

GPU를 이용한 빛의 파장에 따른 7색 분산 연구

The Development of wavelenth of light 7Color dispersion using GPU

곽용식, 류승택*
한신대학교, 한신대학교*

Gwak yong-sik, Ryoo seung-taek*
Hanshin Univ., Hanshin Univ.*

요약

빛은 여러 파장으로 이루어져 있으며, 이러한 빛이 파장에 따라서 나누어지는 것을 분산 현상이라고 한다. 실제로 프리즘 실험과 무지개가 보여지는 원리도 분산현상의 한 예이다. 분산현상을 표현하는 방법중에 하나인 RGB 삼색 분산방법은 빛의 분산현상을 자세하게 표현할 수 없다. 본 연구에서는 이러한 RGB 분산방법의 문제를 해결하기 위해, 빛의 가시광선 영역에서 무지개의 대표적인 7가지 색상에 대한 파장을 가지고서 분산을 해 보았다. 이를 통해 3색분산보다 나은 스펙트럼 표현이 가능하였다.

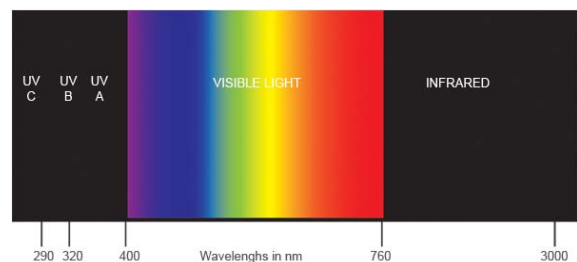
Abstract

Dispersion depending on the wavelength of light that is divided ,composed of multiple wavelengths of light.Prism and the rainbow is a visible example of the principle of distributed phenomena. RGB 3 Color Dispersion is can't be expressed in detail. 7 kinds of colors of the Visible light area was distributed, this research to solve the problem of how to distribute these to RGB.The spectral representation for 3 Color Dispersion,

I. 서론

우리가 색을 인식하기 위해선 빛을 받은 개체가 반사한 빛이 시신경을 자극해 그 빛을 컬러로 인식 한다. 이렇게 빛은 색을 인식하는 중개 역할을 하게 되는데, 이러한 빛은 집안에서의 조명이나, 태양빛을 예로 들 수가 있다. 태양빛은 그림1과 같이 우리가 눈으로 볼 수가 있는 가시광선과, 적외선, 자외선 등의 눈에 보이지 않는 빛들을 모두 가지고 있다. 이러한 빛을 프리즘에 통과를 시키게 되면 가시광선영역의 파장에 따라서 색상이 나누어지는 것을 확인할 수가 있는데 이러한 것을 스펙트럼(Spectrum)이라고한다. 이렇게 빛이 여러 가지 색상으로 나뉘게 되는 것은 빛의 파장에 따라 굴절률의 차이가 있기 때문인데, 이러한 현상을 분산현상이라고 한다. 대표적으로 예를 들 수 있는 것으로 비가 온 이후에 관찰 할 수 있는 무지개가 있다. 본 연구에서는 분산현상을 표현하기 위해 연산시간을 줄일수 있는 GPU를 이용하여 분산현상을 표현하는 방법중 하나

인 RGB 3색분산 보다 더 나은 분산표현을 위하여 3색이 아닌 가시광선영역의 파장중 대표적인 무지개의 7색(빨, 주,노,초,파,남,보)으로 나누는 방식을 선택하였다.

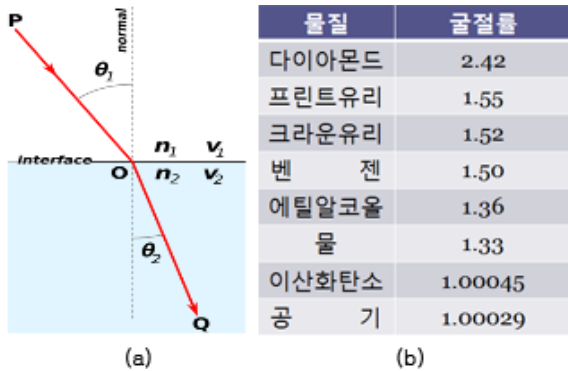


▶▶ 그림 1. 가시광선 영역

II. 관련연구

2.1 빛의 분산 원리

분산 현상은 빛이 나아가는 곳에 서로 다른 매질이라 하는 전달 매개체가 있을 때 발생하게 된다. 이것은 각 파장에 따라서 서로 다른 매질의 경계면에서 굴절이 이루어 지게 된다. 이러한 현상은 물질마다 굴절률이 틀리기에 가능한 것이며, 그림2와 같이 빛은 서로 맞닿아 있는 매질을 통과할 때 매질마다 광속이 다르게 되어 휘게 된다.[4]

