

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

Date: 19.04.2012

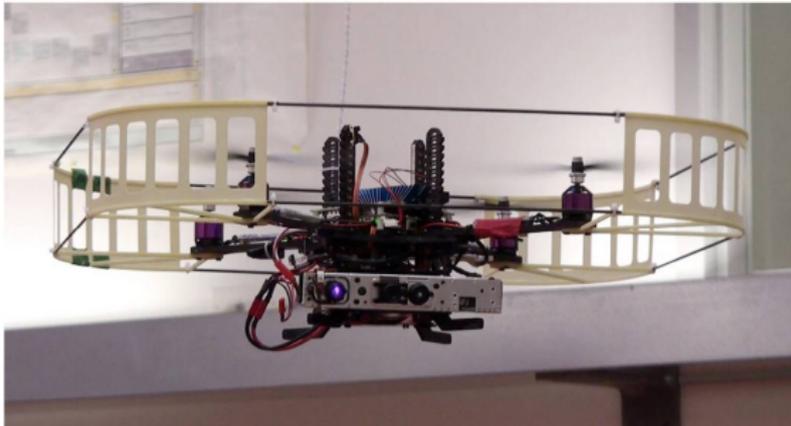
Gliederung

- 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

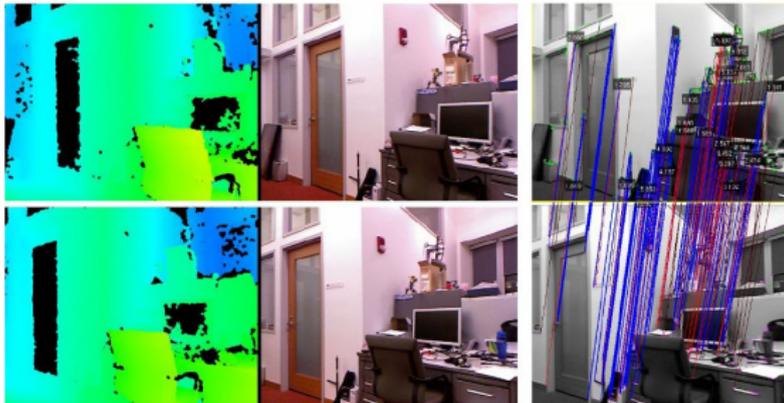
Lokale Lokalisierung

- 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



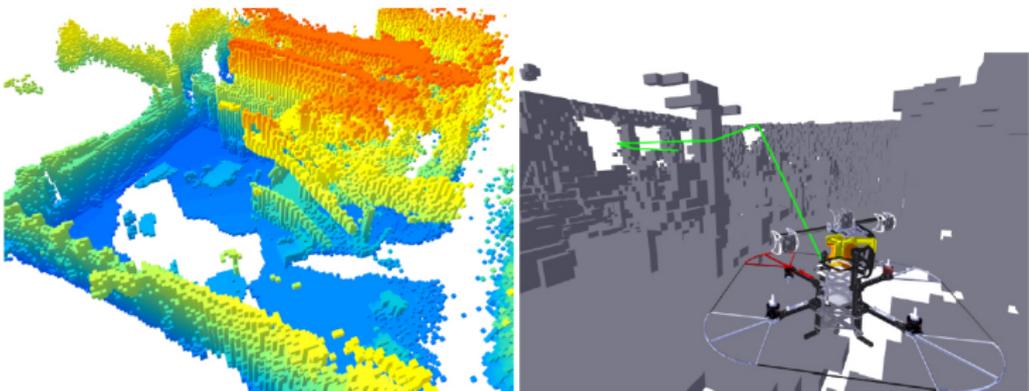
- Point Clouds mit Farbdaten für jeden Punkt
- Zu hoher Datenumfang
- Unterschiedliche Auflösungsstufen

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 unbekanntem Terrains
 - 3D Rekonstruktion durch Fusion geografischer Daten und Luftaufnahmen

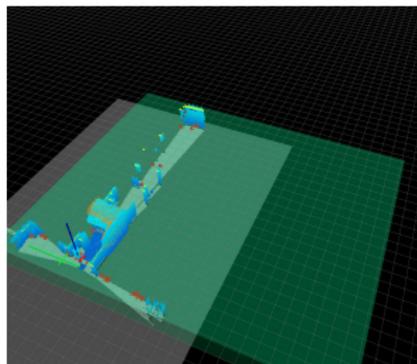
Outline

- 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

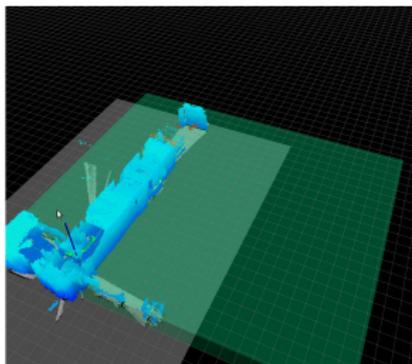
Aufklärung unbekanntem Terrains I

- 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

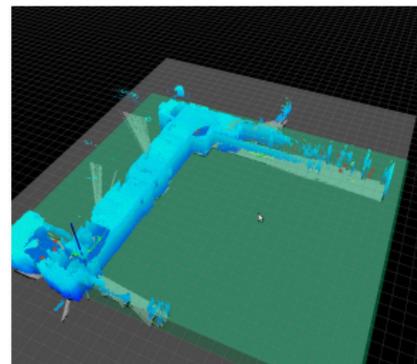
Aufklärung unbekanntes Terrains II



1



2



3

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

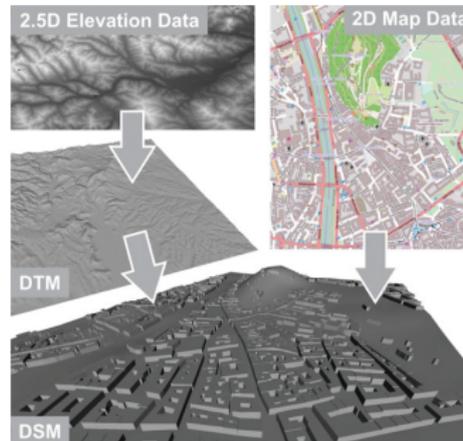
Outline

- 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 unbekanntem 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?