

Abschlussaufgabe V - Partikelfilter in ARNL

Nils Petersohn, Matrikel: 20022749

3. Feb. 2010

Inhaltsverzeichnis

1	Aufgabenstellung	1
2	Einführung	2
2.1	ARIA	2
2.2	ARNL	2
2.3	ArNetworking	3
2.4	MobileEyes	3
3	Theoretischer Hintergrund	3
3.1	Probabilistische Lokalisierung	3
3.2	Markov-Lokalisierung	3
3.3	Partikelfilter	3
3.4	Monte-Carlo-Lokalisierung	4
4	Experimente	6
4.1	Positionsverfolgung (Tracking)	6
4.2	Globale Positionierung	11
5	Nutzung der Lokalisierung in eigenen Programmen	12
6	Zusammenfassung und Ausblick	15
A	Appendix I	16

Tabellenverzeichnis

1 Aufgabenstellung

Es soll die Monte-Carlo-Lokalisierung in Arnl untersucht werden. Durch Experimente und Recherche soll der genaue Ablauf des Partikelfilters auch als MCL(Monte-Carlo-Lokalisierung) und die Wirkung der Parameter dargestellt werden. Ausserdem soll geklärt werden wie die Lokalisierung in eigenen Programmen genutzt werden kann.

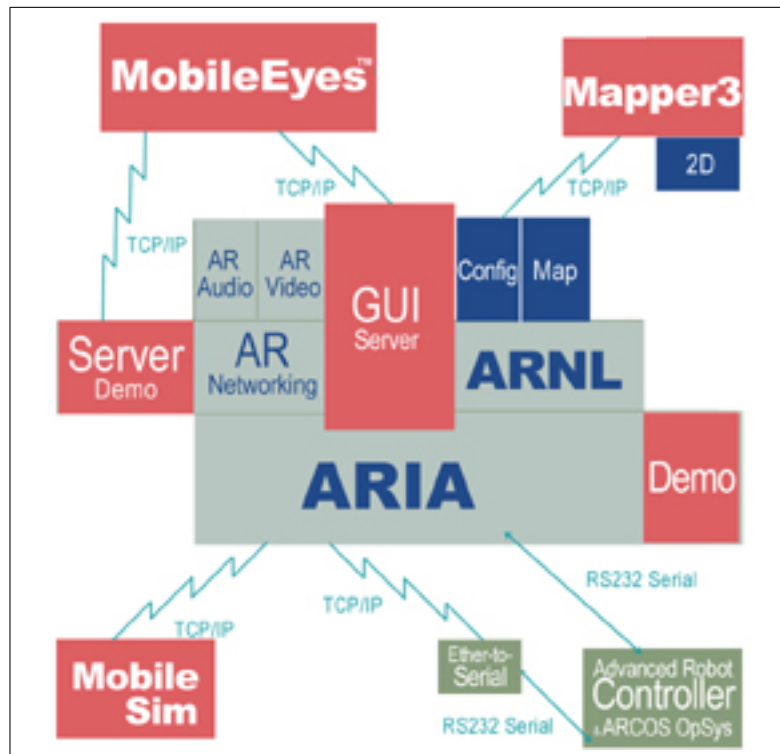


Abbildung 1: ARIA Architektur

2 Einführung

2.1 ARIA

Die C++ Bibliothek ARIA ist eine API für alle MobileRobots/ActivMedia Plattformen. Mit der Hilfe von ARIA kann u.a. Geschwindigkeit, Richtung oder relative Richtung entweder durch einfache oder komplexe Anweisungen kontrolliert werden. Sie umfasst viele Komponenten wie z.B. ARNL in Abbildung 1

2.2 ARNL

ARNL(Advanced Robotics Navigation and Localization System) ist eine Teilbibliothek in ARIA um Navigations und Lokalisierungsschnittstellen zur Verfügung zu stellen. Die Lokalisationskomponente bietet eine Schnittstelle um den angeschlossenen Roboter zu lokalisieren. Sensor und Odometriedaten des Roboters werden in Verbindung mit einer vorhandenen Umgebungskarte verwendet um die wahrscheinlichste Position des Roboters in der Karte zu bestimmen. [Wiki-ARNL] Die ARNL Bibliothek beinhaltet Lokalisierung mit Sonar (SonArnl), Laserscanner (Arnl) und GPS (Mogs).

2.3 ArNetworking

ArNetworking ist eine API in ARIA um eine client-server Architektur zwischen dem Roboter(Server) und dem entfernten Rechner(Client) über das Netzwerk aufzubauen. Der Client berechnet Bewegungsbefehle und sendet Anfragen an den Server welche dann vom Roboter ausgeführt werden. Der Roboter hingegen sendet u.a. seine Odometriedaten.

2.4 MobileEyes

MobileEyes kann sich mit ARIA, ArNetworking und ARNL Server verbinden und dessen Umgebung also interne Karte anzeigen. Unter anderem kann man mit MobileEyes Bewegungskommandos an den Roboter schicken.[whitebrook2010]

3 Theoretischer Hintergrund

Das Lokalisierungsmodul von ARNL benutzt die Monte-Carlo-Lokalisierung. Diese basiert auf der Markov-Annahme welche wiederum auf die Bayes-Regel fundiert.

3.1 Probabilistische Lokalisierung

Um die Position eines Roboters zu berechnen, gibt es verschiedene Ansätze. Sie beruhen alle auf der Fusionierung von Daten, die durch die Odometrie und weitere Sensoren des Roboters geliefert werden. Gebräuchliche Sensoren für autonome Roboter sind Ultraschallsensoren oder Laserscanner. Diese Ansätze verwenden Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung zur Bestimmung einer Wahrscheinlichkeitsverteilung über alle möglichen Positionen, an denen der Roboter sich befinden kann. Dieser Ansatz ist mittels der Monte-Carlo-Method in ARNL umgesetzt. Der Probabilistische Ansatz vereint relative und absolute Positionierung als Bewegungsmodellierung und Wahrnehmung der Umwelt.

