


(Bild: Travelmanis - Shutterstock)

Industrielle Anwendungen für 3D-Kameras:

Einsatz in Fertigung und Logistik

Fertigungsroboter, die ohne bauliche Schutzmaßnahmen sicher betrieben werden können, sind der Wunsch der Roboterhersteller. Die Logistikbranche schielt auf autonome Transportfahrzeuge, die auch in einer sich wandelnden Umgebung sicher navigieren. Sensorik mit 3D-Kameras kann in beiden Fällen helfen.

Kameras mit 3D-Technik sind zwar noch relativ jung, aber mittlerweile so leistungsfähig, dass sie in immer mehr Branchen Verwendung finden. Wachsende Bedeutung haben sie in der Logistik, der Fertigung und der Medizin. Auch Endverbraucher nutzen in ihrem Alltag 3D-Kameras, etwa in Form von 3D-Scannern oder als Teil von Smart TVs mit Gestenerkennung. Anwendungen, die heute auf Basis von 3D-Kameras entwickelt werden, lassen sich in die beiden Gruppen „Gesture“ und „Non-Gesture“ einteilen. Non-Gesture-Anwendungen zielen darauf ab, durch Sensorik die Maschi-

nenautonomie zu erhöhen. Bei der Entwicklung von Gesture-Anwendungen steht die Vereinfachung der Interaktion zwischen Mensch und Maschine im Mittelpunkt, etwa durch ein System zur Gestenerkennung.

Anwendungen für 3D-Kameras: Sensoren für fahrerlose Transportfahrzeuge

In manchen Bereichen scheitert die Automatisierung bislang noch daran, Maschinen zu entwickeln, die sich in wechselnden Umgebungen vollautonom bewegen können. Selbstfahrende

Autos liefern das beste Beispiel: Zwar werden Fahrzeuge mit immer neuen Funktionen ausgestattet und erste Tests laufen auch erfolgreich. Doch kommt die Technik nicht ohne einen Fahrzeugführer aus, der in unvorhergesehenen Situationen das Steuer übernimmt oder einen Notausknopf drückt.

Auch im Bereich der Lagerlogistik sind längst nicht alle Probleme gelöst. Das Online-Handelshaus Amazon ist schon länger nicht mehr nur E-Commerce-, sondern auch Automatisierungspionier. In seinen Logistikzentren kommen fahrende Roboter zum Einsatz, die Ware in Regalen lokalisieren und zu einem menschlichen Verpacker transportieren. Damit sie den Weg unfallfrei zurücklegen können, müssen sie ihre Umwelt exakt vermessen – in Echtzeit. Um das vorhandene System zu verbessern und weitere Bereiche der Logistik zu automatisieren, veranstaltet Amazon die alljährliche „Amazon Picking Challenge“. Entwicklerteams aus aller Welt schicken dabei Roboter ins Rennen. Die Aufgabe ist für eine Maschine schwie-



Bild 1. Industrielle 3D-ToF-Keramodule, wie das hier von Inrevious, ermitteln den Abstand von Objekten zu jedem Pixel des Bildsensors zwischen 0,3 und 9,6 Metern.

riger, als sie für einen Menschen klingt: Eine Auswahl an Produkten aus dem Regal nehmen, für den Transport in eine Tasche packen und in ein anderes Regal einsortieren. Je schneller ein Roboter agiert und je weniger Fehler er macht, desto mehr Punkte sammelt er im Wettbewerb. Als annähernd praxistauglich erweisen sich jedoch nur wenige Exemplare. Objekte müssen zuverlässig erkannt, behutsam aufgehoben und wieder abgelegt werden. In erster Linie ist das eine Herausforderung an die optische Sensorik. Die Tiefenwahrnehmung des menschlichen Augenpaars wird hier durch Informationen ersetzt, die eine 3D-Kamera sammelt.

