

Vortragsanmeldung zum Symposium "Offene Systeme" in Brest, Frühjahr 1992

Profilberechnung von Objektoberflächen mit Hilfe der Fouriertransformation

Mürer, W. Fachhochschule Ravensburg-Weingarten

Einführung

Der industriellen Bildverarbeitung, eingeschlossen Robotvisionssysteme, stellt sich vermehrt die Aufgabe, die Kontur dreidimensionaler Objekte zu erkennen. Beispiele aus der Qualitätssicherung sind die Inspektion von Turbinenschaufeln und Ventilbohrungen. Ähnliche Anforderungen liegen bei der Verformungs- bzw. Schwingungsanalyse von Bauteilen, z.B. im Automobil- oder Flugzeugbau, vor. Mit zunehmender Fertigungsgenauigkeit und abnehmenden Taktzeiten steigen die Anforderungen in die Auswertegenauigkeit und die Rechenzeit.

Ein bekanntes Verfahren, um das Höhen- bzw. Verformungslinienbild eines 1-rückkörpers zu erstellen, ist das Moiréverfahren. Man nutzt dabei die Tatsache aus, daß zwei Gitter mit ähnlicher Gitterkonstante, ein Objekt- und ein Referenzgitter, überlagert ein Moiréstreifensystem ergeben, das die volle Objektinformation enthält. Dieses Streifensystem muß möglichst genau vermessen werden, wozu häufig die aus der Interferometrie bekannte Phasenhilfsmethode eingesetzt wird. Dazu muß das Projektionsgitter mindestens zweimal mit einer Genauigkeit im Submikrometerbereich verschoben werden und das zugehörige Streifenbild aufgenommen werden. Diese Prozedur stellt den zeitlimitierenden Faktor der Höhenberechnung dar. Zudem können in einer industriellen Umgebung während der Meßdatenerfassung Schwingungen des Prüflings auftreten.

Die hier vorgestellte Methode der Profilberechnung mit Hilfe der Fouriertransformation der Bild- und Filterung im Ortsfrequenzbereich vermeidet diese Schwierigkeiten. Sie reduziert die Zahl der Unbekannten auf zwei, die durch Vergleich eines Referenz- mit einem Objektbild ermittelt werden können. Damit lassen sich die Auswertzeit senken und die Genauigkeit steigern. Allerdings können erst mit der Verfügbarkeit leistungsfähiger Prozessoren solche aufwendigen Rechnungen in weniger als einer Minute durchgeführt werden.

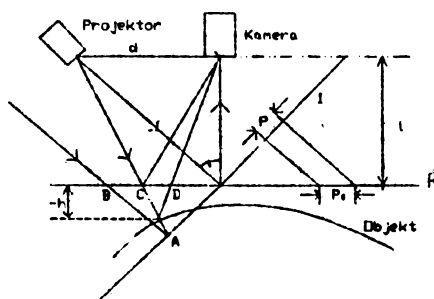


Abb.1 Optischer Aufbau und Strahlgeometrie zur Höhenberechnung

Meßprinzip

Auf die Objektoberfläche werden möglichst kontrastreiche Streifen mit einer Gitterkonstante $p_0 = 1,3 \text{ mm}$ aufprojiziert.

Man wählt den Streifenabstand gerade so groß, daß im Bildverarbeitungssystem die Streifen bei einem Abstand von 5 Bildelementen (Pixels) noch deutlich aufgelöst werden. Änderungen der Objektstrukturen sollen dagegen über größere Abstände erfolgen. Im Sinne der Fouriertransformation stellt das Projektionsgitter eine Trägerfrequenz mit möglichen Oberfrequenzen dar, das durch das schmalbandige Objektspektrum amplituden- und phasenmoduliert wird, sodaß Seitenbänder entstehen. Wenn die Bandbreite des Objektspektrums kleiner als die Trägerfrequenz des Gitters $f_0 = 1/p_0$ ist, sich also die Seitenbänder nicht überlappen, kann man durch Bandpaßfilterung ein Spektrum, z.B. das im Bereich von $0,5 \cdot f_0$ bis $1,5 \cdot f_0$ herauserschneiden. Dieses enthält die gesamte Objektinformation.

Es zeigt sich, daß die lokal veränderliche Objekthelligkeit bei der Phasenberechnung herausfällt. Die Phase enthält eine weitere Unbekannte, die durch die Schrägprojektion selber und durch Einstellfehler, aber auch durch lokale Ungenauigkeiten des Gitters entsteht. Diese Größe wird durch Differenzbildung der Objekt- mit der Referenzphase erfaßt.

