

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 720 610 A1

(51) Int. Cl.: G01C 7/04 (2006.01)
B60W 40/06 (2012.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 000294/2023

(22) Anmeldedatum: 16.03.2023

(43) Anmeldung veröffentlicht: 30.09.2024

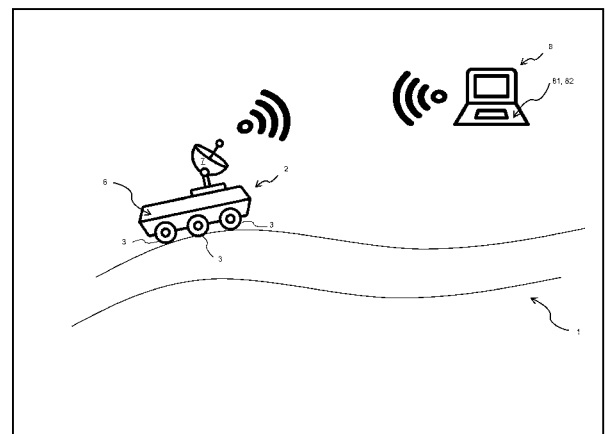
(71) Anmelder:
Dätwyler Schweiz AG, Militärstrasse 7
6467 Schattdorf (CH)

(72) Erfinder:
Morteza Nejati, 8041 Zürich (CH)
Samira Jafari, 8041 Zurich (CH)
Yassine Ahaggach, 8047 Zürich (CH)
Markus Imhof, 6463 Bürglen (CH)
Yassine Lamkharbech, 6460 Altdorf (CH)

(74) Vertreter:
PRINS Intellectual Property AG, Mellingerstrasse 12
5443 Niederrohrdorf (CH)

(54) Verfahren zum Bestimmen von Merkmalseigenschaften einer Oberfläche

(57) Bei dem erfindungsgemässen Verfahren zum Bestimmen von Merkmalseigenschaften einer Oberfläche (1) wird eine mobile Maschine (2) auf Rädern mit mindestens einem Messrad (3), wobei das mindestens eine Messrad (3) mindestens einen filmbasierten Sensorstreifen (4) umfasst, welcher so angeordnet ist, dass er das mindestens eine Messrad (3) bezüglich der Rotationsachse des mindestens einen Messrads (3) umkreist, verwendet. Das Verfahren umfasst: Fahren der mobilen Maschine (2) auf Rädern über die Oberfläche (1); Übertragen von durch den mindestens einen filmbasierten Sensorstreifen (4) gemessene Messdaten und durch die Bewegungserfassungsvorrichtung (6) gewonnene Bewegungserfassungsdaten an eine Computerhardware (8) unter Verwendung des Mittels zur Datenübertragung (7), wobei die Computerhardware (8) mit einem Mittel zum Datenempfang (81) ausgestattet ist, und Bestimmen von Merkmalseigenschaften der Oberfläche anhand der empfangenen und verarbeiteten Daten.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Bestimmen von Merkmalseigenschaften einer Oberfläche.

Technischer Hintergrund

[0002] Es ist oft von Interesse, wie eine mobile Maschine auf Rädern mit der Oberfläche interagiert, auf welcher sie sich bewegt. Solche Informationen können einerseits dabei helfen, die Mechanik der Maschine zu verbessern und zu verstehen, wie optimal auf unterschiedliche Bedingungen reagiert werden kann, um ein festgelegtes und/oder ein anwendungsorientiertes Ziel zu erreichen, wie die maximale Geschwindigkeit, Stabilität oder Nachhaltigkeit. Andererseits kann es Ein-sichten bezüglich der Oberfläche liefern, die darüber hinaus gehen, was durch kontaktlose und/oder stellenweise und/oder statische Messungen sowie durch Inspektion durch menschliche Sinne erfahbar ist. Im Kontext der Erforschung eines unbekannten Terrains zum Beispiel können sogar beide Aspekte relevant sein.

[0003] Die vorhandene Technologie stellt jedoch keine Art und Weise bereit, um Informationen zu gewinnen, die für die oben genannten Ziele geeignet sind.

Kurzdarstellung der Erfindung

[0004] Ein Ziel der Erfindung ist es, ein Verfahren bereitzustellen, welches für die oben genannten Ziele geeignet ist.

[0005] Mindestens eines der Ziele der vorliegenden Erfindung wird durch ein Verfahren zum Bestimmen von Merkmals-eigenschaften einer Oberfläche nach Anspruch 1 erreicht.

[0006] Das Verfahren zum Bestimmen von Merkmalseigenschaften einer Oberfläche umfasst die folgenden Schritte: (a) eine mobile Maschine auf Rädern, vorzugsweise ein Fahrzeug, eine handgehaltene Vorrichtung oder ein Roboter, wird mit (i) mindestens einem Messrad, wobei das mindestens eine Messrad mindestens einen filmbasierten Sensorstreifen umfasst, welcher so angeordnet ist, dass er das mindestens eine Messrad bezüglich der Rotationsachse des mindestens einen Messrads umkreist, und wobei der mindestens eine filmbasierte Sensorstreifen auf einer radial äußeren Seite des mindestens einen filmbasierten Sensorstreifens durch eine Gummischicht bedeckt ist, (ii) einer Bewegungserfassungs-vorrichtung, und (iii) einem Mittel zur Datenübertragung von dem mindestens einen filmbasierten Sensorstreifen und der Bewegungserfassungsvorrichtung ausgestattet; (b) die mobile Maschine auf Rädern wird über die Oberfläche gefahren; (c) von dem mindestens einen filmbasierten Sensorstreifen gemessene Messdaten und durch die Bewegungserfassungs-vorrichtung gewonnene Bewegungserfassungsdaten werden zu einer Computerhardware unter Verwendung des Mittels zur Datenübertragung übertragen, wobei die Computerhardware mit einem Mittel zum Datenempfang ausgestattet ist; und (d) auf der Computerhardware (i) werden die übertragenen Messdaten und die übertragenen Bewegungserfassungsdaten unter Verwendung des Mittels zum Datenempfang empfangen, und (ii) die empfangenen Messdaten und die empfangenen Bewegungserfassungsdaten werden durch eine Sequenz von einem oder mehreren Softwaremodulen verarbeitet, die auf der Computerhardware installiert sind, wobei mindestens ein Modul der Sequenz von einem oder mehreren Softwaremo-dulen konfiguriert ist, um die Merkmalseigenschaften anhand seiner Eingabe zu bestimmen.

[0007] Das vorgestellte Verfahren ist geeignet, um die Merkmalseigenschaften der Oberfläche zu bestimmen. Hierbei können die Oberfläche selbst und ihre Eigenschaften von Interesse sein. Wenn zum Beispiel eine Oberfläche behandelt wird, z.B. durch Aufbringen einer zusätzlichen Schicht, können die Merkmalseigenschaften ermöglichen, den Behand-lungsprozess zu überwachen und, falls notwendig, anzupassen. Alternativ können zum Beispiel die Merkmalseigenschaf-ten und/oder die Informationen, die anhand von diesen gewonnen werden, verwendet werden, um die Bewegung und/oder das Verhalten der mobilen Maschine auf Rädern hinsichtlich der Mechanik und/oder Steuerung zu optimieren und/oder ihre Bewegung zu automatisieren, zum Beispiel in dem Sinne, dass die Maschine automatisch auf Hindernisse reagieren kann. Beim Erforschen eines unbekannten Geländes können beide erwähnten Anwendungen relevant sein. Es sind wei-tere Anwendungen und Kombinationen von Anwendungen möglich.

[0008] Die Merkmalseigenschaften der Oberfläche werden hier als ein Satz von identischen Merkmalsvariablen verstan-den, wobei jede Merkmalsvariable das Merkmal repräsentiert und einem eindeutigen Punkt aus einem Satz von Punkten, die die Oberfläche beschreiben, zugewiesen ist.

[0009] Der Satz von Punkten, die die Oberfläche beschreiben, kann vor dem Start des Verfahrens definiert oder während der Ausführung des Verfahrens erzeugt und/oder angepasst werden. Ähnlich können der Satz von Merkmalsvariablen, die die Merkmalseigenschaften bilden, und damit die Merkmalseigenschaften selbst, vor dem Start des Verfahrens definiert oder während der Ausführung des Verfahrens erzeugt und/oder angepasst werden. Die Bestimmung der Merkmalseigen-schaften wird hier als der Prozess des Bestimmens der Merkmalsvariablen des Satzes von identischen Merkmalsvariablen, die die Merkmalseigenschaften bilden, verstanden. Die bestimmten Merkmalseigenschaften zu einem gewissen Zeitpunkt sind der Satz der zu diesem Zeitpunkt bestimmten Merkmalsvariablen des Satzes von identischen Merkmalsvariablen, die die Merkmalseigenschaften bilden.

[0010] Das Merkmal kann einer Größe entsprechen, welche direkt durch den mindestens einen filmbasierten Sensorstreifen gemessen wird, oder einer Größe, welche anhand der Messdaten, die von dem mindestens einen filmbasierten Sensorstreifen gemessen werden, und möglicherweise zusätzlicher Eingabedaten, berechnet wird.

[0011] Die mögliche Auswahl für das Merkmal ist nicht auf die hier vorgestellten Beispiele beschränkt, sondern nur möglicherweise durch die Daten, welche durch das mindestens eine Messrad gemessen werden können. Die optimale Anzahl und Anordnung des mindestens einen Messrads und/oder des mindestens einen filmbasierten Sensorstreifens und/oder die Auswahl der Bewegungserfassungsvorrichtung können sich für unterschiedliche Wahlen des Merkmals unterscheiden. Ebenfalls können für einige Wahlen des Merkmals einige Wahlen für den Satz von Punkten, die die Oberfläche beschreiben, geeigneter sein als andere.

[0012] Die Punkte innerhalb des Satzes von Punkten, die die Oberfläche beschreiben, können tatsächlichen Stellen auf der Oberfläche entsprechen, die zum Beispiel durch ihre Raumkoordinaten (z.B. hinsichtlich GPS-Daten) registriert sind. Alternativ können die Punkte zum Beispiel Zeiten auf einer Uhr oder der Menge an abgeschlossenen Zeitschritten einer gegebenen Länge oder einer relativen Distanz zu einer gegebenen Stelle oder absoluten oder relativen Sensorpositionen entsprechen. Allgemeiner können die Punkte innerhalb des Satzes von Punkten, die die Oberfläche beschreiben, Elementen einer Liste entsprechen, wobei diese Elemente von unterschiedlicher Art sein können. In allen Fällen können die Punkte innerhalb des Satzes von Punkten, die die Oberfläche beschreiben, entweder im Vorhinein bestimmt werden oder sie können zu dem, zu Beginn möglicherweise leeren, Satz während der Ausführung des Verfahrens hinzugefügt werden oder ein Teil der Punkte kann im Vorhinein bestimmt werden und ein anderer Teil kann während der Ausführung des Verfahrens hinzugefügt werden, und/oder der Satz von Punkten, die die Oberfläche beschreiben, kann auf andere Art und Weise während der Ausführung des Verfahrens angepasst werden. Das Hinzufügen von Punkten zu und/oder das Anpassen des Satzes von Punkten, die die Oberfläche beschreiben, kann manuell und/oder automatisch implementiert werden, z.B. gemäß einem vorab definierten Plan und/oder abhängig von vorherigen Messungen und/oder von dem aktuellen Satz von Punkten und/oder von vorherigen Anpassungen und/oder von zusätzlichen Daten. Für Punkte, die während dem Ausführen des Verfahrens hinzugefügt werden, kann ihre Art gemäß einem vorab definierten Plan und/oder abhängig von vorherigen Messungen und/oder von dem aktuellen Satz von Punkten und/oder von vorherigen Anpassungen und/oder von zusätzlichen Daten sein oder kann in jedem Fall oder für eine Gruppe von Punkten gewählt werden.

