

# Scan-Matching-Verfahren zur Odometriekorrektur und Lernen von Umgebungskarten

## Diplomverteidigung

Peter Poschmann

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden  
Fakultät Informatik/Mathematik

29. April 2010

# Inhalt

- 1 Einleitung
- 2 Lernen von Umgebungskarten
- 3 Scan-Matching zur Odometrie Korrektur
- 4 Fazit und Ausblick

# Motivation

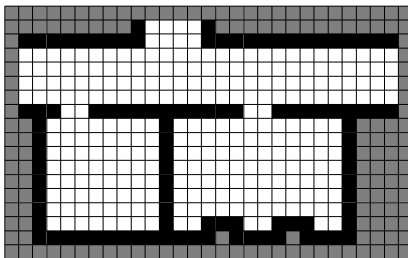
- Roboter soll autonom agieren
- einfachste Art der Umgebungsinteraktion ist Bewegung
- Roboter muss eigenen Standort, Ziel und Weg dahin kennen
- Umgebungsrepräsentation und aktuelle Pose in dieser Umgebung muss bekannt sein

# Koala

- Roboter mit sechs Rädern
- Antriebsmotoren und Positionsmesser an den mittleren Rädern
- montierter Laser-Range-Scanner
- Notebook

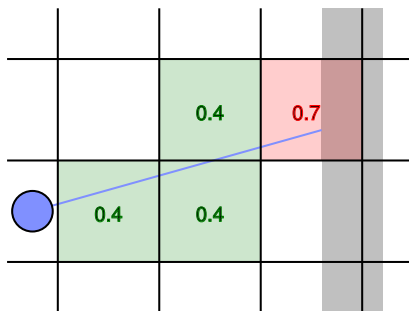
# Grid-Karten

- weit verbreitet in mobiler Robotik
- haben keine Voraussetzung an Umgebung
- beliebig skalierbar
- Zellen mit Belegtheitschätzung



# Karten erstellen

- Position innerhalb der Karte bekannt
- Laser-Strahlen durch Zellen verfolgen
- Zelle mit Hindernis als belegt annehmen, durchquerte frei
- Belegtheitswahrscheinlichkeit wird stückweise angepasst
- mehrere Beobachtungen nötig



# Binärer Bayes-Filter

$$\frac{p(occ|z_{1:t})}{p(\overline{occ}|z_{1:t})} = \frac{p(occ|z_t)}{p(\overline{occ}|z_t)} \cdot \frac{p(occ|z_{1:t-1})}{p(\overline{occ}|z_{1:t-1})} \cdot \frac{p(\overline{occ})}{p(occ)}$$

- rekursive Update-Formel für neue Beobachtungen
- Wahrscheinlichkeit für Belegtheit  $p(occ|z_{1:t})$  konvergiert gegen 0 oder 1
- $p(occ|z_t)$  ist Belegtheitsschätzung durch aktuelle Beobachtung
- $p(occ)$  ist Belegtheitsschätzung vor jeglicher Beobachtung

# SLAM

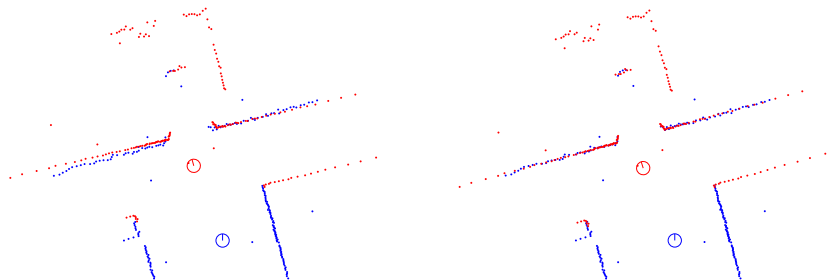
- Simultaneous Localization and Mapping
- Henne-Ei-Problem
- Karte nötig für Lokalisierung, Pose nötig für Kartenbau - beides muss gleichzeitig erfolgen
- je genauer Posenschätzung (durch Odometrie), desto einfacher das SLAM-Problem

