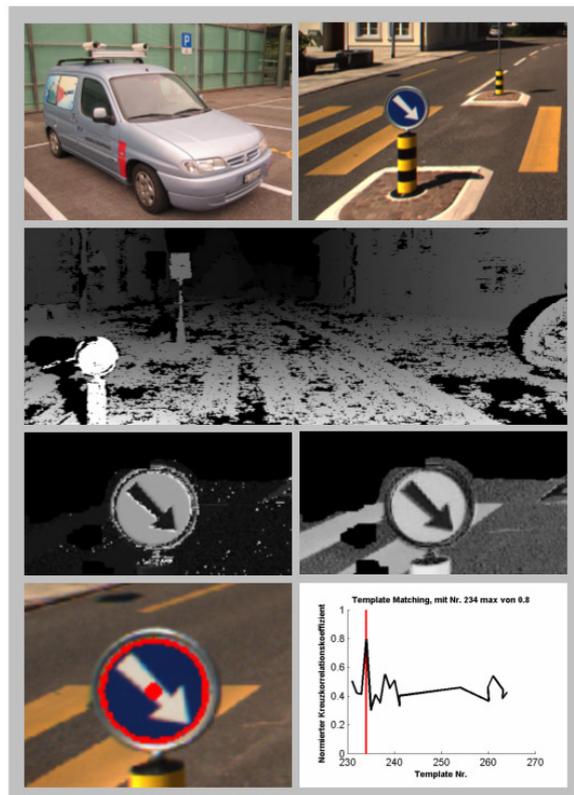


Master-Thesis 2010

Automatisierte Verkehrszeichenkartierung aus mobil erfassten Stereobilddaten



Autor: Stefan Cavegn

Examinator: Prof. Dr. Stephan Nebiker

Experte: Hannes Eugster

Automatisierte Verkehrszeichenkartierung aus mobil erfassten Stereobilddaten

Mit einem mobilen Messfahrzeug können 3D-Objekte sehr effizient kartiert werden, ohne den fließenden Verkehr zu beeinträchtigen. Eine konkrete Anwendung liegt in der Kartierung, Inventarisierung und Bewirtschaftung von Verkehrszeichen. Somit wurden in dieser Master-Thesis Algorithmen und Datenstrukturen für die automatische und benutzerunterstützte Verkehrszeichenextraktion aus Stereobildsequenzen mit anschließender 3D-Positionsbestimmung in Matlab entwickelt. Dazu bilden die Disparitätenkarten aus Stereoaufnahmen eine wichtige Grundlage.

Schlagnworte: Mobile Mapping, Verkehrszeichen, Stereonormalbilder, Disparität, Tiefe, Detektion, Klassifizierung, Kartierung

1. Aufgabenstellung

Auf der Basis von georeferenzierten Stereobilddaten waren Algorithmen und Softwaremodule zu entwickeln. Dabei waren Verkehrszeichen aus Stereobildsequenzen zu extrahieren. Die anschließende 3D-Positionsbestimmung hatte im gewünschten geodätischen Referenzrahmen zu erfolgen. Zudem waren noch einige Sachdaten automatisch zu bestimmen. Dabei war ein automatisierter wie auch benutzerunterstützter Ansatz zu verfolgen und eine grafische Benutzeroberfläche anzulegen. Der Fokus lag auf die 3D-Kartierung von Verkehrszeichen auf Hauptstrassen in der Schweiz. Die Algorithmen sollten aber auch auf andere Strassen ausgeweitet werden können.

2. Disparitätsinformation aus der Stereobildgeometrie

Ein zentrales Element dieser Arbeit ist die Nutzung der Disparitätsinformation aus Stereonormalbildern (siehe Abb. 1). Sie wird für die Einschränkung des Suchbereichs wie auch für die 3D-Koordinatenbestimmung verwendet. Zudem können auf Grund der Tiefenkarte die Ebenheitssegmente für die Beurteilung der Detektionsgüte gebildet werden. Aber auch die Definition von distanzabhängigen Bedingungen für die Farbsegmente und die Einschränkung der Anzahl Massstäbe für die Hough-Transformation basieren auf die Disparitätenkarte.



Abb. 1 Disparitätenkarte als Kernelement

3. Entwickelte Algorithmen für die Detektion, Klassifizierung und Kartierung von Verkehrszeichen

Als Eingabe für die implementierten Algorithmen dienen Normalbilder (N) und Disparitätenkarten (D) einer Stereobildsequenz wie auch Referenzmuster (R) der Verkehrszeichen (siehe Abb. 2). Die RGB-Normalbilder werden in den HSV-Farbraum transformiert (1). Auf Grund der Disparitätenkarte werden die HSV-Komponenten auf den definierten Distanzbereich reduziert (2). Anhand von empirisch ermittelten Schwellwerten für rote, blaue und gelbe Verkehrszeichen können Farbsegmente ausgeschieden werden (3). Diese werden anhand von Bedingungen beurteilt und gegebenenfalls verworfen. Die Form lässt sich aus den zwei Deskriptoren Formfaktor und Extent ableiten, der Detektionsindikator aus den Ebenheitssegmenten. Aus den Bildkoordinaten des Schwerpunktes können die 3D-Objektkoordinaten berechnet werden (4). Die anschließende Klassifizierung erfolgt mittels kreuzkorrelationsbasiertem Template Matching (5). Aus dem Korrelationsmaximum wird der Klassifizierungsindikator abgeleitet. Wichtige Sachdaten wie die 3D-Koordinaten, Referenzmuster Nummer und normierte Ausdehnung des Verkehrssignals werden in eine Textdatei ausgegeben.

