FAQs zu Multisensor Navigation

Zur 1. Lehrveranstaltung (15.03.2018)

Homogene Matrix

Matrix, die Positionen und Orientierung beinhaltet [R, T; 0, 1] unten immer 0 und dann eine 1.
Wird verwendet, damit man einfacher rechnen kann.

Pose

Position und Orientierung (relativ zu einem Refernzkoordinatensystem).

Levenberg-Marquardt und Bündelblockausgleichung

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. **Bündelblockausgleichung:**
Das Optimieren der "Sehstrahlenbündel" einer 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.

Range-Bearing Sensor

Entfernungsmesser mit Winkel
Bearing Only: z.B. mit Theodolit und Kamera

Trajektorie und Curve

Lösungskurve einer Differentialgleichung; Bahn oder Bewegungspfad eines Objektes abhängig von der Zeit
`p(t) = (a0 + a1t + a2t^2) (b0 + b1t + b1t^2)`

Sigma Point Kalman Filter

Nichtlineare Schätzung und Sensor Fusion *deterministic sampling approach* The state distribution is again approximated by a GRV, but is now represented using a minimal set of carefully chosen weighted sample points. These sample points completely capture the true mean and covariance of the GRV, and when propagated through the true nonlinear system, captures the posterior mean and covariance accurately to the 2nd order (Taylor series expansion) for any nonlinearity implementation of the SPKF is often substantially easier and requires no analytic derivation or Jacobians as in the EKF. Anstatt Kovarianz neu zu berechnen, wird sie geschätzt (samples). Legt samples um den Punkt und legt dann wieder eine Normalverteilung drauf.

Extended Kalman Filter

In the EKF, the system state distribution and all relevant noise densities are approximated by GRVs, which are then propagated analytically through a first-order linearization of the nonlinear system. This can introduce large errors in the true posterior mean and covariance of the transformed GRV, which may lead to sub-optimal performance and sometimes divergence of the filter. The EKF only achieves first-order accuracy.

ICP oder Scanmatching

Der **Iterative Closest Point** Algorithm ist ein Algorithmus, der es ermöglicht, Punktwolken aneinander anzupassen. Für die Anwendung des Verfahrens müssen die Punktwolken bereits vorab näherungsweise aufeinander ausgerichtet sein.

Partikelfilter

Strecke vorher bekannt, es werden Gewichte auf die wahrscheinlichsten Punkte gelegt, dann wird resampled, also Punkte mit wenig Wahrscheinlichkeit eliminiert und dann wird propagiert mit einem Modell (wo könnte Flugzeug jetzt sein) und dann wieder von vorne angefangen.

RANSAC

Random Sample Consensus, deutsch etwa „Übereinstimmung mit einer zufälligen Stichprobe") ist ein Algorithmus zur Schätzung eines Modells innerhalb einer Reihe von Messwerten mit Ausreißern und groben Fehlern. Wegen seiner Robustheit wird er vor allem bei der Auswertung automatischer Messungen vornehmlich im Bereich des maschinellen Sehens eingesetzt. Hier unterstützt RANSAC - durch Berechnung einer um Ausreißer bereinigten Datenmenge, des sogenannten Consensus Sets - Ausgleichsverfahren wie die Methode der kleinsten Quadrate, die bei einer größeren Anzahl von Ausreißern meist versagen.

Zur 2. Lehrveranstaltung (22.03.2018)

Lokalisation (Kap. 1/3)

Die Fähigkeit eines (mobilen) Roboters seinen Ort relativ zu einem Bezugskoordinatensystem (Weltkoordinatensystem) zu bestimmen heißt **Lokalisation**.

3D Rekonstruktion (Kap. 1/5)

Die Berechnung eines digitalen 3D Modells (z.B. eine Punktwolke oder ein Mesh) aus mit Sensoren aufgenommenen Daten der Umgebung heißt **3D Rekonstruktion**. Wurden die Sensorinformationen aus unterschiedlichen Standpunkten aufgenommen, so muss die *Lage* und *Orientierung* der Standpunkte zueinander bekannt sein.

