

# Quadrocopters and it's Applications: Overview of State of the Art Techniques

## Visual Tracking for Robotic Applications

Sebastian Brunner  
Lehrstuhl für Echtzeitsysteme und Robotik  
Technische Universität München  
Email: [brunnese@in.tum.de](mailto:brunnese@in.tum.de)

Date: 19.04.2012

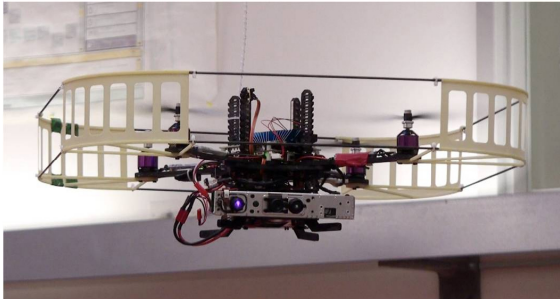
# Gliederung

- 1 Definition und Aufbau eines Quadrocopters
- 2 Lokalisierung
  - Lokale Lokalisierung - Odometrie
    - Odometrie mittels IMU
    - Visuelle Odometrie
  - Globale Lokalisierung
- 3 Umweltmodell - Erzeugung und Aktualisierung
- 4 Anwendungsszenarien
  - Aufklärung unbekanntem Terrain
  - 3D Rekonstruktion durch Fusion geografischer Daten und Luftaufnahmen

# Outline

- 1 Definition und Aufbau eines Quadrocopters
- 2 Lokalisierung
  - Lokale Lokalisierung - Odometrie
    - Odometrie mittels IMU
    - Visuelle Odometrie
  - Globale Lokalisierung
- 3 Umweltmodell - Erzeugung und Aktualisierung
- 4 Anwendungsszenarien
  - Aufklärung unbekanntem Terrain
  - 3D Rekonstruktion durch Fusion geografischer Daten und Luftaufnahmen

# Definition Quadrocopter



- UAV mit 4 Rotoren
- Beliebtes Forschungsthema an Universitäten
- Einsatzgebiete: Aufklärung, Erkundung und Vermessung

# Aufbau

- Autonom fliegend vs. manuell steuerbar
- Begrenztes Gewicht (Gesamtgewicht aktueller UAVs bei 2.5 - 3 kg)
- Prozessor (GHz Bereich) und RAM/Speicher (GB Bereich)
- IMU (Inertial Measurement Unit) und AHRS (Attitude and Heading Reference System)
- Laserscanner und/oder Kamera (RGB oder RGB-D)
- Realtime (Realtime-OS vs. Realtime-Patch)
- OS-Wahl

# Outline

- 1 Definition und Aufbau eines Quadrocopters
- 2 **Lokalisierung**
  - Lokale Lokalisierung - Odometrie
    - Odometrie mittels IMU
    - Visuelle Odometrie
  - Globale Lokalisierung
- 3 Umweltmodell - Erzeugung und Aktualisierung
- 4 Anwendungsszenarien
  - Aufklärung unbekanntem Terrain
  - 3D Rekonstruktion durch Fusion geografischer Daten und Luftaufnahmen

# Lokalisierung

- SLAM (Simultaneous Localization and Mapping)
- Abhängigkeit von Lokalisierung und Umweltmodellerzeugung
- Iterative Vorgehensweise
- Einsatz von Filtern und probabilistischen Verfahren
- Unterschied: Lokale vs. globale Lokalisierung

# Outline

- 1 Definition und Aufbau eines Quadrocopters
- 2 Lokalisierung
  - Lokale Lokalisierung - Odometrie
    - Odometrie mittels IMU
    - Visuelle Odometrie
  - Globale Lokalisierung
- 3 Umweltmodell - Erzeugung und Aktualisierung
- 4 Anwendungsszenarien
  - Aufklärung unbekanntem Terrain
  - 3D Rekonstruktion durch Fusion geografischer Daten und Luftaufnahmen



