
조명 정보를 이용한 얼음의 투명도 측정

배정호*, 박민찬**, 이재근**, 차의영*

*부산대학교 컴퓨터공학과

**부산대학교 기계공학과

Luminance based transparency measurement for ice

*Jungho Bae · **Minchan Park · **Jaekeun Lee · *Eui-young Cha

*Dept of Computer Engineering, Pusan National University

**Dept of Mechanical Engineering, Pusan National University

E-mail : jungho@live.com

요 약

얼음의 경우 주변의 압력, 습도 등의 환경에 따라서 결빙점이 달라지는데 얼음의 투명도를 측정함으로써 얼음의 결빙 과정을 유추할 수 있고 얼음의 밀도 등의 특징을 파악하는데 도움이 된다. 본 논문은 이미지 상에 포함되어 있는 얼음의 투명도를 측정하는 방법을 제시하고자 한다. 얼음이 포함된 이미지를 먼저 CIEL*a*b* 색 공간으로 변경한 후, L* 값의 평균과 RMS(Root Mean Square) Contrast를 조합해서 얼음의 투명도를 측정하는 지수를 만들었다. 얼음 이미지의 경우 Wever Contrast나 Michelson Contrast 등 기존의 컨트라스트 비교에 비해 훨씬 만족할만한 성능을 보여주었다.

ABSTRACT

The freezing point would be different as the atmospheric pressure and humidity change. So if we can measure the transparency of ice, it should be easy that we approximate a freezing process and estimate the density of ice. This paper presents the method for estimating the transparency of ice in images. First, ice images are mapped to the CIEL*a*b* color space, and we make a new index for the ice transparency by using the average of L* and RMS(Root Mean Square) Contrast. In this case, the new index is better than the other existing method, i.e, Weber contrast, and Michelson contrast

키워드

Ice, Transparency, CIELAB, Michelson contrast, RMS

1. 서 론

우리가 흔히 일상생활에서 쓰는 얼음은 액체 상태에서 고체 상태로 결빙이 되는 동안에 압력, 습도, 액체 내의 불순물 등의 환경적인 요인에 따라서 결빙점이 달라진다[1]. 물의 경우 보통 0°C

근처에서 빙점이 형성되는데 윗면과 가장자리부터 순차적으로 결빙하기 때문에 만약 냉동기 내에서 적절한 환경을 제공하지 못한다면 물 내부의 불순물이나 주변 환경의 작용으로 결빙된 얼음의 내부엔 기포 같은 불순물로 채워지게 된다. 투명한 얼음의 경우 시각적인 효과와 함께 상대



그림 1. 투명도에 따른 얼음과 막대

적으로 치밀한 조직성을 띄므로 불투명한 얼음에 대비 잘 녹지 않으며 가격 경쟁력을 갖추는 등의 장점이 존재한다. 하지만 아직 가정용 냉장고에서 이런 투명한 얼음을 만들 수 있는 제품은 없으며 얼음의 투명도를 측정할 수 있는 방법에 관한 연구 또한 전무한 실정이다.

이에 본 논문에서는 제빙 환경에 따라 다르게 결빙된 얼음들을 비교하고 얼음의 투명도를 측정하는 방법론을 제시하고자 한다.

II. CIEL*a*b* 공간 변환

순수한 물로만 결빙된 얼음의 경우 조직의 치밀함에 따라서 흰색에서 투명한 색까지의 분포를 띄는 경향이 있기 때문에 본 논문에서는 RGB 색 공간상의 이미지를 CIEL*a*b* 색 공간으로 변환하도록 한다. CIEL*a*b* 색 공간에서 L*은 명도(Luminance)를 나타내며 본 논문에서 사용하는 얼음 이미지의 경우 L* 값으로 변환하여도 시각적인 차이가 미미하지만 무채색 부분을 다루기 때문에 비교하기에 용이하다[2]. 관찰하는 얼음의 투명도를 측정하기 위해서 그림 2와 같이 제빙하는 얼음의 중간에 금속으로 된 막대가 존재한다.



그림 2. 결빙된 얼음과 막대

그림 1은 투명도를 측정하기 위해서 유효한 부분만을 크롭한 사진이다. 그림 1에서와 같이 얼음의 투명도가 낮아짐에 따라서 기포가 많이 보이며 금속 막대도 잘 보이지 않는다.

III. 관련 컨트라스트 지수 비교

얼음의 투명도를 비교하기 위해서 알려진 컨트라스트 지수 들을 사용해보았다. 먼저 Michelson Contrast 지수는 대표적인 컨트라스트 측정 방법 중 하나로써 이미지 내에서 밝기가 가장 높은 값과 낮은 값의 차이를 이용한 지수이며 아래와 같이 표현된다.[3] I_{max} 와 I_{min} 은 각각 최대, 최소 밝기 값이다.

$$C_m = \frac{(I_{max} - I_{min})}{I_{max} + I_{min}} \quad (1)$$

RMS(Root Mean Square) Contrast 지수[4]는 이미지의 표준 편차 값으로 컨트라스트를 측정하는 지수 방법이다.

$$C_r = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (I_i - \bar{I})^2} \quad (2)$$

위의 식(2)에서 I_i 는 이미지 내 픽셀의 L* 값, \bar{I} 는 전체의 밝기에 대한 평균값이며 N 은 이미지 전체 픽셀의 개수를 뜻한다.