Mobile Mapping System (Kap. 1/8)

Mobile Mapping Systeme(MMS) sind mit folgenden Eigenschaften charakterisiert:

- Mobile Plattform (Auto, Bahn, Flugzeug)
- Multisensorieller Aufbau zur Erfassung der Umgebung in zwei bzw. dreidimensionaler Form
- Die Auswertung der Daten geschieht zum Teil **offline** (Genauigkeitsteigerung!)

Triangulation (nicht im Skript)

Theodolit (2 Strahlen, die sich schneiden = meine Position) geht auch bei Kameras, da wo sich die Kamerablickrichtung schneidet ist mein Punkt.

Trilateration (nicht im Skript)

Trilateraton ist das Aufspannen von 3 Kuglen (3 Satelliten) zur Positionsbestimmung.

Kap. 2: Mathematische Grundlagen (Bewegung im IR^3, Koordinatensysteme)

Wie ist das Skalarprodukt? (Kap.2/2) Wie kann der Winkel zwischen zwei Vektoren berechnet werden? (Kap.2/2)

Das euklidische Skalarprodukt

Begriff (euklidisches Skalarprodukt)

Gegeben seien $u:=(u_{0,..},u_n)$ und $v:=(v_{0,..},v_n)$. Dann definiert

$$\langle u,v\rangle:=(u_0v_0+..+u_nv_n)$$

ein Skalarprodukt. Es heißt **euklidisches Skalarprodukte.**

Desweiteren definiert

$$\|v\|:=\sqrt{\langle v,v\rangle} \rightarrow \text{Pythagoras}$$

eine **Norm.**

Es gilt (mit α Winkel zwischen u,v):

$$\boxed{\langle u,v\rangle=\|u\|\|v\|\cos\alpha} \quad \text{mit } \alpha\in[0,\pi]$$

Wie kann überprüft werden, ob zwei Vektoren rechtwinklig (=orthogonal) aufeinander stehen? (Kap.2/3)

Wenn deren Skalarprodukt 0 ergibt.

Vektorprodukt

Wie ist das Vektorprodukt definiert? (Kap. 2/5)

Wie ist der Zusammenhang zwischen "rechter Hand" und Vektorprodukt? (Kap. 2/5)

Wie lautet die Matrix/Vektor Form des Vektorproduktes? (Kap. 2/6)

Das Vektorprodukt

Begriff (Vektorprodukt)

Gegeben seien $u:=(u_0,u_1,u_2)$ und $v:=(v_0,v_1,v_2)$. Dann definiert

$$\boxed{u\times v:=|u||v|\sin\theta\, n} \quad \text{mit} \quad n\in IR^3;\ \|n\|=1,\quad n\perp u\wedge n\perp v$$

Hierbei bezeichnet θ den Winkel $\theta:=\sphericalangle(u,v)$ zwischen u und v, wobei $0^0\leq\theta\leq180^0$. Diese Abbildung heißt **Vektorprodukt.**

Geometrische Interpretation

Geometrisch lässt sich das Vektorprodukt als eine Abbildung interpretieren, die einen neuen Vektor $w\in IR^3$ berechnet, m.d.Eigenschaft

– w orthogonal zu u und v

– u, v, w bilden ein Rechtssystem

Prof. Dr. Thomas Abmayr Kap. 2/5

Bewegung im IR^3

Eigenschaften (Vektorprodukt)

Es gilt

1.) $\|u\times v\|=\|u\|\|v\|\sin\theta$ (wobei θ den Winkel zwischen u und v bezeichnet)

$\Longrightarrow \|u\times u\|=0$

$\Longrightarrow \|u\times v\|=1 \Leftrightarrow u\perp v;\|u\|=1;\|v\|=1$

2.) $$u\times v=\begin{pmatrix}u_2v_3-u_3v_2\\u_3v_1-u_1v_3\\u_1v_2-u_2v_1\end{pmatrix} \Longrightarrow u\times v=\begin{pmatrix}0&-u_3&u_2\\u_3&0&u_1\\-u_2&u_1&0\end{pmatrix}\begin{pmatrix}v_1\\v_2\\v_3\end{pmatrix}$$