3D-Kameras als Augen der Fertigungsroboter

In der industriellen Fertigung arbeiten Roboter und Menschen bereits heute routinemäßig Seite an Seite. Dieser Schulterschluss von Mensch und Maschine erfordert Sicherheitsvorkehrungen, damit die beteiligten Arbeiter nicht zu Schaden kommen. Die Betreiber erfüllen die geforderten Sicherheitsnormen meist durch bauliche Sicherheitsmaßnahmen in Form eines Schutzzauns um den Aktionsbereich des Roboters. Diese Option ist einfach realisierbar, kostet aber auch Fertigungsfläche. Als Alternative dazu ist eine dynamische Reaktion auf die Präsenz menschlicher Arbeiter möglich: Je nach Abstand zwischen Mensch und Roboter wird die Fertigungsgeschwindigkeit angepasst bzw. auf null heruntergefahren. Die Sensorik für solche Systeme kann mit

3D-Kameras konstruiert werden. Ihre hohe Auflösung und Messreichweite ermöglichen es, Menschen und deren Bewegung zuverlässig zu erkennen.

Ein weiterer Aspekt sind die automatisierten Arbeitsstopps. Sie gehören zu den grundlegenden Sicherheitsfunktionen von Industrierobotern: Der Roboter muss augenblicklich zum Stillstand kommen, wenn eine Person seinen vordefinierten Aktionsbereich betritt, und seine Arbeit nahtlos fortsetzen können, sobald sie ihn wieder verlässt. Häufige Arbeitsunterbrechungen sind bei Robotern mit einem weitläufigen Aktionsbereich schon beinahe eine zwangsläufige Folge. In letzter Konsequenz sinken somit die Produktivität der Anlage und der Nutzen des Roboters. Bei einer dynamischen Reaktion stoppt der Roboter nur noch dann, wenn er tatsächlich einen Menschen gefährden könnte und nicht bereits, wenn sich ein Mensch in seine Nähe begibt.

Messmethoden von 3D-Kameras

Alle genannten Branchen und Anwendungen greifen letztlich auf die gleichen

Messmethoden zurück – Laser-Triangulation, Stereovision, Streifenprojektion und Time-of-Flight (ToF). Die Verfahren unterscheiden sich in Geschwindigkeit, Genauigkeit und Messreichweite. Welches von ihnen zum Einsatz kommt, hängt von den spezifischen Anforderungen der Anwendung ab.

ToF-Kameras nehmen Lichtlaufzeitmessungen vor, um Abstände zu berechnen und auf diesem Weg ein dreidimensionales Abbild ihrer Umwelt zu generieren. Verglichen mit anderen am Markt verfügbaren Systemen zur optischen Erfassung von dreidimensionalen Strukturen sind sie schneller. Verglichen mit Methoden, die auf Triangulation basieren, haben sie auch einen weiteren Messbereich. Herausforderungen entstehen im Rahmen der ToF-Technik durch besondere Lichtverhältnisse, etwa durch dynamisches Hintergrundlicht, eine gegenseitige Beeinflussung parallel arbeitender Systeme oder durch Mehrfachreflexion.

Time-of-Flight-Methode

Das Funktionsprinzip einer ToF-Kamera kann exemplarisch am Gerät des Herstellers Inrevious (Bild 1) beschrieben werden. Die Lichtquelle des Moduls – eine für den Menschen nicht sichtbare Nahinfrarot-LED mit einer Wellenlänge von 850 nm – tastet Objekte ab, indem sie Lichtpulse aussendet. Ein Sensor fängt das reflektierte Licht ein. Unter Heranziehung der Lichtgeschwindigkeit in bodennaher Luft ($c \approx 3,00 \times 10^8$ m/s) und der zeitlichen Differenz zwischen den beiden Lichtsignalen kann anschließend für jeden Pixel die Distanz zur Kamera ausgerechnet werden (Bild 2). Die Laufzeit des Lichtpulses wird über die Breite des ausgesendeten Lichtpulses und die vom Bildsensor aufgefangene Lichtmenge ermittelt. Dazu sind einige Zwischenschritte nötig, um verschiedene Störgrößen, beispielsweise das Hintergrundlicht, herauszurechnen.

