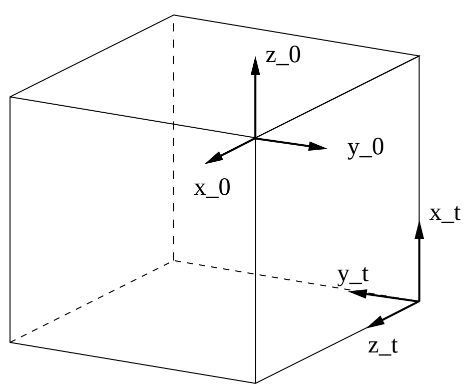
Take-home toets voor Zoeken, Sturen en Bewegen

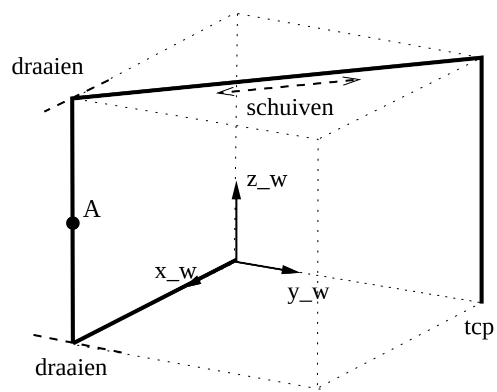
1 Stok en stijf

(1) Kopieer onderstaande *linker* figuur (zonder het t-frame), en teken daarin de DH-frames van een robot waarvan de DH specificatie is:

i	θ_i	d_i	a_i	α_i
1	$\pi/2$	-1	0	$-\pi/2$
2	$\pi/4$	1	$-\sqrt{2}$	$\pi/2$
3	$-\pi/2$	0	1	$\pi/4$

Het 0-frame is al getekend, en de kubus van $1 \times 1 \times 1$ is bedoeld als hulpfiguur.





(2) Geef de homogene coordinaten matrix van de frame transformatie tussen het 0-frame en het geschetste t-frame (linkerfiguur).

(3) Gebruik het antwoord op vraag (2) om het punt $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$, gegeven in het t-frame, om te rekenen naar het 0-frame.

(4) Gebruik het antwoord op vraag (2) om het punt $(-\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}, -\frac{1}{2})$, gegeven in het 0-frame, om te rekenen naar het t-frame.

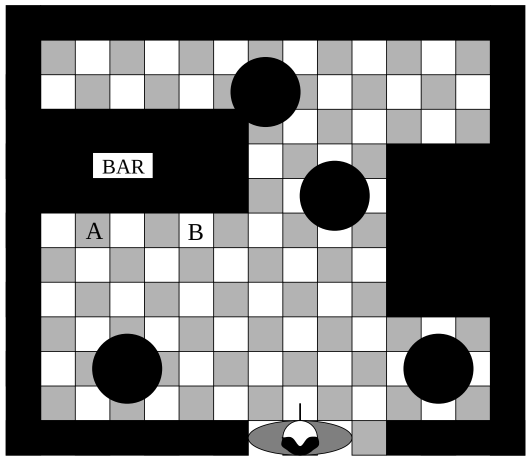
(5) De rechterfiguur geeft de kinematische structuur van een (andere!) robot met (geteld vanaf het wereldstelsel (x_w, y_w, z_w)) twee draaiassen (stand aangegeven!) gevolgd door een schuifas. Het tool center point is met 'tcp' aangegeven. Neem de figuur over en teken daarin DH-stelsels. Bedenk goed *hoeveel* stelsels je moet tekenen! (Begin op een nieuwe pagina zodat ook het antwoord op de volgende vraag er nog bij past, dat scheelt fouten!)

(6) Geef de tabel met DH-parameter-waarden $(\theta_i, d_i, a_i, \alpha_i)$ voor deze robot met jouw stelsels (de gestippelde kubus is een $1\times1\times1$ kubus, in dezelfde stand als de linkerfiguur). Geef met een '$\sim$' achter de waarde aan welke parameters variabel zijn (dus bijv. '$-\pi/2 \sim$').

