

Zeichen der Zeit

Bildverarbeitungs-FPGAs in der Verkehrszeichenerkennung

Innovationen in der Automobilentwicklung kommen schon seit längerer Zeit weniger aus dem traditionellen Maschinenbau als aus dem Bereich der Elektronik. Ein typisches Beispiel unter vielen sind hierbei die Assistenz- und Komfortsysteme. Bekannt sind ABS und ESP als sicherheitsrelevante Systeme, Night Vision Systeme zur Sichtverbesserung, Abstandsmesssysteme und Einparkhilfen zur Kollisionswarnung oder auch Navigationssysteme zur logistischen Unterstützung des Fahrers.



Übersicht über Assistenz- und Komfortsysteme von DaimlerChrysler

Das Ziel der Forscher und Entwickler von Assistenzsystemen ist der „unfallfreie Straßenverkehr“. Dieser umfasst sowohl die Sicherheit der Autofahrer als auch aller am Verkehr beteiligten Personen. Voraussetzung hierfür ist, dass das Fahrzeug die Welt „verstehen“ kann. Die technische Basis aller Fahrerassistenzsysteme sind Sensoren, die relevante Informationen aus dem Fahrzeug selbst und über das umgebende Verkehrsgeschehen sammeln. Eine große Palette technischer „Sinnesorgane“ steht hierfür bereit, zum Beispiel Kameras, Infrarot-Scanner, Radarsensoren, Lidar-Sensoren aber auch Mikrofone. Vor- und Nachteile der einzelnen Sensortypen können durch Sensorfusionen kompensiert werden. Ebenso kann ein Sensortyp für unterschiedliche Teilaufgaben eingesetzt werden.

Wichtige Aufgabenbereiche bei den Assistenzsystemen sind die automati-

sche Abstandsregelsysteme, die „Stop and Go“ Automatik, die Fahrzeugspeicherung, die Überholassistenten und die Verkehrszeichenerkennung.

Innerhalb des Verkehrsraums müssen hierbei Verkehrszeichen sicher erkannt und hinsichtlich der Bedeutung für das eigene Fahrzeug analysiert werden. Aus der Vielzahl der Informationen leitet das System Fahrerhinweise und -warnung ab oder greift direkt in das Fahrverhalten ein.

Die Verkehrszeichenerkennungssysteme greifen parallel auf zwei koexistierende Informationsquellen für eine Auswertung zurück. Eine Quelle sind die im Navigationssystem vorliegenden statischen Informationen, die andere ist eine Auswertung aktueller Kamerabilder. Bei dem Einsatz von Kameras kommt in den meisten Fällen die klassische, industrielle Bildverarbeitung zum Einsatz.

sistenzsysteme“ von DaimlerChrysler wurde auf Basis von Algorithmen, die in Hardware implementiert wurden, eine Verkehrszeichenerkennung durchgeführt. Hierfür kam eine industrietaugliche Kamera mit Standardauflösung aber hoher Bittiefe und Bildwiderholfrequenz zum Einsatz.

Zielsetzung der Anwendung war die Erkennung relevanter Verkehrszeichentypen und eine Übergabe der Bilder und zusätzlicher, vorverarbeiteter Dateninformation an die Regelelektronik.

Bei der Erkennung der Verkehrszeichen sind sowohl Verbotsschilder als auch Gebotsschilder zu berücksichtigen. Diese sind durch Farbe und Form eindeutig unterscheidbar. Erschwerend kommt in der Praxis die Änderung der Wetter- oder Umgebungsbedingungen hinzu. Hierzu zählen zum Beispiel die Einfahrt in Tunnel und die damit verbundene schnelle Adaption an neue Belichtungsverhältnisse. Aber auch

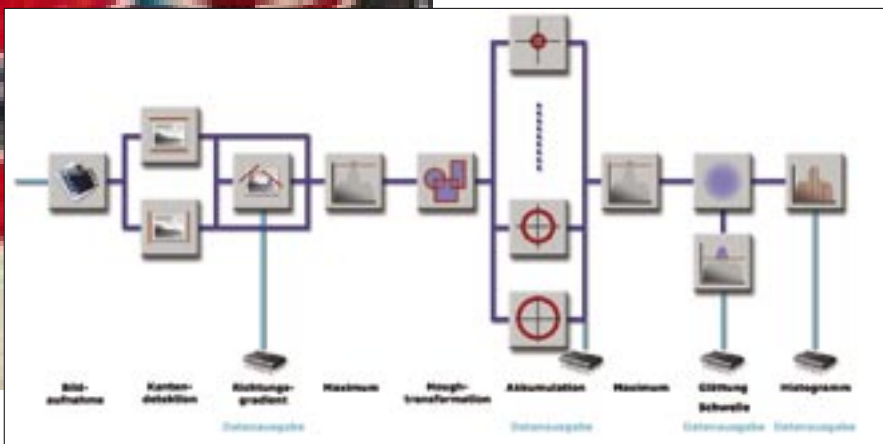
Das Projekt

In einem Projekt mit der Forschungs- und Entwicklungsabteilung für „Aktive Sicherheit und Fahrerassistenzsysteme“





