

영상기반 비주얼 서보잉을 통한 장애물 통과 기법

정성구, 이한섭, 조성욱, 심현철
한국과학기술원

Obstacle Penetration technique by Image-based Visual Servoing Approach

Jung Sunggoo, Lee Hanseob, Cho Sungwook, Shim Hyunchul
Korea Advanced Institute of Science and Technology
e-mail: sunggoo@kaist.ac.kr

요 약

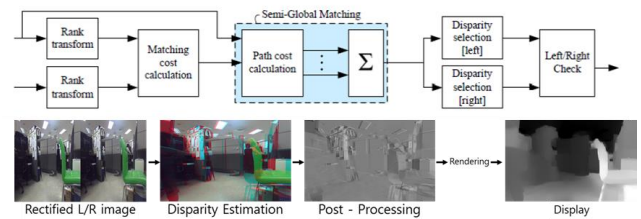
본 논문에서는 무인기의 장애물 통과 및 충돌 회피를 위한 영상처리 알고리즘을 제안하고 비행 실험을 통해 성능을 검증한 결과를 제시한다. 제안된 알고리즘은 색상 기반의 영상 처리를 통한 장애물 탐지와, 깊이 지도(Depthmap) 기반의 3 차원 거리 측정을 통한 장애물과의 충돌 및 위험 판단 알고리즘으로 구성되어 있다. 이는 장애물 통과 비행 시 카메라를 통해 획득하는 영상에서 외란의 영향을 줄이고 현재 상태에서 가장 위험도가 높은 장애물을 통과 및 회피하도록 하여, 복잡 재난 환경과 같이 복잡한 주위환경에서 보다 향상된 자율주행 성능을 보여주기 위하여 설계되었다. 본 논문에서는 제안된 영상처리 알고리즘은 실제 장애물 회피 및 통과 비행시험을 통하여 검증하였으며, 그 결과 제안된 알고리즘을 통해 효과적으로 장애물 통과 및 회피 기동을 보이는 것을 확인하였다.

1. 서론

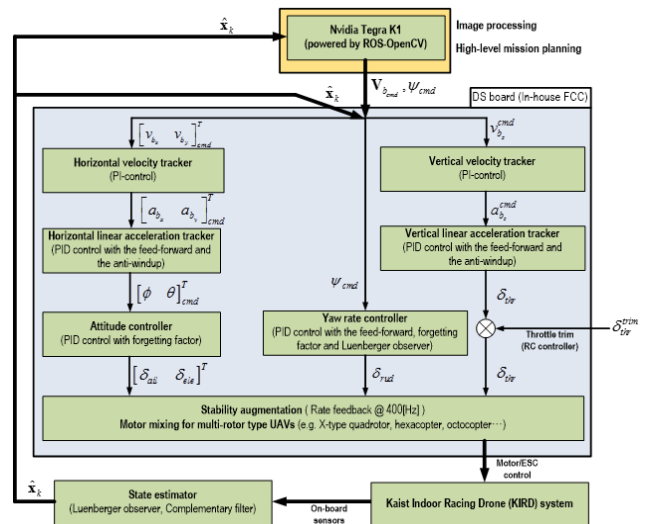
드론이라 일컫는 쿼드로터 형태의 소형 무인 비행체가 일상생활에 널리 보급됨에 따라 이를 특별한 비행훈련을 하지 않은 일반인들도 안정적으로 이용하게 하기 위한 비행 기술의 발전이 급속도로 이루어 지고 있다. 이러한 소형 무인 비행체가 안전하게 비행하기 위해서는 기본적으로 강건한 비행제어 컴퓨터의 제어 능력도 중요하지만 비행경로상에 놓여있는 장애물을 적절하게 탐지 및 회피하는 능력을 보유한다면, 보다 다양한 환경에서 사용 가능하게 할 수 있다. 이를 위해 초음파, 라이다(LiDAR) 등을 이용한 많은 연구가 이루어졌으나, 초음파의 경우 음파의 특성상 정밀하게 주변환경을 표현하기 어려운 단점이 있고, 라이다의 경우 정밀한 주변환경 표현은 가능하나 그 센서가 크고 가격이 비싼 단점이 있다. 따라서 이들의 단점을 적절히 보완한 스테레오 카메라를 이용한 연구가 활발히 진행중에 있다.

스테레오 카메라는 거리를 파악하기 힘든 단안카메라의 단점을 보완한 것으로서 평행하게 놓인 두대 카메라의 시점 차이를 통해 물체까지의 거리를 나타낼 수 있다. 이를 통해 주변환경을 깊이 지도(Depthmap)로 나타낼 수 있어 장애물 회피에 효과적이다.