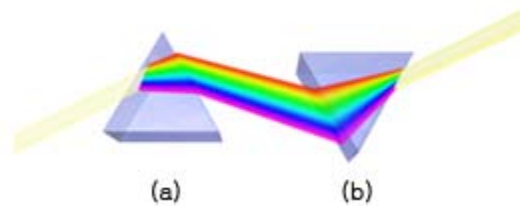


▶▶ 그림 2. 분산 원리(a. 스넬의 법칙원리, b.매질별 굴절률)[4]

2.2 빛의 분산 현상

2.2.1 프리즘

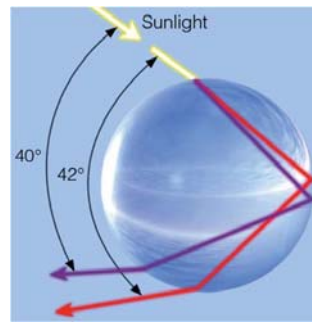
그림3와 같이 빛을 프리즘에 비추 었을때 그 빛은 공기와 프리즘, 서로 다른 매질이 맞닿아 있어 빛은 두 번의 굴절을 이루게 된다. 이때 빛에 있는 각자의 파장의 길이에 따라서 색이 나누어 지게 되는데, 파장이 짧을수록 굴절률이 작으며(빨간색), 파장이 길수록 굴절률이 커(보라색), 빨간색부터 보라색까지의 연속적인 스펙트럼 현상을 확인할수 있다. 또한 한번 나누어진 빛은 역분산을 통하게 되면 다시 하나로 합쳐져서 백색광으로 돌아가는 것을 빛의 특성을 볼 수가 있다.



▶▶ 그림 3. 프리즘 분산현상 (a.분산, b.역분산)[8]

2.2.2 무지개

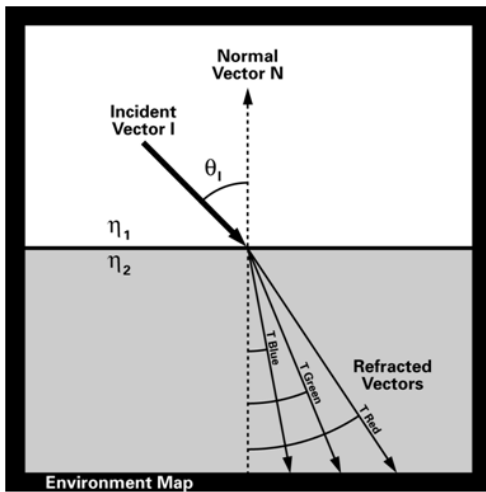
프리즘에서와 같이 물방울 내에서도 그림4와 같이 두 번의 굴절이 이루어 지게 되는데 한 가지 추가로 이루어지는 것은 한번의 반사가 더 이루어 진다는 것이다. 이런 물방울내에서의 반사와 굴절을 통해 태양광에서 보라색(40°)에서 빨간색(42°)사이의 파장을 가지고 있는 색상들로 나누어 지게 되는데 이것을 통해 무지개를 관찰할수 있다. 한 물방울 내에서 색깔은 여러개로 나뉘어 지지만 우리눈에 들어오는 것은 한 물방울에서 한 가지 색상뿐이 들어오지 않는다. 이로 인해 여러사람이 무지개를 관찰한다 했을대 그것은 한 무지개를 여러사람이 관찰하는것이 아닌 자기 고유의 무지개를 관찰한다고 할수 있다.



▶▶ 그림 4. 무지개에서의 분산원리[6]

2.3 RGB를 이용한 3색분산

빛이 분산되는 현상을 구현하기 위해서 자연현상에서 처럼 가시광선내의 모든 파장에 따른 분산이 아닌 R(Red), G(Green), B(Blue) 모델을 이용하여 각각의 굴절률에 따라서 색을 분산 하여야 한다. 그림5은 이처럼 RGB 3색만을 사용하여 분산을 하는 과정을 나타내고 있다. 서로 다른 매질인 N1과 N2의 경계면에 빛이 입사하게 되면 스넬의 법칙에 의해서 빛은 굴절 게 된다. 이 방법은 빛의 파장별로 나누는 것이 아닌 RGB의 3가지 색상으로 나누게 되는데, 여기서 각 색상별 굴절률을 다르게 주어 색분산을 표현하게된다. 이것은 R,G,B의 3색만을 가져오기에 제대로된 분산을 표현하는데 어렵다는 단점이 있다.