Darstellung des Originalbildes und der Vorverarbeitungsschritte Bildverbesserung, Bildsegmentierung und Bildklassifizierung



Darstellung der Vorverarbeitungsschritte der Verkehrszeichenerkennung

Regen- und Schneefälle erschweren nicht nur die Sicht der Kamera auf die Umgebung, sondern erzeugen auf der Windschutzscheibe zusätzliche Objekte, die herausgefiltert werden müssen. Weitere Erschwernisse sind verminderte Sicht durch Nebel oder Nachtfahrten mit partieller Ausleuchtung durch Fahrer oder Fernlicht. Während im ersten Fall die Kontraste verflachen, ergeben sich im zweiten Fall steile Kontraste, einen visuell kleinen auswertbaren Bereich und zusätzlich starke Reflexionen. Sichtverbesserungen durch Infrarot-Kamera mit „Night Vision“ Fähigkeiten kamen nicht zum Einsatz.

Die hardwarebasierte Vorverarbeitung umfasst eine Bildverbesserung, -segmentierung und -klassifizierung der Verkehrszeichen.

Die Umsetzung

Die Bilder der Kamera werden mit 12bit Grauwerttiefe und einer Bildfrequenz von 50 Hz aufgenommen und zwischengespeichert. Um das Bild „lesbar“ zu machen und von irrelevanter Information zu befreien, müssen typische Geo-



Originales Kamerabild

metrien der Verkehrszeichen freigestellt werden.

Als erster Vorverarbeitungsschritt kommen Sobelfilter zum Einsatz, die unterschiedliche Winkel berücksichtigen und entsprechende Kanten in dem Bild erfassen. Ein lokaler Maximumfilter reduziert die resultierende Ergebnismenge. Die noch relevanten Punkte werden über eine Lookup-Tabelle abgebildet. Gleichzeitig werden aus den Datenströmen der Kantenfilterung die lokale Winkelorientierung (Richtungsgradienten) ermittelt. Das Ergebnis dieser Tabellenoperation ist die Datenbasis für die nachfolgende Houghtransformation.

Die Hough-Algorithmik ordnet die Information über die geometrischen Formkriterien zu

und speichert diese in vier Akkumulatoren ab. Die Akkumulatoren beinhalten unterschiedliche Parameterbereiche für Kreisradien. Für die Radiusbereiche werden zusätzlich zu den Richtungsgradienten aus der Lookup-Tabelle, die entsprechenden Kreismittelpunkte als Histogramm eingetragen.

Mittels einer Maximum-Suche unter den Werten der vier Akkumulatoren wird aus den Maxima ein neues Bild aufgebaut. Eine nachgeschaltete Glättung über einen Mittelwertfilter und eine Schwellwertoperation filtert nochmals das Bild. Über den Aufbau von Grauwert-Histogrammen aus dem gefilterten Bild wird die statistische Verteilung ermittelt.

Die Ausgabe für die weiterverarbeitende Elektronik sind Bilder mit den Richtungsgradienten, Histogramme und Datenlisten, die sich aus den Koordinaten, Größen und korrespondierenden Werten aus dem Houghtransaktions-Akkumulatoren zusammensetzen.

Die Zukunft

Das Projekt „Verkehrszeichenerkennung“ wurde 2001 als Prototyp auf der Framegrabber Plattform microEnable II realisiert. Die Realisierung erforderte eine größtmögliche Unabhängigkeit von Betriebssystemeingriffen, eine sehr hohe Ausfallsicherheit und eine Echtzeitverarbeitung. Für die Imple-



Vorverarbeitetes Bild mit Darstellung der lokalen Winkelorientierung

mentierung wurde deshalb die FPGA Technologie ausgewählt.

Softwarewerkzeuge wie VisualApplets, die ein graphisches Programmieren der FPGA Prozessoren ermöglicht, bieten sich nicht nur für Zielanwendungen in der Bildverarbeitung an, sondern auch als Werkzeug für ein schnelles Prototyping. Hiermit können nicht nur visuelle Ergebnisse schnell umgesetzt und bewertet werden, sondern auch eine Ressourcenabschätzung ermittelt und das Zeitverhalten evaluiert werden.

Auch heute noch sind Assistenzsysteme durch ihre Anforderungen von direkter Relevanz für das Anwendungsspektrum in der industriellen Bildverarbeitung.