3.2 Markov-Lokalisierung

Das Ziel der Markov Lokalisierung ist es, Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten zukünftiger Ereignisse anzugeben. Die aktuelle Position hängt nur von der vorhergehenden Position und dem Bewegungsbefehl ab und die aktuelle Beobachtung hängt nur von der aktuellen Position ab. Es ist ein zellbasiertes Verfahren bei dem jeder Zelle Wahrscheinlichkeitswert oder Belief zugeordnet wird. [Zweigle] Jede Bewegung des Roboters verschiebt die Wahrscheinlichkeiten und streut sie und jede Messung von Merkmalen der Umgebung ändert die Wahrscheinlichkeiten. Wenn die Position unbekannt ist erfolgt eine Gleichverteilung. Das Problem dabei ist, dass alle Werte(Zellen) nach jeder Bewegung neu berechnet werden müssen Siehe Abbildung 2. Es gibt nur eine mögliche Position des Roboters und eine Unsicherheit wird dabei nicht repräsentiert.

3.3 Partikelfilter

Bei der Lösung mittels Partikel-Filtern wird die Pose des Roboters über eine Partikelwolke repräsentiert.[WIKI-Partikelfilter] Jeder Partikel stellt eine mögliche Pose des Roboters dar. Bei dem Partikelfilter wird jeder Partikel, also jede dadurch repräsentierte Pose, auf ihre Plausibilität überprüft.

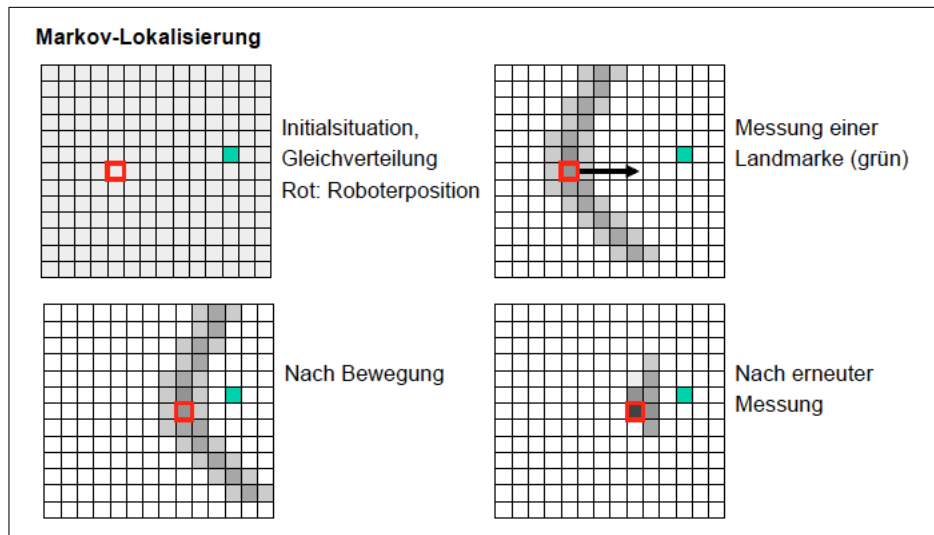


Abbildung 2: Markov-Lokalisierung [Zweigle]

Die Wahrscheinlichkeit plausibler Partikel wird heraufgesetzt, die Wahrscheinlichkeit wenig plausibler Partikel wird reduziert. Fallen Partikel unter einen bestimmten Wahrscheinlichkeits-Schwellwert, werden sie verworfen.

3.4 Monte-Carlo-Lokalisierung

Der Vorteil des MCL - Ansatzes ist, dass zur Laufzeit die Grösse der Stichprobenmenge variabel sein kann. Je unsicherer die Roboterposition ist, desto größer fällt die Stichprobenmenge aus. In Analogie zur Gitterbasierenden (grid-based) Methode, müsste bei einer hohen Sicherheit (belief) nur ein Teil des Zustandsraumes aktualisiert werden.[Delipetkos1] Der Grundgedanke bei der Monte Carlo Lokalisierung ist, das Belief (Vertrauen) mittels einer Stichprobenmenge, welche auch als samples oder auch particles bezeichnet wird, darzustellen. MCL ist ein iterativer Bayesscher Filter, welcher als ein Schätzer für die zukünftige Wahrscheinlichkeitsverteilung der Roboterposition verwendet wird. Es werden mehrere Schritte immerzu durchlaufen:

- Prognose-Schritt: jedes Sample erzeugt ein neues Sample entsprechend unscharfem Bewegungsmodell. Resultat ist eine neue Samplemenge bel'
- Korrektur-Schritt: Jedes Partikel aus bel' erhält ein Gewicht nach dem Sensormodell (wie eine Fitness, bereinstimmung mit Wahrnehmung)
- neue Samplemenge bel' wird durch zufällige Selektion anhand der Fitness aus bel' erzeugt.

In Abbildung 3 ist ein Zustandsdiagramm der Berechnungsschritte des Partikelfilters. Diese Schritte sind in ARNL umgesetzt. Es erfolgt also eine ständige Evolution einer Partikelwolke anhand von Bewegungsbefehlen und Sensorwahrnehmung. Gegenüber der Markov Lokalisierung erlaubt die Monte-Carlo-Lokalisierung eine elegante Fusion der Daten verschiedener Sensorik, sie ist skalierbar (Partikelanzahl) und effizient, bspw. dynamische Anpassung der Partikelanzahl (adaptiv).