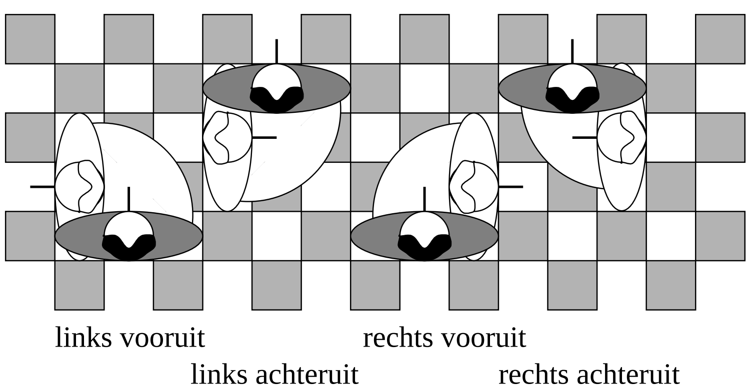
(7) In welk van jouw stelsels van vraag (6) heeft het aangegeven punt A op de robot vaste coordinaten, en wat zijn die coordinaten?

2 Olé, olé, olé

Een dronken oranje robot (m/v) komt een bar binnen (zie figuur) en zoekt het korste pad naar een vrije barkruk. Meer dan wankelen kan hij niet, maar dat dan ook met precisie. We gaan hem helpen het kortste pad te plannen. Hij wil in eerste instantie naar plaats A aan de bar, uiteraard met zijn gezicht naar de bar toe.



Om het probleem behandelbaar te maken beschouwen we een vrij grove discretisatie van ruimte en bewegingen (meer kan hij toch niet), en houden het probleem zoveel mogelijk 2-dimensionaal. De tegelvloer in de figuur geeft alle beschouwde plaatsen aan. We beschouwen slechts 4 oriëntaties,en nemen aan dat de mogelijk elementaire bewegingen van de dronkaard zijn als aangegeven in onderstaande figuur: 4 per toestand. In de andere oriëntaties van de kerel (m/v) nemen we de bewegingen natuurlijk overeenkomstig (draai de figuur). Maar hij kan dus *niet* recht vooruit lopen!



Maak bij de oplossing van de vragen gebruik van het gedeeltelijk voorgetekende werkvel.

(1) Wat zijn de parameters langs de assen van de configuratie-ruimte voor jouw behandeling van dit probleem? Gebruik het verstrekte werkvel als projecties op de plaats-dimensies, ieder geïndexeerd met de oriëntatie (het zijn dus 'plakken' configuratieruimte). *Zet je naam op het vel!*

(2) Kies het midden van de dronkelap als referentiepunt, en geef in de configuratieruimte aan wat de verboden toestanden zijn als gevolg van de obstakels. Neem de man 3×1 tegels groot, maar besef dat zijn neus in botsing kan komen met de muren.

(3) Geef ook de starttoestand uit de eerste figuur en de doelconfiguratie A aan in de configuratieruimte.

(4) Welke configuraties zijn in een obstakel-vrije configuratie-ruimte bereikbaar met 1 elementaire beweging vanuit een gegeven toestand (i, j, k)? Geef de coordinaten (zodat je in je programma de locale buren in de graaf kunt specificeren), en schets die locale bereikbaarheid in de configuratieruimte (op je gewone antwoordvel, niet op het werkvel).

(5) Het feit dat begin- en eindconfiguratie van een elementaire beweging botsingsvrije moeten zijn is op zich niet voldoende om de beweging te kunnen uitvoeren. Waarom niet, en hoe ga je daar in je programma mee om?

(6) We nemen aan dat de kosten van alle elementaire bewegingen gelijk zijn aan 1 euro. Bepaal nu de afstandsfunctie *tot het doel* A in de configuratie-ruimte, bijvoorbeeld met behulp van het A^*-algoritme. Geef de waarden aan op het antwoordvel, en liefst ook de pointers.

(7) Voor een eenvoudig klein probleem als dit is een heuristiek niet nodig, maar als de bar (veel) groter was wel. Geef een toegestane ('admissible') heuristiek voor dit probleem.