3.) $u\times v=-v\times u$ (antikommutativ)

Welche Eigenschaften hat eine Rotation? (Kap. 2/8)

- Rotationsmatrix multipliziert mit ihrer Transponierten = Einheitsmatrix I
- Spalten stehen senkrecht aufeinander

Wie lautet der Unterschied zwischen einer Rotation und einer Spiegelung? (nicht im Skript)

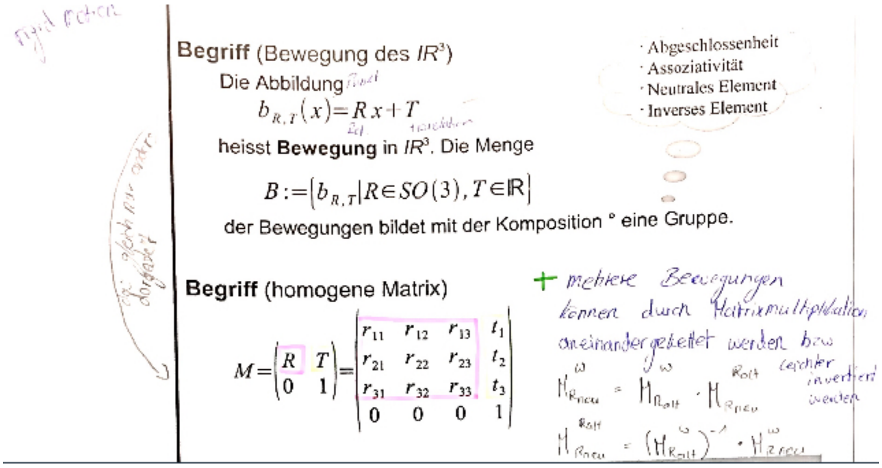
Eine Matrix ist gespiegelt, wenn ihre Determinante -1 ergibt.

Gegeben sei eine 3x3 Matrix. Wie kann überprüft werden, ob es sich um eine Rotation handelt? (Kap. 2/8)

Eine Matrix ist eine Rotationsmatrix, wenn:

- ihre Inverse gleich ihrer Transponierten ist
- ihre Determinante 1 ergibt

Wie kann eine Translation und Rotation als homogene Matrix dargestellt werden? (Kap. 2/9)

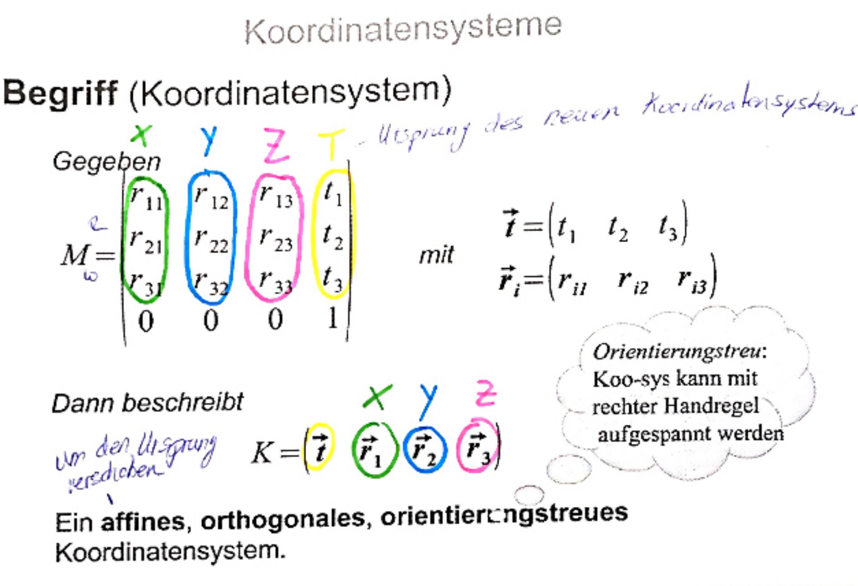


Welche Vorteile hat das Rechnen mit homogenen Matrizen? (nicht im Skript)