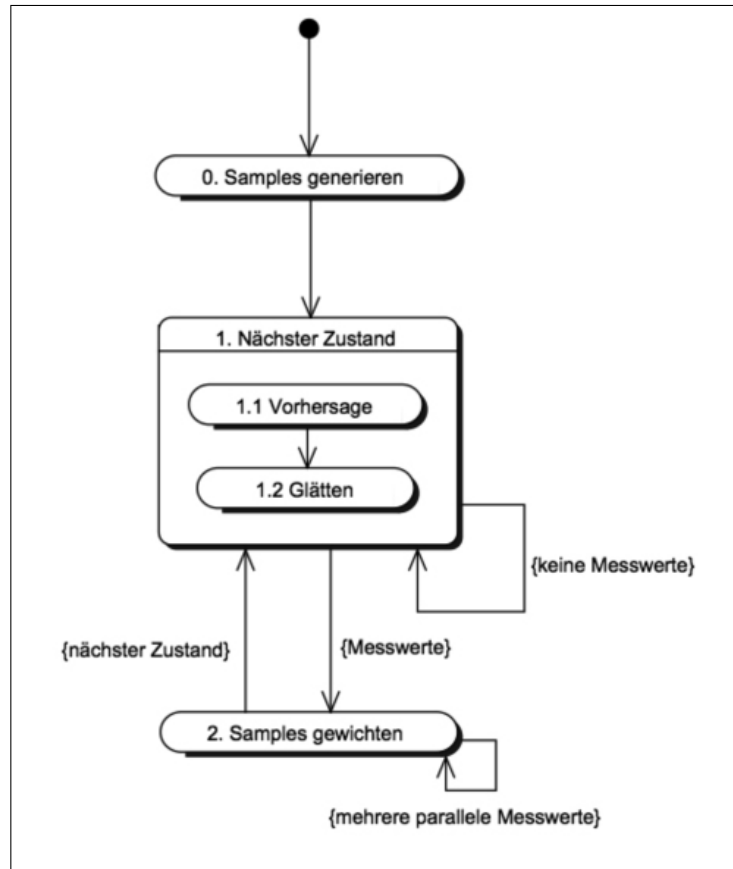


Abbildung 3: Die Initialisierung (0.) erfolgte mit einer Gleichverteilung. Für die Propagation des Zustandes (1.) wurde das lineare Modell der Steuerungssoftware übernommen [Plagge]. Die Berechnung der a-posteriori-Wahrscheinlichkeit (2.) positionsabhängigen Parametern durchgeführt.

4 Experimente

In den folgenden Experimenten werden die zwei Hauptprobleme der Lokalisierung und deren Umsetzung in ARNL untersucht: global localization and position tracking. [FOX1999]

4.1 Positionsverfolgung (Tracking)

In einem Beispielprogramm wird ARNL und ArNetworking verwendet um einen Server zu erstellen. Clients wie MobileEyes koennen sich mit diesem Server verbinden. MobileEyes sendet anfragen an den Server um den Robotter zu steuern, die aktuelle Karte abzufragen, Lokalisierungsparameter zu setzen, Sensordaten abzufragen und den Robotter manuell wieder neu zu lokalisieren. Die automatische lokalisierung des Robotters erfolgt durch eine Instanz von ArLocalizationTask welcher also Teil des Serverprogramms ist. Wie in Abschnitt 5 deutlich gemacht wird, ist das Monte-Carlo Verfahren in der Klasse ArLocalizationTask implementiert. Durch die Verwendung von MobileEyes kann eine Anpassung der Lokalisierungsparameter Einfluss auf den Partikelfilter genommen werden. Die Einstellungen befinden sich in MobileEyes unter Lokalisierungseinstellungen. Eine liste und deren Beschreibung befinden sich in Appendix I. Der Monte Carlo Filter verlaesst sich unter anderem auf die Odometriedaten die von den Raedern kommen. Dabei kann bestimmt werden wie weit der Robotter gefahren ist, wenn sich die Raeder unterschiedlich bewegen oder wie weit sich der Robotter um seine Achse gedreht hat. Wenn man die genaue Startposition des Robotters kennt und auch die Odometriedaten der Raeder, so kann man theoretisch die genaue Position des Robotters zum Zeitpunkt t bestimmen. In der Praxis ist dies aber nur schwer zu realisieren. Die Unsicherheit wächst also mit zunehmender Entfernung vom Startpunkt. generell gibt es drei Odometrie Fehlerarten:

- Entfernungsfehler: Fehler beim zurücklegen einer geraden Strecke
- Drehfehler: Fehler beim Drehen des Roboters
- Driftfehler: Orientierungsfehler beim Zurücklegen einer geraden Strecke

Das Bewegungsmodell in ARIA/ARNL bildet genau diese Fehler ab. Um die Bewegungsunschaerfe zu testen müssen verschiedene Initialalparameter verwendet werden:

- PassThreshold muss auf 0 gesetzt werden um zu vermeiden, dass der Roboter in den Lost Modus geht
- Um die Partikelwolke besser sichtbar zu machen wird der Wert NumSamples auf 5000 gesetzt
- PeturbX, PeturbY, PeturbTh sind Paramter um neue Samples nach dem resampling prozess hizuzufügen. Diese Streuwerte werden auf null gesetzt um den Rechenanspruch zu verringern.
- Per default wird die Neuberechnung der Position erst nach einer Bewegung von 20 cm gemacht. Eine Neuberechnung soll erst nach 2m stattfinden. Somit wird der Paramter Triggerdistance auf 2000 gesetzt.
- Die Neuberechnung nach einer Drehnung soll nicht erst ab 5 Grad erfolgen sondern schon ab 0 Grad. Der Paramter **TriggerAngle** wird also auf 0 gesetzt.