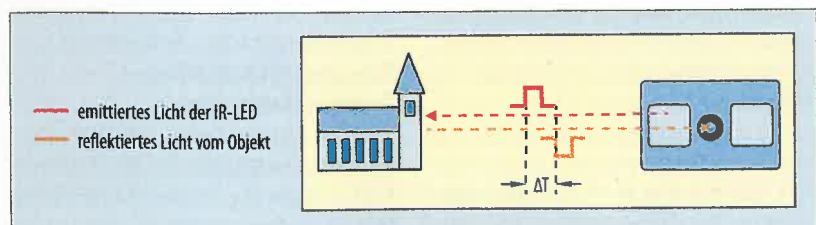


Bild 2. Eine ToF-Kamera ermittelt den Abstand zwischen Objekt und Pixel über die Zeit, die zwischen Aussenden eines Lichtimpulses und der Detektion der Reflexion vergeht.

Das Verfahren wird vom Kamerasystem 45 Mal pro Sekunde wiederholt. Anders als etwa bei der Laser-Triangulation und der Streifenprojektion werden Informationen über die Umgebung auf diese Weise in Echtzeit gewonnen. Eine Software auf dem Host-PC konvertiert die gemessenen Entfernungen zu guter Letzt in eine farb-kodierte Darstellung (Bild 3).

Der Bildsensor in der ToF-Kamera ist ein CCD. Er konvertiert die empfangenen Photonen im fotosensitiven Halbleiterbereich in Elektronen. Die akkumulierte Ladung jedes Pixels wird an einen Analog-zu-Digital-Umsetzer übertragen, der die Information anschließend digitalisiert. Über den digitalen Wert kann dann der Zeitabstand berechnet werden. Die Pixelgröße des

Kamerasensors spielt für die Genauigkeit der gewonnenen Informationen eine wichtige Rolle. Übliche Pixelgrößen liegen im Rahmen von 10–45 Mikrometern. Das hier beispielhaft erklärte Gerät weist eine Pixelgröße von $5,4 \times 5,6 \mu\text{m}^2$ auf und erreicht so eine vergleichsweise hohe Auflösung von 640×480 Pixeln. Hierdurch wiederum steigt die Tiefen-Genauigkeit: Abstände können bis auf den Millimeter genau gemessen werden. Die Messreichweite liegt bei bis zu zehn Metern; auch weiter entfernte Objekte liegen somit im Wahrnehmungshorizont des Systems.

Gesteuert wird das 3D-Kameramodul über ein Control Board, das auf einem Xilinx-Zynq-7000-SoC basiert und aus einem Dual-Core-ARM-Cortex-A9-MP-Core-Prozessor sowie Artix-7-Technik

besteht. Die Konfiguration, Steuerung und Synchronisierung der LED, der Blende und anderer elektronischer Komponenten sowie die Abstandskalkulation werden vom programmierbaren Teil des SoC erledigt. Der Prozessor übernimmt die Kommunikation mit dem Host (z.B. einem PC) und die Übermittlung von Daten über den RJ45-Netzwerkanschluss.

Die wachsende Bedeutung von 3D-Kameras

3D-Kameras liefern ein Bild der Umwelt und schaffen damit die Grundlage für eine ganze Reihe von Anwendungen. Unterhaltungselektronik spielt dabei nur eine untergeordnete Rolle; die Innovationen werden aktuell in der Logistik und der Fertigung vorangetrieben. Die wachsende Bedeutung von 3D-Kamerasystemen ist eng gekoppelt an den Siegeszug von Robotik und Automatisierung im Rahmen der dritten und vierten industriellen Revolution. Aus Logistikzentren und Fertigungshallen werden ToF-Kameras & Co. deshalb schon bald nicht mehr wegzudenken sein.