[0013] Eine Merkmalsvariable, die einem Punkt von dem Satz von Punkten, die die Oberfläche beschreiben, zugewiesen ist, wird basierend auf einer Messdateneinheit bestimmt, die demselben Punkt zugewiesen ist. Eine Messdateneinheit ist hier eine Untergruppe oder die Gesamtheit der Messdaten, und die Daten, die in unterschiedlichen Messdateneinheiten enthalten sind, können sich überlappen. Die Sequenz von einem oder mehreren Softwaremodulen kann konfiguriert sein, um eine Merkmalsvariable für jede verfügbare Messdateneinheit zu erzeugen, sobald sie verfügbar ist oder gemäß einem vorab definierten Plan, und um diese Merkmalsvariable demselben Punkt von dem Satz von Punkten, die die Oberfläche beschreiben, zuzuweisen, dem die Messdateneinheit zugewiesen ist. Alternativ kann die Sequenz von einem oder mehreren Softwaremodulen konfiguriert sein, um eine Merkmalsvariable für jeden verfügbaren Punkt innerhalb des Satzes von Punkten, die die Oberfläche beschreiben, zu erzeugen, sobald er verfügbar ist oder gemäß einem vorab definierten Plan, und um diese Merkmalsvariable diesem Punkt zuzuweisen.

[0014] Die mobile Maschine auf Rädern ist in dem Sinne mobil, dass sie nicht an einen festen Standort gebunden ist und sich frei auf dem Untergrund/im Raum bewegen kann. Insbesondere ist die mobile Maschine auf Rädern ausgelegt, um bewegt zu werden - im Gegensatz z.B. zu der Oberfläche, welche in dem Sinne unbeweglich sein kann, dass sie nicht bewegt werden soll bzw. nicht ausgelegt ist, um bewegt zu werden, selbst wenn sie im Prinzip möglicherweise beweglich sein könnte.

[0015] Beispiele für Ausführungsformen der mobilen Maschine auf Rädern sind ein Auto oder ein Fahrzeug, eine handgehaltene Rolle, ein Roboter, welcher sich durch eine Anzahl von Rädern bewegt, ein Wagen, ein Transportsystem auf Rädern, ein Handwagen, ein Roller, ein Skateboard. Die mobile Maschine auf Rädern kann motorisiert oder nicht-motorisiert sein.

[0016] Die Ausstattung der mobilen Maschine auf Rädern mit dem mindestens einen Messrad kann durch Ersetzen eines Rads der mobilen Maschine auf Rädern durch das mindestens eine Messrad und/oder Umwandeln eines Rads der mobilen Maschine auf Rädern in das mindestens eine Messrad und/oder durch Befestigen des mindestens einen Messrads an der mobilen Maschine auf Rädern zusätzlich zu ihren Rädern realisiert werden. In sämtlichen Fällen ist das mindestens eine Messrad vorzugsweise so angeordnet, dass ein gewisser Abschnitt seiner äußersten Umfangsschicht bezüglich der Rotationsachse die meiste Zeit die Oberfläche berührt.

[0017] Es sei darauf hingewiesen, dass, wenn eine Vorrichtung A mit einer Vorrichtung B ausgestattet ist, es sich hier versteht, dass eine Bezugnahme auf die Vorrichtung A eine Bezugnahme auf die Vorrichtung A zusammen mit der Vorrichtung B ist. Wenn zum Beispiel etwas auf die mobile Maschine auf Rädern Bezug nimmt, bedeutet dies, dass es sich auf die mobile Maschine auf Rädern zusammen mit dem mindestens einen Messrad bezieht. Ferner bedeutet, wenn die Vorrichtung A mit der Vorrichtung B ausgestattet ist, dass die Vorrichtung A außerhalb der Vorrichtung B der Vorrichtung A ohne die Vorrichtung B entspricht. Wenn zum Beispiel etwas an der mobilen Maschine auf Rädern außerhalb des mindestens einen Messrads angeordnet ist, ist es irgendwo an der mobilen Maschine auf Rädern außer an dem mindestens einen Messrad angeordnet.

[0018] Das mindestens eine Messrad kann zum Beispiel die Form eines Autorads oder eines Rads eines Fahrrads haben, oder die axiale Erstreckung seines Auflagebereichs kann im Vergleich zu seinem Durchmesser größer sein als in diesen Beispielen. Mit anderen Worten kann seine Breite im Vergleich zu seiner Höhe größer sein als im Falle eines Autorads oder eines Rads eines Fahrrads, wie es üblicherweise zum Beispiel für Walzen der Fall ist.

[0019] Der mindestens eine filmbasierte Sensorstreifen ist hier vorzugsweise ein langer, dünner Streifen und kann eine Dicke von bis zu mehreren Millimetern haben.

[0020] Aufgrund der Anordnung des mindestens einen filmbasierten Sensorstreifens auf dem mindestens einen Messrad können unabhängig davon, welcher Umfangsabschnitt der radial äußersten Schicht des mindestens einen Messrads den Untergrund beziehungsweise die Oberfläche berührt, Messdaten erhalten werden. Es sei darauf hingewiesen, dass das Einkreisen des Messrads bezüglich der Rotationsachse des mindestens einen Messrads nicht notwendigerweise beinhaltet, dass der mindestens eine filmbasierte Sensorstreifen eine geschlossene Schleife bilden muss; der Streifen kann zum Beispiel auch spiralförmig angeordnet sein.

[0021] Die Gummischicht bildet vorzugsweise eine Schicht des mindestens einen Messrads, die die Rotationsachse des mindestens einen Messrads umgibt. Genauer ist die Gummischicht vorzugsweise die äußerste Umfangsschicht des mindestens einen Messrads bezüglich seiner Rotationsachse.

[0022] Die Gummischicht auf der radial äußeren Seite des mindestens einen filmbasierten Sensorstreifens schützt den mindestens einen filmbasierten Sensorstreifen vor Umgebungseinflüssen und kann durch Überspritzen des mindestens einen filmbasierten Sensorstreifens mit der Gummischicht montiert werden.

[0023] Da die mobile Maschine auf Rädern mobil ist und die Oberfläche unbeweglich ist, bedeutet das Fahren der mobilen Maschine auf Rädern über die Oberfläche, dass die mobile Maschine auf Rädern über die Oberfläche bewegt wird, wie z.B. ein Auto über eine Straße bewegt wird, wenn dieses auf letzterer gefahren wird. Der Prozess des Fahrens kann Zwischenstopps einschließen.

[0024] In einigen Fällen können die Bewegungserfassungsdaten, die durch die Bewegungserfassungsvorrichtung gewonnen werden, verwendet werden, um eine Messdateneinheit, und damit möglicherweise die Merkmalsvariable, die basierend auf dieser Messdateneinheit bestimmt wird, einem Punkt von dem Satz von Punkten, die die Oberfläche beschreiben, zuzuweisen. Solch eine Zuweisung kann auf der Computerhardware durch Koppeln der empfangenen Messdaten mit den empfangenen Bewegungserfassungsdaten auf eine vorbestimmte Art durch ein oder mehrere Module der Sequenz von einem oder mehreren Softwaremodulen erzielt werden. Das Koppeln wird zum Beispiel realisiert, indem zuerst Messdateneinheiten und Bewegungserfassungsdateneinheiten gemäß einer bestimmten vorab definierten Regel zusammengestellt werden und dann möglicherweise verarbeitete Bewegungserfassungsdaten aus den Bewegungserfassungsdateneinheiten in die Metadaten von zugeordneten Messdateneinheiten geschrieben werden. Hier ist eine Bewegungserfassungsdateneinheit eine Untergruppe der Bewegungserfassungsdaten und die Daten, die in unterschiedlichen Bewegungserfassungsdateneinheiten enthalten sind, können sich überlappen. Das Zusammenstellen kann zum Beispiel durch Paaren einer Messdateneinheit mit einer Bewegungserfassungsdateneinheit gemäß einem Übereinstimmungskriterium implementiert werden. Das Übereinstimmungskriterium ist zum Beispiel, dass sich die Empfangszeit der Datenpunkte oder -pakete in den beiden Einheiten absolut oder im Durchschnitt nicht um mehr als eine gegebene Menge unterscheidet, dass sich die Empfangszeit der Einheiten nicht um mehr als eine gegebene Menge unterscheidet, oder dass die Datenpunkte oder -pakete oder -einheiten mit übereinstimmenden Markern ausgestattet sind. Hier kann die Ausstattung mit Markern durch eine Software realisiert werden, die konfiguriert ist, um die Marker in die Metadaten der Datenpunkte oder -pakete oder -einheiten zu schreiben, und in den entsprechenden Datenerfassungsvorrichtungen oder in einer oder mehreren separaten zusätzlichen Vorrichtungen, die mit der Übertragungsleitung der Daten verbunden sind, realisiert werden, und ein Marker ist zum Beispiel ein Zeit- und Datumsstempel.

[0025] Die Messdaten und die Bewegungserfassungsdaten können durch die entsprechenden Datenerfassungsvorrichtungen während der gesamten Ausführung des Verfahrens oder während vorab definierten Zeiträumen und/oder während Zeiträumen, die während der Ausführung des Verfahrens gewählt werden, gewonnen werden.

[0026] Die gewonnenen Messdaten und die gewonnenen Bewegungserfassungsdaten können in einer Speichereinheit gespeichert werden, die in der mobilen Maschine auf Rädern integriert ist, und/oder direkt an die Computerhardware übertragen werden. Wenn Daten in der Speichereinheit gespeichert sind, die in der mobilen Maschine auf Rädern integriert ist, können sie zu einer vorab definierten oder ausgelösten späteren Zeit übertragen werden.

[0027] Die gewonnenen Messdaten und die gewonnenen Bewegungserfassungsdaten können in Echtzeit an die Computerhardware übertragen werden, d.h., die Daten werden in Form von Datenpunkten oder vorab definierten Sätzen von Datenpunkten übertragen, sobald sie verfügbar sind. Alternativ können die gewonnenen Messdaten und die gewonnenen Bewegungserfassungsdaten zu vorab definierten Zeiten oder in vorab definierten Zeitintervallen oder gemäß einem vorab definierten Plan, oder nachdem alle Daten gemessen sind, oder gemäß Eingaben während der Ausführung des Verfahrens an die Computerhardware übertragen werden.

[0028] Ähnlich können das Empfangen der übertragenen Messdaten und der übertragenen Bewegungserfassungsdaten auf der Computerhardware und/oder das Verarbeiten der empfangenen Messdaten und der empfangenen Bewegungserfassungsdaten in Echtzeit realisiert werden, d.h., sobald die notwendigen Daten verfügbar sind, oder nachdem alle Daten

verfügbar sind, oder gemäß einem vorab definierten Plan oder vorab definierten Zeiten oder vorab definierten Zeitintervallen oder gemäß Eingaben während der Ausführung des Verfahrens.

[0029] Für die Datenübertragung können das Mittel zur Datenübertragung und das Mittel zum Datenempfang zusammen ein drahtloses Kommunikationssystem mit einer ersten drahtlosen Kommunikationseinheit, die mit dem mindestens einen filmbasierten Sensorstreifen und der Bewegungserfassungsvorrichtung verbunden ist, und die das Mittel zur Datenübertragung bildet, und einer zweiten drahtlosen Kommunikationseinheit, die in die Computerhardware integriert ist, und die das Mittel zum Datenempfang bildet, bilden. Alternativ oder in Kombination können das Mittel zur Datenübertragung und das Mittel zum Datenempfang zusammen separate oder kombinierte drahtgebundene Kommunikationssysteme zwischen der Computerhardware und dem mindestens einen filmbasierten Sensorstreifen und zwischen der Computerhardware und der Bewegungserfassungsvorrichtung bilden.

