



© Jacek Chabraszewski/fotolia

Der Mensch als Vorbild

Auf Plattform implementiertes Modell des menschlichen Sehvermögens ermöglicht leistungsfähige Bilderkennung

Es gibt Bilderkennungsaufgaben, die für den Computer nur sehr schwer zu bewältigen sind, während sie vom Menschen spielend gelöst werden können. Warum das so ist, haben Wissenschaftler an der Technischen Universität Eindhoven erforscht und die Ergebnisse in die Entwicklung einer Plattform einfließen lassen: der Image-Boost-Plattform. Diese eröffnet eine völlig neue Art der Bilderkennung.

Das visuelle System des Menschen ist ein bemerkenswert robustes Bilderkennungssystem. Es ist in der Lage, eine große Bandbreite an Beleuchtungsszenarien richtig zu interpretieren und geht dabei sehr tolerant mit fehlender Information um. Ein wichtiger Grund, weshalb Menschen Objekte in verschiede-

nen Situationen erkennen können, ist ihre Fähigkeit, die Umgebung eines Objektes, den Kontext, in ihre Bildinterpretation mit einzubeziehen. Dies geschieht sowohl auf einer hohen Abstraktionsebene (z.B. Eingrenzung der Objektarten, die in einem Raum zu erwarten sind), bis hin zu grundlegenden Verarbeitungsebenen (z.B. die gegenseitige Anregung und Verknüpfung von Signalen zu einer Linie oder die unterdrückte Wahrnehmung von

Liniensegmenten innerhalb einer Schraffur). Abbildung 1 zeigt zwei Beispiele, die die Bedeutung der Kontextinformation in der Bildverarbeitung aufzeigen. Wenn von einem kontrastarmen, verrauschten Bild nur noch ein kleiner Ausschnitt zu sehen ist, sind Menschen häufig nicht mehr in der Lage, das Objekt ohne die Einbettung in den Kontext wahrzunehmen. Der Mensch ist jedoch fähig, fehlende oder unvollständige Information in

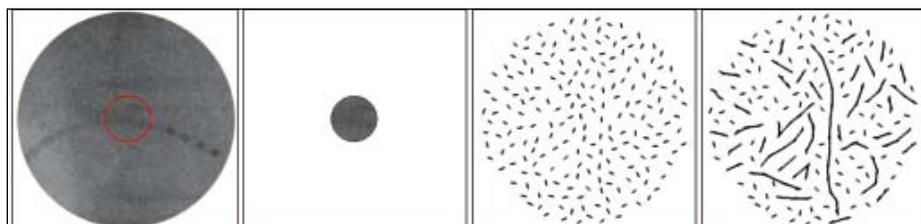


Abb. 1: Kontexte in der Bilderkennung. (a) Der Katheter im Zentrum des Röntgenbildes kann bei niedriger Dosis und Rauschen nur innerhalb des Kontextes wahrgenommen werden (b) Wenn das Umfeld verdeckt wird, ist der Katheter unsichtbar. Automatisch versucht das menschliche Auge Liniensegmente (c) zu Linien zusammenzufassen, wie in (d) dargestellt. Diese Gruppierung von Signalen ist ein wesentlicher Schritt in der Bilderkennung.

ifm electronic



Die dritte Dimension auf einen Blick.

Abstand, Füllstand oder Volumen optisch bewerten. Der neue 3D-Vision-Sensor.

efector[®]
pmd3d



Einzigartig:

Der erste industrielle 3D-Sensor, der auf einen Blick Objekte oder Szenen räumlich erfasst.

Die Auflösung von 64 x 48 Bildpunkten ergibt 3.072 Abstandswerte pro Messung für eine detaillierte Bewertung der Applikation.

Autark:

Beleuchtung, Lichtlaufzeitmessung und Auswertung befinden sich in einem industrietauglichen Gehäuse. Ebenso Schalt- und Analogausgänge für die einfache Integration in die Steuerungsumgebung.

Einsatzfreudig:

Ideal für unzählige Aufgaben in der Fördertechnik, Verpackungsindustrie und in Füllstandapplikationen. Leicht zu bedienen durch intuitiv verständliches Benutzer-Interface.

