

라이다(LiDAR) 애플리케이션의 dToF 적용사례

Using dToF in LiDAR applications

라이다(LiDAR)는 ‘빛 감지 및 거리측정(light detection and ranging)’의 준말로, 감지 센서를 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 주위의 센서로 검출한다.

글/에델 캐시먼(Edel Cashman), 온세미컨덕터 수석 애플리케이션 엔지니어

라이다(LiDAR)는 ‘빛 감지 및 거리측정(light detection and ranging)’의 준말로, 감지 센서를 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 주위의 센서로 검출한다. 빛이 되돌아오기까지 걸린 시간을 측정하고, 언제나 일정한 빛의 속도를 이용하여, 목표물까지의 거리를 높은 정확도로 계산할 수 있다. 이렇게 특정 공간 또는 목표지점에서 주기적으로 측정을 반복할 경우 주변 환경에 대한 3D 지도 제작까지 가능하다.

라이다는 자동차 산업 내에서도 다양한 애플리케이션에 적용된다. 특히, 첨단운전자보조시스템(ADAS)에서 장애물 감지 및 충돌 예방뿐만 아니라 어댑티브 크루즈 컨트롤(ACC)과 내비게이션에도 적용된다. 이처럼 오토모티브 산업에서의 사용사례가 자주 언급되고 있지만, 라이다는 사실 수많은 분야에서 활용되고 있다.

우주탐사의 경우 라이다는 행성들의 3D 지형도 제작 또는 특정 천체와 지구 간 거리를 측정하는데 사용될 수 있다. 농업 분야의 경우 라이다는 논밭과 농작물의 상태를 조사해 농부

LiDAR stands for ‘light detection and ranging’ and is a technique for measuring the distance of objects from a sensing device. The principles used are very similar to RADAR but, with LiDAR, the radio waves are replaced by light — usually laser light. The LiDAR system emits a beam of light that hits a target before being reflected and back to a sensor that is located close to the light source. By measuring the time taken for the light to travel, and knowing the constant speed of light, the distance of the target can be calculated with a high degree of accuracy. By repeating this measurement at regular intervals across a scene or target area, a 3D map of the environment can be built up.

LiDAR has applications in the automotive world, particularly in the advanced driver assistance system(ADAS) where it can be used for obstacle detection and collision avoidance as well as adaptive cruise control(ACC) and navigation. However, while the automotive uses are frequently talked about, they represent a very small proportion of the total applications for LiDAR.

들이 농작물의 생장을 모니터링하고, 그 생산량을 예측 및 설계하도록 한다.

산림업의 경우 숲의 우거진 정도를 측정하거나, 사막화 정도를 모니터링하고, 이를 통해 산불을 미리 예방하도록 한다. 환경보호 또한 라이다 기술의 혜택을 누리는 분야 중 하나이다. 해양의 침식 관리 및 사구의 모니터링과 더불어 빙하의 침식에 대한 데이터 수집을 돕기 때문이다. 또한, 자연재해 발생 시 라이다를 통해 해일 등을 예측하거나 지진으로 인한 피해를 신속하게 측정할 수 있다.

이외에도 공장 생산라인에서의 정밀검사, 빌딩 및 도로의 대규모 시공 계획수립 등 수많은 산업 분야에서의 라이다가 적용되고 있다. 이와 더불어 물류창고, 부두, 공항을 비롯한 다양한 현장에서 라이다는 로봇 차량의 안전한 주행을 가이드 한다.

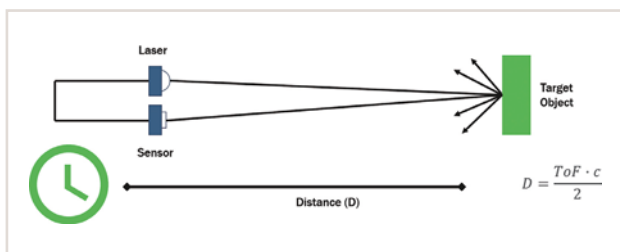
사실상 라이다는 수백 가지에 달하는 방법으로 활용되고 있으며, 그 범위는 교통, 건설, 조사, 동작 감지, 채굴, 법률, 재생가능에너지, 지질학 등으로 매우 광활하다.