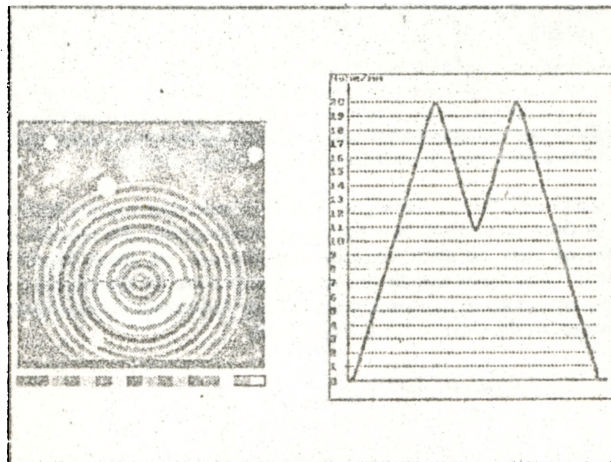


Abb.2 links:Höhendarstellung eines Kegels mit eingesenkter Spitze.
rechts: Höhenprofil des Kegels entlang der Mittellinien.
Die Breite des Kegels beträgt 119 mm.

Die Berechnungen erfolgten auf einem Personal Computer mit einem Netzwerk von drei Transputern. Hierbei handelt es sich um ein Beispiel für Parallelverarbeitung, insofern als jeder Transputer ein Drittel eines Bildes verarbeitet.

Resultate

Folgende Resultate wurden erzielt. Bei einem Meßfeld von 150 x 220 mm Größe und einer maximalen Höhendifferenz von 50 mm betrug die Höhenauflösung 0,1 mm und die maximale Steigung 38°. Die Genauigkeit betrug 0,5% der Gesamthöhe. Für die Auswertung eines 512 x 512 Pixel großen Bildes wurden 20 Sekunden benötigt.

Es konnte gezeigt werden, daß die Profilberechnung mittels Fouriertransformation geeignet ist zur Höhenauswertung von Objekten. Durch Optimierung der Berechnungsmethode läßt sich die Rechenzeit noch senken. Die Genauigkeit der Methode kann erhöht werden, indem aus geringfügig unterschiedlichen Gitterkonstanten für die Objekt- und Referenzmessung eine geeignete Moiréträgerfrequenz generiert wird, die dem Höhenprofil des Objekts angepaßt ist.

Literaturangaben

- (1) Takeda M., Hideki I., Seiji K.; "Fourier-transform method of fringe-pattern analysis for computer-based topography and interferometry", 1982, J. Opt. Soc. Am., 156-160
- (2) Takeda M., Mutoh K.; "Fourier-transform profilometry for the automatic measurement of 3-D object shapes", 1983, Appl. Optics, 22.
- (3) Andresen K., Henrich K.; "Vergleich von Frequenz- und Ortsfilterverfahren zur Moiré-Bildauswertung", 1989, Optik, 113-121.
- (4) Wiest B.; "Anwendung der Fast Fourier Transformation auf die Auswertung von Moiré-Bildern mit Hilfe eines Transputer Netzwerks", 1990, Diplomarbeit, Fachhochschule Ravensburg-Weingarten, FRG.

Diese Arbeit wurde im Rahmen des Schwerpunktsprogramms des Landes Baden-Württemberg gefördert und am Institut für Innovation und Transfer der Fachhochschule Ravensburg-Weingarten durchgeführt.

РАСЧЕТ ПРОФИЛЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ОБЪЕКТОВ
С ПОМОЩЬЮ ФУРЬЕ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

В. МОРЕР, Фахгохиуле, Равенсбурга-Байнгартена

Резюме

Проектируемая на контролируемую поверхность система полос деформируется, т.е. искажается в соответствии с профилем поверхности. Спектр частот деформированной картины шире спектра частот исходной системы полос на ширину спектра частот объекта. Надо отфильтровать одну из частот из целого спектра Фурье. В ней содержится полная информация о всех фазах всех проектируемых полос, которые, в свою очередь, зависят от локального профиля (возвышения) исследуемой поверхности. Разность фаз можно зарегистрировать, проведя дифференциальное вычитание между фазами объекта и изображения. При расчете использовались Фурье-преобразования, регистрация отфильтрованных полос, обратные Фурье-преобразования, фазовый расчет, расчет и изображение высоты.

Расчеты были проведены на персональном компьютере, который был подключен в сеть с 3-мя транспилерами. Таким образом были возможны параллельные расчеты. Время расчета картины размерами 512x512 пикселей 20 секунд. Разрешение высоты при максимальной высоте объекта в 50 мм - 0,1 мм.