Besuchen Sie uns auf der
HannoverMesse 2011
▶ Halle 9 · Stand D36

www.ifm.com/de/pmd3d

ifm electronic – close to you!

ifm-Service-Telefon 0800 16 16 16 4

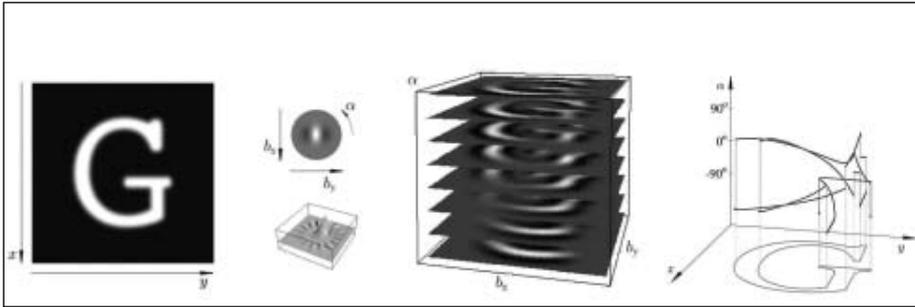


Abb. 2: Modellierung des menschlichen visuellen Systems. Ein Bild (a) wird mit einem orientierten Filterkern (b) in verschiedenen Ausrichtungen gefaltet. Dies resultiert in einem Stapel transformierter Bilder (c). Die Orientierungen im Ausgangsbild werden so voneinander getrennt wiedergegeben. Eine neue Dimension wird aufgespannt, wie schematisch in (d) dargestellt.

wahrgenommen Daten durch Verknüpfungen mit Signalen in einem größeren Kontext zu vervollständigen.

Von einfachen zu komplexen Zellen

Das visuelle System des Menschen ist seit vielen Jahren Gegenstand der Forschung. Die Nobelpreisträger Hubel und Wiesel entdeckten bereits in den 60er Jahren die Wirkungsweise der einfachen und komplexen Zellen im visuellen Cortex. Im primären visuellen Cortex werden einfache Zellen aktiv, wenn das Auge orientierte Signale erfasst. Für jede Orientierung gibt es eigene einfache Zellen. Diese wiederum stehen in Verbindung mit komplexen Zellen, die die Information der einfachen Zellen zu Orientierung und Position orientierter Strukturen verrechnen. Schließlich wird die Informa-

tion der komplexen Zellen verwendet, um spezielle Struktureigenschaften zu erfassen, wie z.B. die Endpunkte oder die Überschneidungen von Linien. Bosking et al. haben gezeigt, dass die lateralen Verbindungen zwischen den Zellen des primären visuellen Cortex dazu dienen, Signale eines Objektes mit den Signalen in dessen Kontext abzugleichen. Wenn dem Auge ein Liniensegment oder eine orientierte Struktur präsentiert wird, werden außer der direkt aktivierten Zelle auch weitere Zellen in dessen kortikalem Umfeld angeregt. Hinzu kommen noch Zellen im weiter entfernten Umfeld, die eine Orientierung repräsentieren, welche als Teil einer gleichmäßig fortgesetzten Linie interpretiert werden kann. Folglich kann die neuronale Reaktion auf ein Liniensegment durch seinen Kontext gestärkt oder geschwächt werden.

