

TenSens-Plattform zur Kraftmessung/-lokalisierung mittels vorgespannter optischer Fasern

Erfindungsangebot

Die Erfindung betrifft eine selbsttragende Vorrichtung mit vorgespannten, faseroptischen Sensoren sowie ein dazugehöriges Verfahren, um aus den detektierten Dehnungen der Fasern auf eine an der Vorrichtung angreifende äußere Kraft zurückzurechnen. Je nach Ausführungsart der Vorrichtung kann der unbekannte Betrag der Kraft, ihre Richtung sowie ihr Angriffspunkt ermittelt werden, sodass die Vorrichtung z.B. als Sensor zur Kraftmessung und -lokalisierung in der Robotik oder zur Massen- und Schwerpunktbestimmung in der Wägetechnik Anwendung finden kann.

Lösung

Die erfindungsgemäße Sensorvorrichtung beinhaltet, wie in Abb. 1 schematisch gezeigt, zwei starre Körper (1)&(2). Diese sind an ihren Knotenpunkten (3) indirekt durch Zugelementen (ZE) (4)&(5) in der Art miteinander verbunden, dass ein stabiles Gleichgewicht erreicht wird. Ohne Einwirkung einer äußeren Kraft befindet sich die Sensorvorrichtung in einem Referenzzustand, in dem alle ZE vorgespannt sind. Starrkörper (1) ist gestellfest. Alle oder ausgewählte ZE sind teilweise oder vollständig als sensorfähige optische Fasern ausgeführt. Die optische Faser dient hier sowohl als Messmittel als auch als tragendes Bauelement (Multifunktionalität).

In Abb. 1 ist die Sensorvorrichtung exemplarisch mit 4 ZE ausgeführt, von denen drei als optische Fasern (5), und eines als nicht-sensorisches elastisches Zugelement (4) realisiert sind. Ausgehend vom vorgespannten Referenzzustand wird Starrkörper (2) mit einer zu bestimmenden äußeren Kraft (6) belastet, was zu einem vom Referenzzustand verschiedenen verformten Zustand führt. Dies verursacht eine Dehnung der ZE und somit der optischen Fasern. Der zwischen den Starrkörpern (1) liegende Teil aller optischen Fasern beinhaltet mindestens zwei Reflexionselemente (7) (in Abb. 1 nur für eine Faser dargestellt).

Aufgrund der Elastizität der Faser dehnt sich diese unter Einwirkung der äußeren Kraft aus, was zu einer messbaren Änderung der optischen Pfadlänge (8) zwischen den Reflexionselementen (7) führt. Die detektierten Änderungen der optischen Pfadlänge lassen nach einer Kalibrierung Rückschlüsse auf die Änderungen der Kräfte in den Fasern zu. Durch ergänzende Differenzbetrachtung der mechanischen Gleichgewichtsbedingungen im Referenzzustand und im verformten Zustand ist die Sensorvorrichtung je nach Ausführungsart (Anzahl der durch optische Fasern realisierten ZE) geeignet zur Rückrechnung auf

- 1) den Betrag der äußeren Kraft,
- 2) die Richtung der äußeren Kraft,
- 3) den Angriffspunkt der äußeren Kraft.

Technische Daten

- Dehnungsmessung mittels Range-Resolved Interferometry (RRI)
- Auflösung bis 10^{-9} mit handelsübliche DFB Laserdioden
- Messbandbreiten $\gg 100$ kHz sind erreichbar

Vorteile und Einsatzfelder

Bisherige Anwendungsfälle faseroptischer Sensoren im Kontext der Kraftmessung beruhen zumeist auf der Integration der Fasern in oder auf einem Trägerkörper/Kraftaufnehmer. Die Gestalt des Trägerkörpers legt dabei das Steifigkeitsverhalten der Gesamtstruktur fest. Ein Vorteil der vorgestellten Sensorvorrichtung besteht in dem Verzicht auf einen Trägerkörper durch den multifunktionalen Einsatz vorgespannter optischer Fasern. Der Vorspannungszustand der Sensorvorrichtung kann vor jeder und/oder während der Messung durch Änderung der Länge mindestens eines ZE geändert werden. Dies erlaubt die Anpassung

- des Messbereichs durch einen neuen Gleichgewichtszustands
- der Messauflösung durch Änderung der Gesamtsteifigkeit

Es können alle oder mehrere ZE durch eine einzige, mehrfach mit Reflexionselementen versehene und an den Starrkörper-Knotenpunkten (3) fixierte optische Faser mit nur einem Ein- und Ausgang realisiert werden.

Einen möglichen Anwendungsfall stellt die Aufgabe dar, die Gewichtskraft einer auf dem nicht gestellfesten Starrkörper (2) abgelegten Masse (siehe Abb. 1), sowie deren Schwerpunktposition innerhalb der Ablageebene zu bestimmen. Die Informationen über die Schwerpunktlage der Masse können bei Kenntnis der Ecklastabhängigkeit der Vorrichtung zur mathematischen Kompensation durch Korrekturfaktoren herangezogen werden. Einen weiteren Anwendungsfall stellt die Realisierung eines 3D Kraftsensors für die Robotik dar. Dazu kann Starrkörper (2) durch einen sensorischen oder nicht-sensorischen Taster erweitert werden, z.B. eine lange, schlanke Sonde (gerade oder vorgekrümmt) oder ein Kontaktelement mit gekrümmter (z.B. sphärischer) Kontaktfläche.

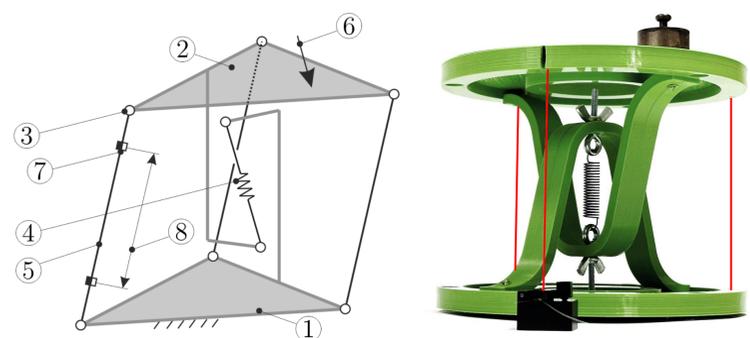


Abb. 1: Prinzipdarstellung und vereinfachtes Modell eines Ausführungsbeispiels

Entwicklungsstand

- Konzeptnachweis durch numerische Simulationen erbracht
- Entwicklung eines Prototyps in Arbeit
- Deutsche Patentanmeldung: DE
- Patentinhaber: Technische Universität Ilmenau
- Kontakt: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Lena Zentner, Dr.-Ing. Lukas Merker



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
ILMENAU

Kontakt

Patentmanagement Thüringer Hochschulen
c/o TU Ilmenau, PATON-PTH
PF 10 05 65
98684 Ilmenau

Sascha Erfurt
Tel. +49 3677 69 4569
sascha.erfurt@tu-ilmenau.de
Unser Zeichen: PTH01-0283

www.paton.de/pth
www.transferallianz.de