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

Koordinatensystem

Wie kann eine homogene Matrix als Koordinatensystem interpretiert werden? (Kap. 2/11)
Wie lässt sich aus einer homogenen Matrix der Koordinatenursprung, sowie die Achsen berechnen? (nicht im Skript)
Was versteht man unter einem affinen, orthogonalem und orientierungstreuem Koordinatensystem? (Kap. 2/11)



Was versteht man unter der RPY Darstellung einer Drehung? (Kap. 2/15)

Jede Rotation lässt sich durch Roll, Pitch und Yaw darstellen.

Wie lassen sich aus der RPY Darstellung einer Drehung die drei Winkel zurückrechnen? (Kap. 2/16)

Bewegung im IR^3

Problem: Wenn Werte 0 werden, kann es nicht mehr berechnet werden. -> Singularität -> Besser: Quaternionen, Axis, Angle

atan2 Funktion nimmt 2 Argumente. Mathematisch ist es ein Bruch

Rückrechnung (RPY Darstellung)

Gegeben: Rotationsmatrix *R*

$$R=\begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{pmatrix}$$

Gesucht: Winkel *r, p, y*

Lösung: Aus Koeffizientenvergleich folgt:

geteilt durch ÷

$$y=atan2(\sin y/\cos y)=atan2(\sin y\cos p/\cos y\cos p)=atan2(r_{21}/r_{11})$$

$$p= atan2(\sin p/\cos p) =atan2(+\sin p,\cos p(\underbrace{\cos y\cos y+\sin y\sin y}_{=1}))$$

$$=atan2(-(-\sin p),\cos y\cos p\cos y+\sin y\cos p\sin y)$$

$$=atan2(-r_{31},r_{11}\cos y+r_{21}\sin y)$$

$$r=atan2(\sin r,\cos r) =atan2(\frac{\cos p\sin r}{\cos p},\frac{\cos r\cos p}{\cos p})=atan2(\frac{r_{32}}{\cos p},\frac{r_{33}}{\cos p})$$

Welche anderen Darstellungen für Drehungen gibt es noch? (Kap. 2/21)

- Quaternions
- Axis/Angle Darstellung -> numerisch stabil

zur 3. Lehrveranstaltung (05.04.2018)

Mathematische Grundlagen (Cartesian Motion)

Gegeben seien zwei Koordinatensysteme. Wie können Sie zwischen diesen beiden Koordinatensystemen N weitere Koordinatensysteme berechnen, so dass diese „glatt" ineinander übergehen? (Kap. 2/22f)

1. Durch RPY Darstellung für Rotationen und die Berechnung der Rotationswinkel durch komponentenweises lineares Interpolieren werden Orientierung bestimmt.

```
r(i)_s := (1 − s)r(0) + sr(N)
p(i)_s := (1 − s)p(0) + sp(N)
y(i)_s := (1 − s)y(0) + sy(N)

mit s := k / N+1  | k element{1,...,N−1}
```

2. Ursprünge beider Koordinatensysteme werden ebenfalls komponentenweise interpoliert.

```
Tx(i)_s := (1 − s)Tx(0) + sTx(N)
Ty(i)_s := (1 − s)Ty(0) + sTy(N)
Tz(i)_s := (1 − s)Tz(0) + sTz(N)
```

Warum können hier die 3x3 Matrizen nicht direkt interpoliert werden (also jede Komponente der 3x3 Matrix separat)? (Kap. 2/22f)

![?]