본 연구에서는 Depthmap 정보와 색상 정보를 이용한 장애물 탐지 알고리즘에 대해 설명하고 이를 비행 실험을 통해 장애물 회피 및 통과 성능에 대해 검증한 결과를 나타낸다. 장애물 통과를 위해 장애물 중심점 추종 알고리즘을 사용하였으며, 비행제어 및 영상 처리를 비롯한 모든 비행 알고리즘은 온보드(on-board) 처리를 통하여 수행하였다.



[그림 1] Flow chart of Depthmap Generation



[그림 2] Guidance and Control

Depthmap 기반 장애물 회피 및 통과

Depthmap 알고리즘은 스테레오 카메라를 이용해 생성할 수 있다. 픽셀 단위의 좌측 영상을 기준으로 우측 영상의 유사도를 계산하여 정합 비용을 계산하고 계산된 결과를 1차원 동적 프로그래밍 방식으로



[그림 3] Depthmap-based Collision Avoidance Process

최적화를 통해 3X3 행렬 내의 8개의 방향을 갖는 경로를 구한다. 이를 통해 시각변위지도(disparity map)를 구할 수 있으며 이를 중간값(median) 혹은 가우시안(Gaussian) 영상 필터 알고리즘을 통해 영상을 부드럽게 만들고 상대 거리 정보에 대한 보정을 통해 최종적인 Depthmap을 생성한다. 아래에 Depthmap생성을 위한 SGM알고리즘을 개략적인 수식으로 나타내었다.

$$\begin{aligned}
 L_r(p,d) &= C(p,d) + \min[L_r(p-r,d)], \\
 &L_r(p-r,d-1) + P_1, \\
 &L_r(p-r,d+1) + P_1, \\
 &\min L_r(p-r,i) + P_2 - \min L_r(p-r,l)
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

본 연구에서 수행한 비행실험환경은 그림3과 같이 복잡 재난 환경을 모사한 장애물 환경이다. 우선적으로 장애물 검출은 사진 정보인 색상 정보를 이용하여 검출 하였고 그 결과는 그림 6에 나타내었다. 충돌 방지를 위해 Depthmap의 거리 정보를 이용하였으며, 장애물 검출을 통해 설정된 관심 영역(Region of Interest, ROI)안에 장애물이 사전에 설정된 거리보다 가까워지면 회피하도록 하였고 그 결과를 그림 7에 나타내었다.

3. 결론

본 논문에서는 GPS가 들어오지 않는 복잡한 실내 환경에서 장애물 회피 기동을 위한 알고리즘에 대해 연구 하였으며 비행 실험을 통해 만족할 만한 결과를 보이는 것을 확인하였다.

후기

본 논문은 산업통상자원부 산업기술혁신사업의 지원을 받아 수행된 연구임. (과제번호 : 10067202)

참고문헌

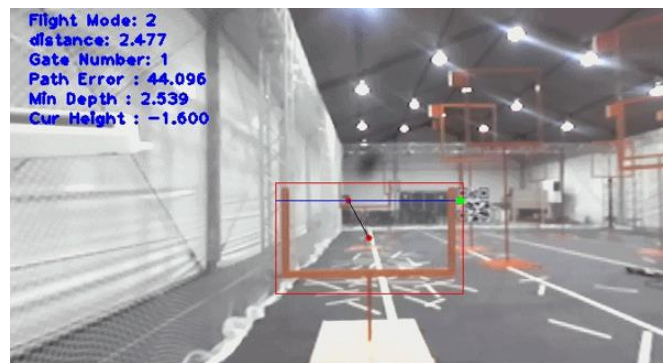
[1] RUSU, Radu Bogdan, et al. "Semantic 3D Object Maps for Everyday Manipulation in Human Living Environments." 2009. PhD Thesis. Technische Universität München.
 [2] J. W. Kim, David H. C. Shim, James R. Morrison, Tablet PC-based Visual Target-Following System for Quadrotors, Journal of Intelligent & Robotic Systems , April 2014



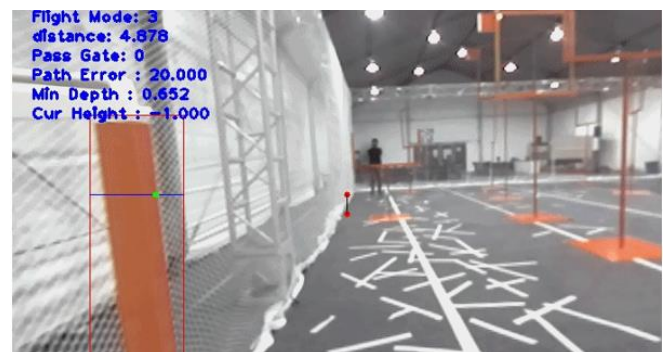
[그림 4] Flight Test Environment



[그림 5] Flight Test Vehicle



[그림 6] Obstacle Detection



[그림 7] Depthmap-based Collision Avoidance