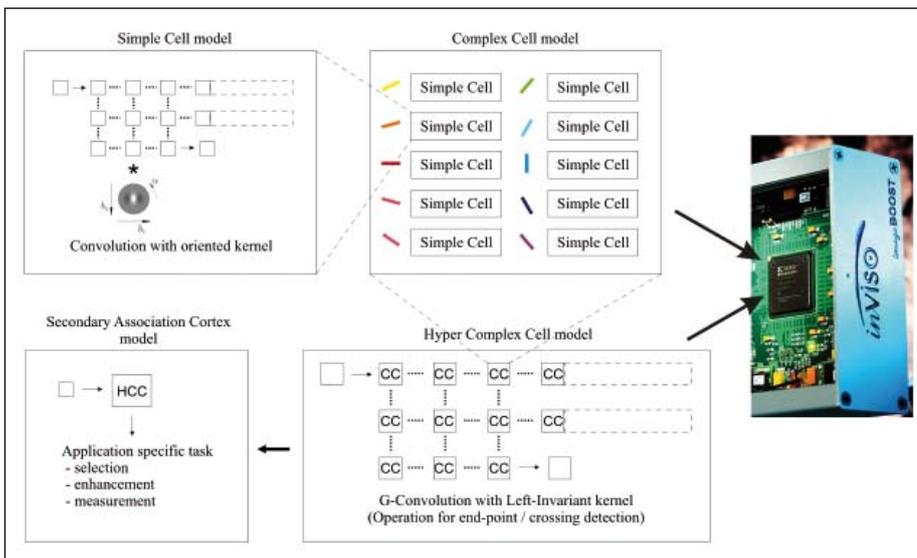


Abb. 3: Die ImageBoost-Architektur ist speziell für parallel arbeitende Algorithmen entworfen worden: Eine Anzahl simpler Zellen sind parallel angeordnet und bilden zusammen komplexe Zellen. Anwendungsspezifische kortikale Modelle erzeugen den eigentlichen Output.

Entwicklung eines mathematischen Modells

Viele Jahre Forschung waren erforderlich, um ein mathematisches Modell zu entwickeln, das diese Mechanismen beschreibt und ein solides Framework für Algorithmen in der Bilderkennung liefert. Kalitzin et al. untersuchten orientierte Filter, die invertierbare Bildtransformationen ergeben. Diese bildeten die Grundlage der Arbeiten von Duits, van Almsick und Franken, die die umkehrbaren Transformationen weiterentwickelten und die lateralen, kortikalen Verknüpfung zwischen den Zellen modellierten. Diese neuartigen mathematischen Konzepte können zur Lösung verschiedener Bilderkennungsaufgaben herangezogen werden.

Transformation in den Orientierungsraum

Zunächst werden zweidimensionale Bilder in einen dreidimensionalen Orientierungsraum transformiert, wobei die ersten beiden Dimensionen den Ort und die zusätzliche Dimension die Orientierung eines Signals repräsentieren. Dieser sog. dreidimensionale Orientation Score eignet sich als Raum für eine Reihe von Operationen, die nicht nur den Ort, sondern auch die Orientierung eines Signals aufgreifen und verarbeiten. Da die Transformation eines Bildes in den Orientation Score invertierbar ist, kann das Ergebnis der Bildverarbeitung wieder in die Bildebene zurücktransformiert werden. Einer der Vorteile dieses Ansatzes besteht darin, dass Linien, die sich in der Bildebene kreuzen, im Orientation Score räumlich getrennt verlaufen und so auch unabhängig voneinander verarbeitet werden können. Abbildung 2 verdeutlicht das Konzept schematisch.

Neues Paradigma in der Bildverarbeitung

In unserem Gehirn werden Bilder von einfachen und komplexen Zellen parallel verarbeitet. Hingegen ist ein Computer eine im Wesentlichen sequentiell arbeitende Maschine und somit nicht optimal für das hier dargestellte mathematische Konzept geeignet. Das Unternehmen Inviso hat basierend auf Field Programmable Gate Arrays (FPGAs) und in enger Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern an der TU Eindhoven die ImageBoost-Plattform entwickelt. Dabei setzten die Ent-

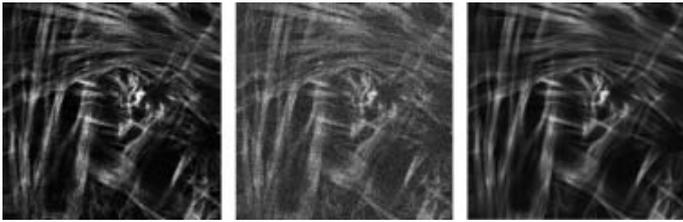


Abb. 4: Rauschunterdrückung mit dem Orientation Score Framework: Das linke Bild zeigt das Original, in der Mitte wird das Bild mit Rauschen und rechts das Ergebnis nach der Rauschunterdrückung dargestellt. Auch kreuzende Strukturen im Detail bleiben erhalten.

wickler das Konzept des Orientation Scores um, Abbildung 3 zeigt die Implementierung. Die Inviso ImageBoost-Plattform eröffnet die Möglichkeit, ein neues Bilderkennungsparadigma basierend auf dem visuellen System des menschlichen Gehirns mit einer State-of-the-art Hardwareimplementierung in Echtzeit und mit unvergleichlicher Bildqualität umzusetzen.