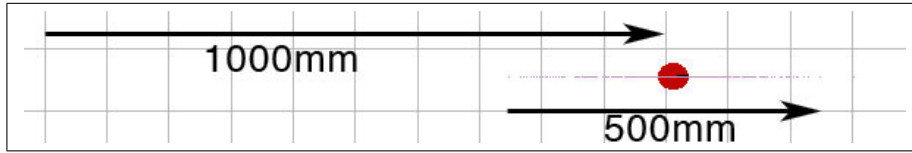


Abbildung 4: $KMmPerMm = 0.5$

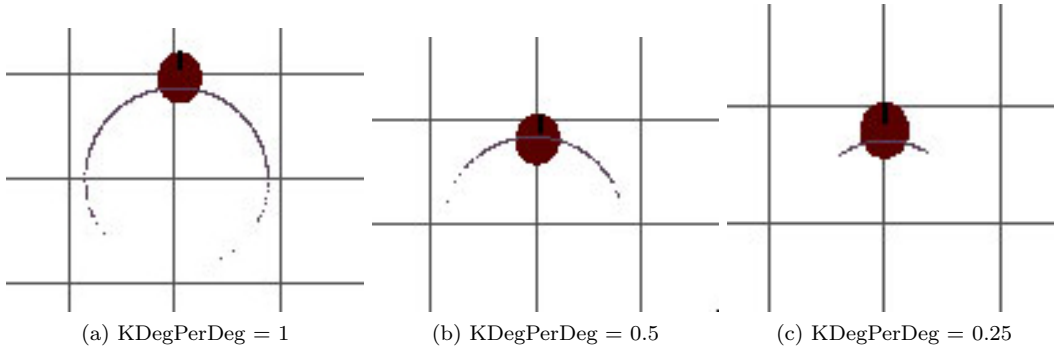


Abbildung 5: $KDegPerDeg$ Parameter Test

Um den Entfernungsfehlerverhaeltnissparameter zu testen wird der Drehfehlerparameter und der Driftfehler zuerst ausgeschaltet. Um den Parameter zu untersuchen wird er auf 0.5 gesetzt. Dies soll bewirken, dass die Partikelwolke sich um die Hälfte der zurückgelegten Strecke ausdehnt. Der Roboter wird zuerst an einem Punkt lokalisiert. Mit einem Bewegungsbefehl wird der Roboter nun 1 Meter gerade aus bewegt. Wie angenommen hat die Partikelwolke nun eine Länge von 50 cm.

Dieser Parameter kann dazu verwendet werden um die Lokalisation in bezug auf die Oberflächenbeschaffenheit anzupassen. In einem hügeligem Gelände kann der Roboter eine Steigung hochfahren sich aber im eigentlichen Sinne nicht so schnell weiterbewegen wie die Odometriedaten es übermitteln. Deshalb muss dieser Parameter angemessen erhöht werden.

Mit dem Drehfehlerparameter $KDegPerDeg$ kann nach der Dokumentation in Anhang A die Unsicherheit der Drehung beeinflusst werden. Wenn der Roboter sich z.B. auf einem leicht unebenen Untergrund dreht ist die Drehung nicht eindeutig an den Odometriedaten nachvollziehbar. Um diesen zu testen wird der Parameter zuerst auf 1 gesetzt und Entfernungsfehlerverhaeltnissparameter wieder auf null. In Abbildung 5a wurde der Roboter um 360 Grad gedreht und dann 1cm gerade aus gefahren. Der Parameter wurde in Abbildung 5b und 5c stufenweise halbiert um den Winkel der Partikelstreuung zu erkennen. Dieser Entspricht demnach dem Verhaeltnis zwischen der Drehung in Grad und der $KDegPerDeg$ Einstellung. Bei einer Drehung von 360 Grad und einer Einstellung von 1 hat der Partikelfilter eine breite von auch ca. 360° bei 0.5 von ca. 180° und bei 0.25 von ca. 90°. Wenn also der Untergrund hügelig ist, sollte die Unsicherheit also der $KDegPerDeg$ Parameter hoher eingestellt sein.

