15.4 기반 무선 센서 네트워크와 압력패드와 가드센서를 이용하여 병실 내 환자의 동작을 감지하는 시스템을 개발 하였다. 이 시스템은 주간에 환자의 일상적인 활동 뿐 만 아니라 특히 야간 취침 시에 발생하는 낙상 사고 감지를 위해 설계 되었다. 환자의 침대에 설치된 노드는 압력 패드 및 가드 센서에서 환자의 활동 및 낙상을 감지하여 게더로 송신하고 게더에 수신된 데이터는 TCP/IP 통신으로 업무 지원 센터의 모니터로 보내도록 하였다. 이때 압력 패드 및 가드 센서가 on, off 동작 시에 발생하는 스위치 채터링 현상을 방지하기 위해 타이머를 사용 하였다. 그리고 통신 모듈의 송신 파워를 조절하여 병실의 다양한 환경에서 적용이 가능 하도록 구성 하였으며 수집된 데이터를 바탕으로 간호사가 실시간으로 병상의 환자 상태를 확인하고 관리 할 수 있게 하였다.

[Abstract]

This paper suggests detection system for the movement of patient on bed based on IEEE802.15.4 by using pressure pad and guard sensor. The system is designed to detect ordinary activities of patients on bed as well as patients' falling from the bed while sleeping at night. The node that is installed at bed sends data to gather when the pressure pad and sensor of guard detect patients' activities and falling. These data sent to gather are transmitted to monitor at help desk by TCP/IP communication. To remove unnecessary data that occurred due to switch chattering during tossing and turning, timer of MCU is used. Also, Communication module can change transmission power to apply this system to various environments of hospital room. Therefore, the nurse can take care of patients on bed in real time with data about patients' conditions.

Key word : Pressure pad, Guard sensor, Monitoring system, Falling, TCP/IP.

http://dx.doi.org/10.12673/jant.2015.19.5.458

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-CommercialLicense(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 1 October 2015; **Revised** 2 October 2015
Accepted (Publication) 15 October 2015 (30 October 2015)

***Corresponding Author; Bong-Jin Ko**

Tel: +82-55-213-3656
E-mail: bjko@changwon.ac.kr

Ⅰ. 서 론

낙상은 의료기관에서 가장 일반적으로 발생하는 사고의 하나이며 의료기관은 어느 곳이나 낙상이 빈번하게 일어날 수 있는 위험한 장소이다. 외국의 경우 의료기관의 낙상 발생률은 3.1% 등 대체로 2 ~ 10%정도로 병원에서의 낙상위험성 관리의 필요성을 제시하고 있다. 국내 병원을 대상으로 한 조사에서는 1,000명당 연령별 낙상 발생률이 15세 미만인 경우 0.9%, 15 ~ 59세 미만인 경우가 0.4%, 60세 이상의 경우 1.6%으로 노인에서 낙상 발생률이 가장 높았고, 15 ~ 59세 미만인 경우가 가장 낮은 것으로 보고되었다. 관련 자료에 의하면, 병원 내 낙상사고가 일어나는 곳으로 침상(61.3%)이 가장 흔하고, 그 외 병실(12.9%), 화장실(12.9%), 복도 순서였다 [1],[2]. 이와 같은 사고가 발생하지 않도록 하기 위해서는 낙상 예방 교육 및 낙상을 감지 할 수 있는 시스템이 필요 하다. 이미 낙상 사고 감지 시스템으로 ACSS (accelerometer smart sensor)를 이용하여 3축에 대한 설정 값 이상 또는 이하가 되면 낙상으로 판단하여 데이터를 휴대폰으로 전송하여 관리자가 확인 할 수 있도록 시스템에 대한 연구가 진행 중이며 [3],[4], 이외에도 촬영한 영상을 이용한 비디오카메라, 인간과 물체의 온도 차이를 이용하여 인간을 추적하고 낙상을 감지하는 적외선 센서, 스마트폰의 가속도 및 기울기 센서를 이용하여 낙상 시 현재 위치를 빠르게 제공하는 등의 낙상방지 시스템이 연구되고 있으며, 간호 협회 및 다른 기관에서 낙상 사고 방지를 위한 시스템 구축이 끊임없이 연구 되고 있다. 하지만 이러한 낙상 방지 시스템의 경우, 환자의 신체 일부에 부착 하여 일상생활 및 취침 시에 불편함이 발생하고 특히 취침 시에 환자의 뒤척임으로 인해 센서 모듈 이탈로 인한 센서 오동작으로 2차 사고의 위험이 있을 뿐만 아니라 환자의 생활이 직접적으로 노출되기 때문에 사생활 보호가 힘들다 [5].