Für weisse und graue Verkehrszeichen erfolgt die Detektion mit der Hough-Transformation. Liegt der Detektions- oder Klassifizierungsindikator unter einem Schwellwert, kann eine benutzerunterstützte Detektion oder Klassifizierung vorgenommen werden.

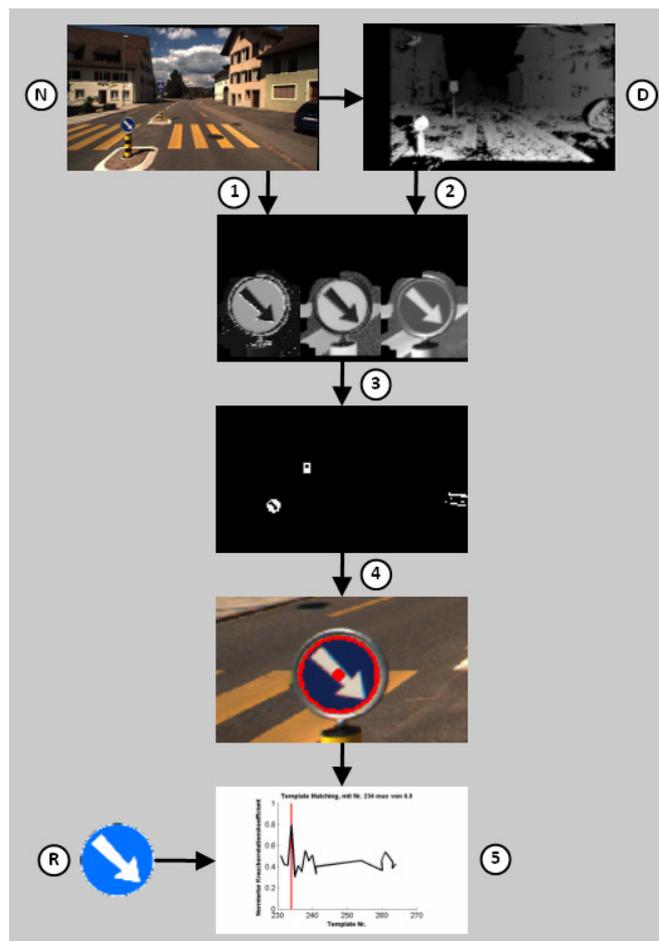


Abb. 2 Entwickelte Algorithmen und Softwaremodule

4. Ergebnisse

Für die Güteuntersuchungen der entwickelten Algorithmen wurden georeferenzierte Stereobildsequenzen von einer Messfahrt in Muttenz verwendet. Die Datenerfassung erfolgte mit dem Mobile Mapping System des Instituts Vermessung und Geoinformation der FHNW bestehend aus einem Navigationssystem POS LV von Applanix (Intertialmesseinheit und GNSS-Empfänger), einem Stereokamerasystem mit Full-HD-Auflösung und einer Kontrolleinheit. Im Distanzbereich von 4 bis 14 m konnten 89% aller relevanten Verkehrszeichen detektiert werden (siehe Tab. 1). Korrekt klassifiziert wurden auf einer Hauptstrasse 86%, in Quartierstrassen 82%. Für die Berechnung der Kartierungsgenauigkeit erfolgte die Referenzkoordinatenbestimmung von 22 Verkehrszeichen mit einem Tachymeter. Die Differenzen zu den mit den entwickelten Algorithmen ermittelten Koordinaten wurden ausgewertet. Es resultierte eine empirische Standardabweichung einer 3D-Koordinatendifferenz von 9.5 cm (siehe Tab. 2).

	Anzahl	Detektionsrate	Klassifizierungsrate
Hauptstrasse	63	0.89	0.86
Quartierstrassen	65	0.89	0.82

Tab. 1 Detektions- und Klassifizierungsgüte

in mm	Δ quer	Δ längs	Δ Höhe	Δ Lage	Δ 3D
Mittelwert	-36	23	-36	66	86
Maximum	152	146	157	154	159
m_{Diff}	46	64	53	79	95

Tab. 2 Kartierungsgenauigkeit

5. Fazit

Es konnte aufgezeigt werden, dass mit der Verwendung von Disparitätenkarten aus Dense-Stereo-Matching in der automatisierten Verkehrszeichendetektion sehr gute Ergebnisse zu erwarten sind. Unter guten Bedingungen können 90% aller roten, blauen und gelben Verkehrszeichen im Normal- und Kleinformat in der Schweiz automatisch detektiert und 85% korrekt klassifiziert werden. Benutzerunterstützt lassen sich diese Werte um weitere 5% erhöhen. Somit müssen nur noch 5 bis 10% der Verkehrszeichen manuell in den Stereobilddaten oder im Feld digitalisiert werden. Durch den benutzerunterstützten Ansatz und diverse Einschränkungen treten nahezu keine "False Positives" auf. Eine vollautomatische GIS-Kartierung mit einer 3D-Genauigkeit von unter 10 cm ist möglich.

Autor:	Stefan Cavegn	cavegnstefan@hotmail.ch
Examinator:	Prof. Dr. Stephan Nebiker	stephan.nebiker@fhnw.ch
Experte:	Hannes Eugster	hannes.eugster@fhnw.ch