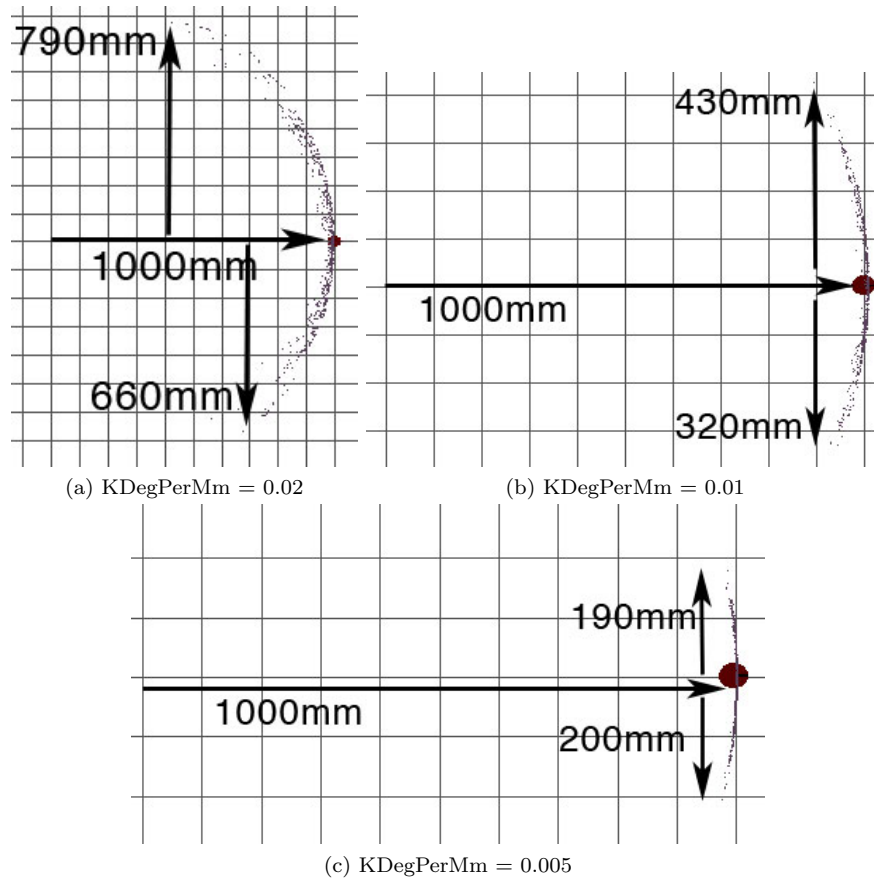


Abbildung 6: $KDegPerMm$ Parameter Test

Der Parameter $KDegPerMm$ betrifft die Unsicherheit der Odometriedaten der Raeder. Bei einem differentiellen Antrieb koennen leichte Unterschiede auftreten, wenn der Roboter sich gerade aus bewegt. Wenn der Roboter sich z.B. auf einem unebenen Boden fortbewegt, kann er nach links und rechts abdriften. Die Odometriedaten der Raeder geben aber ein stetiges geradeausfahren zurueck.

In dem Experiment in Abbildung 6 wird der Parameter $KDegPerMm$ zuerst auf 0.02 (Abbildung 6a) dann auf 0.01 (Abbildung 6b) und dann auf 0.005 (Abbildung 6c) gestellt. Der Roboter wird lokalisiert und dann 1000mm gerade aus gefahren. Um die Korrektheit der Dokumentation zu ueberpruefen wird durch eine einfache Winkelfunktionsrechnung in Abbildung 7 der Winkel errechnet. Zuerst wird der Mittelwert der Abweichung durch das arithmetische Mittel bestimmt siehe Formel 1

Um die Rechnungen zu bestaetigen wird der Wert ausgerechnet welcher zu einem Fehlerwinkel von 180° noetig ist und bilden dann davon das Arithmetische Mittel. Wenn dieses nicht sonderlich abweicht waren die Rechnungen richtig.

Dies ist der Fall in Abbildung 11 denn eine maximale Abweichung von weniger als 0.012 und eine Minimale Abweichung von 0.0009 ist annehmbar.

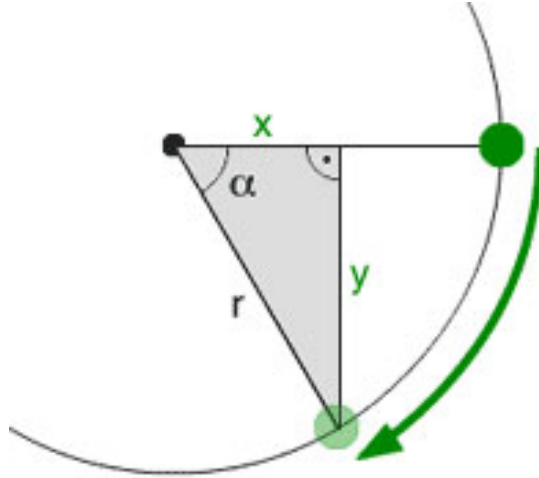


Abbildung 7: Winkelfunktionen im Einheitskreis
http://www.ullala.at/experiments/movement/images/circ_1.gif

$$\bar{y} = \frac{790 + 660}{2} = 725mm \quad (1)$$

$$\theta_1 = \sin^{-1} \left(\frac{y}{r} \right) \cdot 2 \quad (2)$$

$$\theta_1 = \sin^{-1} \left(\frac{725}{1000} \right) \cdot 2 \approx 93^\circ \quad (3)$$

Abbildung 8: Berechnung für Abbildung 6a

$$\bar{y} = \frac{430 + 320}{2} = 375mm \quad (4)$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} \left(\frac{y}{r} \right) \cdot 2 \quad (5)$$

$$\theta_2 = \sin^{-1} \left(\frac{375}{1000} \right) \cdot 2 \approx 44^\circ \quad (6)$$

Abbildung 9: Berechnung für Abbildung 6b

$$\bar{y} = \frac{190 + 200}{2} = 195mm \quad (7)$$

$$\theta_3 = \sin^{-1} \left(\frac{y}{r} \right) \cdot 2 \quad (8)$$

$$\theta_3 = \sin^{-1} \left(\frac{195}{1000} \right) \cdot 2 \approx 23^\circ \quad (9)$$

Abbildung 10: Berechnung für Abbildung 6c

$$\frac{\theta}{KDegPerMm} = \frac{180^\circ}{x} \quad (10)$$

$$x_0 = \frac{180^\circ \cdot 0.005}{23} = 0.0391 \quad (11)$$

$$x_1 = \frac{180^\circ \cdot 0.01}{44} = 0.0409 \quad (12)$$

$$x_2 = \frac{180^\circ \cdot 0.02}{93} = 0.0387 \quad (13)$$

$$\bar{x} = \frac{x_0 + x_1 + x_2}{3} \approx 0.04 \quad (14)$$

Abbildung 11: Test der Berechnungen in Abbildung 3,6,9

Die Bestätigung liefert eine Einstellung von $KDegPerMm = 0.04$ welche eine 180° ausgedehnte Partikelwolke aufspannt siehe Abbildung 12.