본 논문에서는 실제적으로 병실 내부 적용이 가능하며 위와 같은 불편함을 야기 하지 않도록 야간에 병실의 환자 낙상으로 인한 사고 방지에 대한 모니터링 시스템을 개발 하였다. 제안한 시스템은 각각의 노드를 개별 침대에 설치하고 게더를 병실 벽 상단에 설치하여 침대 양옆의 가드가 내려가거나 압력패드가 떨어질 경우 이를 낙상으로 감지하여 노드에서 게더로 데이터를 송신하고 게더는 TCP/IP를 통해 서버 및 업무 지원 센터에 있는 모니터로 전송하고 간호사는 모니터 상의 정보를 이용하여 환자의 현재 상태를 실시간으로 관리 할 수 있도록 구현 하였다.

Ⅱ. 시스템의 구성 및 알고리즘

제안하고 있는 시스템의 구성도는 그림 1과 같다. 야간에 병실 내부 침대위의 환자가 낙상 하거나 침상의 가드가 내려갈 경우, 침대 노드가 이를 감지하여 환자 ID 및 침대의 현재

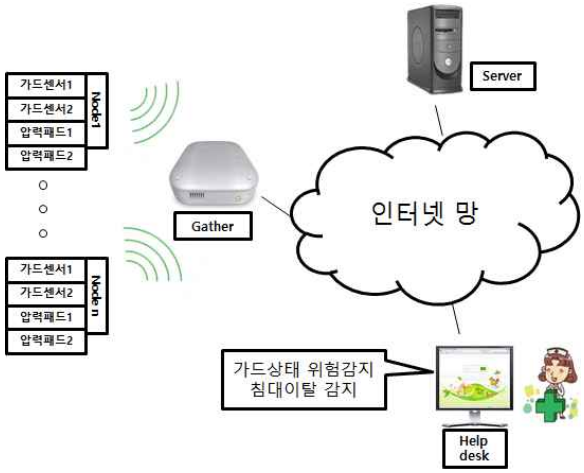

그림 1. 환자 모니터링 시스템 구성도
Fig. 1. Configuration of the patient monitoring system.

상태를 게더로 전송한다. 전송된 데이터는 TCP/IP통신으로 서버 및 업무 지원 센터에 있는 모니터로 전송하게 되고 간호사는 모니터 상의 정보를 참조하여 환자를 실시간으로 관리한다. 송신 데이터 형식은 PxxxxxG0G0B0B0x로서 Pxxxxx는 환자 ID, G0는 가드 상태, B0는 압력 패드의 상태를 의미한다. 여기서 0은 off, 1은 on을 의미하며 마지막 x는 a는 가드1, b는 가드2, c는 패드1, d는 패드2의 센서 값이 on에서off 또는 off에서 on으로 변화를, 그리고 F는 환자가 낙상했음을 나타낸다.

낙상 감지에 대한 구체적인 알고리즘은 그림 2와 같다. 압력 패드의 특성상 on/off 반복으로 인한 채터링 현상 때문에 뒤척임 및 인위적인 침대 이탈시 불필요한 데이터가 많이 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 설정된 시간 이외에는 데이터 전송이 없도록 알고리즘을 구성 하였다. 일상생활이 가능한 환자가 의자에 앉아 있는 상태에서 완전히 이탈 되는 경우 평균 시간이 약 2 sec±0.11 sec이다 [6]. 이 시간을 참고하여 침상의 환자에 어깨와 골반에 아래에 각각 압력 패드를 설치하여, 이 패드 둘 중 하나라도 off시 타이머가 동작하여 일정시간 이내에 또 다른 패드가 off가 되면 낙상으로 판단하여 낙상 데이터를 전송 한다. 일정시간 이후의 시간에 대해서는 인위적인 이탈로 감지하여 낙상데이터를 전송하지 않고 타이머가 초기화 된다.