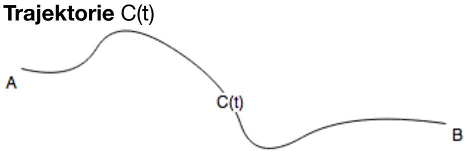
Könnte es Nachteile bei dem erläuterten Verfahren (also der Verwendung von RPY Winkeln zur Interpolation) geben? (Kap. 2/22f)

Wenn Werte 0 werden, kann es nicht mehr berechnet werden -> Singularität.
Besser: Quaternionen, Axis/Angle

Trajektorien

Wie lässt sich der Begriff Trajektorie erläutern? (Kap. 6a/2)

Gegeben sei ein Pfas C, der ein Objekt von A nach B führt. Die *Beschreibung dieses Pfades* mit *zusätzlicher Zeitangabe* **t** heißt **Trajektorie** C(t)



Bei einem quintischen Polynom gibt es pro Komponente 6 Unbekannte (a0, ..., a5). Wie viele Annahmen (die sog. Interpolationsannahmen) müssen vorgegeben werden, damit das Polynom eindeutig berechnet werden kann? (Kap. 6a/3f)

6, so viele wie Freiheitsgrade bzw. Unbekannte

Durch welche Angaben (die sog. Interpolationsannahmen) wird die Trajektorie durch ein quintisches Polynom hier eindeutig bestimmt? (Kap. 6a/3f)

Freiheitsgrade

Wie kann die Berechnung der Trajektorie in Pseudocode implementiert werden ?

.
.
.
.
.

Durch welche alternativen Interpolationsannahmen wäre das Polynom auch eindeutig bestimmt (zwei Beispiele)?

.
.
.
.
.

Was geschieht, falls es mehr Interpolationsbedingungen als Freiheitsgrade gibt?

.
.
.
.
.

Warum könnte es sinnvoll sein, Trajektorien durch Polynome darzustellen? (nicht im Skript)

.
.
.

.

.

Warum ist es sinnvoll, beim Endpunkt der Trajektorie den Zeitpunkt t = 1 anzunehmen?

.

.

.

.

.

Zur 4. Lehrveranstaltung (19.04.2018)

Wie lauten die Modellannahmen des Kalmanfilters? (6b/4)

- Das System ist **linear**
- Das gemessene **Rauschen** ist **zufällig**
- Das **Rauschen** ist **gaussverteilt**

Das diskrete Kalmanfilter: Herleitung im Eindimensionalen

Warum muss 'linear' als Modellannahme für den KF angenommen werden? (ohne Folie)

Um den Zustand des Systems als Matrix darstellen zu können.

Das Extended KF (EKF) arbeitet beispielsweise mit nichtlinearen Modellen. Warum ist die Modellannahme ‚linear' trotzdem richtig?

Weil der Systemzustand durch Taylorapproximation linearisiert wird. (Partiell ableiten)

Welche Vorteile hat die Modellierung von Wahrscheinlichkeiten mit Normalverteilungen (=Gaussverteilung)? (ohne Folie)

Der Zustand lässt sich so gut über μ und $\sum$ beschreiben.

In einem Satz: Was bewirkt der KF? Wofür wird er verwendet? (6b/6)

Einen *Schätzwert xk* als **gewichtetes** Mittel zu berechnen.

Warum ergibt die neue Zustandsschätzung wieder eine Normalverteilung (=Gaussverteilung)? (6b/7f)

Das Produkt von Gaussverteilungen ist wieder eine Gaussverteilung!

Bei einer Normalverteilung: Wie ist der Zusammenhang zwischen Mittelwert und dem Extremum der Gaussverteilung? (Kap. 6b/7)

Außerdem ist der Mittelwert einer Gaussverteilung gleich seinem Extremum!

Die neue Zustandsschätzung ist NV. Wie lautet jetzt die Kernidee zur Herleitung des Mittelwertes im Eindimensionalen? (Die Herleitung im Mehrdimensionalen erfolgt äquivalent) (Kap. 6b/8f)

Durch die Berechnung des Extremums der Normalverteilung.

Was heisst Innovation?(Kap 6b/8)

Innorvation ist der Vergleich des des Messwertes mit dem geschätzten Zustand.

Aus welchen Parametern wird der Update Gain berechnet? (Kap. 6b/ 8)

Aus der Standardabweichung der Zustandsschätzung und der Standardabweichung der Messung.

