

2D Lidar를 이용한 환자행동 모니터링 방법

류윤규*

대구보건대학교 보건의료전산과

A Patient Movement Monitoring Method Using 2D Lidar

Yun-Kyoo Ryoo*

Department of Public Medical Computer Science, Daegu Health College

요약 자율주행을 위해서 개발된 LiDAR의 가격이 획기적으로 하락하면서 여러 가지 분야에 LiDAR가 적용되기 시작하였다. 청소기 로봇과 자율배송 로봇 그리고 장애물 자동 회피 드론이 대표적인 예이다. LiDAR는 2D 카메라나 3D 카메라가 조명에 취약하다는 단점을 보완하면서 물체의 위치를 실시간으로 파악하는 유일무이의 수단이 되고 있다. 본 논문에서는 병실에 2D Lidar를 설치하여 환자의 움직임을 모니터링하는 방법을 제안한다. 심리적으로 불안정하거나 자살을 시도하려는 의도가 있거나 정신병적인 소견이 있어서 집중적인 감시가 필요한 환자가 홀로 병실에 있을 경우 2D LiDAR로 환자의 움직임을 감시하고 적절한 알람을 관리실에 보냄으로써 환자를 효율적으로 감시할 수 있는 방법을 고안하였다.

Abstract As the price of LiDAR developed for autonomous driving has dropped dramatically, LiDAR has begun to be applied in various fields. Typical examples are vacuum cleaner robots, autonomous delivery robots, and autonomous obstacle avoidance drones. LiDAR is becoming the only means of figuring out the location of an object in real time while compensating for the weakness that 2D or 3D cameras are vulnerable to lighting. In this paper, we propose a method to monitor the movement of a patient by installing a 2D lidar in a hospital room. When a patient who needs intensive monitoring due to psychologically unstable, suicidal intention, or psychotic findings is alone in the ward, 2D LiDAR monitors the patient's movement and sends an appropriate alarm to the management room to effectively monitor the patient. devised a way to do it.

Key Words Patient, Movement Monitoring, 2D LiDAR, Hospital, Human Detection

1. 서 론

1.1 환자 모니터링의 개관

환자 모니터링이란 용어는 일반적으로 중환자의 혈압, 경피적 산소 포화도, 심박수, 심박출량, 체온, 신경반응, 반사작용 등과 같은 신체의 여러 파라미터를 측정하는 것을 말한다. 이러한 신체 신호를 모니터링함으로써 중증 환자의 긴급 상황에 빠르게 대처하여 환자의 생명을 구하는 것이 목적이다.

최근에 이러한 중증 환자의 신체 신호를 모니터링하는 것 이외에 환자의 이상행동에 대한 집중 감시

할 필요가 있다. 극심한 사고 등으로 인한 외상 스트레스에 의한 발작, 자살시도를 위한 이상행동, 조현병과 같은 정신질환에 기인한 이상행동 그리고 치매 환자의 이상행동 등을 집중 모니터링하여 환자의 안전을 보장하여야 한다. 하지만 환자를 집중적으로 감시하는 것은 매우 노동집약적이며 비용이 많이 드는 업무이므로 이를 자동화하려는 시도가 일어나고 있다.

1.2 환자 행동 모니터링의 기존 방법

환자 행동 모니터링의 가장 오래된 방법은 CCTV를 설치하고 간호사가 모니터를 주시하며 환자를 관

*Corresponding Author : Yun-Kyoo Rhyoo(Daegu Health College)

Email: kyoo@dhc.ac.kr

Received December 07, 2021

Revised December 16, 2021

Accepted December 20, 2021

리하는 방법이다. 이는 간호사들이 일일이 환자의 병실3을 방문하며 감시하는 것에 비하여 노동량을 절감시키는 효과는 있지만 결국 간호사들이 CCTV를 계속 주시하며 감시하여야 하는 불편함이 있었다.

그 후 2D 영상 기반의 자동화된 영상인식 프로그램을 이용하여 환자의 행동을 감시하려는 다양한 시도가 있었지만 다양한 조명상태와 환자의 다양한 행동 패턴으로 자동화가 거의 이루어지지 못하였다.

이후 여러 가지 통신기술이 개발되면서 이를 환자 행동 모니터링에 적용하려는 노력이 나타났다. 배회 가능성이 있는 치매 환자의 실종 예방을 위하여 블루투스 비콘을 활용한 치매 환자의 실내 위치기반 감시시스템을 제안하기도 하였다[1].