Ⅲ. 시스템 구현

3-1 압력 패드 동작 테스트

RF 모듈은 IEEE 802.15.4에서 표준화가 진행되고 있으며, 듀얼 PHY형태로 주파수 대역은 2.4 GHz, 868/915 MHz를 사용하고, 저 전력, 저비용의 장점을 가진 Zigbee의 향상된 버전인 Xbee series1을 사용 하였다[7],[8]. 그림 3은 구현된 모듈로써 메인 MCU는 Atmega128을 사용 하였으며 각종 센서 종류

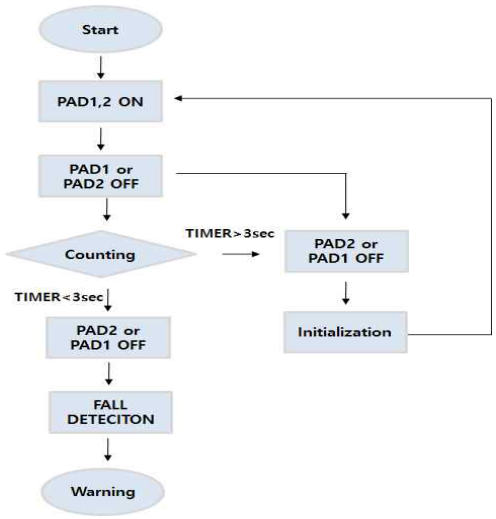

그림 2. 낙상데이터 전송 알고리즘
Fig. 2. Transmission algorithm of the falling data.

그림 3. 구현된 모듈(노드)
Fig. 3. Implemented module(node).

로는 환자의 엉덩이와 어깨에 각 1개의 압력 패드가 적용 되며 이를 인식 할 수 있는 연결 포트 2개와 침대의 양옆 가드의 상태를 알 수 있도록 연결 포트 2개를 하나의 노드에 구성 하였다.

가드는 주간/야간 경우에 항상 올라 가있거나 항상 내려가 있는 상태여서 채터링으로 인한 불필요한 데이터 전송이 없으므로 압력 패드의 on, off에 관한 데이터 전송 확인만 테스트 하였다. 그림 4에서 보다시피 압력 패드의 on에서off(또는 off에서on)로 전환 시 감지되는 채터링 구간이 150 ms 정도이므로 타이머 설정을 200 ms로 정하여 테스트를 실시하였다. 그림 5에 채터링 방지 코드가 있는 경우의 데이터 송수신 결과를 보였다. 결과로부터 뒤척임으로 인해 발생하는 불필요한 데이터 전송이 없음을 알 수 있다.

그림 6은 낙상 감지를 위한 패드의 그림이다. 내부 필름에 의해 외부에서 일정 이상의 압력에 의해서 on, off 동작을 수행한다. 기존 패드에 비해 폭을 약10 cm 넓힘으로써 환자의 움직임을 감지하는 영역을 확대 하여 검출 효과를 증대 시켰다.

3-2 압력 패드 동작 시간 설정에 따른 낙상 유무 테스트

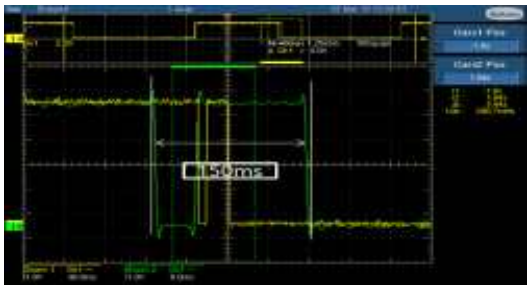

그림 4. 채터링 구간(약 150 ms)
Fig. 4. Chattering interval (approximately 150 ms).

환자 뒤척임시 발생하는 데이터 전송량 확인

		채터링 방지 코드가 없는 경우			채터링 방지 코드가 있는 경우		
		총 수신 데이터	동시에 on	동시에 off	총 수신 데이터	on	off
10회	1	14	4	2			
	2	17	7	4			
	3	14	8	3			
	4	18	3	7			
	5	12	3	8			
20회	1	29	9	8	데이터 전송 없음		
	2	25	15	6			
	3	31	12	9			
	4	42	12	10			
	5	30	10	13			
30회	1	39	14	16			
	2	37	12	11			
	3	41	17	13			
	4	45	15	14			
	5	44	12	10			

그림 5. 테스트 결과
Fig. 5. Test results.