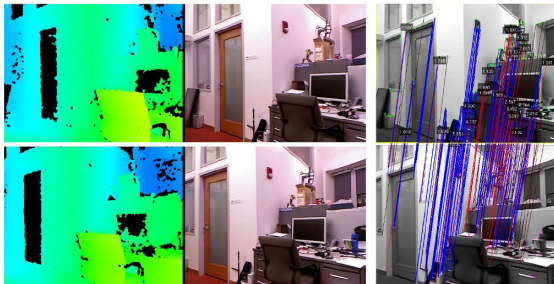
# Lokale Lokalisierung

- Odometrie (Wissenschaft der Positionsbestimmung ausschließlich durch Sensoren des eigenen Systems)
- Indirekte Bestimmung der Position (z.B. durch Messung der Beschleunigung oder der relativen Veränderung der Umgebung)
- GPS-Denied Environments
- Performanz (wichtig für Online-Steuerung)

# Odometrie mittels IMU

- IMU (Sensorsystem: Beschleunigungssensoren, Gyroskope und Magnetometer)
- Dreifache Ausführung der Sensoren (um Werte für dreidimensionalen Raum zu erhalten)
- Schätzung von Position und Geschwindigkeit durch Beschleunigungssensoren (Integration)
- Schätzung der Orientierung durch Gyroskope
- Messung der Orientierung durch Magnetometer
- Korrektur der fehlerbehafteten Messwerte durch Filter ((extended) Kalman Filter)

# Visuelle Odometrie



- Schätzung der relativen Bewegung durch Messung der Änderung zweier Referenzbilder

# Outline

- 1 Definition und Aufbau eines Quadrocopters
- 2 **Lokalisierung**
  - Lokale Lokalisierung - Odometrie
    - Odometrie mittels IMU
    - Visuelle Odometrie
  - **Globale Lokalisierung**
- 3 Umweltmodell - Erzeugung und Aktualisierung
- 4 Anwendungsszenarien
  - Aufklärung unbekanntem Terrain
  - 3D Rekonstruktion durch Fusion geografischer Daten und Luftaufnahmen

# Globale Lokalisierung

- Drift (Abweichung der absoluten Position)
- Loop Closure Detection (z.B. durch Keyframes) bei SLAM Ansätzen
- Partikel Filter:
  - Schätzung des Zustands des Systems (Filter)
  - Unterhält nicht nur eine Hypothese sondern arbeitet auf mehreren Partikeln
  - Auf nichtlineare Zustandsmodelle anwendbar
  - Funktioniert auch bei nicht gaußverteilten Messabweichungen

# Outline

- 1 Definition und Aufbau eines Quadrocopters
- 2 Lokalisierung
  - Lokale Lokalisierung - Odometrie
    - Odometrie mittels IMU
    - Visuelle Odometrie
  - Globale Lokalisierung
- 3 Umweltmodell - Erzeugung und Aktualisierung
- 4 Anwendungsszenarien
  - Aufklärung unbekanntem Terrain
  - 3D Rekonstruktion durch Fusion geografischer Daten und Luftaufnahmen

# Datenerfassung und Auswertung

- Erstellung einer Landkarte der Umgebung
- Tiefendaten der Umgebung nötig
- LRFs: Sehr genau aber 2.5D Messebene
- RGB-D: Farb- und Tiefenbild
- Stereo-Kameras: Errechnung der Tiefe durch Bildversatz;  
zusätzliche Rechenzeit nötig

# Speicher- und Darstellungsmethoden I



- Point Clouds mit Farbdaten für jeden Punkt
- Zu hoher Datenumfang
- Unterschiedliche Auflösungsstufen

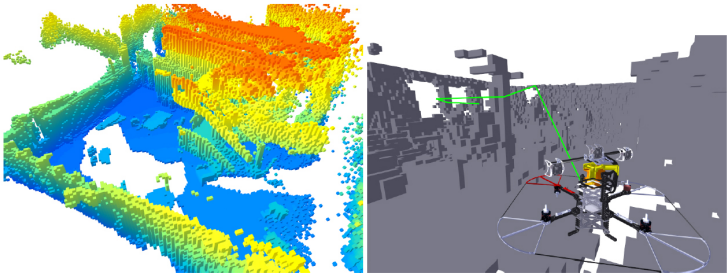


## Speicher- und Darstellungsmethoden II



- Transformation von Point Cloud zu Voxel Map
- Voxel als Würfel im Raum mit konstanter Kantenlänge
- Konsistente Darstellung mit frei wählbarer Genauigkeit
- 100m x 100m Umgebung mit 3MB darstellbar
- Alternative Darstellung durch "Polygonal Meshes"