Welchen Wertebereich hat der Kalman (oder update) Gain im Eindimensionalen? (Kap 6b/ 8)

[0;1]

Wie lässt sich der Bereich des Mittelwertes der neuen Schätzung eingrenzen? (Kap 6b/8 und Kap. 6b / 6))

Der Mittelwert von *t-1* +- der Update Gain K der Innovation *(z - xt-1)*

Wenn Mittelwert bekannt, wie lautet die Idee zur Berechnung der Varianz? (Kap. 6b/9)

Varianz = 1 - K • (Varianz_t-1)^2

Die Kalman Filter Gleichungen

Wie lassen sich folgende Begriffe erläutern (Kap. 6b/11f)

- Predicition Phase (=Propagation)
  Schätzen des Zustandes als *NV* mit dem **Bewegungsmodell** *F* (z.B. aus Odometrie) und dem **Bewegungsrauschen** *Q*
- Measurement update
  Durchführung einer **Messung** *z* als *NV* Zufallsvariable mit **Messrauschen** *R*
- Estimation
  Berechnung des **Kalman Gain** *K* aus geschätztem Zustand und neuer Messung mit **Zustandsraummodellierung** *H*. Daraus berechnet sich neuer Systemzustand *x* und *P*

zur 5. Lehrveranstaltung (26/04/2018)

Beispiel: 2D Roboter mit Range/Bearing Sensor

Wie lässt sich das in Kap. 6b/36 beschriebene Bewegungsmodell erläutern?

Auf die aktuelle Pose des Roboters wird die Veränderung addiert. Es wird ein rechtwinkliges Dreieck aufgespannt über das die Veränderung beschrieben werden kann. Zur Linearisierung werden die Terme partiell abgeleitet zunächst nach *x, y, Winkel* (Jacobi *Fx*) und dann nach dem Rauschen in Distanz *d* und Winkel *alpha* (Jacobi *Fv*)

Wie lässt sich das in Kap. 6b/37 beschriebene Messmodell erläutern?

Zwischen einer Landmarke und der akutellen Position wird ein rechtwinkliges Dreieck aufgespannt auf dem die Hypothenuse der Distanz zwischen Position und Landmarke entspricht. Die Orientierung entspricht dem Tangens der beiden Katheten in diesem Dreieck. Zur Linearisierung werden die Terme partiell abgeleitet nach *x, y, Winkel* für das Messmodell *Hx*. Das Messrauchen (hier: *W*) wird außerhalb des Modells addiert und ergibt nach Linearisierung eine Einheitsmatrix *Hw*.

Wie lassen sich die in Kap. 6b/38 beschriebenen KF Gleichungen erläutern?

.
.
.
.
.

Wie lautet eine Implementierung in Pseudocode?

.
.
.
.
.

zur 6. Lehrveranstaltung (Multisensor Filterentwurf und Aspekte der

Implementierung) 03.05.2018

Gegeben seien UWB Messungen, Range/Bearing Messungen und Odometrie Daten. Wie könnte hierzu in einem matlabähnlichen Code ein Kalmanfilterentwurf lauten, der auch die unterschiedlichen Taktraten berücksichtigt? (Kap. 6b/18f + 24)

.
.
.
.
.

Integrity Monitoring

Mit dem sog. Integrity Monitoring soll die Konsistenz des Filteralgorithmus sichergestellt werden, also bspw. fehlerhafte Messungen als solche erkannt und ignoriert werden (Kap. 6b/25). Wie lässt sich eine einfache Regel formulieren, wie solch ein Integrity Monitoring durchgeführt werden kann (in einem einem Matlab ähnlichen Code).

.
.
.
.
.