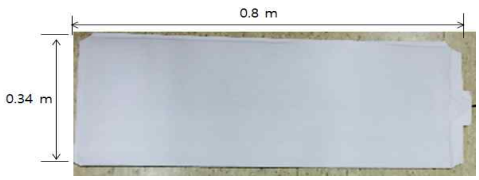

그림 6. 압력 패드
Fig. 6. Pressure pad.

낙상 이외에 패드 동작으로 인해 발생하는 불필요한 대량의 데이터는 신호 간섭 및 신호간의 충돌로 인한 데이터 유실의 원인이 되므로 패드1, 2의 동작하는 시간 간격 및 패드 설치 위치의 변화에 따른 낙상 데이터를 송신 여부를 살펴보았다. 적절한 낙상 여부를 판단하기 위하여 활동량이 많은 사람을 기준으로 하여 패드1과 패드2가 동작하는 시간 차이를 sec 단위로 설정하여 데이터 전송 여부를 확인하였다.

낙상 발생 시에 노드에서 전송하는 데이터 형식은 앞에서 표현한 데이터 형식에 P0000XG0G0B0B0F와 같이 F를 덧붙여 보낸다. 데이터에서 알 수 있듯이 낙상의 경우 압력패드 1,2가 모두 off 여야 함으로 데이터의 뒷부분은 반드시 B0B0F가 된다. 그림 7, 그림 8은 낙상이 아닌 침대를 일어나서 나온 경우, 낙상을 판단하는 두 패드의 off 시간 간격을 다르게 설정하여 낙상의 판단을 실험 하였다. 그림 7은 하부 패드를 골반의 위쪽(어깨 쪽 방향)에 설치하고 두 패드의 off 시간간격을 2, 3, 4 sec으로 각각 설정하여 실험해 본 결과 이다. 결과에서 볼 수 있듯이 시간간격을 3 sec 이상인 경우부터 낙상이 아님에도 낙상을 나타내는 데이터 P*****G*G*B0B0F가 발생한다(빨간 실선). 또한 그림 8은 하부패드를 골반의 중앙에 설치하고, 두

패드의 off 시간간격을 4, 5, 6 sec로 설정하여 실험한 결과이다. 이 경우, 낙상이 아님에도 낙상을 나타내는 데이터는 5 sec부터 발생함을 알 수 있다.

따라서 패드 간의 off 시간간격 뿐만 아니라 패드 설치 위치에 따라 낙상데이터가 다르게 발생하는 것을 확인 할 수 있었다. 이로부터 패드를 골반 상부에 설치 시에는 패드 간의 off 시간간격을 3 sec 이내로, 패드를 골반 중앙에 설치 시에는 패드 간의 off 시간간격을 5 sec 이내로 설정하면 낙상이 아님에도 낙상으로 판단하여 전송되는 불필요한 다수의 데이터를 줄일 수 있음을 알 수 있다.

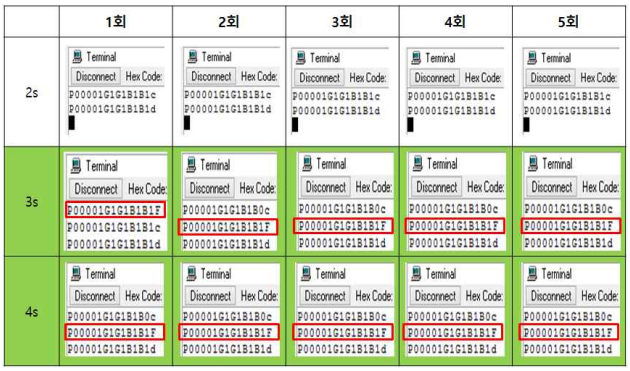

그림 7. 테스트 결과(골반 상부 패드 설치)
Fig. 7. Test results(Install the pad to the top of hip).

