

Fachbericht – Industriekameras optimieren Shape-from-Shading Applikationen

Feinsten Details auf der Spur

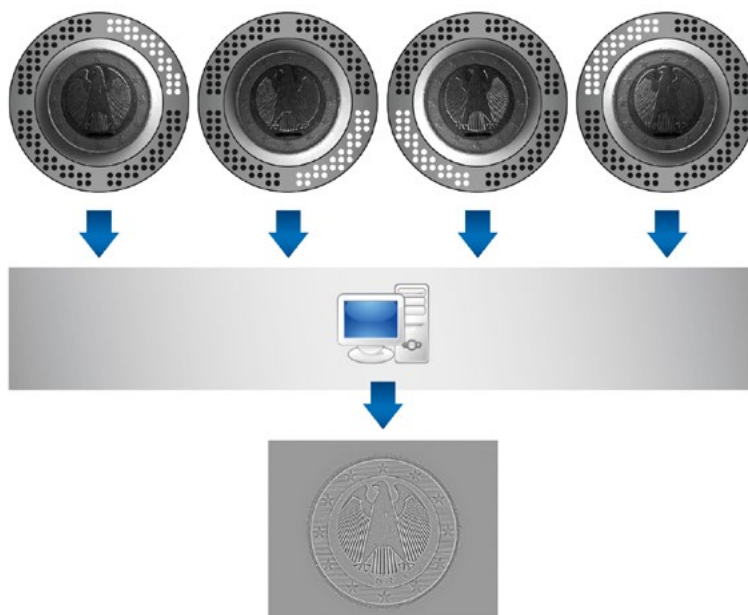
Das 3D-Verfahren Shape-from-Shading kann branchenübergreifend vielseitig zur automatisierten Qualitätskontrolle eingesetzt werden. Aus Helligkeitsverteilungen können Informationen zu kleinsten Formabweichungen der Objektoberfläche wie Risse oder Kratzer berechnet werden. Leistungsstarke Industriekameras mit integriertem Beleuchtungscontroller unterstützen das Verfahren, indem sie den Systemaufbau vereinfachen und eine schnelle Implementierung ermöglichen.

3D-Methoden haben die Welt der Automatisierung erobert und werden in vielen Bereichen der Qualitätssicherung, Logistik und Messtechnik eingesetzt. So verschieden wie die Anwendungen, sind auch deren Herangehensweisen. Stereo-Methoden benötigen zum Beispiel zwei Kameras und können nur bei stehenden Objekten eingesetzt werden, was sie langsam macht. Triangulationstechniken bzw. Projektionsverfahren allgemein setzen Bewegung voraus – entweder die der projizierten Messpunkte auf der Objektoberfläche oder die Bewegung des Objektes unter den Messpunkten hindurch. Bei Time-of-Flight wird nur eine Kamera genutzt und die Objekte können sowohl ruhen als auch in Bewegung sein. Beim neigungs- und krümmungsmessenden 3D-Verfahren Shape-from-Shading werden unterschiedliche Beleuchtungsrichtungen

zur Vermessung von stehenden oder bewegten Objekten eingesetzt. Die laterale Auflösung (x, y) bestimmt sich durch die eingesetzte Kamera und kann damit sehr hoch gewählt werden. Diese Kombination ermöglicht eine vielseitige Nutzung.

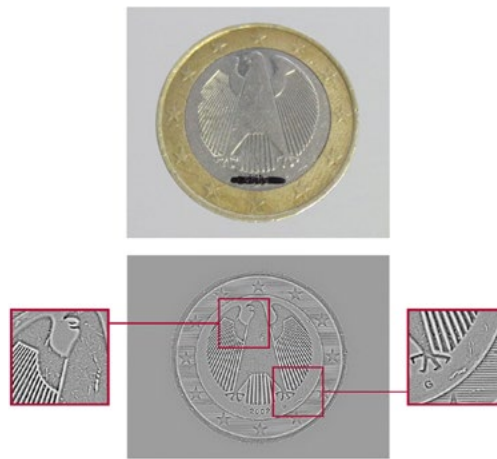
Umgekehrtes Sonnenuhr-Prinzip

Shape-from-Shading ist konzeptionell relativ einfach und kann als umgekehrtes Prinzip einer Sonnenuhr aufgefasst werden. Bei dieser wird über die Lage des Schattens und bei bekannter Höhe des Stabes die Höhe und Richtung der Sonne und damit auch die Uhrzeit – bei Hightech-Sonnenuhren sogar der Tag – bestimmt. Als 3D-Verfahren angewendet, nutzt man umgekehrt eine bekannte Beleuchtungsrichtung und misst im übertragenen Sinne über die Länge des Schattenwurfs die Höhe.



Bei Shape-from-Shading Anwendungen wird das zu prüfende Objekt z.B. aus vier verschiedenen Richtungen nacheinander beleuchtet und mit je einem Grauwertbild aufgenommen. Die Verrechnung der sich ergebenden Oberflächenschattierungen gibt Aufschluss über die Oberflächenbeschaffenheit.