라이다 애플리케이션에서의 dToF 센서 사용

라이다의 핵심 작동원리는 직접 비행시간거리측정(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 센서로 되돌아온다.

시스템에 내에 정확도가 높은 클락을 설계하여, 빛이 물체에 닿은 후 되돌아오는데 소요된 시간을 측정한다. 빛의 속도는 일정하므로, 물체까지의 거리는 쉽게 계산될 수 있다. 따라서 정확도가 높은 클락을 사용할 수록 라이다 시스템은 높은

그림 1. 라이다에서 사용되는 dToF의 원리



In space exploration, LiDAR can be used to create 3D topographical maps of the surface of planets, or to calculate the distance between a celestial body and Earth. Agriculture uses LiDAR to survey fields and crop conditions, allowing farmers to model and predict crop yields as well as monitoring crop growth.

In forestry, applications include measuring forest canopies and monitoring deforestation as well as being used in the proactive management of forest fires. Environmental conservation can also benefit as LiDAR is used to manage coastal erosion and monitor dunes as well as collecting data on glacier erosion. During natural disasters, LiDAR can be used to predict Tsunamis or to rapidly evaluate damage from earthquakes.

There are a multitude of industrial applications, including inspection on the production line in factories or planning large construction projects such as buildings or roads. Another use is protecting danger zones, such as those around railroad crossings. LiDAR can guide robotic vehicles safely around facilities which has applications in warehousing, docks and airports, to name just a few.

In fact, there are literally hundreds of uses for LiDAR in areas as diverse as transport, architecture, surveying, gesture recognition, mining, law enforcement, renewable energy and geology.

The use of dToF in LiDAR applications

The key principle behind LiDAR is direct time-of-flight(dToF). In a typical LiDAR system, a laser is used to produce pulses of light. When this light hits an object in its path, light is reflected and, while much of the light is scattered, some will be reflected back to the sensor in the LiDAR system.

An accurate clock within the system is able to determine the time taken for the light to reach the object and return. As the speed of light is a constant(c),

수준의 정확도를 확보하게 된다.

한 지점(Point)까지의 거리를 알아내는 것은 유용하다. 이를 이용하여 광원을 스캔 패턴으로 움직이고 각각의 거리 값을 기록하며 광원 위치를 스캐닝해 3D 맵을 빠르게 제작할 수도 있다. 이는 라이다의 주된 사용 목적이자, 앞서 언급된 다양한 신규 애플리케이션을 활성화하는 방식이기도 하다.

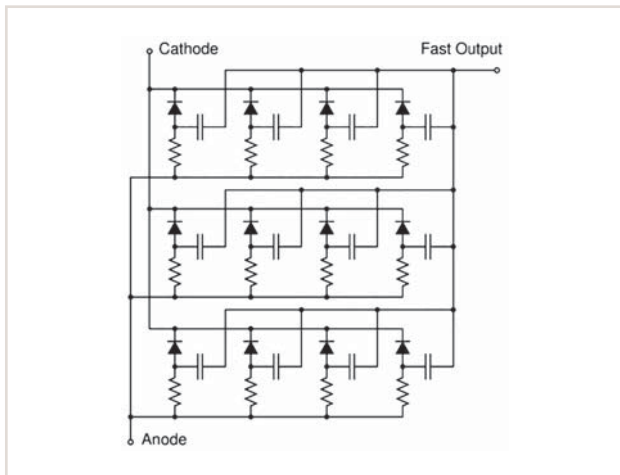
실리콘 포토멀티플라이어(SiPM) – 센서의 필수요소

반사된 레이저 빛을 포착하고 빛의 양을 측정함에 있어 높은 정확도는 어떤 라이다 시스템에서든지 매우 중요하다. 라이다 시스템 내에서도 가장 성능이 뛰어난 센서는 SiPM이며, 이는 소형의 개별 단일 광자 포토 아발란치 다이오드(SPAD)센서를 밀집된 배열(dense array) 형태로 통합하여 제작하게 된다.

