



CVC Südwest
commercial vehicle alliance
kaiserslautern

cvcnews|1-17

ITK Engineering GmbH

Assistenzsysteme für die Baustelle

Wie mit 3D-Terrain Mapping die Arbeitssicherheit erhöht wird

Wo schweres Gerät zum Einsatz kommt und viele Tonnen Baumaterial bewegt werden, spielt die Arbeitssicherheit eine zentrale Rolle. Fahrerassistenzsysteme, die sich in den letzten Jahrzehnten bereits auf der Straße bewährt und die Zahl der Unfälle reduziert haben, erhalten auch auf Baustellen zunehmend Einzug.

ITK Engineering GmbH hat ein erweiterbares Assistenzsystem zur Objekt- und Geländeerkenntnis entwickelt, mit dem Gefahren im Baustellenbereich erkannt werden können und der Fahrer gewarnt wird.

Beispielhafter Systemaufbau für ein Assistenzsystem zur Objekt- und Geländeerkenntnis

Unebenes und zum Teil nicht befahrbares Gelände, komplexe Hindernisse sowie schwierige Umgebungsbedingungen mit starker Erschütterung und Verschmutzung stellen an die Systementwicklung neue Herausforderungen. Hinzu kommt, dass die Assistenzsysteme auch in bereits bestehende Fahrzeuge integriert werden sollen.

Um genau diese Herausforderungen zu lösen, hat ITK ein System zur Objekt- und Geländeerkenntnis entwickelt, in das unsere Kernkompetenzen u.a. in den Bereichen Embedded, Bildverarbeitung, Funktionale Sicherheit, Integration und Absicherung eingeflossen sind. Die Hardware des Systems besteht aus einer Stereokamera und einem Embedded Steuergerät. Vor dem ersten Einsatz wird das System einmalig kalibriert. Dabei werden zum einen die Verzeichnungsparameter beider Objektive und die relative Position der beiden Kameras zueinander bestimmt.

Das System setzt sich modular aus unterschiedlichen Algorithmen zusammen (vgl. Abb. 1), die im Folgenden beschrieben werden.

Bildaufbereitung im Image Preprocessing (IPP)

Im ersten Schritt, dem sogenannten IPP, werden Kontrastanpassung, Rauschunterdrückung und/oder andere bildverbessernde Maßnahmen durchgeführt. Anschließend werden die durch das Objektiv entstandenen Bildverzerrungen herausgerechnet. Bei der Bild-Alignment werden die beiden Bilder der Stereokamera so ausgerichtet, dass die Bildzeilen der linken und rechten Kamerabilder die gleichen Bildinformationen/Bild-Features enthalten. Dies ist notwendig, um die Korrespondenzanalyse mittels Epipolargeometrie effizienter durchführen zu können. Die Epipolargeometrie beschreibt den geometrischen Zusammenhang zweier Kamerabilder.

Stereo Vision – aus 2D wird 3D

Für die Berechnung der Tiefenbilder in der Stereo Vision werden zunächst markante Bildpunkte (Key-Points) in beiden Kamerabildern erfasst. Die Zuordnung der markanten Punkte zwischen beiden Kamerabildern erfolgt in der Korrespondenzanalyse. Das heißt, es wird zu jedem Key-Point (Pixel) in dem ersten

Bild der entsprechende Key-Point im zweiten Bild gesucht und zugeordnet. Ist die Epipolargeometrie bekannt und ein Punkt im ersten Bild gegeben, dann beschränkt sich der Suchbereich im zweiten Bild auf eine Linie. Da die Bilder zuvor im IPP aligniert (ausgerichtet) wurden, verläuft diese Linie entlang einer Bildzeile. Die Daten einer Bildzeile sind im Speicher zusammenhängend abgelegt, daher kann entlang einer Zeile wesentlich effizienter gesucht werden als entlang beliebiger Linien im Bild. Aus dem Abstand eines Punktpaares vom ersten zum zweiten Bild (Disparität) wird anschließend die Distanz zur Kamera bestimmt. Diese ist umgekehrt proportional zur Disparität.