MS사에서 키넥트 센서가 개발되면서 치매 환자의 움직임을 3D 데이터화하고 수집된 데이터를 분석 및 가공하여 환자의 행동을 판별하여 간병인 없이도 실시간으로 치매환자를 관찰하는 방법이 개발되었다[2].

2. 관련 연구

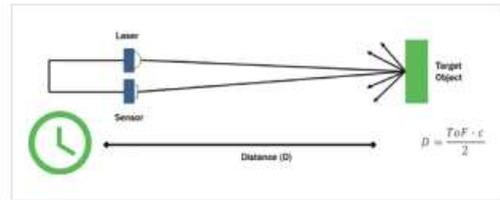
2.1 LIDAR의 원리

라이다(LiDAR)는 ‘빛 감지 및 거리측정(light detection and ranging)’의 약자로, 감지기를 통해 특정 물체의 거리를 측정하는 기법을 말한다. 라이다에 사용되는 원리는 레이더(RADAR)와 비슷하나, 라이다에서는 전파의 역할을 주로 레이저와 같은 빛이 대신한다. 라이다 시스템은 빛을 목표 물체로 발사하여 반사되는 빛을 광원 근처에 설치된 수광소자로 검출한다. 빛의 속도를 이용하여, 빛이 목표물에 부딪혀 되돌아오는 시간을 측정하면 목표물까지의 거리를 높은 정확도로 계산할 수 있다. 이렇게 특정 공간 또는 목표지점에 대하여 주기적으로 측정을 반복할 경우 주변 환경에 대한 3D 지도 제작까지 가능하다.[3]

라이다의 핵심 작동 원리는 직접 비행시간 거리측정(dToF)이다. 일반적인 라이다 시스템에는 빛의 펄스를 생성하기 위해 레이저가 사용된다. 이 빛의 진행 방향에서 특정 물체에 부딪히면 빛이 반사됨과

동시에 일부는 주변으로 흩어지지만, 일부는 라이다 시스템의 수광소자로 되돌아온다.

라이다는 정확도가 높은 클럭을 설계하여 빛이 물체에 닿은 후 되돌아오는데 소요된 시간을 측정한다. 빛의 속도는 일정하므로, 물체까지의 거리는 쉽게 계산될 수 있다. 따라서 정확도가 높은 클럭을 사용할수록 라이다 시스템은 높은 수준의 정확도를 확보하게 된다[4].



[Fig. 1] Principle of dToF in LiDAR

[그림 1]. LiDAR의 dToF의 원리

2.2 LiDAR의 종류

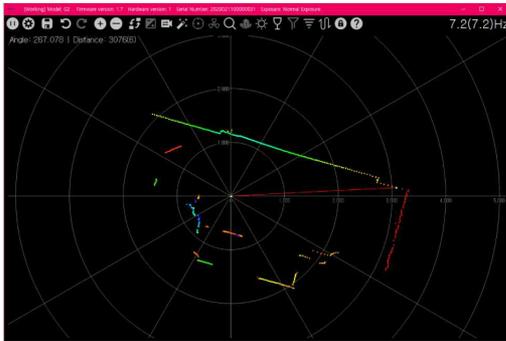
LiDAR는 1D, 2D, 3D의 세 분류로 구분할 수 있다. 1D는 그림 1과 같이 레이저 발광모듈과 레이저 수광센모듈이 나란히 설치되어 있어 한 점의 거리만 획득할 수 있는 장치이다. 1D는 주로 복수의 라이더 모듈을 직전으로 배열하여 라인센서를 구성하여 이용되기도 한다.

2D LiDAR는 [그림 2]와 같이 1D LiDAR를 모더로 306도 회전시켜 [그림 3]과 같이 2차원 평면 상에 존재하는 물체들의 거리의 프로파일을 획득하는 방식이다. 3차원 공간을 칼로 잘라서 한 평면의 상태를 관찰한다고 생각하면 이해가 쉽다.