[0030] Die drahtlosen Kommunikationseinheiten können aus mehreren Untereinheiten bestehen, zum Beispiel Sendern und Empfängern. Die Verbindung zwischen der drahtlosen Kommunikationseinheit und dem mindestens einen filmbasierten Sensorstreifen und der Bewegungserfassungsvorrichtung kann durch Drähte realisiert werden.

[0031] Drahtgebundene Verbindungen von dem mindestens einen Messrad mit Vorrichtungen außerhalb des mindestens einen Messrads können durch Einsetzen von Gleitringen realisiert werden.

[0032] Die Sequenz von einem oder mehreren Softwaremodulen kann ein einzelnes Programm oder eine Sequenz von Programmen, wobei die Ausgabe von einem automatisch/manuell in das nächste Programm eingespeist wird, sein. Wenn die Datenübertragung zwischen Programmen teilweise/vollständig automatisch geschieht, wird die Verarbeitung durch die Sequenz von einem oder mehreren Softwaremodulen als teilweise/vollständig automatisiert bezeichnet. Die Computerhardware kann ein Computer oder mehrere Computer oder Rechenvorrichtungen sein. Die Sequenz von einem oder mehreren Softwaremodulen kann Software einschließen, die auf unterschiedlichen Vorrichtungen installiert ist.

[0033] Es sei darauf hingewiesen, dass die Schritte (c), (d) (i) und (d) (ii) des Verfahrens erfolgen können, während das mindestens eine Messrad in Bewegung ist und/oder davor und/oder danach.

[0034] Weitere Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen dargelegt.

[0035] In einigen Ausführungsformen des Verfahrens können die Merkmalseigenschaften Höhereigenschaften, Weichheitseigenschaften des Materials der Oberfläche, Kontakteigenschaften zwischen dem mindestens einen Messrad und der Oberfläche, Haftungseigenschaften des mindestens einen Messrads an der Oberfläche, Reibungseigenschaften, räumliche 3D-Eigenschaften, Materialeigenschaften der Oberfläche selbst und/oder von Schichten unterhalb der Oberfläche, Lokaltätseigenschaften des Vorhandenseins von vorab definierten Substanzen auf und/oder in und/oder unterhalb der Oberfläche, oder vorzugsweise Krafteigenschaften, Dehnungseigenschaften oder Druckeigenschaften sein.

[0036] Es sei darauf hingewiesen, dass die vorherige Liste von Ausführungsformen der Merkmalseigenschaften nicht abschließend ist. Ferner sei darauf hingewiesen, dass die bevorzugten Ausführungsformen, d.h., die Krafteigenschaften, die Dehnungseigenschaften und die Druckeigenschaften, in einem Zwischenschritt bestimmt werden können, um einige der anderen Ausführungsformen in der Liste oder weitere Ausführungsformen, die hier nicht aufgelistet sind, zu bestimmen.

[0037] Wenn es mathematisch sinnvoll ist, können mehrere unterschiedliche Merkmalseigenschaften parallel oder in einer Sequenz basierend auf denselben Messdaten und möglicherweise zusätzlichen Eingaben, welche sich möglicherweise für verschiedene Merkmalseigenschaften unterscheiden, bestimmt werden. Es ist auch möglich, mehrere verschiedene Merkmalseigenschaften von Messdaten, die verschiedenen Messrädern und/oder filmbasierten Sensorstreifen entsprechen, parallel zu bestimmen. In jedem Fall entspricht die Bestimmung einer Merkmalseigenschaft jeweils einer Ausführung des Verfahrens, woraus sich ergibt, dass jede Option des Verfahrens unabhängig für jede Merkmalseigenschaft gewählt werden kann. Es kann natürlich Beschränkungen hinsichtlich der Wahl einer Option aufgrund der Wahl einer anderen Option geben.

[0038] In einigen Ausführungsformen des Verfahrens kann der mindestens eine filmbasierte Sensorstreifen auf gedruckter Elektronik basieren und/oder kann der mindestens eine filmbasierte Sensorstreifen elektromechanisch basiert sein und/oder kann der mindestens eine filmbasierte Sensorstreifen (4) resistive und/oder kapazitive Mengen und/oder eine Spannung messen und/oder kann die Messung des mindestens einen filmbasierten Sensorstreifens (4) einer Kraft und/oder einer Dehnung und/oder einem Druck entsprechen.

[0039] Auf gedruckter Elektronik basierende, filmbasierte Sensorstreifen sind für gewöhnlich besonders dünn und besonders günstig in der Herstellung.

[0040] Elektromechanisch basierte, filmbasierte Sensorstreifen werden hier so verstanden, als dass sie die Umwandlung einer mechanischen Eingabe in ein elektrisches Signal beinhalten. Diese Umwandlung kann rein mechanisch implementiert werden oder sie kann auch andere Prozesse verwenden. Beispiele für solche anderen Prozesse sind elektrochemische Prozesse und/oder piezoelektrische Prozesse und/oder photoelektrische Prozesse.

[0041] Alternativ kann der mindestens eine filmbasierte Sensorstreifen direkt eine Umgebungsvariable, wie zum Beispiel die Temperatur, messen.

[0042] Mehr Beispiele dafür, was der mindestens eine filmbasierte Sensorstreifen messen kann, sind induktive Mengen und/oder ein Strom.

[0043] Der filmbasierte Sensorstreifen kann ohne räumliche Auflösung vorliegen, d.h., so dass nur ein Messwert für den gesamten Streifen erhalten wird. Bei einer Integration in das mindestens eine Messrad entspricht dieser Messwert idealerweise immer dem Teil des Rads, der die Oberfläche berührt.

[0044] In einigen Ausführungsformen des Verfahrens kann die Bewegungserfassungsvorrichtung ein Positionssensor, der vorzugsweise GPS(Globales Positionssystem)-Technologie verwendet, ein Beschleunigungssensor, ein Geschwindigkeitssensor oder eine inertielle Messeinheit sein.

[0045] Die Bewegungserfassungsvorrichtung kann zum Beispiel auch ein Sensor sein, der die Drehung eines Rads oder die Werte von Variablen, die den Zustand des Motors der mobilen Maschine auf Rädern beschreiben, wie etwa den Energieverbrauch oder Umdrehungen bzw. Schritte pro Minute, erfasst. Weitere Beispiele umfassen Sensoren, die mit Lichtstrahlern und/oder -empfängern und Bildverarbeitungsverfahren und/oder mit Ultraschall und/oder mit Induktion arbeiten.

[0046] Die Bewegungserfassungsvorrichtung kann an dem mindestens einen Messrad oder an der mobilen Maschine auf Rädern außerhalb des mindestens einen Messrads angeordnet sein. Es können auch mehrere Bewegungserfassungsvorrichtungen, möglicherweise verschiedener Art, vorhanden sein, und sie können an dem mindestens einen Messrad, der mobilen Maschine auf Rädern außerhalb des mindestens einen Messrads oder an beiden angeordnet sein, und wenn mehr als ein Messrad vorhanden ist, können die Bewegungserfassungsvorrichtungen an einer Untergruppe oder an allen davon und/oder an der mobilen Maschine auf Rädern außerhalb der Messräder angeordnet sein.

[0047] In einigen Ausführungsformen des Verfahrens kann die Computerhardware mindestens eine Komponente, die in dem mindestens einen Messrad integriert ist, und/oder mindestens eine Komponente, die in der mobilen Maschine auf Rädern außerhalb des mindestens einen Messrads integriert ist, und/oder mindestens eine Komponente, die von der mobilen Maschine auf Rädern getrennt ist, umfassen.

[0048] Die Komponenten der Computerhardware sowie Komponenten von Kommunikationssystemen, welche in dem mindestens einen Messrad integriert sind, können zum Beispiel in der Gummischicht, oder wenn das mindestens eine Messrad eine innere Trägerschicht umfasst, in einer Kerbe in der inneren Trägerschicht, die zu diesem Zweck bereitgestellt ist, oder auf eine lösbare oder nicht-lösbare Art an einem frei zugänglichen Teil der inneren Trägerschicht eingebettet sein.

[0049] Komponenten der Computerhardware, welche in der mobilen Maschine auf Rädern außerhalb des mindestens einen Messrads integriert sind, können zum Beispiel einen Boardcomputer eines Fahrzeugs oder eines Roboters umfassen oder Teil davon sein oder Teil des Handgriffs einer gehaltenen Vorrichtung sein.

[0050] Die Bewegungserfassungsvorrichtung kann Komponenten der Computerhardware enthalten oder darin enthalten sein.

[0051] Die Computerhardware kann eine Ausleseelektronik umfassen oder Komponenten der Computerhardware können in einer Ausleseelektronik enthalten sein.

[0052] Komponenten der Computerhardware, welche von der mobilen Maschine auf Rädern getrennt sind, können zum Beispiel einzelne Vorrichtungen bilden, die nicht in der mobilen Maschine auf Rädern integriert sind, wie ein externer Personal Computer oder ein externer Server, oder können Teil einer externen Vorrichtung sein.

[0053] Wenn die Computerhardware einen Teil, der in dem mindestens einen Messrad integriert ist, und einen Teil, der in der mobilen Maschine auf Rädern außerhalb des mindestens einen Messrads integriert ist, und/oder einen Teil, der in dem mindestens einen Messrad integriert ist, und einen Teil, der von der mobilen Maschine auf Rädern getrennt ist, und/oder einen Teil, der in der mobilen Maschine auf Rädern außerhalb des mindestens einen Messrads integriert ist, und einen Teil, der von der mobilen Maschine auf Rädern getrennt ist, umfasst, kann die Verbindung zwischen diesen Teilen durch ein drahtloses oder drahtgebundenes Kommunikationssystem realisiert werden. Im Falle eines drahtgebundenen Kommunikationssystems können Gleitringe für die Verbindung von möglichen Teilen, die in dem mindestens einen Messrad integriert sind, eingesetzt werden.

[0054] In einigen Ausführungsformen des Verfahrens kann die Computerhardware eine Benutzerschnittstelleneinheit zum Kommunizieren von Informationen über die bestimmten Merkmalseigenschaften an einen Benutzer umfassen.

[0055] Die Informationen, welche über die Benutzerschnittstelle an den Benutzer kommuniziert werden können, umfassen die Informationen über die bestimmten Merkmalseigenschaften und möglicherweise zusätzliche Informationen.

[0056] Die Benutzerschnittstelleneinheit kann eine Anzeige umfassen, auf welcher Informationen dem Benutzer grafisch und/oder in Textform präsentiert werden. Alternativ oder zusätzlich kann die Benutzerschnittstelleneinheit einen Lautsprecher für die akustische Kommunikation von Informationen an den Benutzer und/oder ein Mittel zum Erhalten einer Eingabe und/oder von Anweisungen von dem Benutzer umfassen.

[0057] Die möglichen Anweisungen von dem Benutzer umfassen: die Definition und/oder Anpassung des Satzes von Punkten, die die Oberfläche beschreiben, wann Messdaten und/oder Bewegungserfassungsdaten aufgenommen werden sollten und/oder von wo nach wo Daten übertragen werden sollten.

[0058] In einigen Ausführungsformen des Verfahrens kann die Eingabe von mindestens einem der Module der Sequenz von einem oder mehreren Softwaremodulen ein oder mehrere Daten aus folgendem Satz umfassen: Datum, Uhrzeit,

Befehle zum Wählen eines bestimmten Merkmals für die Merkmalseigenschaften, die zu bestimmen sind, und Daten, die durch zusätzliche Mittel zur Datensammlung gewonnen werden.