Cahit Uğur (Fujitsu Electronics Europe) / mha

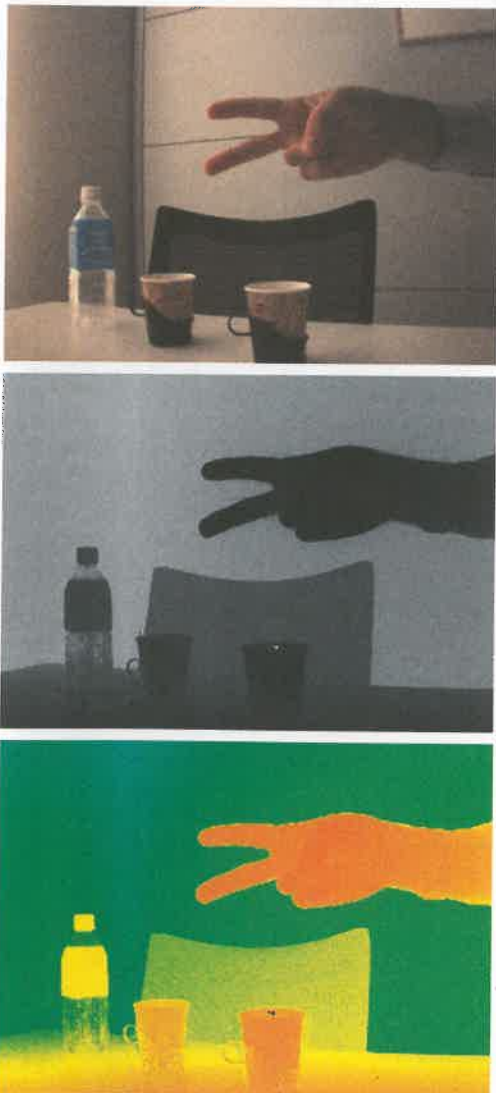


Bild 3. Die Bilder einer 3D-ToF enthalten je nach gewählter Aufnahmevariante verschiedene Informationen: Ein gewöhnliches RGB-Bild (oben), eine Infrarotaufnahme (Mitte) oder die farb-codierte Bildtiefe (unten).

hitex
EMBEDDED TOOLS & SOLUTIONS

**Kompetenztage
Safety & Security**

- Sicherheit, Qualität, Normen & Zertifizierung
- Statische und Dynamische Code-Analyse
- Embedded Security fürs Internet of Things
- Komponenten und Lösungen für Software-Qualität

08.11. Hannover, 09.11. Leipzig,
10.11. Nürnberg, 11.11. Karlsruhe

Wir freuen uns auf Sie! Details und Anmeldung:
<http://www2.hitex.com/safetyday>

ARM RUTRONIK VDE JIBU
SYSTEMS

LINUTRONIX
LINUX FOR INDUSTRY

Wasserbildung

Wissen ist Macht!
Linux Schulungen 2016

Oktober:	
IoT Security	19. - 20. 10.
Linux Advanced	25. - 27. 10.
November:	
Mit Debian zur Distro	08. - 09. 11.
Yocto Einführung	15. - 16. 11.

Mehr Info unter: www.linutronix.de
LINUTRONIX GMBH Telefon 07556 / 25 999 0

Jede ist zu ersetzen!
Kompaktleistungselektronik
Redesign von KE3

zur Steuerung von S&F Antrieben
Verfügbar ab Lager, mit Dokumentation und Einzelprüfprotokoll.
Plug and play anschlusskompatibel.
Außerdem: Stellungsgeber S2, S4; PE01; Thyristorsteller 6DT10xx... und viele andere

Vertriebt: Elektrotechnik GmbH
Edisonstr. 19 28357 Bremen DIE ENTWICKLER
Fon.: 0421-271530 www.vew-gmbh.de