Zusammenfassung Multisensornavigation

Fakultät für Geoinformatik
of Hochschule für Angewandte Wissenschaften München

Zusammenfassung

geschrieben bei

Felix Strobel

March 2019

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

1 Stoffübersicht

1.1 Homogene Matrix

Matrix, die Positionen und Orientierung beinhaltet

$$M = \begin{pmatrix} R & T \\ 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_1 \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_1 \\ r_{31} & r_{23} & r_{33} & t_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \tag{1.1}$$

Wird verwendet, damit man einfacher rechnen kann.

1.2 Pose

Beschreibt die Lage eines Körpers. Mit seinen Raumkoordinaten und dem Heading im Bezug auf ein Referenzkoordinatensystem.
Im R_2 z.B.: (x, y, α)

1.3 Singulärwertzerlegung

Zerlegung einer Matrix in 3 Spezielle Matrizen welche miteinander Multipliziert die grundlegende Matrix ergeben. Auf der Hauptdiagonalen der mittleren Matrix stehen die Singularitäten der grundlegenden Matrix.

1.4 Levenberg-Marquardt

Der Levenberg-Marquardt-Algorithmus ist ein numerischer Optimierungsalgorithmus zur Lösung nichtlinearer Ausgleichs-Probleme mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate. Das Verfahren kombiniert das Gauß-Newton-Verfahren mit einer Regularisierungstechnik, die absteigende Funktionswerte erzwingt. Deutlich robuster als das Gauß-Newton-Verfahren, das heißt, er konvergiert mit einer hohen Wahrscheinlichkeit auch bei schlechten Startbedingungen, allerdings ist auch hier Konvergenz nicht garantiert. Ferner ist er bei Anfangswerten, die nahe dem Minimum liegen, oft etwas langsamer.

1.5 Bündelblockausgleichung

Das Optimieren der SSehstrahlenbündeleïner 3D-Szene, die von mehreren Kameras bzw. von einer Kamera aus mehreren Perspektiven aufgenommen wird. Bei der Bündelblockausgleichung können gleichzeitig die Positionen der Punkte im 3D-Raum, die Positionen und Orientierungen der beobachtenden Kameras sowie deren interne Kalibrierparameter derart an die Messbilder angepasst werden, dass verbleibende Fehler (z. B. Bildverzerrungen, Messfehler der Auswertung) möglichst optimal auf alle Beobachtungen verteilt werden. Speziell wird der Begriff verwendet, um nicht nur einzelne Bildpaare (je 2 überdeckende Messbilder) photogrammetrisch auszuwerten, sondern eine beliebige Anzahl von zusammenhängenden Bildern (Block) miteinander zu verknüpfen. Zur Berechnung könnte man z.B. Levenberg-Marquardt-Algorithmus nehmen.

1.6 Trajektorie

Der Weg eines Objektes in abhänigkeit von der Zeit.
Stellt auch die Lösungskurve einer Differenzialgleichung dar.

$$P_{(t)} = \begin{pmatrix} a_0 + a_1 t + a_2 t^2 \\ b_0 + b_1 t + b_1 t^2 \end{pmatrix} \tag{1.2}$$

1.7 Koppelnavigation

Koppelnavigation oder dead reckoning ist das aneinanderfügen vergangener Standortmessungen, welche jeweils relativ zum letzten Messzeitpunkt sind.

1.8 Sigma Point Kalman Filter

Kalman Filter für nicht lineare Gleichungssysteme. Legt eine Normalverteilte Punktwolke um den aktuellen Punkt. Stabiler als der Kalmanfilter.
Er ist für sehr nicht lineare Zusammenhänge besser geeignet, da keine Linearisierung stattfindet.
Sowohl das Bewegungsmodell, wie auch das Messmodell können mit Sigmapoints berechnet werden. Es kann aber auch nur das Messmodell mit Sigmapoints in den neuen Zustand überführt werden.

1.9 Extended Kalman Filter

Der EKF ist eine nicht lineare Version des Kalman Filters welcher mittels einer Schätzung des aktuellen Mittels und der Covarianzen linearisiert wird. Diese Linearisierung kann zu einer Ungenauigkeit des Filters führen. In extremen Fällen kann es zu einer Divergenz des Filters führen. Der Filter erreicht eine First-Order accuracy [1].