[0059] Das Datum und die Uhrzeit können zum Beispiel einem internen Datum und einer internen Uhrzeit der Computerhardware entsprechen oder sie können automatisch durch die Computerhardware über eine Internetverbindung abgerufen werden, oder sie können als eine Eingabe von dem Benutzer über die Benutzerschnittstelleneinheit bereitgestellt werden, wenn die Benutzerschnittstelleneinheit verfügbar ist.

[0060] Die Anweisungen zum Auswählen eines bestimmten Merkmals für die Merkmalseigenschaften, die zu bestimmen sind, können zum Beispiel als eine Eingabe von dem Benutzer über die Benutzerschnittstelleneinheit bereitgestellt werden, wenn die Benutzerschnittstelleneinheit verfügbar ist, oder sie können automatisch anhand der Messdaten und/oder einer anderen Eingabe und/oder Daten erzeugt und durch ein anderes Modul der Sequenz von einem oder mehreren Softwaremodulen bereitgestellt werden.

[0061] Die Daten, die durch die zusätzlichen Mittel zur Datensammlung gewonnen werden, können über ein Kommunikationssystem zur Kommunikation zwischen der Computerhardware und den zusätzlichen Mitteln zur Datensammlung bereitgestellt werden.

[0062] Beliebige Eingabedaten in ein beliebiges Modul der Sequenz von einem oder mehreren Softwaremodulen können auch in den Informationen enthalten sein, die dem Benutzer über die Benutzerschnittstelleneinheit kommuniziert werden, wenn die Benutzerschnittstelleneinheit verfügbar ist.

[0063] Wenn mehr als eine mobile Maschine auf Rädern verfügbar ist, können sie möglicherweise miteinander kommunizieren und Eingaben für einander bereitstellen. Zusätzlich kann die mobile Maschine auf Rädern möglicherweise mit Maschinen anderer Art kommunizieren und auf diese Art eine Eingabe abrufen.

[0064] In einigen Ausführungsformen des Verfahrens können die zusätzlichen Mittel zur Datensammlung Teil der Ausstattung der mobilen Maschine auf Rädern sein und mindestens eine inertielle Messeinheit, vorzugsweise eine inertielle Messeinheit, die an dem mindestens einen Messrad angeordnet ist, und eine inertielle Messeinheit, die an der mobilen Maschine auf Rädern außerhalb des mindestens einen Messrads angeordnet ist, und/oder einen Temperatursensor und/oder einen Luftdrucksensor und/oder einen Feuchtigkeitssensor und/oder einen Gassensor, vorzugsweise ein CO₂-Sensor, und/oder einen Flüssigkeitserfassungs- und/oder - analysesensor und/oder einen photoelektrischen Sensor und/oder einen Lichtintensitätssensor und/oder einen Ionensensor und/oder einen Vibrationssensor und/oder einen Luftströmungssensor und/oder einen oder mehrere Motorsensoren und/oder ein Mittel zur Fahrenergieverbrauchserfassung und/oder einen Positionssensor, der vorzugsweise eine GPS(Global Positioning System)-Technologie verwendet, umfassen; und kann die mobile Maschine auf Rädern auch mit einem Mittel zum Übertragen von Daten, die durch die zusätzlichen Mittel zur Datensammlung gewonnen werden, an die Computerhardware auf eine Art, die mit dem Mittel zum Datenempfang kompatibel ist, ausgestattet sein.

[0065] Die mobile Maschine auf Rädern könnte auch mit den aufgelisteten zusätzlichen Mitteln zur Datensammlung ausgestattet sein, ohne dass die Daten, die durch jene Mittel gewonnen werden, eine Eingabe in die Module der Sequenz von einem oder mehreren Softwaremodulen sind, sondern stattdessen nur in den Informationen enthalten sind, die dem Benutzer über die Benutzerschnittstelleneinheit kommuniziert werden, wenn die Benutzerschnittstelleneinheit verfügbar ist, und/oder zur weiteren Verarbeitung mit anderen Rechenvorrichtungen verwendet werden.

[0066] Die aufgelisteten zusätzlichen Mittel zur Datensammlung können in mehreren Versionen vorhanden sein, und jede von diesen kann sich an dem mindestens einen Messrad und/oder an der mobilen Maschine auf Rädern außerhalb des mindestens einen Messrads befinden.

[0067] Es können auch zusätzliche Mittel zur Datensammlung vorhanden sein, welche von der mobilen Maschine auf Rädern getrennt sind.

[0068] Beispiele für Daten, welche von den aufgelisteten zusätzlichen Mitteln zur Datensammlung gewonnen werden können, umfassen die Beschleunigung der mobilen Maschine auf Rädern und/oder des mindestens einen Messrads, die Geschwindigkeit der mobilen Maschine auf Rädern und/oder des mindestens einen Messrads, die Winkelgeschwindigkeit des mindestens einen Messrads, die Winkelposition des mindestens einen Messrads, die Temperatur, die Feuchtigkeit, den Luftdruck, die Laderate und/oder den Zustand einer Batterie und den Gaspegel in einem Tank.

[0069] In einigen Ausführungsformen des Verfahrens kann das Verarbeiten der erhaltenen Messdaten und der erhaltenen Bewegungserfassungsdaten durch die Sequenz von einem oder mehreren Softwaremodulen entweder vollständig oder teilweise automatisiert sein und/oder mindestens eines der Module der Sequenz von einem oder mehreren Softwaremodulen kann den Schritt der Nachbearbeitung und/oder Rauschbearbeitung der Messdaten, vorzugsweise unter Verwendung von Signalkonditionierungsverfahren, umfassen.

[0070] Die Leistung der meisten filmbasierten Sensoren erfordert eine gewisse Nachbearbeitung und/oder Rauschbearbeitung ihrer Messdaten.

[0071] Der Schritt der Nachbearbeitung und/oder der Rauschbearbeitung kann zum Beispiel durch Verwenden bekannter oder neuer Algorithmen und/oder einer Sensorvereinigung realisiert werden. Hier ist mit Sensorvereinigung der Prozess des Kombinierens von Sensordaten und/oder von Daten, die durch die zusätzlichen Mittel zur Datensammlung gewonnen

werden, so dass die resultierenden Informationen eine geringere Unsicherheit haben als es möglicherweise der Fall wäre, wenn diese Quellen einzeln verwendet würden, gemeint.

[0072] Wenn Ausleseelektroniken eingesetzt werden, können diese Hardwaremittel zur Nachbearbeitung der Messdaten, zum Beispiel Tiefpasshardwarefilter, umfassen. Diese können weitere Komponenten der Computerhardware umfassen, oder sie können Teil der Computerhardware sein. In beiden Fällen kann mindestens eines der Module der Sequenz von einem oder mehreren Softwaremodulen auf der Ausleseelektronik implementiert werden. Dieses mindestens eine Modul kann ein Signalkonditionierungsverfahren organisieren.

[0073] Das Signalkonditionierungsverfahren kann ein Signalkonditionierungsverfahren für filmbasierte Sensormessungen sein, die von einem Softwaremodul organisiert werden, wobei das Softwaremodul operativ mit mindestens einem filmbasierten Sensor verbunden ist und ein Hilfeingabesignal empfängt; und wobei das Softwaremodul konfiguriert ist, um die folgenden Schritte zu organisieren:

- a) Einstellen einer Konfiguration G, die ein Optimierungsziel implementiert, auf eine vorbestimmte A-Priori-Konfiguration G_0 , und Einstellen eines Signalkonditionierungsparameters S auf einen vorbestimmten Anfangswert S_0 ; b) Erfassen von Messdaten anhand des mindestens einen filmbasierten Sensors und Empfangen des Hilfeingabesignals; c) Aktualisieren von S auf S_1 basierend auf dem Optimierungsziel, das durch die Konfiguration G implementiert ist, und den erfassten Messdaten; d) Bestimmen einer aktualisierten Konfiguration G_1 basierend mindestens auf den erfassten Hilfsdaten und anschließendes Einstellen von G auf G_1 ; e) Wiederholen der Schritte b)-d), wobei der Index i von G_i durch den Index $i+1$ ersetzt wird und der Index j von S_j durch $j+1$ ersetzt wird.

[0074] Hier beschreibt die Signalkonditionierung die Manipulation eines Messsignals auf eine solche Art, dass es die Anforderungen der nächsten Stufe zur weiteren Verarbeitung erfüllt. Die letzteren Anforderungen werden hier durch die Konfiguration G implementiert, die das Ziel beschreibt, während die Manipulation durch den Signalkonditionierungsparameter S bestimmt wird. Zum Beispiel kann der mindestens eine filmbasierte Sensor mindestens ein elektromechanischer Kraftsensor sein, welcher Differenzen der aufgetragenen Kraft mittels Änderungen des Widerstands misst (kraftresistiver Sensor). Die Messung dieses effektiv variablen Widerstands ($R_{\{var\}}$) kann durch eine gemeine Spannungsteilerschaltung ausgelesen werden, die einen Referenzwiderstand ($R_{\{ref\}}$) einsetzt und als Ausgabe die analoge Spannung ($V_{\{out\}}$) aufweist. Genauer besteht die Spannungsteilerschaltung aus dem variablen Widerstand $R_{\{var\}}$ und dem Referenzwiderstand $R_{\{ref\}}$, die in Reihe geschaltet sind, wobei eine Eingangsspannung $V_{\{in\}}$ über dem Widerstandspaar angelegt ist und die Ausgangsspannung $V_{\{out\}}$ aus der Verbindung zwischen diesen hervortritt. Der Wert des variablen Widerstands kann dann anhand der bekannten Variablen $V_{\{in\}}$, $V_{\{out\}}$ und $R_{\{ref\}}$ unter Verwendung der Beziehung $R_{\{var\}} = V_{\{out\}} \cdot R_{\{ref\}} / (V_{\{in\}} - V_{\{out\}})$ berechnet werden. Die analoge Spannung $V_{\{out\}}$ kann nach der Messung durch einen Analog-Digital-Wandler (ADC) verarbeitet werden, welcher für gewöhnlich Eingangsbereiche, für welche die Ausgabe eine größere oder kleinere Linearität zeigt, und Eingangsbereiche, für welche die Ausgabe eine höhere oder niedrigere Auflösung zeigt, aufweist. Das Ziel kann dann zum Beispiel eine hohe Auflösung oder ein breiter Bereich sein. Dies wird durch die Anforderung implementiert, dass die Messausgabe $V_{\{out\}}$ in einem bestimmten Bereich liegt, welcher dann in der Konfiguration G codiert wird. Um die Ausgabe $V_{\{out\}}$ entsprechend zu modifizieren, kann der Wert des Referenzwiderstands $R_{\{ref\}}$ angepasst werden. Hier kann der Wert des Referenzwiderstands $R_{\{ref\}}$ über den Signalkonditionierungsparameter S bestimmt werden, d.h., S_j kann der Wert sein, auf den der Referenzwiderstand $R_{\{ref\}}$ eingestellt wird. Die Aktualisierung von S hängt daher von der zuvor gemessenen Spannung $V_{\{out\}}$ und dem Optimierungsziel G ab. Hier kann der Referenzwiderstand $R_{\{ref\}}$ ein Digitalpotentiometer sein.

[0075] In einigen Ausführungsformen des Signalkonditionierungsverfahrens für filmbasierte Sensormessungen, die von einem Softwaremodul organisiert werden, kann die vorbestimmte Konfiguration G_0 entweder ein vorab definierter fixer Modus sein oder durch das Softwaremodul vor der Einleitung der Reihe von Schritten a)-e) unter Verwendung des Hilfeingabesignals bestimmt werden.

[0076] In einigen Ausführungsformen des Signalkonditionierungsverfahrens für filmbasierte Sensormessungen, die von einem Softwaremodul organisiert werden, kann das Softwaremodul konfiguriert sein, um die Reihe von Schritten a)-e) einzuleiten, wenn eine vorbestimmte Bedingung C_I erfüllt ist, wobei die vorbestimmte Bedingung C_I entweder eine vorab definierte fixe Bedingung sein kann oder durch das Softwaremodul vor der Einleitung der Reihe von Schritten a)-e) unter Verwendung des Hilfeingabesignals bestimmt werden.