Somit lässt sich der Parameter nachvollziehen. Wenn man einen Winkel α erreichen will muss man Rechnen: $KDegPerMm = \alpha \cdot 2.22 \cdot 10^{-4}$ Diese Rechnung ist nicht genau und wurde mit Rundungswerten ermittelt.

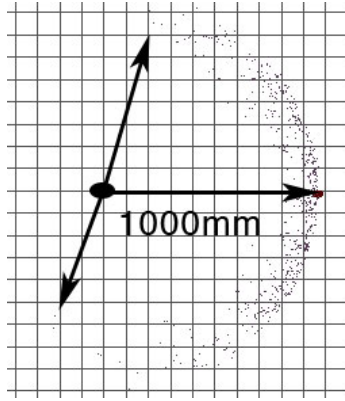


Abbildung 12: $KDegPerMm = 0.04$



Abbildung 13:
 $NumSamplesAtInit = 20000,$
 $StdX = 4000,$
 $StdY = 0,$
 $StdTh = 1$

4.2 Globale Positionierung

Wenn die Initiale Position des Roboters nicht bekannt ist, dann werden Samples ausgestreut. Die Menge der ausgestreuten Samples und deren Verteilung wird u.a. durch die Parameter $NumSamplesAtInit$, $StdX$, $StdY$ und $StdTh$ eingestellt. Um diese Parameter zu testen werden Extremwerte verwendet. Die Parametereinstellung in Abbildung 13,14,15 soll verdeutlichen welche Auswirkungen eine Eindimensionale Ausbreitung auf der X Achse für Konsequenzen mit sich ziehen. Die Streuung der Samples bei einem Wert von $StdX = 4000mm$ ist nicht wie erwartet $4000mm$ in Richtung der X Achse sondern $2400mm$ wie in Abbildung 13. Der eigentliche Wirkung von $StdX$ ist also $\approx (StdX/2) + (\frac{StdX}{10})$ mm. Und nicht wie angenommen $StdX$ mm. In Abbildung 14,15 wird dies bestaetigt. Eine grosse Ausdehnung bei der initialen Lokalisierung der Partikelwolke erfolgt durch die Einstellungen wie in Abbildung 16

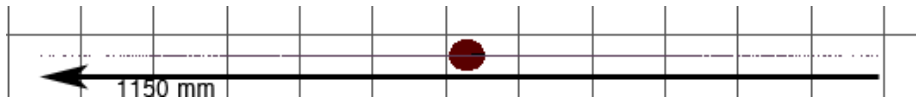


Abbildung 14:
 NumSamplesAtInit = 20000,
 StdX = 2000,
 StdY = 0,
 StdTh = 1

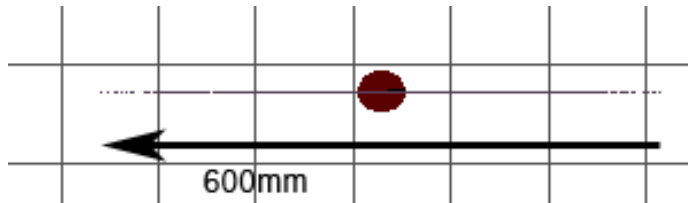


Abbildung 15:
 NumSamplesAtInit = 20000,
 StdX = 1000,
 StdY = 0,
 StdTh = 1

5 Nutzung der Lokalisierung in eigenen Programmen

Die Klasse `ArLocalizationTask` kann Daten vom Laserscanner (`ArSick`) auswerten um die Lokalisierung durchzuführen. Abgesehen vom `ArLocalizationTask` gibt es noch andere Klassen für die Lokalisierung. Die Elternklasse ist `ArBaseLocalizationTask` in der BaseARNL Bibliothek. [Wiki-ARNL] Um den `ArLocalizationTask` zu instanzieren müssen Pointer von Instanzen der Typen `ArRobot`, `ArRangeDevice` und `ArMapInterface` (`ArMap`) übergeben werden. Eine Karte kann durch sensorDaten erzeugt werden aber auch manuell durch das Programm `Mapper3`. Die Instanz von `ArLocalizationTask` startet einen eigenen asynchronen Hintergrund-thread um anhand des Lasersensors wiederholend den Roboter zu lokalisieren. Die Position wird anhand der Berechnungen im `ArLocalizationTask` neu gesetzt.

```
#include "ArLocalizationTask.h"
...
ArRobot robot;
...
ArLaser *firstLaser = robot.findLaser(1);
...
ArMap map( fileDir );
...
ArLocalizationTask locTask(&robot , firstLaser , &map);
```

Um eine initiale Lokalisierung durchzuführen muss die Methode `localizeRobotAtHomeBlocking` ohne Parameter aufgerufen werden. Eine Instanz von `ArLocalizationManager` erlaubt Ausgabedaten von