[Fig. 2] Example of 2D LiDAR

[그림 2]. 2D LiDAR의 예 (YDLIDAR G2)



[Fig. 3] Example of Profile Acquisition of 2D LiDAR
 [그림 3]. 2D LiDAR의 프로파일 획득 예

3D LiDAR는 모션 방식과 어레이 형식의 기반 방식 두 가지가 있다. [그림 4]와 같이 모션 기반의 방식은 2D LiDAR의 원리에 내부에 발광 레이저의 각도를 변경할 수 있는 구동 반사경을 두어 여러 각도의 2차원 평면의 프로파일을 획득하는 방법이다. [그림 5]와 같이 어레이 형식의 3D LiDAR는 발광부에서 빛을 퍼트려 발사하고 수광부는 센서를 N X M 형태로 세로와 가로로 다수 배치하는데 이 어레이의 배치가 바로 최종 3차원 영상 해상도의 기준이 되는 방식이다. 3D LiDAR는 자율주행 자동차에 주로 쓰이며 모듈 가격이 매우 비싸 자율주행 자동차와 같이 적용할 수 있는 분야가 매우 한정적이다[5].



[Fig. 4] Example of motion-based 3D LiDAR
 [그림 4]. 모션 기반 3D LiDAR의 예
 Velodyne VLP16



[Fig. 5] Example of an array-based 3D LiDAR
 [그림 5]. 어레이 기반 3D LiDAR의 예
 ETRI GEN3

2.3 LiDAR의 활용 영역

LiDAR는 자율주행 차량의 눈의 역할을 하는 핵심 부품으로 개발되어 사용되었다. 여러 분야에 활용하는 것이 가능하나 가격이 비싸다는 이유로 군사적 목적 이외에 다른 분야에서는 쉽게 상용화가 불가능하였다. 초장기 3D LiDAR는 크기와 전력 소모가 매우 커서 그 사용이 매우 제한적이였다.

값이 싼 2D LiDAR의 개발로 LiDAR가 여러 분야에 적용되기 시작하였다. 실내용 완구 및 청소 로봇, 추종형 자율주행 카터, 자율주행 서류배달 로봇, 장애인용 자율주행 휠체어, 자율주행 근거리 택배 배송장치, 물류기지의 이송 로봇 등 다양한 분야에서 적용되기 시작하였다.

1D LiDAR의 경우에도 출입 인원 계수 등 한정적이지만 그 사용이 확대되었다.



[Fig. 6] Delivery robot
 [그림 6]. 로보티즈 사의 배송 로봇

LiDAR는 보안 및 제조산업 안전을 목적으로 활용할 수 있다. LiDAR의 조사 면적을 특정함으로써 문 또는 창문을 통과하는 사람을 감지하거나, 지하철의 특정구역에 진입하는 물체를 감지하는 등 다양한 보안 목적의 활용이 가능하다. 또한, 제조 현장에서 작업자의 진입, 신체 일부의 간섭 등 안전을 감지하는 센서로 기존의 포토센서를 대체 또는 보완하기 위해 활용할 수 있다[6].

3. LiDAR를 이용한 환자행동 모니터링

3.1 LiDAR 선정

1D, 2D, 그리고 3D LiDAR 중에서 가장 성능과 감지 영역이 넓은 것은 단연 3D LiDAR이다. 하지만 가격이 매우 비싸므로 병원에서 환자를 감시 하는 용도로 적용하기에는 어려움이 많다.

가격 면에서 1D LiDAR가 가장 저렴하지만 1D LiDAR는 감지할 수 있는 영역이 매우 작다. 환자의 이동 거리가 가로세로 5m×5m 정도라고 가정할 때 1D LiDAR를 여러 개 설치하여야 하므로 이는 모듈 비용뿐만 아니라 설치비용을 증가시킬 수 있다.

최근 2D LiDAR의 경우 가격이 매우 저렴하고 360도 방향으로 10m 이내의 거리를 감지할 수 있으므로 병실 내의 한 개의 모듈로도 충분히 모든 영역을 감시할 수 있어 병실 내의 환자 행동 모니터링에 가장 적합하다. 이러한 예로 이동형 로봇이 사람의 다리를 인식하여 사람을 쫓아다니는 것을 구현하기 위하여 2D LiDAR를 이용한 예가 있다 [7].