[0077] In einigen Ausführungsformen des Signalkonditionierungsverfahrens für filmbasierte Sensormessungen, die von einem Softwaremodul organisiert werden, kann das Softwaremodul konfiguriert sein, um die Wiederholung in Schritt e) abzuschließen, wenn eine vorbestimmte Bedingung C_T erfüllt ist, wobei die vorbestimmte Bedingung C_T entweder eine vorab definierte fixe Bedingung sein kann oder durch das Softwaremodul vor der Einleitung der Reihe von Schritten a)-e) bestimmt werden kann und möglicherweise während der Ausführung der Reihe von Schritten a)-e) unter Verwendung des Hilfeingabesignals aktualisiert werden.

[0078] In einigen Ausführungsformen des Signalkonditionierungsverfahrens für filmbasierte Sensormessungen, die von einem Softwaremodul organisiert werden, können die durch Signalkonditionierung verarbeiteten Messdaten durch das

Softwaremodul und/oder durch zusätzliche Software während oder nach der Ausführung des Verfahrens weiter verarbeitet werden.

[0079] In einigen Ausführungsformen des Signalkonditionierungsverfahrens für filmbasierte Sensormessungen, die von einem Softwaremodul organisiert werden, kann das Hilfeingabesignal Messdaten von einer oder mehreren Hilfsdatengewinnungsvorrichtungen sein, wobei die eine oder die mehreren Hilfsdatengewinnungsvorrichtungen eine oder mehrere der folgenden Liste sind: Positionssensor, Beschleunigungssensor, Geschwindigkeitssensor und mindestens eine inertielle Messeinheit.

[0080] In einigen Ausführungsformen des Signalkonditionierungsverfahrens für filmbasierte Sensormessungen, die von einem Softwaremodul organisiert werden, kann die Bestimmung der aktualisierten Konfiguration G_i , $i > 0$, auch auf den Messdaten von dem mindestens einen filmbasierten Sensor basieren, die in der vorliegenden und möglicherweise der vorherigen Wiederholungsrunde gewonnen wurden.

[0081] In einigen Ausführungsformen des Signalkonditionierungsverfahrens für filmbasierte Sensormessungen, die von einem Softwaremodul organisiert werden, kann der Algorithmus für die Bestimmung der aktualisierten Konfiguration G_i , $i > 0$, mit einem oder mehreren der folgenden Grundsätze arbeiten: Zuweisung eines Satzes von Parametern zu einer Konfiguration gemäß vorab definierten Regeln, z.B. je nach den Bereichen, in welche die Werte der Parameter fallen, oder Ändern der Art der Konfiguration, z.B. gemäß einem vorab definierten Plan oder bis die Messdaten vorab definierten Spezifikationen entsprechen.

[0082] In einigen Ausführungsformen des Signalkonditionierungsverfahrens für filmbasierte Sensormessungen, die von einem Softwaremodul organisiert werden, können die Konfigurationen G_i , $i \geq 0$, den folgenden Optimierungszielen entsprechen: maximale Empfindlichkeit, maximale Reichweite oder eine spezifische Reichweite und/oder Empfindlichkeit.

[0083] In einigen Ausführungsformen des Signalkonditionierungsverfahrens für filmbasierte Sensormessungen, die von einem Softwaremodul organisiert werden, hat das Softwaremodul verschiedene Zustände, wobei der Zustand Beschränkungen bezüglich der möglichen Konfigurationen G_i , $i \geq 0$, beinhaltet, und wobei der Zustand durch einen Benutzer über eine Benutzerschnittstelle festgelegt werden kann.

[0084] Das Signalkonditionierungsverfahren für filmbasierte Sensormessungen, die von einem Softwaremodul in Kombination mit mindestens einem filmbasierten Sensor organisiert werden, kann als separate Erfindung angesehen werden.

[0085] In einigen Ausführungsformen des Verfahrens kann die Bestimmung der Merkmalseigenschaften in Echtzeit durchgeführt werden.

[0086] Dies bedeutet, dass die Merkmalsvariablen bestimmt werden, sobald die notwendigen Daten verfügbar sind.

[0087] In einigen Ausführungsformen des Verfahrens kann mindestens ein Modul der Sequenz von einem oder mehreren Softwaremodulen konfiguriert sein, um mindestens eine Anweisung für die mobile Maschine auf Rädern anhand seiner Eingabe zu erzeugen.

[0088] Die Eingabe in das mindestens eine Modul der Sequenz von einem oder mehreren Softwaremodulen, welches konfiguriert ist, um mindestens eine Anweisung für die mobile Maschine auf Rädern zu erzeugen, kann die Merkmalsvariablen sein, sobald sie bestimmt und verfügbar sind. Die Eingabe kann zusätzlich oder alternativ Daten von den zusätzlichen Mitteln zur Datensammlung, wenn die zusätzlichen Mittel zur Datensammlung verfügbar sind, und/oder Benutzeranweisungen über die Benutzerschnittstelleneinheit, wenn die Benutzerschnittstelleneinheit verfügbar ist, und/oder sonstige Daten, die auf der Computerhardware verfügbar sind, umfassen.

[0089] Die Anweisungen für die mobile Maschine auf Rädern können in Echtzeit erzeugt werden, d.h., sobald die notwendige Eingabe verfügbar ist.

[0090] Die Anweisungen für die mobile Maschine auf Rädern können zum Beispiel über die Benutzerschnittstelleneinheit an den Benutzer, wenn die Benutzerschnittstelleneinheit verfügbar ist, oder an eine Vorrichtung, die die mobile Maschine auf Rädern steuert, kommuniziert werden.

[0091] Die Anweisungen für die mobile Maschine auf Rädern können zum Beispiel sein, eine Zielgeschwindigkeit oder Zielbeschleunigung beizubehalten oder die Richtung um einen gegebenen Winkel oder in eine gegebene Zielrichtung zu ändern oder zu einer bestimmten Position zu gehen.

[0092] Die Erfindung bezieht sich auch auf eine Messvorrichtung zum Bestimmen von Merkmalseigenschaften einer Oberfläche gemäß dem Verfahren zum Bestimmen von Merkmalseigenschaften einer Oberfläche, die eine rohrförmige innere Trägerschicht, eine äußere Gummischicht und mindestens einen filmbasierten Sensorstreifen, der zwischen der rohrförmigen inneren Trägerschicht und der äußeren Gummischicht angeordnet ist, umfasst; wobei die Messvorrichtung entferntbar an einem Rad oder direkt an einer Radachse befestigt werden kann, so dass die Messvorrichtung zusammen mit dem Rad oder der Radachse, an der sie befestigt ist, eines des mindestens einen Messrads bildet.

[0093] Die rohrförmige innere Trägerschicht kann aus verschiedenen Materialien bestehen und kann dimensional stabil oder vorübergehend oder permanent verformbar sein.

[0094] Wenn das mindestens eine Messrad eine innere Trägerschicht umfasst, kann der mindestens eine filmbasierte Sensorstreifen zum Beispiel an der inneren Trägerschicht unter Verwendung von Klebstoffbonden auf ausgesparten Ober-

flächen befestigt werden, und/oder der mindestens eine filmbasierte Sensorstreifen kann in eine Sensorfolie integriert sein und die Sensorfolie ist an der inneren Trägerschicht mit Klammern und/oder Kneifstellen und/oder Sperrstellen und/oder Klebstoff, wobei der Klebstoff einer hohen Temperatur widerstehen muss, und/oder durch Laminierung, d.h., durch Bonden der Folie an die innere Trägerschicht unter Verwendung von Wärme und Druck mit oder ohne Verwendung eines Bondingmaterials, fixiert.

[0095] Die Messvorrichtung, die entferntbar an dem Rad oder der Radachse befestigt werden kann, hat den Vorteil, dass, wenn ein Problem mit einem Sensor und/oder der Elektronik besteht, welche die anfälligsten Teile des gesamten Messrads sind, einerseits durch Abnehmen der Messvorrichtung von dem Rad oder der Radachse einfacher eine Überprüfung vorgenommen werden kann und andererseits, falls nötig, nur die Messvorrichtung und nicht das gesamte Rad ersetzt werden kann.

[0096] In einigen Ausführungsformen der Messvorrichtung kann die rohrförmige innere Trägerschicht entweder vollständig aus polymerbasiertem, vorzugsweise elastomerbasiertem, Material oder Metall bestehen; oder die rohrförmige innere Trägerschicht kann in Abschnitte unterteilt werden, welche jeweils aus polymerbasiertem Material oder Metall bestehen.

[0097] Zum Beispiel kann die rohrförmige innere Trägerschicht eine Metallstruktur mit Hohlräumen sein, die mit Elastomer gefüllt sind. Die Hohlräume, die mit Elastomer gefüllt sind, können so angeordnet sein, dass sie die Unterlage des mindestens einen filmbasierten Sensorstreifens bilden.

[0098] Die Wahl des Materials kann zum Beispiel die Haftung des mindestens einen filmbasierten Sensorstreifens an der rohrförmigen inneren Trägerschicht, die Kopplung der letzteren mit dem Rad oder der Radachse, und Signale, die von dem mindestens einen filmbasierten Sensorstreifen empfangen werden, beeinflussen. Zum Beispiel beeinflusst die Weichheit der Unterlage des mindestens einen filmbasierten Sensorstreifens die Kraftübertragung auf den mindestens einen filmbasierten Sensorstreifen. Es sei darauf hingewiesen, dass diese Kraftübertragung auch durch die Weichheit der Abdeckung des mindestens einen filmbasierten Sensorstreifens, d.h., durch die Weichheit der Gummischicht, beeinflusst wird.

[0099] In einigen Ausführungsformen der Messvorrichtung kann die radial äußere Oberfläche der rohrförmigen inneren Trägerschicht entweder eine gleichmäßige Textur, vorzugsweise glatt oder gerippt, aufweisen, oder die radial äußere Oberfläche der rohrförmigen inneren Trägerschicht kann in Abschnitte mit unterschiedlichen Texturen unterteilbar sein, die jeweils vorzugsweise glatt oder gerippt sind.

[0100] Unter einer gerippten Textur ist hier auch eine geriffelte, eine gezackte oder eine gewellte Textur zu verstehen.

[0101] Ein Beispiel für eine gerippte Textur ist eine Berippung mit Rippen mit der Form von dreieckigen Zähnen. Solch eine Textur induziert Vibrationen und beeinflusst damit die Signale, die von dem mindestens einen filmbasierten Sensorstreifen empfangen werden.

[0102] Die Textur kann funktional sein, d.h., sie kann zum Beispiel die mechanische Dämpfung verstärken oder verringern und/oder die Haftung des mindestens einen filmbasierten Sensorstreifens an der rohrförmigen inneren Trägerschicht verstärken oder verringern und/oder die Anzahl an unterschiedlichen Bereichen des mindestens einen filmbasierten Sensorstreifens, die äußeren Kräften ausgesetzt sind, vergrößern oder verringern. Alternativ oder zusätzlich kann die Textur nicht-funktional sein, d.h., zum Beispiel kann eine Änderung der Textur ermöglichen, die Position und/oder den Winkel des mindestens einen Messrads zu erkennen.

[0103] In einigen Ausführungsformen der Messvorrichtung kann die rohrförmige innere Trägerschicht mindestens ein Verbindungselement zum Verbinden der Messvorrichtung mit dem Rad oder der Radachse umfassen.