1.10 ICP oder Scanmatching

Iterative Closest Point um den kürzesten Abstand zwischen zwei Punktwolken zu bestimmen. Wird genutzt um zwei verschiedene Punktwolken aufeinander anzupassen, dazu müssen diese bereits näherungsweise angepasst sein.

1.11 Partikelfilter

Kann aus dem Vergleich vieler Messungen zu einer bekannten "Karte"den Ort absolut bestimmen. Damit kann er sich global positionieren. Er benötigt deutlich mehr Speicher als der Kalmanfilter und ist etwas ineffizienter, aber durch die Möglichkeit der globalen Positionierung und des fehlen einer Linearisierung ist er stabiler als ein Kalmanfilter.

1.12 RANSAC

Random sample consensus - Eine iterative Methode um outliner zu erkennen oder eine Gerade durch eine Punktwolke zu legen, welche viele outliner hat. Er wird u.A. im Bereich des Maschinellen Sehens verwendet um eine um Ausreißer bereinigte Datenmenge (Consensus Sets) zu erstellen. Das Consensus Sets findet in Verfahren, welche die Methode der kleinsten Quadrate verwendet, besonders wichtig, da diese mit Zunahme der Ausreißer instabiler werden.

1.13 Loop closure

Wenn Messungen einen geschlossenen loop bilden. Dies kann genutzt werden um Filter und Ausgleichungen zu testen oder zu verbessern.

1.14 SLAM

Simultaneous localization and mapping - Zeitgleiches Positionieren und Mapping der Messdaten. Wird in unbekannter Umgebung verwendet um eine Map zu erstellen in der sich dann positioniert werden kann.

2 Einführung

2.1 Lokalisieren

Die Fähigkeit sich gegenüber eines Bezugssystem zu Positionieren.

2.2 3D Konstruieren

Daten werden immer vom aktuellen Standort aus aufgenommen. Diese können dann nach einer Lokalisierung ins Globale System überführt werden.
Wenn Daten von mehreren Positionen aus aufgenommen werden, so muss die Position der Sensoren zueinander bekannt sein.

2.3 Mobile Mapping System

Eigenschaften eines Mobile Mapping Systems:

1. Mobile Plattform (Roboter, Flugzeug, Auto, etc.)
2. Multisensoraufbau zur Vermussung der Umgebung in zwei- oder dreidimensionaler Form
3. Berechnung des Umgebungsmodels online aber auf offline möglich.

3 Mathematische Grundlagen

3.1 Skalarprodukt

$$\vec{a} \circ \vec{b} = |\vec{a}| \cdot |\vec{b}| \cdot \cos\varphi \tag{3.1}$$

$$\vec{a} \circ \vec{b} = \begin{pmatrix} a_x \\ a_y \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} b_x \\ b_y \end{pmatrix} = a_x b_x + a_y b_y \tag{3.2}$$

3.2 Winkel zwischen zwei Vektoren

$$\cos\varphi = \frac{\vec{a} \circ \vec{b}}{|\vec{a}| \cdot |\vec{b}|} \tag{3.3}$$

3.3 Orthogonalität

Zwei Vektoren $\vec{a}$ und $\vec{b}$ sind Orthogonal zueinander wenn das Vektorprodukt 0 ergibt.

$$\vec{a} \circ \vec{b} = 0 \tag{3.4}$$

3.4 Vektorprodukt

$$\vec{a} \times \vec{b} = \vec{c} \tag{3.5}$$

$$|\vec{c}| = |\vec{a}| \cdot |\vec{b}| \cdot \sin\varphi \quad \text{for} \quad (0^\circ \leq \varphi \leq 180^\circ) \tag{3.6}$$

3.4.1 Matrix/Vektorform

$$\vec{a} \times \vec{b} = \begin{pmatrix} a_x \\ a_y \\ a_z \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} b_x \\ b_y \\ b_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_y b_z - b_z a_y \\ a_z b_x - b_x a_z \\ a_x b_y - b_y a_x \end{pmatrix} \tag{3.7}$$

3.5 Rechte Hand Regel

Die Rechte Hand gibt die Richtung der Achsen vor, die Vektoren (Finger) bilden ein Rechtssystem deren Vektorprodukte alle 0 ergeben.

