

**Hardware Centric Machine Vision for High
Precision Measurement of Reference
Structures in Optical Navigation**

ABSTRACT

Reference structures play an important role for the functionality of optical navigation systems. For an increasing number of applications there is a need for a system to measure its own position relative to a local area coordinate system. The position can be used to control a robot motion or other processes.

Firstly, a hardware centric method for real-time measurements of object's position in video is presented. The targeted application area is light spots used as references for robotic navigation. Different algorithms for dynamic segmentation are explored in combination with component labeling and COG for highest possible precision versus SNR. The image analysis algorithm was developed with a low hardware cost in focus having only one convolution operation required for preprocessing of data.

Secondly, a technique for designing reference labels that can be used for optical navigation is presented. The selection of foreground and background colors used to print the reference labels was optimized. This optimization calibrates for individual color responses among printers and cameras such that the Signal to Noise Ratio (SNR) is maximized. Experiments show slightly smaller SNR for the color labels compared to using a monochrome technique. However, the number of segmented image components is reduced significantly, up to as much as 97 percent compared to using monochrome technique. This reduction of number of image components is in turn expected to reduce the work load and memory storage requirement for the embedded electronics system.

Finally, a color symbol is suggested to be used as references for optical navigation. This symbol pattern is designed comprising out of three concentric circular rings. Inside the inner most and smallest circle is the Area of Interest (AOI) aimed to carry any arbitrary information such as its identity. The symbol can be found at a subsequent classification step by: firstly sorting all image components with respect to their COG while searching for sets of three close neighbors; and secondly, by verifying that the found neighbors have a growing size. Evaluating a variety of viewing angles and reading distances ranging from 30 to 150 degrees and from 1 to 10 meters gives a classification success rate of 72 percent of the positions.

SAMMANDRAG

Referenser är avgörande för funktionen hos ett optiskt navigationssystem. Vi ser ett ökande antal applikationer där det finns behov av ett system som optiskt kan mäta sin egen position relativt ett lokalt koordinatsystem. Position kan användas för att kontrollera en robots rörelse eller andra processer.

Först presenteras en metod för att mäta bildobjektens position i realtid. Tänkta applikationsområde är ljuspunkter som används av en robot för optisk navigation. Olika algoritmer för dynamisk segmentering i kombination med identifiering och positionsbestämning av bildkomponenter undersöks med avseende på precisionens beroende av signalbrusförhållandet. Den föreslagna mätmetoden har utvecklats med fokus på effektiv implementering i hårdvara. Endast en faltningsoperation behövs för den inledande processningen av bilder.

Därefter presenteras en teknik för att konstruera symboler som kan användas som referenser för optisk navigation. Valet av symbolens bakgrund- och förgrundsfärg optimeras vid konstruktionen. Effekten av individuella färegenskaper för kameran respektive tryckverket kompenseras för vid färgoptimeringen på så sätt att signalbrusförhållandet maximeras. Våra försök visar på en aningen lägre signalbrusförhållande vid användning av färger jämfört med att använda monokrom teknik. Den stora fördelen med att använda färgteknik ligger i att antalet bildkomponenter som genereras vid segmentering av bilden minimeras kraftigt, upp till 97 procents reduktion jämfört med monokrom teknik. Denna minskning av antalet bildkomponenter förväntas i sin tur minska kravet på lagring i elektroniksystemets minne samt att mängden efterföljande beräkningar reduceras kraftigt.

Slutligen föreslås en färgsymbol tänkt att användas som referens vid optisk navigering. Symbolen utgörs av tre koncentriska cirklar där den minsta cirkeln definierar ett område som kan användas för att exempelvis överföra information så som symbolens identitet. Den föreslagna symbolen kan identifieras i bilden vid en efterföljande klassificering: Först sorteras bildkomponenterna med avseende på dess positioner samtidigt som sökning sker efter grupperingar av tre närliggande bildkomponenter. Därefter verifieras att funna grupperingar består av bildkomponenter vars storlek växer. Genom att utvärdera ett antal observationsvinklar och läsavstånd från 30 till 150 grader och från 1 till 10 meter kunde symbolen identifieras korrekt vid 72 procent av positionerna.