

드론 탑재형 프로젝터 디스플레이 영역 해상도 최적화 방법

*이준형, 전병우

성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과

*ljh1041@skku.edu, bjeon@skku.edu

Display Resolution Optimization Method of A Drone Projector

*Joonhyung Lee and Byeungwoo Jeon

Department of Electrical and Computer Engineering, Sungkyunkwan University

요 약

드론 탑재형 프로젝터 시스템의 경우 비행 시 드론의 모터와 프로펠러 그리고 비행 환경에 의해 발생하는 흔들림이 그대로 프로젝터에 전달되기 때문에 프로젝터에 의해 투영된 영상에 왜곡이 발생하게 된다. 이를 보정하기 위해 센서를 통해 얻어진 드론의 비행정보 기반 투영영상 변환행렬이 적용된다. 본 논문에서는 디스플레이 영역의 해상도를 고정된 값으로 제한하는 대신 비행 환경에 따라 해상도를 결정하는 방법을 제안하고 실제 영상에 적용하였다. 실험 결과, 제안한 디스플레이 영역의 해상도 최적화 방법을 적용하는 경우 기존의 고정된 디스플레이 영역의 해상도보다 확장된 디스플레이 영역의 해상도로 운용 가능함을 관찰할 수 있었다.

1. 서론

드론과 프로젝터의 결합으로 좀 더 많은 장소에서 시각 정보제공을 받을 수 있게 되었지만, 이러한 드론 탑재형 프로젝터의 주된 문제점은 비행 시 드론의 모터와 프로펠러 그리고 비행 환경에 의해 발생하는 흔들림이 그대로 프로젝터에 전달되어 투영된 영상에 왜곡이 발생할 수 있다는 점이다. 이를 안정화하기 위한 방법으로써, 종래에 짐벌 (gimbal)과 같은 물리적 장치를 이용[1]하거나 카메라로부터 획득한 영상을 이용[2]하거나 비행정보를 사용[3]하였다.

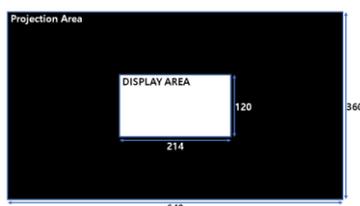


그림 1. 프로젝션 영상 구조 및 해상도

종래연구[3]에서는 드론 탑재형 프로젝터의 프로젝션 영상 안정화를 위해 영상을 사전에 변환하였는데, 이때 그림 1 과 같이 프로젝션 유효 영역 전체를 변환한다. 프로젝션 영상 안정화의 실시간성 보장을 위해 프로젝션 유효 영역의 해상도를 640×360 픽셀로 제한하였으며 투영영상의 왜곡을 보정하기 위해 디스플레이 영역의 해상도를 고정된 214×120 픽셀로 제한하였다.

본 논문에서는 드론 탑재형 프로젝터의 프로젝션 영상 안정화를 위하여 기존에 고정으로 제한했던 디스플레이 영역의 해상도를 비행환경에 따라 유동적으로 결정하여, 실시간 프로젝션 영상 안정화를 보장하면서도 영상의 해상도를 높일 수 있는 방법을 제안하고자 한다.

2. 비행정보를 이용한 디스플레이 영역 해상도 최적화 방법

종래연구 [3]에서 제안한 드론 탑재형 프로젝션 영상의

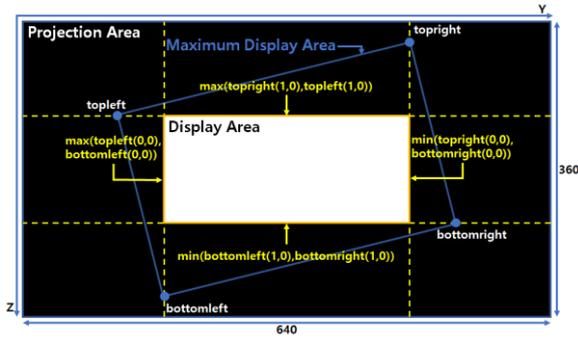


그림 2. 최적의 디스플레이 영역

안정화는 다음과 같은 호모그래피 모델로 정의되어 있다.

$$X_w \cong HX_i$$

$$\begin{bmatrix} Y_w \\ Z_w \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} & h_{13} \\ h_{21} & h_{22} & h_{23} \\ h_{31} & h_{32} & h_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y_i \\ Z_i \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

식(1)에서 H 는 호모그래피 행렬로, $h_{11} \sim h_{33}$ 은 호모그래피 파라미터이고, X_w , X_i 는 각각 왜곡된 영상과 보정된 영상의 매칭되는 공간좌표 쌍이다. 식(1)에서 H 의 역행렬을 양변에 곱하면 식(2)를 얻을 수 있다.

$$H^{-1}X_w = X_i \quad (2)$$

프로젝션 유효 영역의 꼭지점을 각각 X_w 에 대입하여 프로젝트 유효 영역을 역변환 하면 프로젝트 영상 안정화가 가능한 최대 디스플레이 영역의 꼭지점 (topleft, topright, bottomright, bottomleft)은 그림 2와 같이 얻을 수 있다.