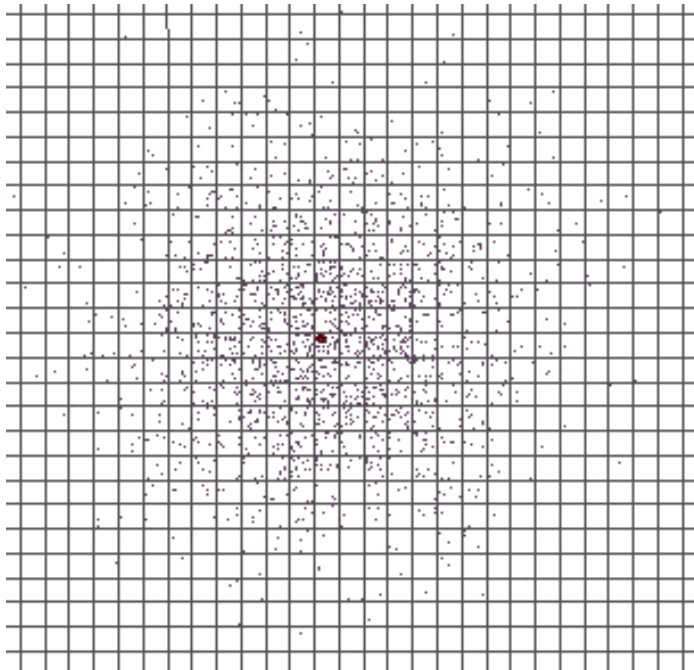


Abbildung 16:
NumSamplesAtInit = 20000,
StdX = 4000,
StdY = 4000,
StdTh = 30

verschiedenen Lokalisationsthreads zu vereinigen. Durch die Methode `addLocalizationTask` kann eine neue Instanz von `ArBaseLocalizationTask` wie z.B. `ArSonarLocalizationTask` oder `ArLocalizationTask` hinzugefügt werden. Durch die Methode `fuseTwoDistributions` kann man die Daten fusionieren.

```
ArLocalizationManager locManager(&robot , &arMap );
ArLocalizationTask locTask (&robot , &sick , &arMap );
locManager.addLocalizationTask(&locTask );
```

Die KonfigurationsDatei `arnl.p` ist für eine erfolgreiche Lokalisation notwendig. Darin befinden sich u.a. Einstellungen für die Monte-Carlo-Lokalisation. Diese Konfigurationsdatei wird durch einen Parser ausgelesen:

```
ArArgumentParser parser(&argc , argv );
parser.loadDefaultArguments ();
...
// Create service that allows client to change configuration parameters in ArConfig
ArServerHandlerConfig handlerConfig (
    &server , Aria::getConfig () ,
    Arnl::getTypicalDefaultParamFileName () ,
    Aria::getDirectory ()
);

// Read in parameter files .
Aria::getConfig()->useArgumentParser(&parser );
Aria::getConfig()->parseFile ( Arnl::getTypicalParamFileName() )
```

6 Zusammenfassung und Ausblick

A Appendix I

Map Karte der Umgebung um zu Navigieren.

NumSamples 2000 minimum 0, No of pose samples for MCL. The larger this number, the more computation will localization take. Too low a number will cause the robot to lose localization. This is also the maximum no of samples which will be used for localization if no of samples are varied along with the localization score.

NumSamplesAtInit Number of pose samples for MCL when initializing the robot in the Map.

GridRes 100 minimum 10, The resolution of the occupancy grid representing the map in mm. Smaller resolution results in more accuracy but more computation.

PassThreshold 0.2 range [0, 1], After MCL sensor correction, the sample with the maximum probability will have a score based on the match between sensor and the map points. This is the minimum score out of 1.0 to be considered localized.

KMmPerMm 0.05 minimum 0, When the robot moves linearly, the error in distance is proportional to the distance moved. This error is given as a fraction in mm per mm

KDegPerDeg 0.05 minimum 0, When the robot rotates, the error in the angle is proportional to the angle turned. This is expressed as a fraction in degs per deg.

KDegPerMm 0.0025 minimum 0, When the robot moves linearly it can also affect its orientation. This drift can be expressed as a fraction in degs per mm.

TriggerDistance 200 minimum 0, Since MCL localization is computationally expensive, it is triggered only when the robot has moved this far in mm.

TriggerAngle 5 minimum 0, Since MCL localization is computationally expensive, it is triggered only when the robot has rotated this far in degs.

TriggerTimeEnabled false This flag will decide if the localization will be called every 'TriggerTime' msecs. Once this flag is true the IdleTimeTrigger* parameters will take effect. This feature is meant to take care of cases when the robot has not moved much for a time and the position should be refined .

TriggerTime 10000 minimum 1500, Once the TriggerTimeFlag is set to true this parameter will decide how long the robot has been idle in milli seconds before it starts a localization near the last known robot pose.

IdleTimeTriggerX 200 minimum 0, When localization is triggered by idle time this parameter decides the range of the samples in X coords in mm.

IdleTimeTriggerY 200 minimum 0, When localization is triggered by idle time this parameter decides the range of the samples in Y coords in mm.

IdleTimeTriggerTh 15 minimum 0, When localization is triggered by idle time this parameter decides the range of the samples in Theta coords in degs.

RecoverOnFail false If localization fails, this flag will decide if a static localization is attempted around last known robot pose. Such a reinitialization can cause the robot to be hopelessly lost if the actual robot is very different from its known pose

FailedX 300 minimum 0, Range of the box in the X axis in mm to distribute samples after localization fails.

FailedY 300 minimum 0, Range of the box in the Y axis in mm to distribute samples after localization fails.

FailedTh 45 minimum 0, Range of the angle in degs to distribute samples after localization fails.

PeturbX 10 minimum 0, After sensor correction and resampling the chosen pose is perturbed to generate a new sample. This parameter decides the range to peturb the X axis in mm.

PeturbY 10 minimum 0, After sensor correction and resampling the chosen pose is perturbed to generate a new sample. This parameter decides the range to peturb the Y axis in mm.

PeturbTh 1 minimum 0, After sensor correction and resampling the chosen pose is perturbed to generate a new sample. This parameter decides the range to peturb the angle in degs.

