

Diss. ETH No. 22500

Event-Based Machine Vision

A thesis submitted to attain the degree of

DOCTOR OF SCIENCES of ETH ZURICH
(Dr.sc.ETH Zurich)

presented by

CHRISTIAN PETER BRÄNDLI

MSc. Interdisciplinary Sciences ETH

born on 2. Feb. 1985

citizien of Rorbass, Zurich, Switzerland

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Tobias Delbruck

Prof. Dr. Fumiya Iida

Dr. Shih-Chii Liu

2015

Abstract

Movie cameras were originally developed to create movies for human interpreters but with the dawn of digital cameras their output is now also used for scene analysis using computers. This scene analysis is not efficient because capturing a dynamic scene with a stroboscopic sequence of image frames leads to lot of redundant information. This thesis describes a machine vision approach which relies on sensors that process information based on efficient smart pixels that create events instead of images. An overview over existing event-based vision sensors, algorithms and applications is given. The development of a novel vision sensor optimized for event-based machine vision, the dynamic and active pixel vision sensor (DAVIS) is documented in detail. Furthermore the following four algorithms are described in detail: an event-based vision algorithm for depth estimation using structured light, a novel event-based keypoint detection and description algorithm, a novel event-based, low-level line segment feature and a novel event-based video decompression algorithm for the DAVIS data.

Keywords: Event-Based, Machine Vision, Neuromorphic Engineering, Bio-Inspired, Vision, Dynamic Vision Sensor (DVS), Dynamic and Active Pixel Vision Sensor (DAVIS), Silicon Eye, Smart Pixel, High-Speed, Low-Power, High Dynamic Range

Zusammenfassung

Kameras wurden ursprünglich erschaffen um Filme für menschliche Betrachter zu kreieren, doch seit der Entstehung von digitalen Kameras werden diese Daten vermehrt gebraucht um visuelle Szenen mit Computern zu analysieren. Diese visuellen Analysen sind nicht effizient weil beim Aufnehmen einer dynamischen Szene als stroboskopische Sequenz von Bildern viel redundante Information entsteht. Diese Doktorarbeit beschreibt einen Ansatz für maschinelles Sehen der auf Sensoren beruht welche Informationen mit intelligenten Pixeln verarbeiten und sogenannte Events an Stelle von Bildern kreieren. Sie gibt einen Überblick über bestehende Event-basierte visuelle Sensoren, Algorithmen und Anwendungen. Zudem ist die Entwicklung des sogenannten visuellen Sensoren mit dynamisch und aktiven Pixeln (DAVIS) dokumentiert; dieser neuartige Sensor ist optimiert für Event-basiertes maschinelles Sehen. Des weiteren sind die folgenden vier Algorithmen im Detail dokumentiert: Ein neuer Event-basierter visueller Algorithmus für die Tiefenschätzung mittels strukturiertem Licht, ein neuartiger Event-basierter Algorithmus zur Entdeckung und Beschreibung von charakteristischen Bildpunkten, ein neuartiges Event-basiertes, einfaches Liniensegment-Merkmal und ein neuartiger Event-basierter Algorithmus zur Video-Dekomprimierung der Daten des DAVIS Sensors.