그림 2와 같이 프로젝트 유효 영역을 역변환한 최대 디스플레이 영역에서 topright와 bottomright의 Y 좌표 중에 작은 값과 topleft와 bottomleft의 Y 좌표 중에 큰 값과의 차를 디스플레이 영역의 폭, DISPLAY WIDTH로 설정한다. bottomleft와 bottomright의 Z 좌표 중에 작은 값과 topleft와 topright의 Z좌표 중에 큰 값과의 차를 디스플레이 영역의 높이, DISPLAY HEIGHT로 설정한다.

$$\begin{aligned} \text{DISPLAY WIDTH} &= \min(\text{topright}(0,0), \text{bottomright}(0,0)) \\ &\quad - \max(\text{topleft}(0,0), \text{bottomleft}(0,0)) \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{DISPLAY HEIGHT} &= \min(\text{bottomleft}(1,0), \text{bottomright}(1,0)) \\ &\quad - \max(\text{topleft}(1,0), \text{topright}(1,0)) \end{aligned} \quad (4)$$

이때, 디스플레이 영역은 프로젝트 유효영역을 벗어날 수 없으므로 식(3)에서 min 값은 640 보다 클 수 없고 max 값은 0 보다 작을 수 없으며(식(5)) 식(4)에서 min 값은 360 보다 클 수 없고 max 값은 0 보다 작을 수 없다(식(6)).

표 1. 비행 환경에 따른 투영영상 해상도

	Roll(°) / Pitch(°) / Yaw(°) / Distance (cm) / Altitude(cm)	투영영상의 해상도
환경 1	-1.4~1.9 / -0.7~3 /	214×120
	-1.9~0.3 / 242~299 /	
	-43.2392~115.801	
환경 2	-3.7~2 / -7.8~16.1 /	514×196
	-1.5~0.9 / 137~417 /	
	-87.0126~65.2034	
환경 3	-0.2~2.5 / -1.8~4.2 /	574×300
	-2.5~4.5 / 143~154 /	
	-23.4891~11.6641	

$$\begin{aligned} \text{DISPLAY WIDTH} &= 640 - \max(\text{topleft}(0,0), \text{bottomleft}(0,0)) \end{aligned} \quad (5)$$

$$\text{DISPLAY WIDTH} = \min(\text{topright}(0,0), \text{bottomright}(0,0))$$

$$\begin{aligned} \text{DISPLAY HEIGHT} &= 360 - \max(\text{topleft}(1,0), \text{topright}(1,0)) \end{aligned} \quad (6)$$

$$\text{DISPLAY HEIGHT} = \min(\text{bottomleft}(1,0), \text{bottomright}(1,0))$$

1000 프레임동안 반복하며 디스플레이 영역의 공통된 영역을 구하기 위해 DISPLAY WIDTH, DISPLAY HIGHT의 최솟값을 디스플레이 영역의 해상도로 설정한다.

3. 실험 결과 및 분석

본 논문의 투영영상 최적화 실험을 하였고, 표 1을 보면 그 중 3가지 예시를 볼 수 있다. 환경 1과 환경 2는 동일한 날 실제 비행을 하였으며 환경 1은 종래연구[3] 방법을 사용하였고 환경 2는 제안 방법을 사용하였다. 환경 3은 작은 흔들림의 환경 조성을 위해 Ball joint 삼각대를 이용하여 실험환경을 구성하여 제안 방법을 사용하였다.

종래연구[3]에서는 투영 영상의 해상도가 214×120으로 고정적이었으나 비행환경을 통한 최적화 방법을 적용한 결과 표 1과 같이 214×120보다 큰 해상도의 영상을 투영할 수 있었다. 환경 2의 경우에는 약 3.9배 더 큰 해상도를, 환경 3의 경우에는 약 6.7배 더 큰 해상도의 결과를 얻을 수 있었다.

4. 결론

본 논문에서는 드론 탑재형 프로젝터 시스템에서 현재 비행환경을 바탕으로 디스플레이 영역의 해상도 최적화 방법을 제안하였다. 비행환경에 따라 디스플레이 해상도를 비교하였을 때, 기존방법에 따라 고정적인 디스플레이 영역의 해상도보다 비행환경을 통해 디스플레이 영역의 해상도를 결정하는 방법이 더 높은 해상도의 디스플레이가 가능했고 더 넓은 화면의 영상을 볼 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 Grand ICT 연구센터지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2020-2015-0-00742)

참고문헌

- [1] M. Kljun, K. Pucihar, M. Lochrie, P. Egglestone, "StreetGamez: A Moving Projector Platform for Projected Street Games," CHI PLAY '15, Proceedings of the 2015 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play, Oct. 2015.
- [2] Z. Li, K. H. Wong, Y. Gong, and M. Y. Chang, "An Effective Method for movable Projector Keystone Correction," IEEE Trans. on Multimedia, Vol. 13, No. 1, Feb. 2011
- [3] E. Choi, Y. Park, and B. Jeon, "A Drone-Projected Image Stabilization: Consideration of Tilt and Scaling," Proc. of IWAIT, Jan. 2020.