 Proceedings of the Optical Society of Korea Annual Meeting 2001 (2001. 2. 15~16)

스테레오 영상에서의 상의 왜곡 해석

Distortion Analysis in Stereoscopic Images

손정영, Y. Gruts, 전주환*, 반지은, 최용진, 강동훈
한국과학기술연구원 영상 미디어 연구센터
*한국과학기술원 전기 및 전자공학과
sjy@kistmail.kist.re.kr

개 요

본 논문은 스테레오 영상의 왜곡 현상을 분석하는 수학적인 해석 방법을 제안하였다. 스테레오 카메라의 중심과 투사기의 중심을 연결하는 직선이 스크린이 가지는 평면의 중심을 지나는 법선 벡터가 되고, 스테레오 카메라와 투사기의 두 렌즈의 광축이 스크린의 중심에 놓일 경우에 사진을 찍는 조건, 투영 조건 및 관측 조건에 해당하는 해석해를 유도하였다. 위 세 가지 조건에 따라 영상의 왜곡 정도가 바뀌게 되는데 왜곡을 최소한으로 만들 수 있는 조건식을 유도하였다.

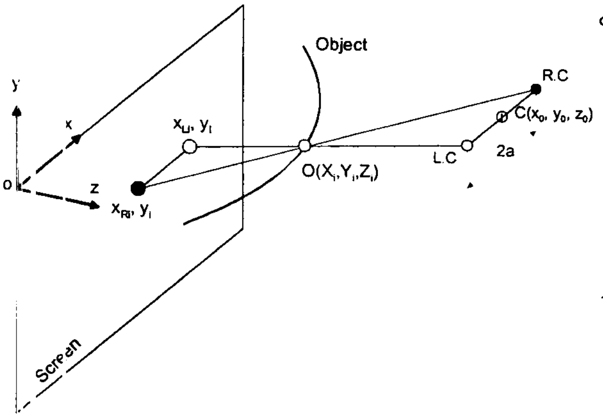
주요 검색어 : 영상, 스테레오 연산, 왜곡, 스크린

본 문

스테레오 영상에서 눈의 시차를 이용하는 방법은 사진을 찍은 방향과 다른 방향에서 볼 때, 그리고 사진이 놓인 축과 우리의 두 눈의 축이 어긋날 때에 영상의 왜곡으로 인해 눈의 피로를 주게 되는 문제점이 있다. 스테레오 영상에서의 왜곡 현상 대한 분석은 연구가 이루어져 있으나 [1], 관측자의 두 눈을 잇는 축과 스테레오 카메라가 놓인 축이 일치할 경우에만 적용될 수 있었다. 스테레오 연산[2]에 의해 임의의 거리와 방향에 있는 피사체를 스테레오 카메라 및 컴퓨터로 구현한 스테레오 영상의 각 픽셀 간 상대적인 위치를 계산할 수 있다. <그림 1>과 같이 직교 좌표계의 원점을 영상 투사 스크린의 좌측 상단부에 놓고, x , y 축을 각각 스크린 표면이 만드는 평면 상에 정의한다. 스테레오 카메라의 위치가 $C(x_0, y_0, z_0)$에 있을 경우, 피사체 위의 점 $O_i(X_i, Y_i, Z_i)$는 <그림 1>과 같이 투사 스크린 위의 한 쌍의 스테레오 영상으로 표시될 수 있다. 왼쪽과 오른쪽 눈에 각각 해당하는 투사 스크린 위의 한 쌍의 점들의 위치는 스테레오 연산에 의해 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\widehat{S_i} = \frac{A_a \widehat{O_i}}{(z_o - z_i)} \qquad (1)$$

여기에서 A_a 는 스테레오 카메라의 위치 정보를 갖는 3 X 3 행렬이다. 그리고 $\widehat{O_i}$ 는 피사체 위의 한 점을 나타내는 3 X 1 의 열 벡터이다. z_0 와 Z_i 는 각각 스칼라 값으로 두 카메라의 중심 위치 및 피사체의 z축 방향의 좌표를 의미한다.여기에서 x_{L_i} 과 x_{R_i} 는 왼쪽, 오른쪽 눈에 해당하는 스테레오 영상의 x축 방향의 좌표값이다. y_i는 스테레오 영상의 y축 방향의 좌표값이며 상수 $2a$는 두 카메라 사



<그림 1> 스테레오 영상의 좌표 표시

이의 거리 값이다.

$$\widehat{S_i} = \begin{pmatrix} x_{L_i} \\ x_{R_i} \\ y_i \end{pmatrix}, \qquad \widehat{O_i} = \begin{pmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{pmatrix}$$

그리고

$$A_a = \begin{bmatrix} z_0 & 0 & a - x_0 \\ z_0 & 0 & -a - x_0 \\ 0 & -z_0 & y_0 \end{bmatrix} \qquad (2)$$

식 (1)은 다음과 같이 식 (3)로 바꿀 수 있다.

$$\widehat{O_i} = (z_0 - Z_i)\, A_a^{-1}\, \widehat{S_i} \qquad (3)$$

영상을 보는 사람을 '관측자'라고 하면, 이 관측자의 두 눈의 중심 좌표를 $V(x_V, y_V, z_V)$로 하고 두 눈을 잇는 직선은 영상 투사 스크린과 평행할 때, 인지되는 3차원 영상 위의 점 $O_l^*(X_l, Y_l, Z_l)$는 아래의 식 (4)로 표시할 수 있게 된다.

$$\widehat{O_l^*} = (z_V - Z_l)\, A_b^{-1}\, \widehat{S_i}. \qquad (4)$$

이 때 두 눈의 거리를 $2b$ 라고 하면 행렬 A_b^{-1}는 아래의 식 (5)과 같다.

$$A_b^{-1} = \frac{1}{2bz_V} \begin{bmatrix} b+x_V & b-x_V & 0 \\ y_V & -y_V & -2b \\ z_V & -z_V & 0 \end{bmatrix} (5)$$

식 (1)을 식(3)에 대입하면, $$\widehat{O_l^*} = \left(\frac{z_V - Z_l}{z_0 - Z_i}\right) A_b^{-1}\, A_a\, \widehat{O_i} \qquad (6)$$

왜곡의 정도를 원래 피사체의 좌표와 인지되는 좌표 값의 차이를 나타내는 벡터량으로 정의하면, 왜곡의 정도 $\widehat{\Delta O}\,(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z)$ 는 아래와 같이 표시된다.

$$\widehat{\Delta O} = \widehat{O_l^*} - \widehat{O_i} \qquad (7)$$

여기에서 왜곡을 최소로 하는 관계식을 유도할 수 있는데, 아래의 식(8)과 같다.

$$x_V = \frac{a}{b} x_0 - \frac{a-b}{b} X_i, \quad y_V = \frac{a}{b} y_0 - \frac{a-b}{b} Y_i, \quad z_V = \frac{a}{b} z_0 - \frac{a-b}{b} Z_i \quad (8)$$

참고 문헌

[1] D. B. Diner and D. H. Fender, Human Engineering in Stereoscopic Viewing Devices, Plenum Press, New York, (1993)

[2] V. Gruts, Stereoscopic Computer Graphics, Naukova Dumka, Kiev, Ukraine, (1989)