각각의 미세한 감지 지점은 쿼치 저항기(quench resistor)를 포함하며, μ^2 단위의 크기에 불과하므로 ‘마이크로셀’이라고 불린다. 마이크로셀이 광자를 흡수할 때 가이저 아발란치(Geiger Avalanche)가 발생해 대량의 광전류가 흐르게 된다. 따라서 쿼치 저항기의 전압 저하로 이어지며, 이는 다이오드 바이어스의 감소 및 전류의 억제를 통해 추후 발생할 가이저 모드 아발란치를 예방하게 된다. 이후 마이크로셀이 리셋되면서 다음 측정을 준비한다.

보통 SiPM은 1mm^2 당 100개에서 수천 개에 달하는 마이크로셀로 구성된다. 각각의 마이크로셀은 광자를 동일하게,

그림 2. 마이크로셀 어레이로 구성된 SiPM



the distance of the object can easily be calculated. With a very accurate clock, very high levels of precision are obtainable with LiDAR systems.

While knowing the distance to a point is useful, by moving the light source in a scanning pattern and recording each distance value, along with its position in the scan, a 3D map can quickly be built. This is the primary use of LiDAR and facilitates many of the emerging applications mentioned earlier in this article.

Silicon PhotoMultiplier(SiPM) – the essential sensing element

The ability to accurately capture and quantify the reflected laser light is critical to the performance of any LiDAR system. One of the best performing sensors for LiDAR systems is the Silicon PhotoMultiplier(SiPM) which integrates a dense array of small, independent Single Photon Avalanche Diodes(SPAD) sensors.

Each of these minute sensing sites includes a quench resistor and is known as a ‘microcell’ which is just a few microns square. When a microcell absorbs a photon, a Geiger avalanche may be initiated causing a large photocurrent to flow through the microcell. This, in turn causes a voltage drop across the quench resistor which reduces the diode bias and quenches the current, thereby preventing further Geiger-mode avalanches. The microcell then resets, ready for the next measurement.

Typically, a SiPM will have between 100 and several thousand microcells per square millimetre, each of which detects photons identically and independently. The current from each microcell is summed to form a quasi-analog output which gives information on the magnitude of an instantaneous photon flux.

Alternate techniques for detecting and measuring photons include avalanche photodiodes(APD) and PIN diodes. However, SiPM sensors are an improvement over

개별적으로 감지한다. 마이크로셀에서 나오는 전류는 합쳐져서 준 아날로그(quasi-analog) 출력을 형성하는데, 이는 즉각적인 광자 흐름의 크기에 대한 정보를 제공한다.

광자를 감지하고 측정하는 다른 기술로는 아발란치 포토다이오드(APD)와 핀 다이오드(PIN diodes)가 있다. 그러나 SiPM 센서는 이 둘보다도 더욱 개선된 형태라고 볼 수 있는데, SiPM은 단일 광자를 감지할 수 있을 뿐만 아니라 높은 증폭률을 가지기 때문이다. 이처럼 향상된 기능을 통해 대부분의 라이다 애플리케이션에서 요구되는 바와 같이 원거리에서 도 낮은 반사율을 갖는 목표물을 감지할 수 있다.

SiPM 센서는 풀 패키지 솔루션으로 제공되며, 이러한 솔루션 중 하나인 온세미컨덕터의 RB-시리즈는 전자기 스펙트럼상의 적외선 및 근적외선(NIR) 부분에 특히 민감하다. 모든 센서는 높은 응답성, 빠른 신호 응답, 낮은 작동 전압 및 낮은 작동 전압 계수를 특징으로 한다. 센서들은 작고 견고한 (1.5mm x 1.8mm 크기) 몰디드 리드프레임 패키지(MLP) 형태로서 제공되며 납땀 등의 리플로우 공정에 적합하게 사용될 수 있다.

