Aufgabe 2M: Reduktion des Phasenraums (Vorbereitung des Lernverfahrens)

In der ersten Aufgabe wurde der simulierte Roboter (durch Armbewegungen) destabilisiert – beim realen Roboter treten derartige Destabilisierungen ständig auf, z.B. durch Bodenunebenheiten, Stöße von außen, Gelenkspiel und dergleichen mehr. Das Ziel der dritten Aufgabe wird sein, den Roboter so zu stabilisieren, dass er nicht umfällt. In der jetzigen Aufgabe sind Vorüberlegungen anzustellen, die maßgeblich den Erfolg des Lernverfahrens bestimmen (unabhängig davon, welches konkrete Verfahren dann gewählt wird).

1) Der Roboter besitzt 8 Beschleunigungssensoren mit jeweils 2 Achsen, liefert also insgesamt 16 Beschleunigungssignale. Diese lassen sich zu einem von der Zeit abhängigen Vektor $\mathbf{s}(t) = (s_1(t), ..., s_{16}(t))$ zusammenfassen.

Definieren Sie zwei Gewichtungsvektoren $\mathbf{v} = (v_1, ..., v_{16})$ und $\mathbf{w}$ (analog), wobei die Summe der $|v_i|$ bzw. $|w_i|$ Eins ergeben soll. Über das Skalarprodukt erhält man zwei eindimensionale Sensorsignale x(t) und y(t):

$$x(t) = \langle \mathbf{v},\mathbf{s}(t)\rangle = v_1s_1(t) + ... + v_{16}s_{16}(t) \quad \text{(auf analoge Weise } y(t))$$

Hier zwei Anregungen für die Wahl von **v** und **w**:

- Die beiden Achsen des Sensors auf der linken Schulter, d.h. $\mathbf{v} = (1, 0, ..., 0)$ und $\mathbf{w} = (0, 1, 0, ..., 0)$ (evtl. andere Indizes).
- Mittelwertbildungen, z.B. wählt man von den beiden Schultersensoren jeweils die Achse in Blickrichtung des Roboters (a und b) und bildet dann 0.5a + 0.5b (Vor-Zurück-Kippen) und 0.5a – 0.5b (Sich-Drehen).
- Man kann versuchen, **v** und **w** so zu wählen, dass die beiden Punkte $(x(t_0), y(t_0))$ und $(x(t_1), y(t_1))$ möglichst weit auseinander liegen, wobei der Roboter zu den Zeitpunkten t_0, t_1 ruhig steht resp. liegt.

Alternativ können Sie anstelle von **v** und **w** auch eine (sinnvolle) nichtlineare Definition für x(t) und y(t) auswählen, betrachtet man z.B. einen seitlich angebrachten Sensor mit den Signalen a und b, dann lassen sich Richtung und Betrag der Beschleunigung über die Polarkoordinaten bestimmen.

Jeder Datenpunkt der farbigen 2D-Grafik aus Aufgabe 1 (farbGra) entspricht einem Versuchsdurchlauf. Trägt man während eines Versuchsdurchlaufs (x(t), y(t)) in einem Koordinatensystem ab, so erhält man eine Kurve.

Wählen Sie einen weißen und einen schwarzen Punkt aus farbGra sowie 8 weitere Punkte dazwischen, so dass die 10 Punkte auf einer Geraden oder leicht gekrümmten Kurve liegen und unterschiedliche Farben haben. Zeichnen Sie in eine neue XY-Grafik alle (x(t), y(t))-Kurven ein (am besten mit derselben Farbe aus farbGra).

Wählen Sie desweiteren 10 Punkte aus farbGra, welche dieselbe Farbe besitzen – vorzugsweise ein kräftiges, aber nicht zu dunkles Rot (also langes Nachschwingen des Roboters, aber nicht kurz vor dem Umfallen). Einer der zehn Punkte sollte identisch mit einem der zehn davor gewählten sein. Erstellen Sie nun eine weitere XY-Grafik wie eben für diese zehn Punkte.