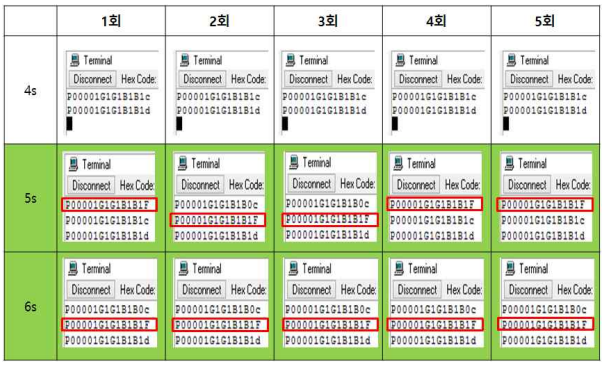

그림 8. 테스트 결과(골반 중앙 패드 설치)
Fig. 8. Test results(Install the pad to the middle of hip).

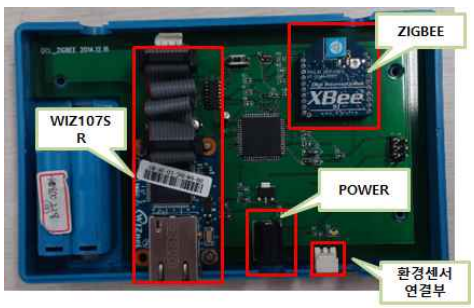

그림 9. 구현된 모듈 (게더)
Fig. 9. Implemented module(gather).

노드와 마찬가지로 RF모듈은 Xbee를 사용하고, 환경 센서 연결 포드 1개 와 업무 지원 센터로 TCP/IP 전송을 위해 wiz107sr 모듈을 사용하여 구성 하였다. wiz107sr은 Xbee와 같은 구동 전압을 사용하고 전류 소비가 작아 추가 레귤레이터 및 어댑터 적용이 필요 없으며 별도의 프로그래밍 없이 TCP/IP 직렬 인터페이스가 가능한 모듈이다.

Ⅳ. 모니터링 시스템 및 송신 테스트

그림 10은 유리벽으로 나누어진 두 방에 각각 설치 된 Xbee를 star형으로 메쉬 통신이 가능 하도록 하고 송신 파워를 -10 dBm(0), 0 dBm(4)로 설정하여 신호의 중복 수신 테스트를 위한 게더와 노드 간의 배치도이며 그림 11에 이에 대한 결과를 나타내었다. 이로부터 방2에 있는 노드2는 송신전력이 최대(0 dBm)일 경우, 게더1과 게더2에 노드2의 송신신호가 중복 수신됨을 알 수 있다. 즉 유리나 칸막이의 경우 신호의 중복 수신 가능성이 있음을 알 수 있다.

그림 12는 복도를 사이에 둔 두 방간의 신호의 중복 수신 테스트를 위한 게더와 노드 간의 배치도이다. 두 방의 문을 모두 닫았을 경우에는 송신전력을 최대 (0 dBm)으로 하더라도 상호간의 통신이 불가능하여 중복 수신이 없음을 알 수 있다. 그러나 두 방의 문이 열려 있을 경우에는 게더와 노드의 송신 전력 및 위치에 따라 중복 수신이 될 수 있음을 볼 수 있다. 따

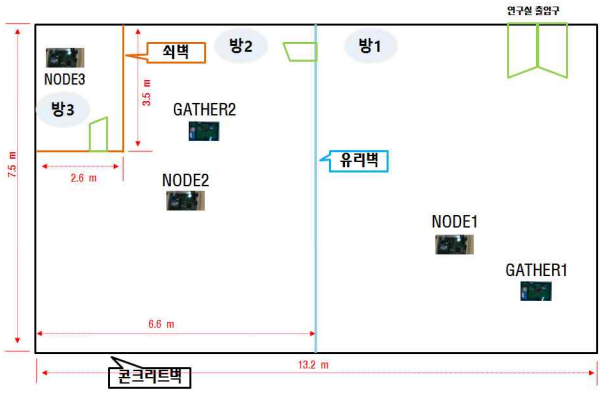

그림 10. 테스트 장소 레이아웃
Fig. 10. Ray out for test place.