PeakStdX 10 minimum 0, Extent of the ellipse in the X axis in mm beyond which the sample poses will be considered multiple localizations after resampling.

PeakStdY 10 minimum 0, Extent of the ellipse in the X axis in mm beyond which the sample poses will be considered multiple localizations after resampling.

PeakStdTh 1 minimum 0, Extent of the angle in degs beyond which the sample poses will be considered multiple localizations after resampling.

PeakFactor 1e-06 range [0, 1], When a no of samples have non zero probabilities such as when there is ambiguities in a corridor. This is the threshold below the maximum probability to be considered a valid hypothesis.

StdX 400 minimum 0, The standard deviation of the gaussian ellipse in X axis in mm at start of localization.

StdY 400 minimum 0, The standard deviation of the gaussian ellipse in Y axis in mm at start of localization.

StdTh 30 minimum 0, The standard deviation of the gaussian angle in degs at start of localization.

SensorBelief 0.9 range [0, 1], Probability that a range reading from the laser is valid. This is used in the correction of the probabilities of the samples using the sensor.

OccThreshold 0.1 range [0, 1], The threshold value of the occupancy grid to consider as occupied.

AngleIncrement 0 range [0, 180], Only the laser readings which are this many degrees apart are used for the localization. The lower limit is decided by the LaserIncrement setting

DiscardThreshold 0.33 range [0.33, 1], A robot sample pose lying inside an occupancy grid cell with a value above this will be usually discarded Useful in cases where robot may intersect map points such as during patrolbot docking

Kalman Filter Weitere Parameter betreffen den Kalman Filter welcher nicht Bestandteil dieser Arbeit ist.

Literatur

[Wiki-ARNL] MobileRobots Inc, *ARNL, SONARNL and MOGS*, wiki (9 September 2009), available at http://robots.mobilerobots.com/wiki/ARNL,_SONARNL_and_MOGS.

[Delipetkos1] Fraunhofer Gesellschaft AIS.ARC, Particle Filter Ein probabilistischer Ansatz zur Lokalisierung mobiler Roboter available at S. 12 <http://www.ais.fraunhofer.de/~delipetk>

[FOX1999] Monte Carlo Localization: Efficient Position Estimation for Mobile Robots. Dieter Fox, Wolfram Burgard, Frank Dellaert, Sebastian Thrun School of Computer Science Carnegie Mellon University Pittsburgh, PA 1999

[ARNL-Ref] MobileRobots Inc, *ARNL-Reference*, (1.7.0) available at <http://vigir.missouri.edu/~gdesouza/Research/MobileRobotics/Software/ARNL-SONARNL/Arnl-1.7.0+gcc41/docs/ARNL-Reference/index.html>.

[whitebrook2010] Programming Mobile Robots with Aria and Player Dr. Amanda Whitbrook University of Nottingham School of Computer Science, Springer-Verlag London Limited 2010

[Zweigle] Vorlesung 5 Lokalisierung und Mapping - Universität Stuttgart Institut für Parallele und Verteilte Systeme (IPVS) http://www.ipvs.uni-stuttgart.de/abteilungen/bv/lehre/lehrveranstaltungen/vorlesungen/SS09/Robotik%20II_terminen/dateien/robotik_8_lokalisierung_2.pdf

[Borens 1996] Borenstein, J., Everett, H.R., Feng, L., April 1996, Where am I? Sensors and Methods for Mobile Robot Positioning. Technical Report, The University of Michigan. Seite 131 Chapter 5: Dead-Reckoning

- [WIKI-Partikelfilter] Lokalisierung (Robotik) Abschnitt Partikel-Filter. Datum 2.2.2010 [http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Lokalisierung_\(Robotik\)#Partikel-Filter](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Lokalisierung_(Robotik)#Partikel-Filter)
- [Borens 1996] Borenstein, J., Everett, H.R., Feng, L., April 1996, Where am I? Sensors and Methods for Mobile Robot Positioning. Technical Report, The University of Michigan. Seite 131 Chapter 5: Dead-Reckoning
- [Plagge] M. Plagge. Personal communication: Pioneer baseserver, 2000.
- [Neumann2002] Kalman-Filter und Partikelfilter zur Selbstlokalisierung Ein Vergleich Dirk Neumann, 2002 <http://www.allpsych.uni-giessen.de/dirk/projects/particle.pdf>

Abbildungsverzeichnis

1	ARIA Architektur	2
2	Markov-Lokalisierung [Zweigle]	4
3	Die Initialisierung (0.) erfolgte mit einer Gleichverteilung. Fuer die Propagation des Zustandes (1.) wurde das lineare Modell der Steuerungssoftware uebernommen [Plagge]. Die Berechnung der a-posteriori-Wahrscheinlichkeit (2.) positionsabhängigen Parametern durchgeführt.	5
4	KMmPerMm = 0.5	7
5	KDegPerDeg Parameter Test	7
6	KDegPerMm Parameter Test	8
7	Winkelfunktionen im Einheitskreis	9
8	Berechnung für Abbildung 6a	9
9	Berechnung für Abbildung 6b	9
10	Berechnung für Abbildung 6c	10
11	Test der Berechnungen in Abbildung 3,6,9	10
12	KDegPerMm = 0.04	11
13	NumSamplesAtInit = 20000, StdX = 4000, StdY = 0, StdTh = 1	11
14	NumSamplesAtInit = 20000, StdX = 2000, StdY = 0, StdTh = 1	12
15	NumSamplesAtInit = 20000, StdX = 1000, StdY = 0, StdTh = 1	12
16	NumSamplesAtInit = 20000, StdX = 4000, StdY = 4000, StdTh = 30	13