3.2 LiDAR의 설치

2D LiDAR의 경우 모듈의 설치 위치를 공간의 중심지점으로 하면 360도로 반경 10m의 범위에서 물체의 거리를 감지할 수 있다. 2D 라이다의 특성상 병실의 중앙에 설치하는 것이 바람직하다. 하지만 모듈을 설치하기 위하여 중앙에 거치대를 설치하는 것은 번거로운 일이므로 중앙이 아니고 중앙에서 조금 벗어난 지점이더라도 기존에 있는 구성물을 이용하는 것

이 바람직하다. 병원에서는 병상이 있고 병상의 끝부분에 모듈을 설치하는 것이 가장 바람직하다고 하겠다. 병상은 이미 존재하는 필수 가구이며 병상이 끝에 설치하는 것이기 때문에 모듈의 설치를 위하여 별도의 거치대를 설치할 필요도 없게 된다. 또 침상은 필수적인 요소이므로 사람들이 움직임에 방해된다고 느낄 가능성도 적기 때문이다.

2D LiDAR의 설치 높이는 환자의 키에 따라 가변적으로 선택하는 것이 좋는데 환자의 배꼽 정도의 높이로 모듈을 설치하는 것이 바람직하다. 하지만 여러 조건과 상황에 따라서 알맞은 높이를 선택하는 것이 필요할 수도 있다. 침대의 끝부분에 높낮이가 조절되는 간이 거치대를 설치하여 환자의 키에 따라 높이를 적응적으로 조절하는 것이 바람직하다.

3.3 거리 프로파일 획득

2D LiDAR의 위치와 높이가 결정되면 모듈을 중심으로 반경 10m 이내의 거리 내에 있는 물건들의 거리가 획득되고 이를 조합하면 [그림 3]과 같이 2D 평면상의 지도가 완성된다. 일반적으로 2D LiDAR의 경우 최대 12Hz로 2D 프로파일을 획득할 수 있는데 이는 환자의 움직임을 초당 12번 감시할 수 있다는 의미이다.

사람의 움직임은 느리며 더욱이 환자의 움직임에서는 기민성을 찾을 수 없다. 따라서 2D 프로파일의 획득 속도는 초당 2회에서 3회가 적당하다. 고속의 2D 프로파일을 얻으려면 2D LiDAR의 회전 속도가 빨라져야 하는데 이는 불필요하게 많은 에너지가 필요하고 또 회전으로 인한 소음과 화전으로 인한 부품의 마모는 모듈의 수명을 단축시킬 수 있으므로 적당한 프로파일 획득 시간을 설정하는 것이 바람직하며 그에 따라서는 환자의 움직임에 따라 적응적으로 속도를 조절하도록 하여 에너지의 소비와 모듈의 수명을 최대한으로 하는 스캔속도 조절 알고리즘을 적용하는 것이 바람직하다.

본 논문에서는 YDLIDAR X4를 이용하여 실험하였다. 모듈에서 시리얼 통신으로 데이터를 획득하여야 하는데 통신속도가 128000bps이기 때문에 아두이노 보드를 이용하였을 때 통신이 되지 않았다.

128000bps의 시리얼 통신속도를 사용하기 위하여 ESP32모듈을 이용하였다. 모터는 신호는 별도로 제어하지 않았는데 신호선을 연결하지 않으면 최대의 속도로 모터가 회전한다. YDLIDAR X4의 아두이노 라이브러리를 이용하여 ESP32가 YDLIDAR X4로부터 받은 각도와 거리를 PC의 시리얼 모니터에서 [그림 7]과 같이 확인하였다.

```
12:13:25.820 angle : 283.0937500000 distance : 350.0000000000
12:13:25.820 angle : 284.0000000000 distance : 351.0000000000
12:13:25.820 angle : 284.8906250000 distance : 353.0000000000
12:13:25.820 angle : 285.7968750000 distance : 355.0000000000
12:13:25.820 angle : 286.6875000000 distance : 356.0000000000
12:13:25.820 angle : 287.5937500000 distance : 358.0000000000
12:13:25.820 angle : 288.4687500000 distance : 360.0000000000
```

[Fig. 7] Profile example of 2D LiDAR
 [그림 7]. 2D LiDAR의 프로파일 예

3.4 환자의 행동 검출 알고리즘

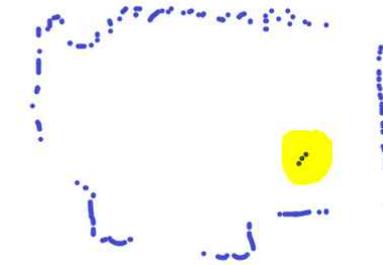
LiDAR 모듈의 높이를 침대 높이보다 조금 높게 하여 환자가 없는 상태에서 2D 프로파일을 획득하면 벽, 혹은 가구 등의 주변 환경이 프로파일 에 검출된다. 이 때 획득된 2D 프로파일을 기준 프로파일로 한다. 만약 환자가 침대를 이탈하여 이동할 때 2D 프로파일을 획득하면 기준 프로파일과는 다른 부분이 발생한다. 이 부분이 환자의 움직임에 의하여 발생된 부분이다. 즉 2D 영상에서 두 영상의 차이에 의하여 물체를 판별하는 차분 영상법과 같은 원리로 환자의 움직임을 검출할 수 있다.