		GATHER 1	GATHER 2
NODE 위치1	4	OK	OK
	0	OK	NG
NODE 위치2	4	OK	OK
	0	NG	OK
NODE 위치3	4	OK	OK
	0	NG	OK

그림 11. 테스트 결과
Fig. 11. Test results.

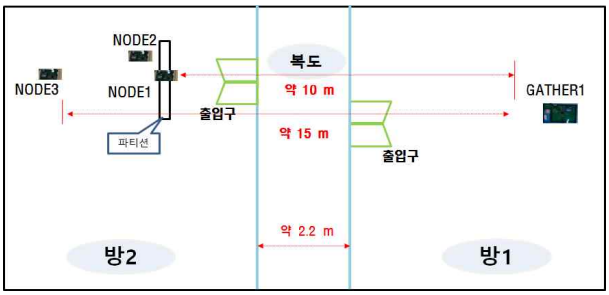

그림 12. 테스트 장소 레이아웃
Fig. 12. Ray out for test place.

표 1. 테스트 결과
Table 1. Test results.

		NODE위치1		NODE위치2		NODE위치3	
		4	0	4	0	4	0
연구실	연구실1 OPEN 연구실2 CLOSE	OK	NG	NG	NG	NG	NG
	연구실1 CLOSE 연구실2 OPEN	NG	NG	NG	NG	NG	NG
	둘다 OPEN	OK	OK	OK	NG	NG	NG
	둘다 CLOSE	NG	NG	NG	NG	NG	NG

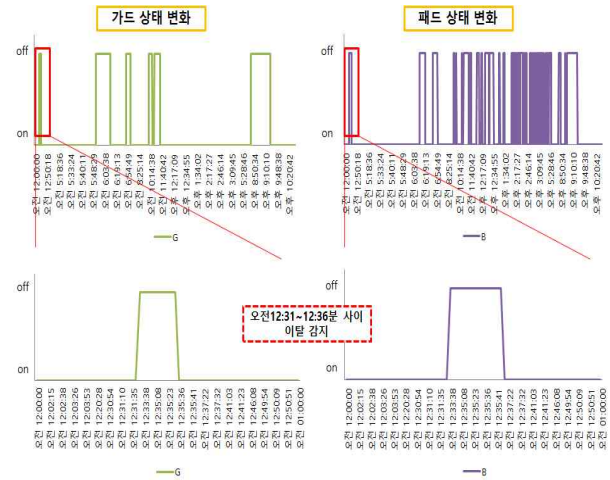

그림 13. 테스트 결과 그래프
Fig. 13. Graph for test result.

라서 병실의 환경에 따라 게더의 설치 위치 및 노드의 송신전력의 적절한 설정이 필요함을 알 수 있다. 표 1에 게더와 노드 간의 송수신에 대한 테스트 결과를 나타내었다.

그림 13은 실제 병실 환자의 침대에 노드를 설치하여 하루 동안 발생된 데이터를 나타낸 것이다. 야간 취침 시간에 환자 낙상 사고 감지를 위해 주의 깊게 보아야 할 시간대는 00:00 ~ 06:00 사이 이다. 그림에서 대상 환자는 00:31 ~ 00:36 사이 5분 동안 침대를 이탈한 것을 확인 할 수 있었다. 또한, 아침식사 시간, 점심식사 시간, 저녁식사 시간의 활동으로 인한 데이터 발생이 많음을 볼 수 있다.

그림14에 Labwindows/CVI 프로그램 툴을 이용하여 각 병실

그림 14. 환자 관리용 모니터링 시스템 화면
Fig. 14. Screen of Monitoring system for patients' care.

의 IP주소, 현재 시간, 실제 serial 통신으로 받은 데이터를 모니터링 시스템에 추가하여 구현 하였고, 실제 테스트 한 결과 화면을 나타내었다. 좌측 상단에 현재 시간을 표시하고 압력 패드 및 가드상태를 on, off와 LED, 팝업창, 경보음으로 환자의 현재 상태를 알 수 있도록 구성 하였다.