[0104] Im dem Fall, in dem die Messvorrichtung an einem Rad befestigt werden soll, ist das mindestens eine Verbindungselement ein Befestigungsmittel zum Fixieren der Messvorrichtung an dem Rad, z.B. in Form einer Positionierungsstrebe. In dem Fall, in dem die Messvorrichtung direkt an einer Radachse befestigt werden soll, ist das mindestens eine Verbindungselement ein Mittel zum Pivoting, d.h., drehbaren Montieren.

[0105] In einigen Ausführungsformen der Messvorrichtung kann der mindestens eine filmbasierte Sensorstreifen auf einer gedruckten Elektronik basieren und/oder kann der mindestens eine filmbasierte Sensorstreifen elektromechanisch basiert sein und/oder kann der mindestens eine filmbasierte Sensorstreifen resistive und/oder kapazitive Mengen und/oder eine Spannung messen und/oder kann die Messung des mindestens einen filmbasierten Sensorstreifens einer Kraft und/oder einer Dehnung und/oder einem Druck entsprechen.

[0106] Es versteht sich, dass die Messvorrichtung zum Bestimmen der Merkmalseigenschaften einer Oberfläche, z.B. in Form einer Hülse für ein Rad, als separate Erfindung unabhängig von dem Verfahren zum Bestimmen der Merkmalseigenschaften einer Oberfläche gesehen werden kann.

Kurze Erläuterung der Figuren

[0107] Die Erfindung wird nachstehend unter Bezugnahme auf Ausführungsformen detaillierter beschrieben, die in den Figuren veranschaulicht sind. Die Figuren zeigen:

- Fig. 1 eine mobile Maschine auf Rädern, die mit einer Computerhardware kommuniziert, auf einer Oberfläche.
- Fig. 2a einen Schnitt durch eine Messvorrichtung zum Bilden eines Messrads senkrecht zu der Rotationsachse des Rads.
- Fig. 2b eine Vorderansicht einer Messvorrichtung zum Bilden eines Messrads, wobei die Rotationsachse des Rads horizontal und die äußere Gummischicht entfernt ist.
- Fig. 3 Merkmalseigenschaften und eine grafische Darstellung davon. Die Matrix auf der linken Seite zeigt Koordinaten (dargestellt als ein Paar Zahlen entsprechend dem nördlichen und östlichen Grad in dieser Lesereihenfolge) in der ersten Spalte und die entsprechenden Kraftwerte (in Newton) in der zweiten Spalte. In der Grafik auf der rechten Seite ist die x-Achse die sechste Stelle nach dem Komma des Dezimalgrads Ost und die y-Achse die zweite Stelle nach dem Komma der Anzahl von Newton.

Ausführungsformen der Erfindung

Ausführungsform 1

[0108] Fig. 1 zeigt eine mobile Maschine 2 auf Rädern, hier in Form eines ferngesteuerten Fahrzeugs 2, welches sich auf der Oberfläche 1 bewegt, welche hier unbekanntes Gelände 1 ist. Das unbekannte Gelände 1 könnte für Menschen gefährlich und/oder unzugänglich sein, z.B. das Innere einer Höhle oder eines Rohrs, ein Kriegsgebiet oder außerirdische Terrains.

[0109] Hier ist jedes Rad 3 des Fahrzeugs 2 ein Messrad 3, das eine Achse und eine Messvorrichtung 11 umfasst, wie in Fig. 2 gezeigt. Die Messvorrichtung 11, die in Fig. 2 gezeigt ist, umfasst eine rohrförmige innere Trägerschicht 12, die aus Metall besteht, und mehrere elektromechanische Kraftsensorstreifen 4, die auf der rohrförmigen inneren Trägerschicht 12 in Kreisen bezüglich der Rotationsachse des Rads 3 angeordnet sind. Diese Kreise 4 sind abstandsgleich auf dem Rad 3 platziert und von der Gummischicht 5 bedeckt. Die Messvorrichtung 11 kann zum Bilden des Messrads 3 an der Achse befestigt werden, indem die Achse in die kreisförmige zentrale Aussparung der Messvorrichtung 11 eingeführt und dann von Klammern an der Achse auf beiden Seiten der Messvorrichtung 11 befestigt wird. Eine andere Art der Befestigung kann sein: Erzeugen einer Hülle mit den Sensorstreifen 4 und der Gummischicht 5 und Umhüllen der Achse einschließlich der rohrförmigen inneren Trägerschicht 12 mit dieser Hülle.

[0110] Die Bewegungserfassungsvorrichtung 6 ist hier ein Positionssensor 6, der GPS verwendet. Dementsprechend sind die Bewegungserfassungsdaten Positionsdaten. Der Positionssensor 6 ist in das Fahrzeug 2 außerhalb seiner Räder 3 integriert.

[0111] Das Mittel zur Datenübertragung 7 ist hier eine WLAN-Antenne 7. Die Antenne 7 ist mit dem Positionssensor 6 über Kabel und mit den Sensoren 4 über Kabel unter Verwendung von Gleitringen verbunden. Die Antenne 7 sendet die Messdaten und die Positionsdaten an die Computerhardware 8, welche hier ein Laptop 8 ist. Die Antenne 7 erhält auch Anweisungen von dem Benutzer über eine App, die die Benutzerschnittstelle realisiert, sowie die Signale, die die Fernsteuerung ermöglichen, wobei die Fernsteuerung hier über dieselbe App implementiert ist. Die Anweisungen und die Fernsteuerungsbefehle werden von einem internen Prozessor des Fahrzeugs 2 verarbeitet, welcher nicht Teil der Computerhardware 8 ist und welcher eine Zwischenstation der Verkabelung zwischen den Sensoren 4 und der Antenne 7 und auch der Verkabelung zwischen dem Positionssensor 6 und der Antenne ist.

[0112] Das Fahrzeug 2 ist mit zusätzlichen Mitteln zur Datensammlung in Form einer inertialen Messeinheit für jedes Rad 3 ausgestattet. Die inertialen Messeinheiten sind mit der Antenne 7 über Kabel und Gleitringe verbunden, und die Daten, die von den inertialen Messeinheiten gewonnen werden, werden über WLAN an den Laptop 8, ähnlich wie die Übertragung der Messdaten, übertragen.

[0113] Um das unbekannte Gelände 1 zu erforschen, wird das Fahrzeug 2 von dem Benutzer über die Oberfläche 1 gefahren, und während dem Fahren messen die Sensoren 4 Änderung bezüglich der Kraft, die auf die Radoberfläche eingebracht wird.

[0114] Der Satz von Punkten, die die Oberfläche 1 beschreiben, sind hier GPS-Punkte auf einem Gitter, und eine Messung durch die Sensoren 4 und die inertialen Messeinheiten wird immer dann durchgeführt, wenn solch ein Punkt auf dem Gitter angetroffen wird. Hier wird das Zwischenspiel der Komponenten des Fahrzeugs 2 durch den internen Prozessor organisiert. Die Bewegungserfassungsdateneinheit sind hier die GPS-Daten eines Gitterpunkts, und die Messdateneinheit ist hier die Anzahl an Newton, die die Größe der Kraftänderung beschreibt, die von einem Sensor 4 für einen GPS-Gitterpunkt gemessen wird. Der interne Prozessor schreibt das Messdatum und die Messzeit, gemäß seinem internen Kalender und seiner internen Uhr, der GPS-Dateneinheit in die Metadaten der GPS-Dateneinheit, und das Datum und die Uhrzeit, gemäß seinem internen Kalender und seiner internen Uhr, zu denen die Messung der Messdateneinheit ausgelöst wird, in die Metadaten der Messdateneinheit. Beide Dateneinheiten, inklusive der Metadaten, werden zu dem Laptop 8 übertragen,

sobald sie verfügbar sind, und der Laptop 8 empfängt die Daten über sein integriertes Mittel zum Datenempfang in Form eines WLAN-Moduls 81.

[0115] Das eine oder die mehreren Softwaremodule 82 entsprechen hier einem Programm, das auf dem Laptop 8 läuft, und mehrere Module mit automatisierter Datenhandhabung unter diesen Modulen umfasst. Eines der Module, das Modul A, bestimmt für jede Messdateneinheit den GPS-Gitterpunkt, der am nächsten an dem Ort liegt, wo die entsprechende Messung durchgeführt wurde, basierend auf der GPS-Dateneinheit mit dem Datum und der Uhrzeit in den Metadaten, die am nächsten bei dem Datum und der Uhrzeit in den Metadaten der Messdateneinheit liegen, und der Distanz des entsprechenden Sensorteils 4 von der Antenne 7, welche in einem vorherigen Modul B anhand der Anordnung des entsprechenden Sensors 4 auf dem Rad 3, der Anordnung des Rads 3 auf dem Fahrzeug 2 und den Daten von der inertialen Messeinheit des entsprechenden Rads 3 bestimmt wird. Das Modul A schreibt dann die GPS-Daten des identifizierten nächsten GPS-Gitterpunkts in die Metadaten der Messdateneinheit. Anschließend erzeugt und bestimmt das Modul C für jede Messdateneinheit eine Merkmalsvariable, hier eine Kraftvariable, welche den Wert der absoluten Kraft in Newton annimmt, der anhand der Messdaten in der Messdateneinheit und einer gegebenen oder zuvor festgelegten Anfangsreferenzkraft berechnet wird, weist jeder Merkmalsvariable den identifizierten nächsten GPS-Gitterpunkt von den Metadaten der entsprechenden Messdateneinheit zu und speichert dieses Paar in einer Liste solcher Paarungen. Diese Liste ist die Merkmalseigenschaft 0, in diesem Fall die Krafteigenschaft 0, wie symbolisch in Fig. 3 gezeigt.

[0116] Ein darauffolgendes Modul D erzeugt dann eine grafische Darstellung der Krafteigenschaft 0, wo die GPS-Gitterpunkte die x-y-Ebene überspannen und die z-Achse die Stärke der Kraft ist, d.h., der absolute Kraftwert, d.h., die bestimmte Merkmalsvariable, in Einheiten von Newton. Der Benutzer kann dann auf diese grafische Darstellung über die App auf dem Laptop 8 zugreifen, und der Benutzer erfährt daher etwas über die Form des unbekannten Geländes 1 und kann auch auf Hindernisse reagieren, wie zum Beispiel das Vermeiden eines Hinauffahrens von steilen Hügeln, um unerwünschte Überschläge des Fahrzeugs 2 zu vermeiden.

Ausführungsform 2

[0117] Alternative Ausführungsformen umfassen, dass die mobile Maschine 2 auf Rädern eine handgehaltene Rolle 2 ist, die eine Rolle 3 und einen Handgriff umfasst, welche von einer Person auf einer Linie über eine Oberfläche 1 gefahren wird, um zum Beispiel die Oberfläche 1 zu glätten.

[0118] Die Rolle 3 ohne den Handgriff ist hier das Messrad 3 und weist mehrere elektromechanische Drucksensorstreifen 4 auf, die in Ringen um seine Rotationsachse und in einer abstandsgleichen relativen Beabstandung angeordnet sind. Diese elektromechanischen Drucksensorstreifen 4 messen vorzeichenbehaftete Änderungen bezüglich des Drucks, der auf die Rolle aufgebracht wird.

[0119] Die Computerhardware 8 ist hier ein Prozessor 8, der in den Handgriff integriert ist, und das Mittel zur Datenübertragung 7 und das Mittel zum Datenempfang 81 bilden zusammen eine drahtgebundene Verbindung unter Verwendung von Gleitringen. Die Bewegungserfassungsvorrichtung 6 ist ein Beschleunigungssensor 6 einer inertialen Messeinheit, wobei die inertielle Messeinheit in der Rolle 3 integriert ist und durch Kabel und Gleitringe mit dem Prozessor 8 verbunden ist.