# Ermittlung der Roboterpose

- Pose ist Position und Orientierung
- muss für Kartenbau bekannt sein
- wird durch Odometrie bestimmt
- Differenz der Radpositionen ergibt relative Posenänderung
- Odometrie ist fehlerbehaftet, Fehler wächst unbegrenzt an
- Odometrie allein damit nicht ausreichend

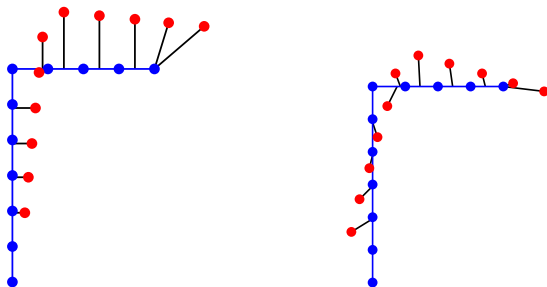
# Scan-Matching

- überlagert zwei aufeinanderfolgende Range-Scans
- damit genauere Änderung der Pose ermittelbar
- Odometrie liefert anfängliche Näherungslösung
- Voraussetzung: Bewegung in der Ebene, Range-Scanner ausreichend genau



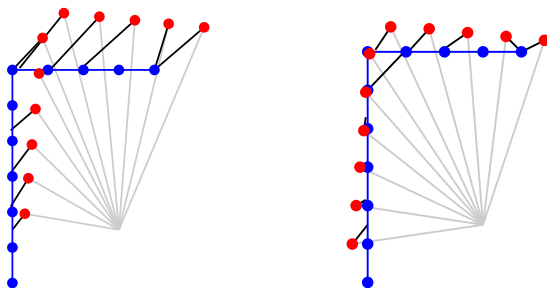
# Iterative Closest Point

- Algorithmen zum Überlagern zweier Scans arbeiten iterativ
- ICP arbeitet auf Basis von Punkt-zu-Punkt-Zuordnungen
- pro Schritt werden erst die Zuordnungen gebildet und anschließend die Abstände der Zuordnungen minimiert



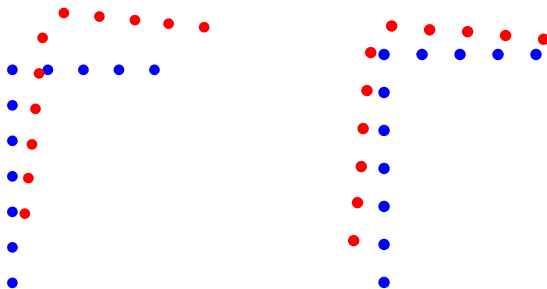
# Iterative Range Matching Point

- Punkt-Zuordnungen von ICP enthalten wenig Information über Rotation
- IMRP wählt Punkte mit gleichem Abstand zum Ursprung
- Verdrehung wird besser erkannt und korrigiert, Verschiebung aber weniger gut

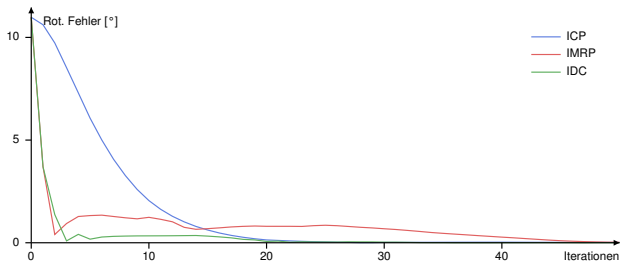
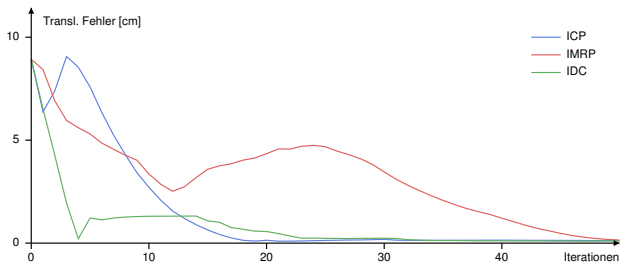


# Iterative Dual Correspondence

- IDC kombiniert beide Zuordnungsmethoden
- ICP-Zuordnung für Verschiebung, IMRP-Zuordnung für Verdrehung
- konvergiert deutlich schneller