- Daumen: X
- Zeigefinger: Y
- Mittelfinger: Z

3.6 Rotation

3.6.1 Definition

1. Winkel der Drehung um jeweils eine Achse
2. Rotationsmatrix multipliziert mit der Transponierten ergibt die Einheitsmatrix I
3. Spalten stehen Senkrecht aufeinander

3.6.2 Rotation vs. Spiegelung

3.6.3 Rotation

überführt ein Rechtwinkliges/Rechtshändiges Koordinatensystem in ein anderes Rechtwinkliges/Rechtshändiges Kooridinatensystem. RxR ist Einheitsmatrix.

3.6.4 Spiegelung

Die Hand wechselt. Die Detimernante wird -1

3.6.5 Prüfung auf Rotation

```
if abs(max(max((rotation * rotation') - eye(3)))) > 0.0000000000001
isRotation = false;
else
isRotation = true;
```

3.7 Homogene Matrix

3.7.1 Translation und Rotation

$$M = \begin{pmatrix} R & T \\ 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_1 \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_2 \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \tag{3.8}$$

3.7.2 Vorteile

Mehrere Bewegungen können durch Matrixmultiplikation aneinander gekettet werden bzw. leichter invertiert werden.

3.7.3 Intepretation als Koordinatensystem

Eine Homogene Matrix kann auch als Koordinatensystem interpretiert werden.

3.7.4 Berechnung Koordinatenursprung

$$T = \begin{pmatrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \end{pmatrix} \tag{3.9}$$

3.7.5 Berechnung der Achsen

$$x = \begin{pmatrix} r_{11} \\ r_{21} \\ r_{31} \end{pmatrix}, y = \begin{pmatrix} r_{12} \\ r_{22} \\ r_{32} \end{pmatrix}, z = \begin{pmatrix} r_{13} \\ r_{23} \\ r_{33} \end{pmatrix} \tag{3.10}$$

3.8 Koordinatensysteme

3.8.1 Affines Koordinatensystem

Lineare Koordinatensystem

3.8.2 Orthogonales Koordinatensytem

Rechtwinklig

3.8.3 Orientierungstreues Koordinatensystem

Es bleibt nach der rechten Hand definiert.

3.9 RPY Darstellung

Jede Rotation kann als Roll, Pitch, Yaw dargestellt werden.

Roll	X-Achse
Pitch	Y-Achse
Yaw	Z-Achse

3.9.1 Rotation als RPY

Dabei können Singularitäten auftreten. (Bei Pitch $= \pi/2$ bzw. 90°)
Matrix to RPY

```
y = atan2(rotation(2,1), rotation(1,1));
p = atan2(-rotation(3,1), rotation(1,1) * cos(y) + rotation(2,1) * sin(y));
r = atan2(rotation(3,2)/cos(p), rotation(3,3)/cos(p));
```

3.9.2 RPY to Matrix

Eine Rotation, welche zuerst um die Roll, dann die Pitch und zuletzt die Yaw achse dreht

$$R_{\alpha,\beta,\gamma} = \begin{pmatrix} \cos\alpha\cos\beta & \cos\alpha\sin\beta\sin\gamma - \sin\alpha\cos\gamma & \cos\alpha\sin\beta\cos\gamma + \sin\alpha\cos\gamma \\ \sin\alpha\cos\beta & \sin\alpha\sin\beta\sin\gamma + \cos\alpha\cos\gamma & \sin\alpha\sin\beta\cos\gamma - \cos\alpha\sin\gamma \\ -\sin\beta & \cos\beta\sin\gamma & \cos\beta\cos\gamma \end{pmatrix} \tag{3.11}$$

3.9.3 Weitere Darstellungen

- Quaternionen [2]
- Axis/Angle Darstellung [3] -> numerisch stabil

Literaturverzeichnis

[1] https://en.wikipedia.org/wiki/Order_of_accuracy

[2] https://de.wikipedia.org/wiki/Quaternion

[3] https://en.wikipedia.org/wiki/Axis%E2%80%93angle_representation