[0120] Die inertielle Messeinheit umfasst einen Mikroprozessor, der ihre Aktionen organisiert, und dieser Mikroprozessor löst alle x Mikrosekunden eine Messung des Beschleunigungssensors 6 aus, wobei $10 < x < 100$. Zu denselben Zeitpunkten löst der Mikroprozessor der inertialen Messeinheit auch eine Messung der elektromechanischen Drucksensorstreifen 4 aus, mit welchen er über Kabel verbunden ist. Eine Bewegungserfassungsdateneinheit ist hier das Messergebnis in Metern pro Quadratsekunde einer der ausgelösten Messungen des Beschleunigungssensors 6, und eine Messdateneinheit ist das Messergebnis in Newton pro Quadratmeter einer der ausgelösten Messungen eines der elektromechanischen Drucksensorstreifen 4.

[0121] Jede Dateneinheit wird an den Prozessor 8 gesendet, sobald sie verfügbar ist.

[0122] Das eine oder die mehreren Softwaremodule 82 entsprechen hier einem Programm, das auf dem Tablet-Computer 8 läuft, das mehrere Module mit automatisierter Datenhandhabung unter diesen Modulen umfasst. Eines der Module, das Modul a, schreibt in die Metadaten jeder Eingangsdateneinheit das Datum und die Uhrzeit, gemäß dem internen Kalender und der internen Uhr des Prozessors 8, zu der die Eingabe in das Programm eingespeist wurde. Ferner schreibt es in die Metadaten der Messdateneinheiten die Markierung des entsprechenden elektromechanischen Drucksensorstreifens 4. Der entsprechende elektromechanische Drucksensorstreifen 4 wird gemäß dem Kabel zugewiesen, über welches die Messdateneinheit geliefert wurde.

[0123] Die Punkte innerhalb des Satzes von Punkten, die die Oberfläche 1 beschreiben, sind hier die Markierungen der elektromechanischen Drucksensorstreifen 4.

[0124] Das Modul b prüft für jede Messzeit, ob die entsprechende Bewegungserfassungsdateneinheit einen Nicht-Null-Wert enthält. Wenn sie keinen Nicht-Null-Wert enthält, werden alle Messdateneinheiten, die derselben Messzeit, möglicherweise bis auf einen Toleranzbereich, entsprechen, verworfen. Wenn sie einen Nicht-Null-Wert enthält, dann erzeugt das Modul b eine Merkmalsvariable, hier eine Druckänderungsvariable, für jede Messdateneinheit, die derselben Messzeit, möglicherweise bis auf einen Toleranzbereich, entspricht, und bestimmt, dass der Wert der Merkmalsvariable gleich dem Wert ist, der die Daten in der entsprechenden Messdateneinheit bildet. Es sei darauf hingewiesen, dass dieser Wert

nicht absolut sondern vorzeichenbehaftet ist, d.h., mit einem Plus- oder Minuszeichen versehen ist. Anschließend schreibt das Modul b die Merkmalswerte in eine Liste in einer festen Reihenfolge gemäß den Markierungen der Sensoren 4 in den Metadaten ihrer entsprechenden Messdateneinheiten. Diese Liste ist die Merkmalseigenschaft 0, welche hier eine Druckeigenschaft 0 ist.

[0125] Anschließend vergleicht das Modul c die Listeneinträge der Druckeigenschaft 0, und wenn die Einträge entsprechend der elektromechanischen Kraftsensorstreifen 4 links von dem Handgriff im Durchschnitt größer beziehungsweise kleiner als jene rechts von dem Handgriff im Durchschnitt sind, produziert es ein Signal, welches über ein Kabel zu einer roten Leuchtdiode links beziehungsweise rechts von dem Handgriff transportiert wird, und bewirkt, dass die Diode aufleuchtet. Die Person, die die handgehaltene Rolle 2 fährt, erhält somit eine Rückmeldung in Form von aufleuchtenden roten Lampen rechts beziehungsweise links von dem Handgriff der handgehaltenen Rolle 2, immer wenn der Druck am rechten beziehungsweise linken Ende der Rolle mehr als auf der anderen Seite zunimmt. Die Person kann daher durch Ändern der Kraft, die sie auf den Handgriff aufbringt, reagieren.

[0126] Es sei darauf hingewiesen, dass die Ausführungsformen der verschiedenen Attribute des Verfahrens nicht auf die zuvor genannten Möglichkeiten beschränkt sind, und auch nicht die Möglichkeiten für ihre Kombinationen.

Bezugszeichen

[0127]

- 0 Merkmalseigenschaft
- 1 Oberfläche
- 2 Mobile Maschine auf Rädern
- 3 Messrad
- 4 Filmbasierter Sensorstreifen
- 5 Gummischicht
- 6 Bewegungserfassungsvorrichtung
- 7 Mittel zur Datenübertragung
- 8 Computerhardware
- 81 Mittel zum Datenempfang
- 82 Sequenz von einem oder mehreren Softwaremodulen
- 11 Messvorrichtung
- 12 Rohrförmige Trägerschicht

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen von Merkmalseigenschaften (0) einer Oberfläche (1) umfassend die folgenden Schritte:
 - a) Ausstatten einer mobilen Maschine (2) auf Rädern, vorzugsweise eines Fahrzeugs, einer handgehaltenen Vorrichtung oder eines Roboters, mit
 - i. mindestens einem Messrad (3), wobei das mindestens eine Messrad (3) mindestens einen filmbasierten Sensorstreifen (4) umfasst, welcher so angeordnet ist, dass er das mindestens eine Messrad (3) bezüglich der Rotationsachse des mindestens einen Messrads (3) umkreist, und wobei der mindestens eine filmbasierte Sensorstreifen (4) auf einer radial äußeren Seite des mindestens einen filmbasierten Sensorstreifens (4) durch eine Gummischicht (5) bedeckt ist,
 - ii. einer Bewegungserfassungsvorrichtung (6), und
 - iii. einem Mittel zur Datenübertragung (7) von dem mindestens einen filmbasierten Sensorstreifen (4) und der Bewegungserfassungsvorrichtung (6);
 - b) Fahren der mobilen Maschine (2) auf Rädern über die Oberfläche (1);
 - c) Übertragen von von dem mindestens einen filmbasierten Sensorstreifen (4) gemessenen Messdaten und von durch die Bewegungserfassungsvorrichtung (6) gewonnenen Bewegungserfassungsdaten zu einer Computerhardware (8), unter Verwendung des Mittels zur Datenübertragung (7), wobei die Computerhardware (8) mit einem Mittel zum Datenempfang (81) ausgestattet ist; und
 - d) auf der Computerhardware (8)
 - i. Empfangen der übertragenen Messdaten und der übertragenen Bewegungserfassungsdaten unter Verwendung des Mittels zum Datenempfang (81), und
 - ii. Verarbeiten der empfangenen Messdaten und der empfangenen Bewegungserfassungsdaten durch eine Sequenz von einem oder mehreren Softwaremodulen (82), die auf der Computerhardware (8) installiert sind, wobei mindestens ein Modul der Sequenz von einem oder mehreren Softwaremodulen (82) konfiguriert ist, um die Merkmalseigenschaften (0) anhand seiner Eingabe zu bestimmen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Merkmalseigenschaften (0) Höhereigenschaften, Weichheitseigenschaften des Materials der Oberfläche (1), Kontakteigenschaften zwischen dem mindestens einen Messrad (3) und der Oberfläche (1), Haftungseigenschaften des mindestens einen Messrads (3) an der Oberfläche (1), Reibungseigenschaften, räumliche 3D-Eigenschaften, Materialeigenschaften der Oberfläche (1) selbst und/oder von Schichten unterhalb der Oberfläche (1), Lokaltätseigenschaften des Vorhandenseins von vorab definierten Substanzen auf und/oder in

und/oder unterhalb der Oberfläche (1) oder vorzugsweise Krafteigenschaften, Dehnungseigenschaften oder Druckeigenschaften sind.

3. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der mindestens eine filmbasierte Sensorstreifen (4) auf einer gedruckten Elektronik basiert und/oder der mindestens eine filmbasierte Sensorstreifen (4) elektromechanisch basiert ist und/oder der mindestens eine filmbasierte Sensorstreifen (4) resistive und/oder kapazitive Mengen und/oder eine Spannung misst und/oder die Messung des mindestens einen filmbasierten Sensorstreifens (4) einer Kraft und/oder einer Dehnung und/oder einem Druck entspricht.
4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Bewegungserfassungsvorrichtung (6) ein Positionssensor, vorzugsweise unter Verwendung von GPS(Global Positioning System)-Technologie, ein Beschleunigungssensor, ein Geschwindigkeitssensor oder eine inertielle Messeinheit ist.
5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Computerhardware (8) mindestens eine Komponente, die in dem mindestens einen Messrad (3) integriert ist, und/oder mindestens eine Komponente, die in der mobilen Maschine (2) auf Rädern außerhalb des mindestens einen Messrads (3) integriert ist, und/oder mindestens eine Komponente, die von der mobilen Maschine (2) auf Rädern getrennt ist, umfasst.
6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Computerhardware (8) eine Benutzerschnittstelleneinheit zum Kommunizieren von Informationen über die bestimmten Merkmalseigenschaften (0) an einen Benutzer umfasst.
7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Eingabe von mindestens einem der Module der Sequenz von einem oder mehreren Softwaremodulen (82) ein oder mehrere Daten aus folgendem Satz umfasst: Datum, Uhrzeit, Befehle zum Wählen eines bestimmten Merkmals für die Merkmalseigenschaften (0), die zu bestimmen sind, und durch zusätzliche Mittel zur Datensammlung gewonnene Daten.
8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die zusätzlichen Mittel zur Datensammlung Teil der Ausstattung der mobilen Maschine (2) auf Rädern sind und mindestens eine inertielle Messeinheit umfassen, vorzugsweise eine inertielle Messeinheit, die an dem mindestens einen Messrad (3) angeordnet ist, und/oder eine inertielle Messeinheit, die an der mobilen Maschine (2) auf Rädern außerhalb des mindestens einen Messrads (3) angeordnet ist, und/oder ein Temperatursensor und/oder ein Luftdrucksensor und/oder ein Feuchtigkeitssensor und/oder ein Gassensor, vorzugsweise ein CO₂-Sensor, und/oder ein Flüssigkeitserfassungs- und/oder - analysesensor, und/oder ein photoelektrischer Sensor und/oder ein Lichtstärkesensor und/oder ein Ionensensor und/oder ein Vibrationssensor und/oder ein Luftströmungssensor und/oder ein oder mehrere Motorsensoren und/oder Mittel zur Fahrenergieverbrauchserfassung und/oder ein Positionssensor, vorzugsweise unter Verwendung von GPS(Global Positioning System)-Technologie; und wobei die mobile Maschine (2) auf Rädern auch mit einem Mittel zum Übertragen von durch die zusätzlichen Mittel zur Datensammlung gewonnenen Daten an die Computerhardware (8) auf eine Art, die mit dem Mittel zum Datenempfang (81) kompatibel ist, ausgestattet ist.
9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Verarbeitung der empfangenen Messdaten und der empfangenen Bewegungserfassungsdaten durch die Sequenz von einem oder mehreren Softwaremodulen (82) entweder vollständig oder teilweise automatisiert ist und/oder wobei mindestens eines der Module der Sequenz von einem oder mehreren Softwaremodulen (82) den Schritt der Nachbearbeitung und/oder Rauschbearbeitung der Messdaten, vorzugsweise unter Verwendung von Signalkonditionierungsverfahren, umfasst.
10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Bestimmung der Merkmalseigenschaften (0) in Echtzeit durchgeführt wird.
11. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei mindestens ein Modul der Sequenz von einem oder mehreren Softwaremodulen (82) konfiguriert ist, um mindestens eine Anweisung für die mobile Maschine (2) auf Rädern anhand seiner Eingabe zu erzeugen.
12. Messvorrichtung (11) zum Bestimmen von Merkmalseigenschaften (0) einer Oberfläche (1) gemäß dem Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, umfassend eine rohrförmige innere Trägerschicht (12), eine äußere Gummischicht (5) und mindestens einen filmbasierten Sensorstreifen (4), der zwischen der rohrförmigen inneren Trägerschicht (12) und der äußeren Gummischicht (5) angeordnet ist; wobei die Messvorrichtung (11) entfernbar an einem Rad oder direkt an einer Radachse befestigbar ist, so dass die Messvorrichtung (11) zusammen mit dem Rad oder der Radachse, an der sie befestigt ist, eines des mindestens einen Messrads (3) bildet.
13. Messvorrichtung nach Anspruch 12, wobei die rohrförmige innere Trägerschicht (12) entweder vollständig aus polymerbasiertem, vorzugsweise elastomerbasiertem, Material oder Metall besteht; oder die rohrförmige innere Trägerschicht (12) in Abschnitte unterteilbar ist, welche jeweils aus polymerbasiertem Material oder Metall bestehen.
14. Messvorrichtung nach einem der Ansprüche 12-13, wobei die radial äußere Oberfläche der rohrförmigen inneren Trägerschicht (12) entweder eine gleichmäßige Textur, vorzugsweise glatt oder gerippt, aufweist, oder die radial äußere Oberfläche der rohrförmigen inneren Trägerschicht (12) in Abschnitte mit verschiedenen Texturen unterteilbar ist, die jeweils vorzugsweise glatt oder gerippt sind.