Eine vollständige Information über die Oberflächengradienten kann durch die Verwendung von mindestens drei, in der Praxis typischerweise vier, unabhängigen Beleuchtungsrichtungen gewonnen werden. Aus den Gradienten wird dann auf die Höhen $z(x, y)$ geschlossen. In vielen Anwendungen werden die Beleuchtungen sequentiell geschaltet und die Bilder in Serie mit einer Kamera aufgenommen und anschließend mittels Software ausgewertet. Bei der Vermessung von bewegten Objekten unterstützt eine sehr kurze Belichtungszeit die Minimierung der Bewegungsunschärfe. Alternativ lässt sich die Beleuchtungsrichtung



Auch auf spiegelnden, glänzenden oder farblich überlagerten Oberflächen können kleinste Struktur- und Formabweichungen sicher erkannt werden.



Die CX.I- und LXT-Kameras verfügen über 4 Power-Ausgänge mit Pulsbreitenmodulation und einer Ausgangsleistung von bis zu 120 W (max. 48 V / 2,5 A) zur direkten Ansteuerung externer Beleuchtungen.

auch über die Farbe kodieren. Eine 3-Chip-Kamera erzeugt dann in nur einer Aufnahme die notwendigen unabhängigen Bilder. Farbkameras eignen sich aufgrund des hohen Farbübersprechens der verwendeten Bayer-Filter für Shape-from-Shading nicht.

Geometrische Abweichungen schnell erkennen

In den letzten Jahren fand Shape-from-Shading vor allem in der Inline-Oberflächenprüfung und Sortierung grossen Anklang. Ein Grund dafür ist, dass durch die Verrechnung der Grauwertbilder, die von unterschiedlichen Beleuchtungsrichtungen herrühren, die Unterschiede in der Reflektivität (Albedo) der Oberflächen herausgerechnet werden können. So kann zwischen geometrischen Abweichungen und reinen farblichen, Reflexions- oder Texturänderungen einfach und schnell unterschieden werden. Bei anderen Methoden ist diese Trennung

deutlich aufwändiger. Anwendung findet dieses Verfahren etwa in der Verpackungsindustrie, z.B. wenn Information in Blindenschrift als erhabene Braille-Punkte auf Richtigkeit oder Qualität inspiert werden müssen, während sich darunter die bedruckte Schachtel mit Schrift befindet.

Shape-from-Shading einfach anwendbar

Idealerweise werden vier Beleuchtungen sequentiell angesteuert, passend dazu die Grauwertbilder aufgenommen und an eine Auswerteeinheit gesendet. Inzwischen stehen Kameras wie die CX.I- und LXT-Modelle von Baumer zur Verfügung, die über vier separat schaltbare Power-Ausgänge verfügen. Dank integriertem GenICam™ kompatiblen Sequencer und Ausgängen mit bis zu 48 V / 2,5 A können die Beleuchtungen direkt aus der Kamera heraus gesteuert und die Bildaufnahme getriggert werden. Dadurch entfällt

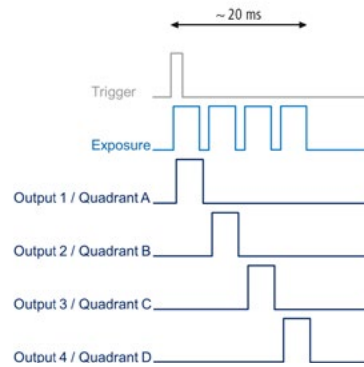
ein externer Beleuchtungscontroller mit seinen Kosten und Verkabelungsaufwand komplett. Um hohe dynamische Prüfzeiten zu erreichen, sollten die eingesetzten Kameras aber nicht nur hohe Bildraten aufweisen, sondern auch sehr kurze Belichtungszeiten ermöglichen. Mit den VCXG.I-Kameras können die Bilder sogar im Burst Mode mit maximaler Bildrate in der Kamera aufgenommen und anschliessend entsprechend der verfügbaren Bandbreite mit niedrigerer Framerate an die Auswerteeinheit gesendet werden. Die eingesetzten Sony® Sensoren liefern Aufnahmen mit einem hohen Dynamikumfang, um eine stabile Auswertung auch von metallisch glänzenden Oberflächen sicherzustellen. Dank der minimalen Belichtungszeit von 1 µs kann zudem die Bewegungsunschärfe deutlich reduziert und damit ein hoher Produktionsdurchsatz erzielt werden.

Zeit und Kosten sparen

Die Weiterentwicklung von Kameras mit integriertem Beleuchtungscontroller für vier Ausgänge ermöglicht es, die Anzahl der Komponenten in einem Shape-from-Shading Aufbau zu reduzieren. Dadurch werden Kosten für Material und Integration eingespart. Damit wird der Systemaufbau vereinfacht, weniger fehleranfällig und schneller umsetzbar.

Weitere Informationen:

www.baumer.com/cameras



Beispielhafter Sequencer-Ablauf für die Ansteuerung von vier Beleuchtungen (Output 1 bis 4) direkt aus der Kamera (z.B. VCXG-13M.I) heraus ohne externen Beleuchtungscontroller.



AUTOR

Dr. Albert Schmidt
 Managing Director
 Vision Competence Center