Im Refinement werden die Tiefeninformationen um die Key-Points berechnet. Aus diesen Daten erfolgt im Anschluss die finale Aufbereitung der 3D-Daten. Das heißt es werden aus der Position im Bild und der Distanz, die X, Y, und Z-Echtweltkoordinaten bestimmt.

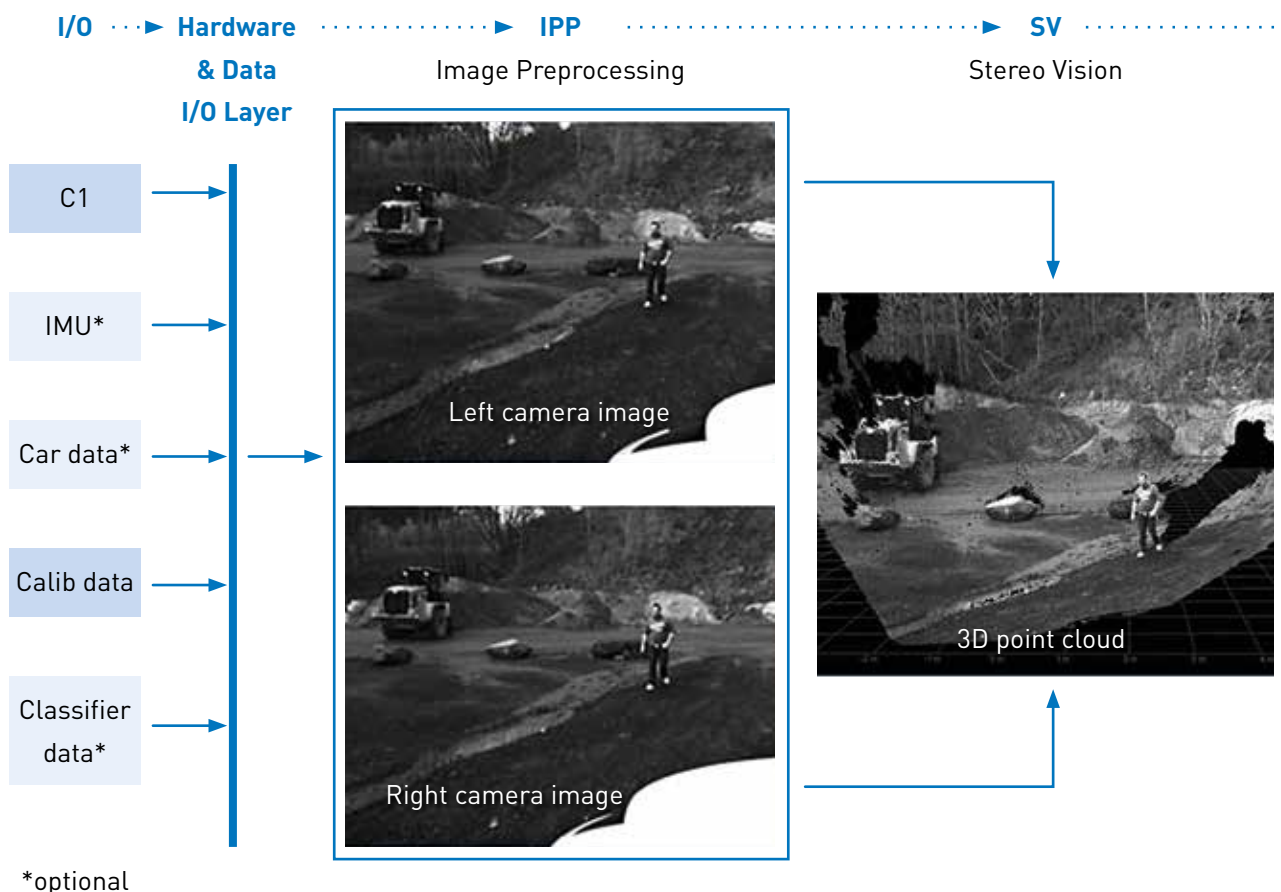
Unebenes Gelände erfassen - So funktioniert das 3DTerrain Mapping (3DTM)