Aufgrund der Tatsache, dass ein Modell des menschlichen visuellen Systems zum Einsatz kommt, ist ein großes Spektrum an Anwendungen möglich. Für die Umsetzung sind das grundlegende Verständnis des mathematischen Frameworks und das Know-how für eine effiziente Hardware-Implementierung erforderlich, um das volle Potential dieses Ansatzes zu mobilisieren. Nicht nur die invertierbare Transformation eines zweidimensionalen Bildes in einen dreidimensionalen Orientation Score ist ausschlaggebend, sondern auch die Bildanalyse im dreidimensionalen Orientation Score selber. Eine Anwendung, die besonders von die-

sem neuen Ansatz profitiert, ist die Rauschunterdrückung.

Rauschen unterdrücken

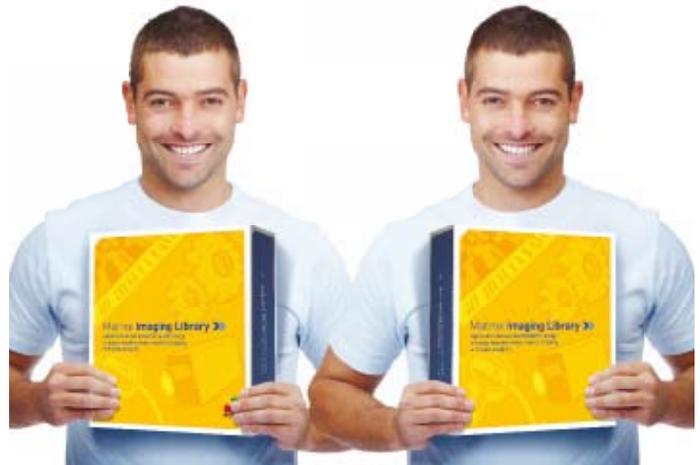
Abbildung 4 zeigt das Beispiel eines verrauschten Bildes, das mit einem Rauschunterdrückungsverfahren im Orientation Score bearbeitet wurde. Auch kreuzende Strukturen können jetzt detailliert rekonstruiert werden. Herkömmliche Verfahren sind dazu nicht in der Lage, da sie maximal eine Orientierung pro Bildpunkt berücksichtigen. Das neue Rauschunterdrückungsverfahren findet in verschiedenen Bereichen Anwendung, wie z.B. in der Fluoreszenzmikroskopie, bei niedrig dosierten Röntgenbildern, bei digitalen Aufnahmen in schwachem Licht (z.B. Kameras in Mobiltelefonen oder digitale Spiegelreflexkameras mit hoher ISO-Einstellung), bei Videoaufnahmen mit geringer Beleuchtung (z.B. Videoüberwachung im Infrarotbereich, Konsumentenkameras) sowie bei der Rauschunterdrückung in der HDTV-Aufbereitung alter Videofilme.

► **Autor**
Dr.ir. Frans Kanters, Geschäftsführer

► **Kontakte**
Inviso B.V., Germert, Niederlande
Tel.: 0031/615/120326
info@inviso.eu
www.inviso.eu



Doppelt sehen



Mit der Matrox Imaging Library (MIL) machen Entwickler der industriellen Bildverarbeitung was sie am besten können ... Anwendungen erstellen

Die Matrox Imaging Library bietet:

- Praxiserprobte Werkzeuge zum Analysieren, Lokalisieren, Messen, Lesen und Prüfen
- Optimierte Funktionen für CPUs und GPUs mit mehreren Kernen
- Bilderfassung von analogen, DVI-D-, Camera Link[®]-, GigE Vision[®]-, IEEE 1394 IIDC-, RS-422/LVDS- und SDI-Videoquellen
- Unterstützung von 32/64-Bit Windows[®]/Linux[®]

Für begrenzte Zeit: Kaufen Sie MIL und erhalten Sie ZWEI Entwicklungs-Lizenzen*

Erfahren Sie mehr über MIL!

www.matrox.com/imaging/de/products/software/mil/
+49 (0)89 / 621700
imaging.info@matrox.com



* Beim Kauf von MIL9WINPU2 oder MIL9WINPP2. Das Angebot kann nicht mit anderen rabattierten Produkten kombiniert werden. Es gilt nicht für bisherige Einkäufe. Gültig solange der Vorrat reicht.