# Vergleich der Algorithmen



# Vergleich ICP und IDC

- IDC konvergiert deutlich schneller
- ICP konvergiert gleichmäßiger
- reale Scans sind deutlich weniger verdreht und verschoben, die Unterschiede treten weniger zutage
- beide Algorithmen konvergieren sehr ähnlich
- ICP hat dann Performance-Vorteil

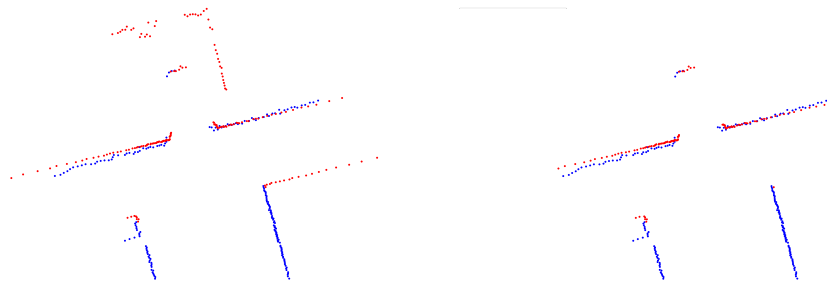
# Vorverarbeitung

- Erhöhung des Überlappungsgrades erhöht Robustheit
- Punkte entfernen, die keine Entsprechung im anderen Scan haben
- Fehlmessungen, Bewegung des Roboters
- Segmentierung zur Entfernung von „Ausreißern“ und Einschränkung der Interpolation
- Projektion zur Entfernung nicht sichtbarer Punkte
- Reduktion zur Beruhigung des Scans

# Segmentierung



# Projektion

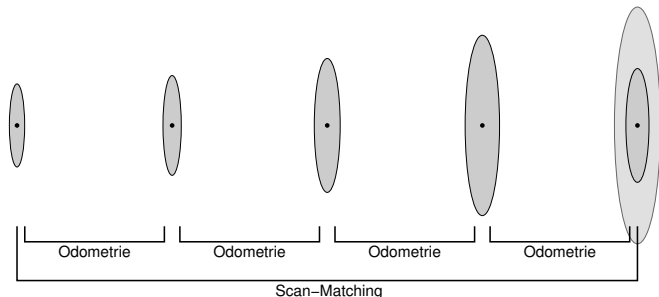


# Reduktion

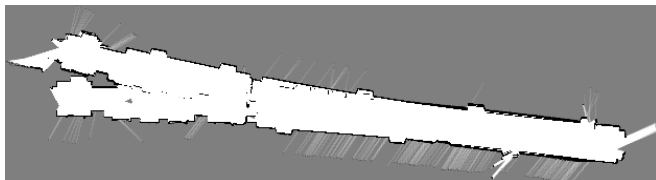


# Ablauf des Scan-Matchings

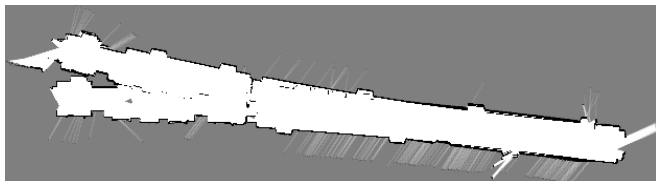
- Ausgangspose ist bekannt
- nachfolgende Posen durch Odometrie bestimmt
- Scan-Matching relativ zu Ausgangspose korrigiert aktuelle Pose und reduziert Fehler
- Fehler wird zwar insgesamt reduziert, wächst aber nach wie vor unbegrenzt an



# Reales Beispiel



# Reales Beispiel



# Fazit und Ausblick

- Scan-Matching liefert genauere Posenschätzung als reine Odometrie
- ist von vielen Parametern abhängig, die das Ergebnis beeinflussen
- grundsätzliches Problem (stetig wachsender Fehler) wird nicht gelöst
- weitere Verfahren sind nötig, wie z.B. SLAM
- Scan-Matching kann weiter untersucht werden, z.B. neue Algorithmen wie PLICP (konvergiert schneller) und MBICP (ist robuster)