아래 그림 3은 Michelson, RMS Contrast와 이미지 전체의 평균값에 대한 그래프이다.

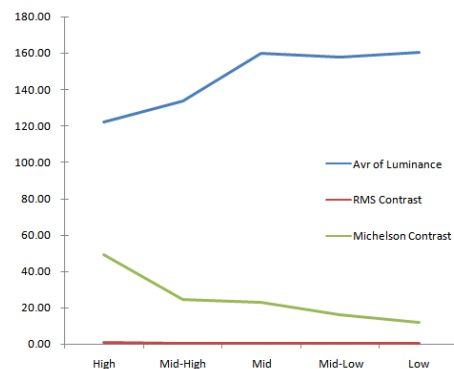


그림 3. 얼음의 투명도에 따른 컨트라스트 지수들의 변화량

위의 그림 3의 그래프를 보면 얼음의 불투명해질

수록 이미지의 평균값은 올라가지만 Michelson Contrast 지수는 감소하는 경향을 보인다. RMS Contrast의 경우 아주 미미하게 감소하는 경향을 보여주었다. 위의 세 가지 지수들의 경우 투명도의 변화에 따라 전체적인 방향에선 일관된 모습을 보여주고 있지만 구간 대비 변경 치에서는 균등한 증감량을 보여주지 못하고 있다.

IV. 제안하는 측정 지수

앞 장에서 언급했듯이 세 가지 관련 지수의 경우 대략적인 흐름에선 일관된 모습을 보여주었지만 투명도에 대한 지수로 쓰기엔 균등하지가 못했다. 이에 본 논문에서는 관련 지수들을 이용, 얼음의 투명도에 대한 지수를 제시하고자 한다.

새로운 지수를 사용하게 위해서 본 논문에서는 기존 지수들의 분포를 분석하고 몇 가지 가정을 만들었다. 먼저 얼음의 불투명도가 증가함에 따라서 비슷하게 하락하는 추세를 보여준 RMS Contrast 지수와 L^* 값의 평균값을 이용하였고 비교의 편의성을 위해서 100~0의 범위로 값을 부여하는 방식을 이용하였다.

$$C_n = \frac{C_{Avr}}{C_r} \quad (3)$$

$$C_{Normalized} = \frac{C_n - C_{n,min}}{C_{n,max}} * 100 \quad (4)$$

식(3)은 식(2)의 RMS Contrast 지수 대비 밝기의 평균값을 이용한 얼음의 투명도에 대한 새로운 지수이며 식(4)의 $C_{Normalized}$ 는 식(3)의 C_n 을 노멀라이즈한 지수이다. $C_{n,min}$ 은 측정된 C_n 중 가장 작은 값이며 $C_{n,max}$ 는 측정된 가장 큰 C_n 값이다.

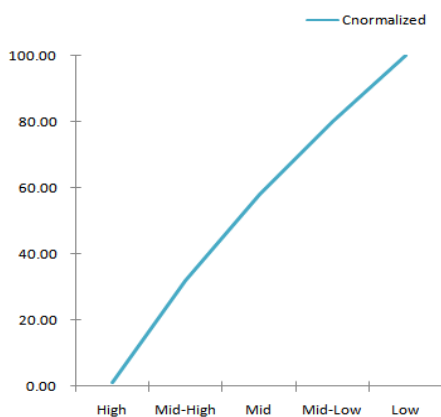


그림 4 얼음의 불투명도에 대한 $C_{Normalized}$ 그래프

그림 4는 본 논문에서 제안하는 C_n 의 정규화된 $C_{Normalized}$ 를 실험한 그래프이다. 투명도에 대한 측

정 편의성을 위해서 실험한 얼음 이미지들 중 가장 투명한 이미지를 0, 가장 불투명한 얼음 이미지를 100으로 정했다. 그래프에서 보이는바와 같이 그림 3의 다른 지수들과는 달리 선형적인 변화를 보여주고 있기 때문에 $C_{Normalized}$ 는 얼음의 불투명도에 대한 적절한 지수로 제안한다.

V. 결론

본 논문에서는 이미지의 밝기 정보를 이용, 결빙된 얼음의 투명도를 측정하기 위해 기존의 지수들을 비교하고 투명도 측정 지수를 새롭게 제안하였다. 본 논문에서 제안하는 얼음 투명도에 대한 측정 지수가 유효하다면 얼음의 결빙 과정이나 얼음의 밀도 등을 파악하는데 유용한 도움이 될 것이라고 생각한다.

참고문헌

- [1] Shakespeare. Ice Formation in Biological Medium. Springer: 17-35, 2008
- [2] Minutes of the Thirty-First Meeting of the Board of Directors of the Optical Society of America, Incorporated, J. Opt. Soc. Am. 38, 651-651, 1948
- [3] A. A. Michelson, Studies in Optics. U. Chicago Press, Chicago, Ill. 1927
- [4] E. Peli. Contrast in Complex Images. Journal of the Optical Society of America A 7 (10): 2032 - 2040, 1990.