

1. Nennen Sie drei sinnvolle Einsatzgebiete von mobilen kooperativen Robotern:

- 1. Erkunungsroboter
- 2. Marketing
- 3. Katastrophenroboter
- 4. Roboter für Mienenräumung
- 5. Medizin

2. Nennen Sie drei Anforderungen an die in mobilen Robotern eingesetzten Batterien:

Große Kapazität, leichtes Gewicht, viele Ladezyklen

3. Ein mobiler Roboter kann sich nur eindimensional in x-Richtung bewegen. Die maximale Beschleunigung betrage  $a_{\max}$ . Geben Sie eine nicht-holonome Zwangsbedingung abhängig von  $x$  und  $a_{\max}$  an?

$$\sqrt{\left(\frac{\partial^2 x}{\partial t^2}\right)^2 + \left(\frac{\partial^2 y}{\partial t^2}\right)^2} \leq a_{\max}$$

4. Ordnen Sie die folgenden Kinematiken mobiler Roboter hinsichtlich Ihrer Geländegängigkeit (beste Geländegängigkeit zuerst):

Dreiradantrieb<sup>1</sup>, Mecanum-Antrieb<sup>2</sup>, omnidirektionaler Differenzialantrieb<sup>3</sup>

Dreiradantrieb, omnidirektionaler DA, Mecanum Antrieb

5. Bei einem Roboter mit Killough-Antrieb ( $L = 20 \text{ cm}$ ,  $\alpha = 60^\circ$ ) werden nur die Räder 1 und 2 jeweils mit der Geschwindigkeit  $v = 10 \text{ cm/s}$  angetrieben. Wie groß ist die Bahngeschwindigkeit des Roboters im Roboterkoordinatensystem?

$$v_x = -1/3 * 10 - -1/3 * 10 = -20/3 \text{ cm/s}$$

6. Was versteht man bei mobilen Robotern unter entkoppelter Bewegung von  $v$  und  $\omega$ ?

Entkoppelte Bewegung heißt, dass der Roboter auf eine Bahn mit entkoppelter  $v$  und  $\omega$  bewegt wird und also der Roboter sich mit  $v$  bis zu einer Position anschließt, stoppt er dort und dreht sich um einen bestimmten  $\omega$ , dann bewegt sich wieder bis zur Zielposition. Für viele Anwendungen ist eine entkoppelte Bewegung unzufriedenstellend und gleichzeitige Variation von  $v$  und  $\omega$  ermöglicht glatte Bahnkurven.

Bei entkoppelter Bewegung kann der Roboter keine glatte Bahnkurve befahren, da  $v$  und  $\omega$  entkoppelt sind. Eine gleichzeitige Variation von  $v$  und  $\omega$  ermöglicht eine glatte Bahnkurve.

7. Ein mobiler Roboter weise eine maximale Winkelbeschleunigung von  $5^\circ/\text{s}^2$  auf, und seine höchste Winkelgeschwindigkeit betrage  $10^\circ/\text{s}$ . Wie lange dauert es mindestens, bis er sich aus dem Stand um  $360^\circ$  gedreht hat?

$$w_{\max} = 10 \quad t_{\text{ges}} = \text{Winkel}/w_{\max} = 35 \text{ s} \quad 360-10 = 350$$

8. Warum können bei mobilen Robotern im allgemeinen die Bahn- und die Winkelgeschwindigkeit nicht unabhängig voneinander eingestellt werden?

Weil jede Bahnsteuerung auf unterlagerten Geschwindigkeitsregelung basiert, um  $w$  und  $v$  auf die berechneten Werte einzustellen.

9. Worin liegt der wesentliche Vorteil einer Bahnregelung gegenüber einer Bahnsteuerung?

Bahnregelung wird mit Lagerregler auf Basis von Regelungstechnik realisiert.

10. Warum ist es wichtig, mit einem Encoder auch die Drehrichtung der Antriebsräder erfassen zu können?

Da keine fehlerhafte Detektion der codierten Winkels auftreten. Damit absolute Winkelcodierung durch Graycode. Damit Geschwindigkeit durch zeitliche Ableitung bestimmt wird.