Ⅴ. 결 론

본 논문에서는 병실에서 발생 할 수 있는 침대에서의 낙상 사고를 감지하여 실시간으로 간호사가 환자를 관리 할 수 있는 모니터링 시스템을 구현 하였다. 압력 패드, 가드 센서, wiz107sr, IEEE 802.15.4 기반 RF 모듈을 기반으로 환자의 낙상 사고를 감지하여 사고를 신속히 대응 할 수 있도록 하였다. 노드별로 환자ID를 설정하고 RF모듈을 star형으로 설정함으로써 침대가 다른 병실로 이동하더라도 어떤 병실의 게더와도 통신이 가능 하도록 하였고, 야간 취침시간에 환자들의 뒤척임으로 인해 발생하는 약 150 ms의 채터링 현상을 제거하기 위해 타이머를 사용하였다. 그리고 두 개의 압력패드 위치에 따른 off 시간 간격을 3 sec, 5 sec로 설정하여 패드1이 off 되고 3 sec 또는 5 sec 이내에 패드2가 off 되면 환자의 낙상으로 판단하여 데이터를 전송하여 불필요한 데이터 전송을 줄여 간호사의 사고 상황에 대한 대응의 효율성을 높이고, 압력패드의 폭을 10 cm 넓힘으로써 효과적인 동작 감지가 될 수 있도록 개선하였다. 또한 Xbee 모듈의 송신 파워를 조절할 수 있으므로 다양한 병실 환경에서 노드 신호의 중복 수신 없이 적절하게 시스템을 적용 시킬 수 있게 하였다.

따라서 구현된 시스템은 병실에서의 낙상 환자 및 환자의 병상 이탈에 대한 정보를 실시간으로 업무 지원 센터에 제공함으로써 병원에서의 효율적인 환자관리를 기대한다.

감사의 글

이 논문은 2015~2016년도 창원대학교 자율연구과제 연구

비 지원으로 수행된 연구결과임

참고 문헌

[1] J. G. Shin, Prevalence and management of falls among elderly in a hospital, M.S. dissertation, Hanyang University, Feb. 2011.

[2] J. I. Shin and H. J. Kim, "A study on care helper insight and fall-related knowledge through fall prevention education," *Society of Occupational Therapy for the Aged and Dementia*, Vol. 6, No. 1, June 2012.

[3] M. Estudillo-Valderrama, L. M. Roa, J. Reina-Tosina, and D. Naranjo-Hern´andez, "Design and implementation of a distributed fall detection system personal server," *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, Vol. 13, No. 6, Nov. 2009.

[4] L. Tong, Q. Song, Y. J. Ge, and M. Liu, "HMM-based human fall detection and prediction method using tri-axial accelerometer," *IEEE Sensors Journal*, Vol. 13, No. 5, May 2013.

[5] W. S. Baec, Fall detection system design on wireless body area network environment, M.S. dissertation, Josun University, Feb. 2013.

[6] A. Arcelus, I. Veledar, R. Goubran, F. Knoefel, H. Sveistrup, and M.Bilodeau, "Measurements of sit-to-stand timing and symmetry from bed pressure sensors," *IEEE Transactions on Instru -mentation and Measurement*, Vol. 60, No. 5, May 2011.

[7] H. B. Kim, "The security requirement and zigbee technology in ubiquitous environment," *Korea Institute of Information Security & Cryptology*, Vol. 17, No. 1, pp. 79-88, 2007.

[8] Digi International Inc. XBee/XBee-PRO DigiMesh 2.4 RF Modules Datasheet [Internet]. Available : http://www.digi.com/support/productdetail?pid=3524&type=documentation.

백 성 호 (Sung-Ho Baec)

2012년 2월 : 창원대학교 전자공학과 (공학사)
2014년 3월~현재 : 창원대학교 전자공학과 석사과정
※ 관심분야 : WSN 시스템, LBS, Bluetooth

전 민 식 (Min-Sik Jeon)

2015년 2월 : 창원대학교 전자공학과 (공학사)
2015년 3월~현재 : 창원대학교 전자공학과 석사과정
※ 관심분야 : WSN 시스템, LBS

고 봉 진 (Bong-Jin Ko)

1994년 ~ 1996년 : 인하공업전문대학 통신과 조교수
1996년 ~ 현재 : 창원대학교 전자공학과 교수
※ 관심분야 : 재난통신, 이동통신