Zur Erstellung der Geländekarte in 3D wird zunächst eine Erhebungskarte erzeugt. Dazu wird die x-y-Ebene in Zellen/Abschnitte fester Größe, bspw. 1m x 1m, unterteilt. Die X-Achse zeigt in Blickrichtung, die Y-Achse in Blickrichtung nach rechts. Jeder 3D Punkt wird anschließend entsprechend seiner x-y Koordinaten einer Zelle zugeordnet.

Aus den einer Zelle zugeordneten Datenpunkten wird die Höhe der Zelle berechnet, sodass daraus das Gelände abgeleitet werden kann.

Für eine robuste Approximation des Geländes werden fehlende Höheninformationen, beispielsweise durch Verdeckungen, mit einem Inpainting-Verfahren aufgefüllt. Anschließend wird eine erste grobe Modellierung des Geländes durch eine Spline Approximation mit einer geringen Anzahl an Freiheitsgraden durchgeführt. Hieraus wird zunächst ein grobes Verständnis für das vorausliegende Gelände gewonnen, wie z.B.

Abbildung 1:
Systemaufbau



Abhänge, Berge oder das Gelände ist links oder rechts abschüssig. Auf dieser groben Approximation aufbauend wird eine zweite Spline Approximation mit einer größeren Anzahl an Freiheitsgraden berechnet. Durch den zweiten Schritt bleiben so auch feinere Geländedetails erhalten.

Komplexe Objekte erkennen – Generic Object Detection (GOD)

Aus dem modellierten Gelände kann anhand der vorhandenen Steigungsinformation die Befahrbarkeit bestimmt werden. Darüber hinaus wird diese zur Identifikation von Hindernissen herangezogen, indem man die Höhe einer Zelle mit dem errechneten Gelände vergleicht und definierte Eigenschaften der Zelle wie zum Beispiel die Punktedichte berücksichtigt. Die entstandenen einzelnen – als Hindernis markierten – Zellen werden zu ganzen Objekten zusammengefasst und deren minimale Entfernung zum Fahrzeug errechnet. Jedes dieser einzelnen Objekte/Hindernisse wird zusätzlich mittels eines Kalmanfilters »getrackt«, wodurch Rauschen und einzelne Fehldetektionen

eliminiert werden können und somit die Objekterkennung stabilisiert wird. Darüber hinaus wird auch die Bewegungsrichtung und Geschwindigkeit bestimmt.

Auch für bestehende Maschinen geeignet

Die Integration des Systems richtet sich nach dem Grad des Eingriffs in das Fahrverhalten. Dient das Assistenzsystem als Warnsystem, das die Umgebung mit gekennzeichneten Hindernissen auf einem Monitor darstellt und auf drohende Kollisionen durch akustische Signale aufmerksam macht, muss in Alt-Fahrzeuge lediglich Sensorik, Recheneinheit und Monitor eingebaut werden. Wird bei Gefahr hingegen in das Fahrverhalten eingegriffen, wie beispielsweise in Form von Bremskraftverstärkung oder autonomen Ausweichmanövern, hat dies Auswirkung auf die gesamte Fahrzeugarchitektur, die Funktionale Sicherheit sowie Gesamtfahrzeugabsicherung. Als Systemlieferant und Integrator übernimmt ITK Engineering diese gesamten Aufgaben und trägt dadurch zur Verbesserung der Arbeitssicherheit auf Baustellen bei.

Kontakt

ITK Engineering GmbH
 Im Speyerer Tal 6
 76761 Rülzheim
 Tel.: +49 7272 7703-0
www.itk-engineering.de

Ansprechpartner:
 Dr.-Ing. Roland Barth
 Divisional Sales Manager
 roland.barth@itk-engineering.de

Dipl. Inf. Peter Kramarczyk
 Software Engineering,
 peter.kramarczyk@itk-engineering.de

