

Die Bedeutung des analytischen Signals in Bildanalyse und Bildcodierung

The Importance of the Analytical Signal in Image Analysis and Image Coding

Von Gert Hauske* und Christoph Zetzsche*

Herrn Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. H. Marko zum 65. Geburtstag gewidmet

Übersicht:

Es wird gezeigt, daß die Beschreibung von natürlichen Bildsignalen mit Hilfe des (komplexen) analytischen Signals generell, besonders aber bei Texturkomponenten vorteilhaft ist. Die Rolle von Phase und Betrag des analytischen Signals bei der Bildbeschreibung wird allgemein untersucht. Ein mehrkanaliges Modellschema wird vorgestellt, das die Parameter Texturprägnanz und -unterschied analog zum menschlichen Beobachter wiedergibt. Als Anwendung ergibt sich ein effektives Codierverfahren, bei dem Phase und Betrag voneinander abhängig codiert werden.

Abstract:

The representation of natural images by means of the analytical signal has certain principal advantages particular for textural components. A multi-channel model scheme is presented which enables to describe the distinctness of the textural impression and the difference between textures in analogy with the human observer. The role of phase and amplitude of the analytical signal in image representation is considered. As a result an effective image coding scheme is derived.

Für die Dokumentation:

Bildcodierung / Bildbeschreibung / Analytisches Signal / Texturanalyse

1. Einleitung

Effektive Datenübertragung, -verarbeitung und -speicherung setzt bitsparende Codes voraus. Dies ist insbesondere bei den hohen Datenraten von Bildsignalen von größter Bedeutung. Umgekehrt findet man gerade in diesem Bereich Codes mit Kompressionsfaktoren bis zu 40:1 und mehr. Voraussetzung für derartig hohe Kompressionsfaktoren ist eine an die Statistik der Quelle und an den menschlichen Beobachter als Informationssenke angepaßte Signalbeschreibung, die es erlaubt, statistische Redundanz und beobachterbezogene Irrelevanz zu eliminieren. Es muß daher Ziel der Signalbeschreibung sein, sowohl eine für die Codierung günstige Signalstatistik zu erzeugen als auch die für den Beobachter relevanten Charakteristika herauszuarbeiten und diese bei der Codierung besonders sorgfältig zu behandeln. Gleichsam als Folge dieses Vorgehens entstehen Codierverfahren, deren Systemstruktur der des menschlichen visuellen Systems ähnlich ist und die als wesentliches Merkmal eine mehrkanalige Repräsentation der Eingangssignale beinhalten (z. B. Pyramidencodierung [1], Subbandcodierung [2]).

Ein in der jüngsten Vergangenheit besonders im Bereich der Mustererkennung sehr aktueller Aspekt der Signalbeschreibung ergibt sich aus der Verwendung des analytischen Signals [3, 4, 5]. Diese Methodik, die auf Gabor [6] zurückgeht, hatte ursprünglich zum Ziel, eine Signalbeschreibung sowohl als Funktion einer Frequenz (nicht der Fourierfrequenz, sondern der Momentanfrequenz) wie als Funktion der Zeit zu geben. Eine unmittelbare Anwendung ergibt sich z. B. bei der Analyse von Sprachlauten [7]. Dieses Konzept hat sich in der elektrischen und optischen Signal- und Systemtheorie

vielfach bewährt, denn es erlaubt eine elegante und anschauliche Darstellung komplizierter Phänomene z. B. im Zusammenhang mit Kohärenz und bei Modulationsverfahren. Die im Formalismus des analytischen Signals auftretende Hilberttransformation ermöglicht ferner die Formulierung sehr grundlegender systemtheoretischer Beziehungen im Spektrum, wie z. B. den bei kausalen Funktionen geltenden Zusammenhang zwischen Real- und Imaginärteil und den bei Minimalphasensystemen geltenden Zusammenhang zwischen Dämpfung und Phase. Ein wichtiger Gesichtspunkt der jüngeren Anwendungen des analytischen Signals betrifft die Detektion von Merkmalen und dabei insbesondere die Lösung des Mehrdeutigkeitsproblems. Viele der bekannten Verfahren liefern in diesem Zusammenhang Fehlklassifikationen, d. h. sie finden Merkmale an Orten, wo keine vorhanden sind. Zu dieser Thematik ist gezeigt worden, daß die lokale Energie (entsprechend dem Betragsquadrat des analytischen Signals) ein besseres Detektionskriterium darstellt [3, 4, 5].

In unseren eigenen Untersuchungen wurde zunächst der prinzipielle Vorteil des analytischen Signals bei der Bilddarstellung im Vergleich mit der Darstellung aus Komponenten des Fourierbereiches studiert. Dabei ergab sich, daß die Phase des analytischen Signals wichtig für die in natürlichen Bildern enthaltene Bildinformation ist. Umgekehrt findet man, daß Texturen vorteilhaft mit Hilfe des Betrags des analytischen Signals zu behandeln sind. In einem zweiten Anwendungsbeispiel wurden Codierverfahren basierend auf dem analytischen Signal untersucht. Ein wichtiges Ergebnis dabei ist, daß die Phase bei Texturen relativ grob quantisiert werden kann. Berücksichtigt man noch Abhängigkeiten zwischen Phase und Betrag, so erhält man ein effektives Codierverfahren.

* Lehrstuhl für Nachrichtentechnik der Technischen Universität München