현재 마이크로셀의 크기에 따라 3가지 타입의 SiPM이 사용 가능하지만(10 μ m, 20 μ m or 35 μ m), 각 소자는 1mm x 1mm의 활성 감지 영역(Active Sensing Area)에서 동작하도록 설계되었다. 더 큰 마이크로셀은 더 높은 감지 효율성을 가지며, 더 작은 마이크로셀은 더 높은 다이내믹 레인지를 가진다. 모든 소자는 신속한 신호 응답 속도를 보이는데, 표준 출력의 경우 1.0ns, 빠른 출력의 경우 500ps 정도가 걸린다.

SiPM dToF 라이다 플랫폼

dToF의 원리는 비교적 간단하지만, 완전한 기능을 갖춘 솔루션을 개발하려면 SiPM에 되돌아온 빛을 감지하는 정확도를 확보하는 것인 관건이다. 온세미컨덕터에서는 엔지니어들이 고성능 라이다가 적용된 산업용 거리 측정 애플리케이션을 개발할 수 있도록 dToF 기반의 완전한 라이다 솔루션을 갖춘 개발 플랫폼을 제공한다.

개발에 소요되는 노력을 최소화하기 위해 고안된 해당 플랫폼은 실질적으로 다양한 애플리케이션의 소프트웨어 설정 변경이 가능한 턴키 방식 솔루션이다. 전반적인 시스템의 비

both of these due to their ability to detect single photons and their high gain. This enhanced performance allows the detection of low reflectivity targets at a very long range, as is required in many LiDAR applications.

SiPM sensors are available as fully packaged solutions, such as the RB-Series from ON Semiconductor that is sensitive to the red and NIR region of the electromagnetic spectrum. All of the sensors in the series feature high responsivity, fast signal response, low operating voltage as well as a low temperature coefficient of operating voltage.. They are packaged in a small(1.5 mm x 1.8 mm) and robust MLP(molded lead frame package) suitable for solder reflow processes.

There are three types available, distinguished by their microcell size(10 μ m, 20 μ m or 35 μ m) although each device has an active sensing area of 1 mm x 1 mm. The larger microcell variants offer higher detection efficiency, , whereas a smaller microcell gives a higher dynamic range . All devices have a fast signal response of around 1.0 ns for the standard output and around 500 ps for the fast output.