LiDAR 모듈에 의한 데이터는 각도와 거리를 감지할 수 있으므로 극좌표계를 이용하게 된다. 차분 영상은 직교좌표계를 이용하는 것이므로 극좌표계를 직교좌표계로 변환한다. LiDAR의 2D 프로파일을 직교좌표로 변경하면 해당 직교좌표의 위치의 값은 물체의 존재 여부만 표시하게 된다.

[그림 8]은 실험실 중앙에 라이다를 설치하여 프로파일을 얻고 이를 극좌표계에서 직교좌표계로 변환한 후 파이썬의 Turtle 라이브러리를 이용하여 표시한 예이다.



[Fig. 8] Example of outputting 2D LiDAR profile to Python Turtle library
 [그림 8]. 2D LiDAR 프로파일을 Python Turtle 라이브러리로 출력한 예



[Fig. 9] Example of detection of patient movement
 [그림 9]. 환자의 이동에 대한 검출 예 (노란색으로 표시된 부분이 환자 검출 부분)

[그림 9]는 환자가 이동하는 것을 가정하여 연구자가 이동할 때 캡처한 프로파일을 표시한 예이다. 노란색으로 표시한 부분이 연구자가 검출된 부분이다. 이처럼 환자의 이동 상황은 바이너리 영상의 차분영상법을 이용하면 쉽게 검출할 수 있다.

또 특정 영역을 지정하여 프로파일의 변화를 관찰하면 환자가 특정 영역으로 진입하는지도 확인할 수 있어 환자가 단순히 움직인다는 사실뿐만 아니라 여러 가지 다양한 상황에 대한 판단을 수행할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 2D LiDAR를 이용한 환자행동 모니터링의 방법에 대하여 제안하였다. 최근 LiDAR의 가

격이 획기적으로 하락하여 여러 분야에 LiDAR를 적용하고자 하는 시도가 있다.

기존의 2D 카메라와 3D 카메라를 이용한 환자 행동 모니터링 방법이 시도되었지만 다양한 조명상황, 다양한 환경 구성물 그리고 다양한 환자의 행동 등으로 환자의 행동을 모니터링 하는데 기술적으로 많은 어려움이 있었다.

2D LiDAR는 레이저를 이용하기 때문에 조명에 영향을 받지 않는다. 3차원의 주변 환경 정보를 획득할 수 있기 때문에 주변 사물과 환자를 이진 영상의 차분법을 이용하여 환자의 움직임을 구분할 수 있다.

본 논문에서 제안한 방법으로 환자가 침대에서 이탈하여 병실을 이동하는 것을 쉽게 탐지할 수 있다. 이는 외상 스트레스로 인하여 정서가 불안한 환자 등과 같이 이상행동을 보이는 환자를 손쉽게 모니터링함으로써 환자의 관리를 더욱 손쉽게 자동화할 수 있다.

향후 연구 방향은 단순한 침대 이탈 정보뿐만 아니라 환자를 관리하기 위한 여러 가지 행동 패턴을 발굴 정의하고 이를 LiDAR를 이용하여 감지하는 방법에 대하여 연구할 필요가 있다.

References

- [1] D-W Kwon, 'A Study of Dementia Patient Care Monitoring System Based on Indoor Location Using Bluetooth Beacon', *J of digital convergence*, vol.14, no.2, pp.218-225. 2016.
- [2] DGIST, 2013.
- [3] Wandinger, Ulla. "Introduction to lidar." Lidar. Springer, New York, NY, 2005.
- [4] Using dToF in LiDAR applications, Semiconductor Network, 2021.
- [5] Electronics and Telecommunications Trends 2016, ETRI
- [6] <http://www.e-patentnews.com>
- [7] T. Taipalus and J. Ahtiainen, "Human detection and tracking with knee-high mobile 2D LIDAR," *2011 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics*, pp. 1672-1677, 2011.