## Speicher- und Darstellungsmethoden III



- Mithilfe von Umgebungsmodellen effiziente Trajektorienplanung möglich
- Verwendung von Suchalgorithmen (z.B.  $A^*$ ) oder Potential Fields

# Outline

- 1 Definition und Aufbau eines Quadrocopters
- 2 Lokalisierung
  - Lokale Lokalisierung - Odometrie
    - Odometrie mittels IMU
    - Visuelle Odometrie
  - Globale Lokalisierung
- 3 Umweltmodell - Erzeugung und Aktualisierung
- 4 Anwendungsszenarien
  - Aufklärung unbekanntes Terrains
  - 3D Rekonstruktion durch Fusion geografischer Daten und Luftaufnahmen

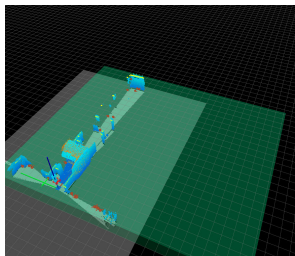
# Outline

- 1 Definition und Aufbau eines Quadrocopters
- 2 Lokalisierung
  - Lokale Lokalisierung - Odometrie
    - Odometrie mittels IMU
    - Visuelle Odometrie
  - Globale Lokalisierung
- 3 Umweltmodell - Erzeugung und Aktualisierung
- 4 Anwendungsszenarien
  - Aufklärung unbekanntem Terrains
  - 3D Rekonstruktion durch Fusion geografischer Daten und Luftaufnahmen

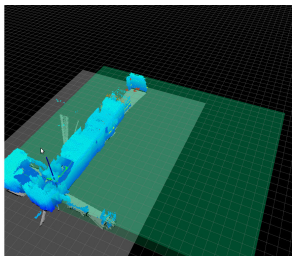
# Aufklärung unbekanntem Terrains I

- Erkundung sowohl unbekannter Gebäude als auch offenen Terrains
- Voraussetzung eines funktionierenden Kontroll- und Lokalisierungssystems
- Internes vs. externes Mapping
- SDEE als Suchalgorithmus zur Erkundung unbekanntem Terrains
  - Partikelbasiert
  - Partikel werden physikalischen Gesetzen ausgesetzt und erhalten eine Geschwindigkeit
  - Reibungsloses abprallen an bereits erkundeten Wänden
  - Eintritt in unbekanntes Gebiet  $\Rightarrow$  neue Zielpunkte

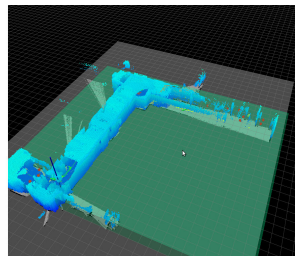
## Aufklärung unbekanntes Terrains II



1



2



3

Figure: S.Shen; Technical University of Pennsylvania; 2011

# Outline

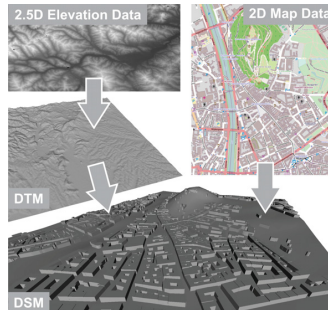
- 1 Definition und Aufbau eines Quadrocopters
- 2 Lokalisierung
  - Lokale Lokalisierung - Odometrie
    - Odometrie mittels IMU
    - Visuelle Odometrie
  - Globale Lokalisierung
- 3 Umweltmodell - Erzeugung und Aktualisierung
- 4 Anwendungsszenarien
  - Aufklärung unbekanntes Terrains
  - 3D Rekonstruktion durch Fusion geografischer Daten und Luftaufnahmen

## 3D Rekonstruktion I

- Digitale Rekonstruktion von 3D Objekten (Forschungsthema in Computer Vision)
- Exakte Ausmessung
- Integration der gewonnenen Modelle in digitale Oberflächenmodelle (DSM)
- Workflow (TU Graz):
  - Quadrocopter mit GPS und RGB-Camera
  - Aufnahme vieler Bilder vom Zielobjekt
  - Sparse Bundle Adjustment
  - Erstellung einer DSM
  - Einfügen des Modells



## 3D Rekonstruktion II



- Prozess der Generierung von DSMs unter Benutzung von geologischen Daten der NASA und kartografische Daten aus "OpenStreetMaps"

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!  
Fragen?