Analysieren Sie die beiden Grafiken und diskutieren Sie (schriftlich):

- Wie gut und ab wann lassen sich stehen bleiben von umfallen unterscheiden?
- Wie stark streut die Art und Weise des Auspendelns?
- Unter Berücksichtigung der Antworten auf die zwei vorhergehenden Fragen: wie gut ist die gewählte Definition von x(t) und y(t) geeignet, um die Stabilisierung des Roboters allein von x(t) und y(t) abhängig zu regeln.

--> Folgeseite

Falls Ihre Antworten durchweg pessimistisch ausfallen, sollten Sie neue Definitionen für x(t) und y(t) in Erwägung ziehen.

2) Wählen Sie n Gelenke aus ($2 \leq n \leq 6$), die Sie ansteuern möchten, um den Roboter zu stabilisieren. Definieren Sie eine n-dimensionale vektorwertige Funktion **F**(p), wobei entweder $0 \leq p \leq 1$, oder $-1 \leq p \leq 1$. Verwenden Sie **F** zur Ansteuerung der Gelenke.

Sie dürfen den PID- oder Torque-Modus für alle n Gelenke wählen, jedoch nicht gemischt und auch nicht umschaltbar, sondern fest gewählt. Wenn Sie sich für den Torque-Modus entscheiden, darf Ihre Funktion auch von den Gelenkwinkeln der n Gelenke abhängen, jedoch nur von diesen, d.h. Sie haben dann **F**(p, **a**) – wobei **a** der n-dimensionale Vektor aus den entsprechenden Gelenkpositionen ist.

Hier zwei Anregungen für die Wahl der Gelenke, des Ansteuerungsmodus und der Funktion **F**:

- Der Roboter soll vom Stehen (p = 0) in die Hocke gehen können (p = 1), um seinen Schwerpunkt tiefer legen zu können. Sechs Gelenke im PID-Modus (pro Bein je ein Hüft-, Knie- und Fußgelenk), Wahl der Funktion **F** entsprechend.
- Der Roboter soll vom Stehen aus (p = 0) eine Kraftverlagerung auf die Zehenspitzen (p = 1) oder die Fußballen (p = -1) geben können. Zwei Gelenke im Torque-Modus (pro Bein je ein Fußgelenk), Wahl der Funktion **F** entsprechend – die einfachste Variante wäre, direkt den 1023-fachen Wert von p als Torque-Wert für beide Gelenke zu schreiben.

Für Modelle im PID-Modus:

Wiederholen Sie das Experiment aus Aufgabe 1 (Erstellung der Grafik farbGra, siehe oben) für p = 0.5 und p = 1 (und gerne auch weitere Zwischenwerte) – die Grafik aus Aufgabe 1 sollte dem Experiment für p = 0 entsprechen (sicherheitshalber wiederholen und vergleichen).

Vergleichen Sie die bunten Grafiken und diskutieren Sie (schriftlich):

- Lässt sich bereits für feste p-Werte ein Stabilitätszuwachs erkennen (oder genau das Gegenteil)?
- Ist vorstellbar bzw. zu erwarten, dass sich bei geeigneter dynamischer Regelung von p in Abhängigkeit von x(t) und y(t) (siehe oben) eine verbesserte (oder überhaupt eine) Stabilisierungsmöglichkeit ergibt?

Falls Ihre Antworten durchweg pessimistisch ausfallen, sollten Sie Ihre Wahl (Gelenke, Ansteuerungsmodus, Funktion **F**) evtl. überdenken.

Für Modelle im Torque-Modus:

Versuchen Sie durch Überlegen und Ausprobieren eine einfache Funktion K zu finden, so dass sich mit dem dynamisierten Parameter p(t) = K(x(t), y(t)) ein Stabilitätszuwachs des Roboters ergibt. Erstellen Sie zur qualitativen Überprüfung der Stabilisierung mind. eine Vergleichsgrafik zur Grafik farbGra aus Experiment 1 (siehe oben).

Erläutern Sie (schriftlich), ob Ihnen (zumindest in Ansätzen) eine Stabilisierung gelungen ist und ob es vorstellbar ist, dass Lernverfahren eine parametrisierte Form Ihrer Funktion K optimieren können.

Falls Ihre Einschätzungen pessimistisch ausfallen, sollten Sie Ihre Wahl (Gelenke, Ansteuerungsmodus, Funktion **F**) evtl. nochmals überdenken.