11. Worin liegt die wesentliche Herausforderung bei der Entwicklung von Laser-Entfernungssensoren auf Basis von Laufzeitmessungen?

Bei Laser-Entfernungssensoren ist Realisierung der Messverfahren aufgrund Lichtgeschwindigkeit  $c$  aufwändig. Da muss genaue Messung von Lichtgeschwindigkeit und die Differenzzeit.

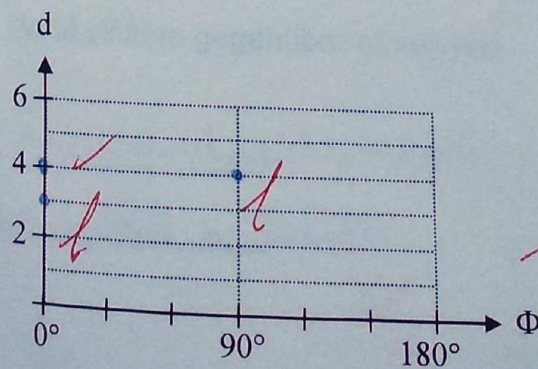
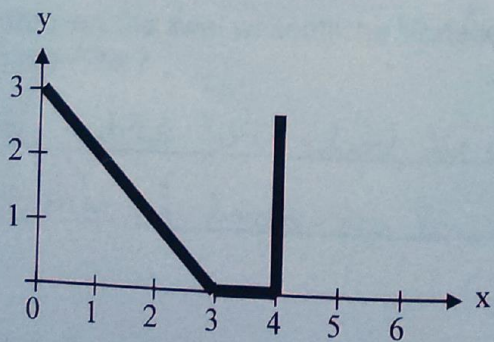
12. Welche Nachteile sind mit dem Einsatz künstlicher Landmarken für die Roboterlokalisierung verbunden?

Bei k. Landmarke muss eine von außen Installation durchgeführt werden

Landmarke kann irgendwie defekt sein oder verdeckt durch bewegliche Hindernisse

Für Roboter wird die Landmarke nicht richtig identifiziert.

13. Tragen Sie in das rechte Diagramm näherungsweise die Hough-Transformierte der links fett dargestellten Kontur ein:



90° bei 0 0° bei 4, 45° bei 2.12

14. Wie berechnet sich die Wahrscheinlichkeit für das gemeinsame Auftreten zweier stochastisch unabhängigen Ereignisse A und B aus den Einzelwahrscheinlichkeiten  $P(A)$  und  $P(B)$ ?

$$P(A) + P(B)$$

15. Eine Urne enthalte eine rote und zwei schwarze Kugel? Wie große ist die Wahrscheinlichkeit in drei Versuchen mit Zurücklegen genau einmal eine schwarze Kugel zu ziehen?

$$3 * (1/4)^1 * 2/4 = 3/8$$

16. Geben Sie für ein Kalman-Filter die Messmatrix  $H$  an, falls das zugehörige System durch drei Zustandsgrößen  $x_1$ ,  $x_2$  und  $x_3$  beschrieben wird, und bei dem die einzige Messgröße  $z$  als Linearkombination  $z = 2x_1 - x_2$  beschrieben werden kann?

$$\begin{matrix} 2 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{matrix}$$

17. Warum ist es sinnvoll, bei Einsatz von Kalman-Filtern zu Lokalisierung eines mobilen Roboters mehrere Positionshypothesen gleichzeitig zu schätzen?

Falls sich eine Hypothese als nicht richtig erweisen sollte, stehen alternative zu Verfügung so dass Wahrscheinlichkeit sinkt, dass Roboter seine Position verliert

18. Nennen Sie zwei wesentliche Vorteile eines Partikelfilters gegenüber einem Kalman-Filter?

Schätzt vollständige Wahrscheinlichkeitsverteilung und nicht auf lineares System beschränkt

19. Skizzieren Sie in der folgenden Karte den vollständigen verallgemeinerten Voronoi-Graphen:



20. Nennen Sie die vier Schritte einer sequenziellen Steuerungsarchitektur für mobile Roboter:

Messen darstellen planen handeln