15. Messvorrichtung nach einem der Ansprüche 12-14, wobei die rohrförmige innere Trägerschicht (12) mindestens ein Verbindungselement zum Verbinden der Messvorrichtung (11) mit dem Rad oder der Radachse umfasst.
16. Messvorrichtung nach einem der Ansprüche 12-15, wobei der mindestens eine filmbasierte Sensorstreifen (4) auf einer gedruckten Elektronik basiert und/oder der mindestens eine filmbasierte Sensorstreifen (4) elektromechanisch basiert ist und/oder der mindestens eine filmbasierte Sensorstreifen (4) resistive und/oder kapazitive Mengen und/oder eine Spannung misst, und/oder die Messung des mindestens einen filmbasierten Sensorstreifens (4) einer Kraft und/oder einer Dehnung und/oder einem Druck entspricht.

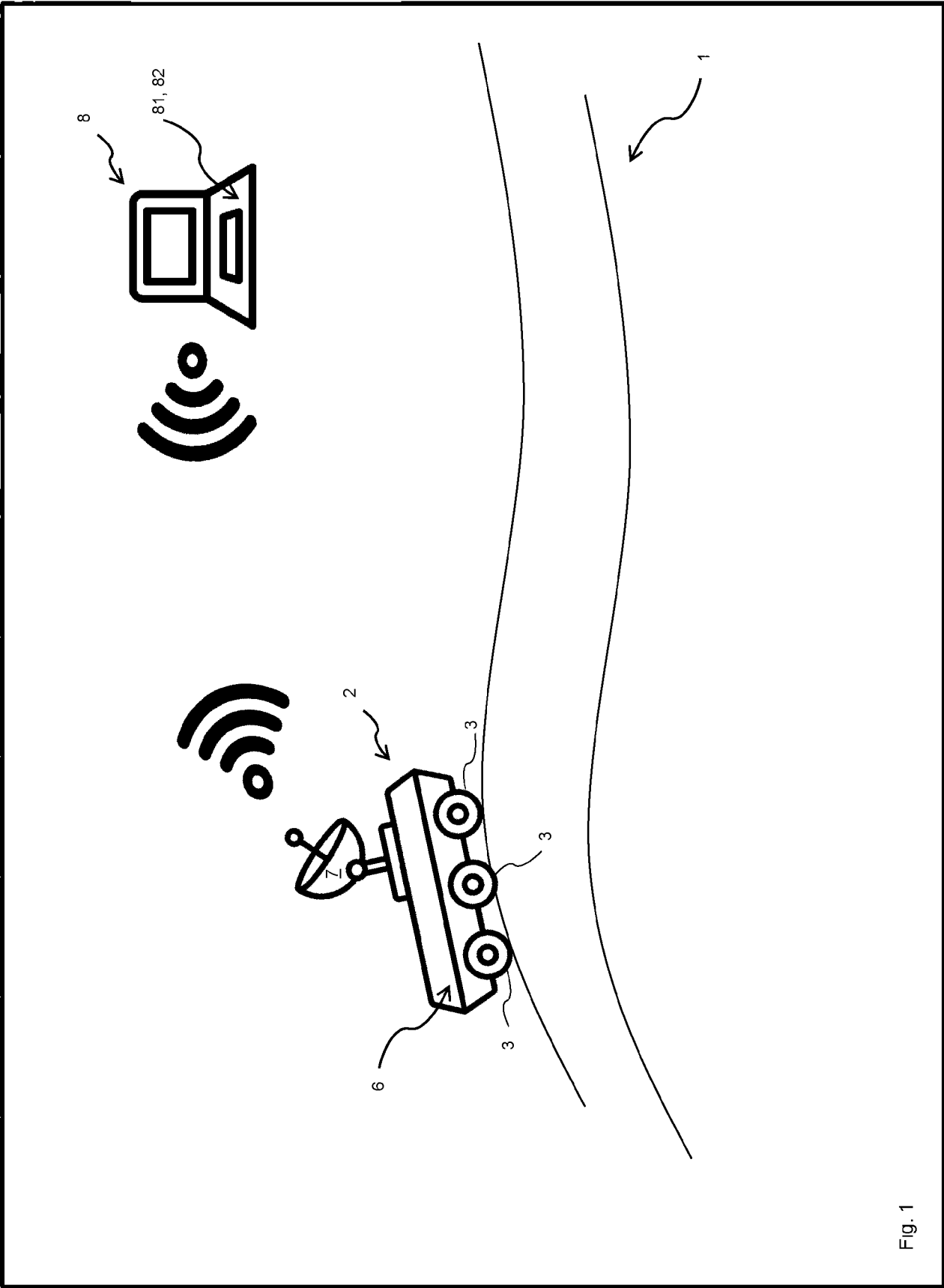


Fig. 1

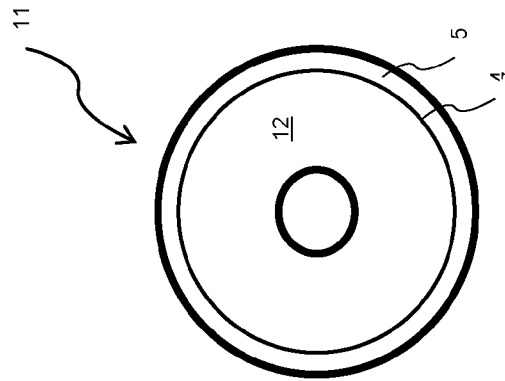


Fig. 2a

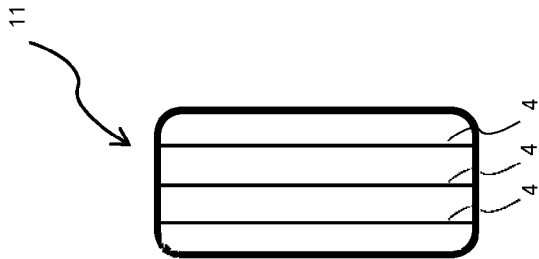


Fig. 2b

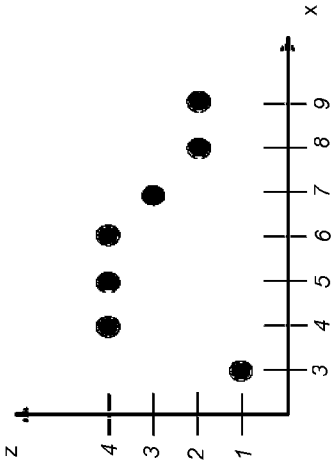


Fig. 3

0

(47 376153, 8 533149), 1 32
(47 376153, 8 533148), 1 32
(47 376153, 8 533147), 1 33
(47 376153, 8 533146), 1 34
(47 376153, 8 533145), 1 34
(47 376153, 8 533144), 1 34
(47 376153, 8 533143), 1 31

PATENT COOPERATION TREATY

INTERNATIONAL-TYPE SEARCH REPORT

IDENTIFICATION OF THE NATIONAL APPLICATION		APPLICANT'S OR AGENT'S FILE REFERENCE	
		P221759CH	
National Application N°		Filing date	
2942023		16-03-2023	
Country of filing		Priority Date Claimed	
CH			
Applicant (Name)			
Dätwyler Schweiz AG			
Date of request for an International-Type search		Number given by the International Searching Authority to the request for an International-Type Search	
20-07-2023		SN84293	
I. CLASSIFICATION OF THE SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all)			
According to International Patent Classification (IPC), or to both National Classification and IPC			
See search report			
II. FIELDS SEARCHED			
Minimum Documentation Searched			
Classification system	Classification symbols		
IPC	See search report		
Documentation searched other than the minimum documentation to the extent, that such documents are included in the fields searched			
III.	CERTAIN CLAIMS WERE UNSEARCHABLE		(Observations on supplemental sheet)
IV.	UNITY OF INVENTION IS LACKING		(Observations on supplemental sheet)

Form PCT/ISA 201 A (11/2000)

INTERNATIONAL TYPE SEARCH REPORT

Search request No

CH 2942023

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01C7/04 E01B35/00 E01C23/01 G01B11/25 G01N21/88
B60W40/06

ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01C G01N G01L G01B E01B E01C B60W

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2015/198440 A1 (PEARLMAN JONATHAN L [US] ET AL) 16 July 2015 (2015-07-16) * paragraph [0006]; figures 1,3 *	1-16
A	US 2010/147062 A1 (WAKAO YASUMICHI [JP]) 17 June 2010 (2010-06-17) * paragraph [0002]; figure 9 *	1-16
A	US 6 615 648 B1 (FERGUSON RONALD ALLAN [AU] ET AL) 9 September 2003 (2003-09-09) * paragraph [0006]; figure 1 *	1-16
A	US 2019/011255 A1 (HUANG YAXIONG [US]) 10 January 2019 (2019-01-10) * paragraphs [0001], [0004]; figure 1 *	1-16
A	US 2002/124424 A1 (AIREY DONALD R [US] ET AL) 12 September 2002 (2002-09-12) * paragraphs [0014] - [0018]; figure 2 *	1-16

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"G" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international-type search

2 October 2023

Date of mailing of the international-type search report

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040.
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Bexbil Bautista, L

1

INTERNATIONAL TYPE SEARCH REPORT

Information on patent family members

Search request No.

CH 2942023

US 2015198440	A1	16-07-2015	US 2015198440 A1	16-07-2015
			US 2019064360 A1	28-02-2019
US 2010147062	A1	17-06-2010	BR P10810545 A2	21-10-2014
			CN 101668672 A	10-03-2010
			EP 2143613 A1	13-01-2010
			ES 2612077 T3	11-05-2017
			JP 5191163 B2	24-04-2013
			JP 2008273388 A	13-11-2008
			KR 20100015892 A	12-02-2010
			RU 2410258 C1	27-01-2011
			US 2010147062 A1	17-06-2010
			WO 2008136303 A1	13-11-2008
US 6615648	B1	09-09-2003	AT 330073 T	15-07-2006
			CA 2315188 A1	01-07-1999
			EP 1042559 A1	11-10-2000
			ES 2264812 T3	16-01-2007
			NZ 505072 A	25-07-2003
			US 6615648 B1	09-09-2003
			WO 9932725 A1	01-07-1999
US 2019011255	A1	10-01-2019	NONE	
US 2002124424	A1	12-09-2002	NONE	