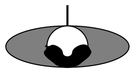
(8) Geef op grond van de afstandsfunctie een kortste pad van start naar doel. Is er meer dan één kortste pad?

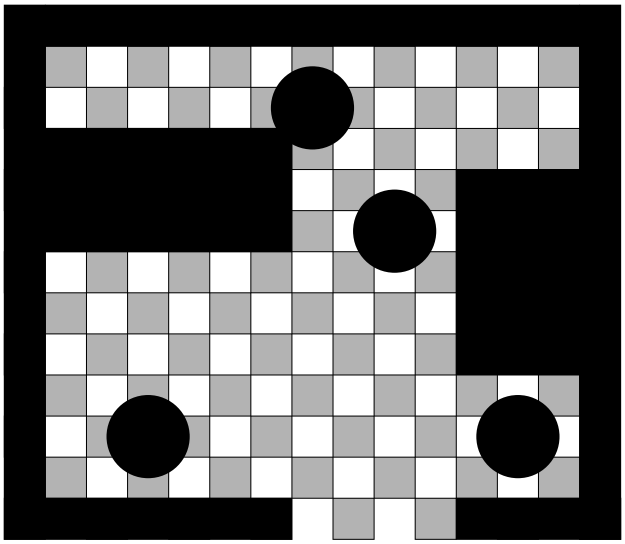
(9) Is het punt B aan de bar bereikbaar vanuit de startpositie bij de deur? Beredeneer je antwoord (hint: gebruik het dambordpatroon van de tegels). En om die truc te veralgemeniseren: kan hij de plaats A bereiken met zijn rug naar de bar?

CONFIGURATIERUIMTE WERKVEL

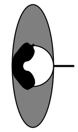
NAAM: ______________________

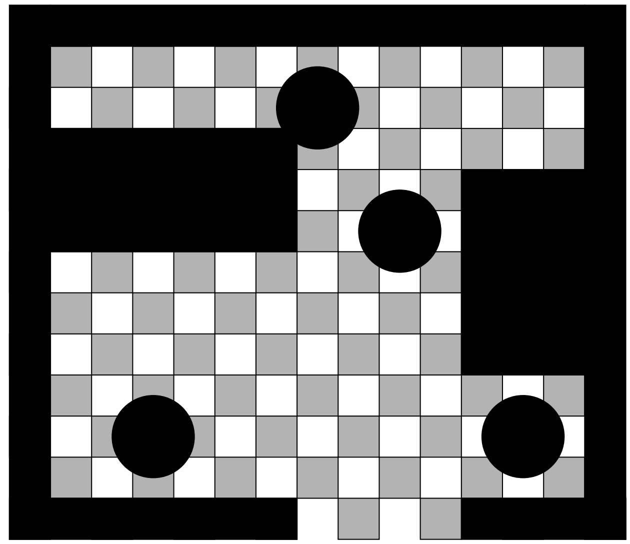
orientatie



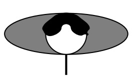


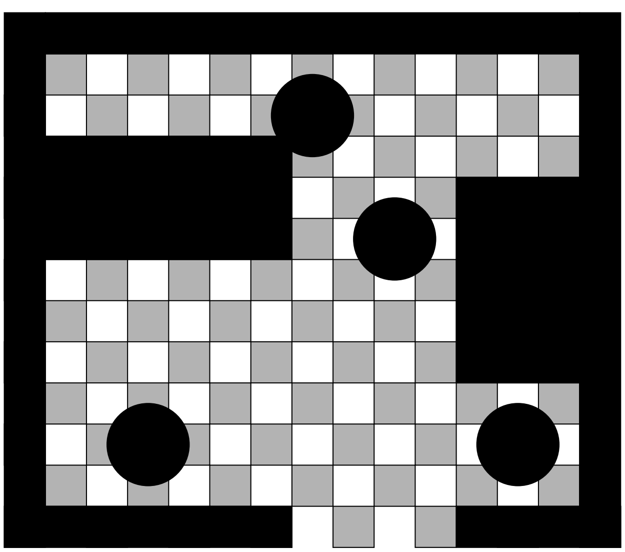
orientatie





orientatie





orientatie