Zur 7. Lehrveranstaltung (Die Singulärwertzerlegung und ihre Anwendungen) 17/05/2018

Wie lässt sich der Begriff Singulärwertzerlegung erläutern? (Kap 2 / 28)

Wie ist der Zusammenhang zwischen Singulärwerten und Eigenwerten? (Kap 2 / 29)

Welche Eigenschaften haben U, D, V? (Kap. 2 / 29)

Wie lässt sich der Begriff Pseudoinverse erläutern? (Kap 2 / 31)

A^t := VD^-1U^t mit diag(D^-1) = 1/sigma
Dann heißt die so berechnete Matrix **Pseudoinverse** A^t. Sie bildet die auf sinuläre Matrizen verallgemeinerte Inverse einer Matrix.

Wie lassen sich die Begriffe nichtsingulär bzw schlecht konditioniert erläutern? (Kap 2 / 31)

- Eine Matrix ist genau dann **nichtsingulär**, wenn alle sigma=0
- Eine Matrix ist **schlecht konditioniert**, wenn `sigma_n-1 / sigma_0 ≈ 0`
  => Ist eine Matrix schlecht konditioniert, so kann das Gleichungszstem nicht stabil gelöst werden.

Wie kann eine Lösung für lineare inhomogene Gleichungssysteme hergeleitet werden (Ansatz bzw Kernidee genügt)? (Kap. 2 / 32+33)

Ist die Lösung für homogene, lineare Gleichungssysteme eindeutig? (Kap. 2 / 34)

Wie kann eine Lösung für lineare homogene Gleichungssysteme hergeleitet werden (Ansatz bzw Kernidee genügt)? (Kap. 2 / 34+35)

Gegeben seien n UWB Messungen. Wie kann eine Trajektorie geschätzt werden (nicht im Skript)?

Zur 8. Lehrveranstaltung (Offline Verfahren und Kalibrierung von

Sensoren) 24/05/2018

Falls Echtzeitfähigkeit kein Kriterium ist, kommen sog. Offline Verfahren zum Einsatz. Wie lautet die Kernidee des Forward/Backward Algorithmus zur Genauigkeitssteigerung (Kap. 6b/27+28)?

Wie lässt sich ein solcher Forward/Backward Algorithmus in Pseudocode formulieren? Verwenden Sie hierzu die Notation aus dem aktuellen Praktikum.

Zur 11. Lehrveranstaltung (Der Sigma Point Kalmanfilter) 07/06/2018

Wie lauten die Kernschritte des Sigma point kalmanfilter? (vgl. z.B. http://ais.informatik.uni-freiburg.de/teaching/ws13/mapping/pdf/slam06-ukf-4.pdf)

Zur 12. Lehrveranstaltung (Partikel Filter) 14/06/2018

Modellannahmen

Welche Modellannahmen hat der Partikelfilter (Kap. 6c/3)

Welche Unterschiede bestehen im Vergleich zum Kalmanfilter in der Modellannahme (Kap. 6c/3)?

Wie lassen sich in Hinblick auf Partikelfilter folgende Begriffe definieren (Kap. 6c/7)

- Generation
- Partikel

Wie lauten die Schritte des Partikelfilters (allg.) (Kap. 6c/17)?

- Initialisieren:

  Wieviele for Schleifen werden benötigt, um die Partikel zu initialisieren ((Kap. 6c/21) + Matlab template (siehe 1.4))?

- Propagation ((Kap. 6c/28))?

  Was geschieht, wenn q mit Null angenommen wird? Wofür wird q benötigt?

  Welche Funktion aus den Praktika vorher kann für die Propagation verwendet werden?

- Bewertung des Messungen ((Kap. 6c/33))?

  Mit welcher Funktion aus P2 werden die Messwerte für jeden Partikel simuliert? Wieviele for Schleifen werden hierfür benötigt?

  Welche Aufgabe hat die Gewichtungsfunktion? Wie lautet eine mögliche Gewichtungsfunktion?

  Wie wird das Gewicht pro Partikel berechnet? Wieviele for Schleifen?

- Resampling ((Kap. 6c/37))?

  Wie wird das resampling realisiert? Welche Länge hat der Vektor V?

  Warum ist es sinnvoll, auch Partikel mit kleiner Gewichtung die Chance zu geben, in der nächsten Generation wieder vorzukommen? An welcher Stelle im Algorithmus wird es realisiert?