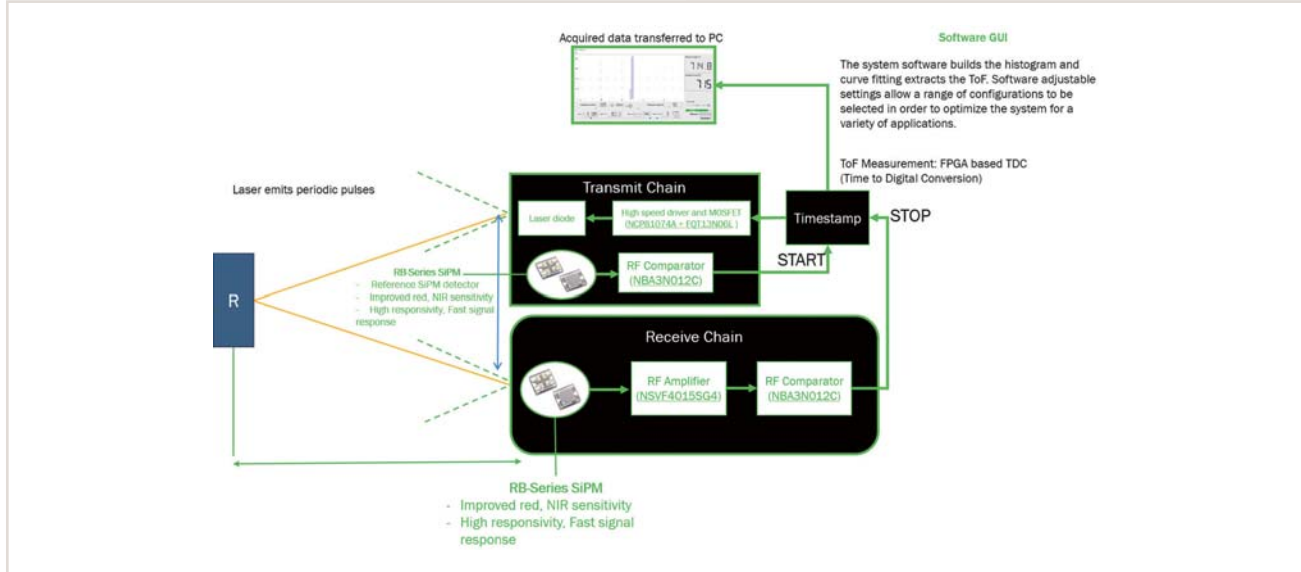
SiPM dToF LiDAR Platform

While the principles of dToF are relatively simple, developing a fully-functioning solution can be challenging due to the accuracy with which the SiPM detects the returned light. In order to support engineers wanting to develop high-performance LiDAR industrial range finding applications, ON Semiconductor offers a development platform with a complete LiDAR solution based on the dToF principle.

Intended to reduce development efforts, the platform is practically a turnkey solution with software adjustable settings for multiple applications. The overall system cost is optimized and all hardware(BoM, schematic, PCB Gerber), software and source files are provided.

The system offers dToF capability for a single point

그림 3. 라이다 플랫폼 개념도



용은 최적화되며, 각종 하드웨어(BoM, 회로도, PCB 거버) 및 소프트웨어, 소스 파일들이 제공된다.

또한, 이 라이다 시스템은 1mm에서 23m까지의 단일 지점을 대상으로 dToF 기능을 제공하며, 거리 측정을 최대화하기 위한 플라노-컨벡스 렌즈(plano-convex lens)를 포함한다. 시스템 작동에는 오직 3.3V 또는 5V 파워서플라이 한 개만이 필요하다. 전용 그래픽 유저 인터페이스를 통해 주파수 및 펄스 폭뿐만 아니라 벅/부스트 전압의 설정도 가능하다.

요약

우리 주변의 환경을 측정하고 모니터링하는 능력은 광범위한 산업 분야를 아울러 더욱 중요해지고 있다. 라이다와 같은 현대 기술들은 수작업보다 더 나은 정확도를 제공할 뿐만 아니라 기존 대비 소요시간을 훨씬 더 줄일 수 있다.

dToF의 원리는 간단함에도 불구하고, 해당 분야에 경험이 많지 않은 설계자들이 이를 구현하는 것은 까다로운 작업이 될 수도 있다. 온세미컨덕터는 레퍼런스 플랫폼을 통해 최고의 기술들을 사용함에 있어 얼마나 라이다가 효율적인 시스템인지 증명한다. 전반적인 플랫폼은 모든 종류의 정보를 제공하며, 설계자들이 신속하고 확실하게 개념에 대한 증명에 도달하도록 필요한 하드웨어 및 소프트웨어까지 제공한다. **SN**

within the range 1 mm to 23 m and includes plano-convex lenses to maximize the distance measurement. Only a single 3.3 V or 5 V power supply is required for operation. A dedicated GUI is included to configure frequency and pulse width as well as to set the buck and boost voltages.

Summary

The ability to measure and monitor the world around us is becoming increasingly important across a wide range of industries. Modern techniques such as LiDAR not only offer greater accuracy than manual surveying methods, they also allow tasks to be performed in a fraction of the time that they previously took.

While the principles of dToF LiDAR are simple, implementation can be challenging, especially for first-time designers. ON Semiconductor® provides a reference platform to demonstrate how effective LiDAR can be when using the best technologies. The comprehensive platform provides all of the information, hardware and software that designers will need to get to proof of concept quickly and reliably. **SN**