▶▶ 그림 5. RGB 3색 분산 이론

Ⅲ. 빛의 파장에 따른 색분산 연구

3.1 빛의 스펙트럼 분산

3.1.1 빛의 파장별 굴절률

빛은 프리즘 실험을 통해서, 파장의 길이에 따라 굴절률이 틀리다는 걸 알 수 있다. 이에 본 연구에서는 스펙트럼을 관찰할수 있는 영역인 380nm~780nm에서 7가지의 대표 파장을 정해, 표1과 같이 굴절률을 결정했다.

표 1. 파장별 굴절률[7]

Color	파장 (nm)	굴절률 (1.515~1.582)
Red	780-622	1.515
Orange	622-597	1.536
Yellow	597-577	1.547
Green	577-492	1.550
Blue	492-455	1.564
Purple	455-420	1.578
Purple	450-380	1.582

3.1.2 파장별 색상의 가중치

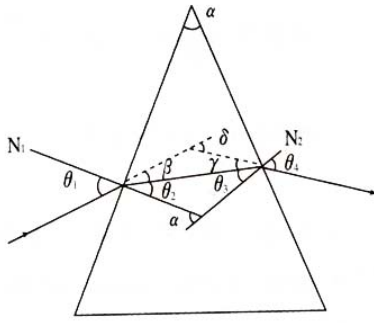
색상을 표현하는 RGB모델은 최대값을 255로 하여 3가지 색을 혼합하여 색을 나타내게 된다. 하얀색의 경우 가산혼합에 의해서 세 색상을 모두 합했을때 나타나게 된다. 실제로 흰색은 모든 파장을 반사해 우리눈이 흰색으로 인식하는것이다. 그리하여 가중치가 (1,1,1)이 되었을때 흰색이된다고 가정 하에 7색의 가중치를 표2와 같이 정하였다. 여기서 모든 가중치의 합에대한오차값은, Red, Green, Blue이 RGB모델을 이루는 이므로 각각 더해 총합을 1로 만들었다.

표 2. 색상별 가중치

색상	RGB	가중치		
		R	G	B
Red	(255, 0, 0)	0.263 +0.002	0	0
Orange	(255,165,0)	0.263	0.244	0
Yellow	(255,255,0)	0.263	0.377	0
Green	(0,255,0)	0	0.377 +0.002	0
Blue	(0,0,255)	0	0	0.497 +0.001
Purple	(75, 0, 130)	0.077	0	0.253
Purple	(128, 0, 128)	0.132	0	0.249
합계	(968,675,513)	0.998	0.998	0.999
		1	1	1

3.2 프리즘 공식

실제 파장이 이루어지는 굴절률은 값이 크지 않기에 실험에 의한 실제 굴절률을 대입 해보면, 한번의 굴절에 의해서는 분산현상을 관찰하기가 쉽지가 않다. 프리즘실험으로 스펙트럼을 관찰할수 있는것도, 두 번의 굴절을 통해 그 굴절률이 커져서 관찰에 용이 할만큼 분산이 이루어지기 때문에 가능 한 것이다. 이에, 프리즘에서는 그림7과 같이 입사각과 굴절률, 프리즘의 정각을 알면 꺾임각을 통해 2차 굴절에 대한 경로를 알수가 있다.

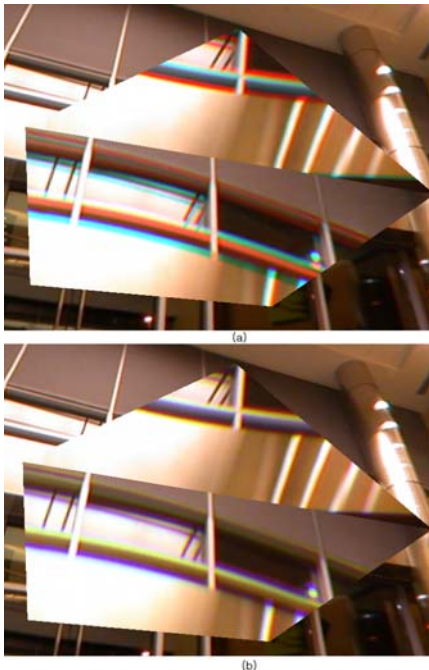


▶▶ 그림 7. 프리즘에서의 광경로 [1]
 (δ : 꺾임각, θ_1 : 입사각, θ_4 : 입사각, α : 정각)

$$\begin{aligned} \delta &= \theta_1 + \theta_4 - \alpha & (2) \\ n_0 \sin \theta_1 &= n \sin \theta_2 \\ \theta_4 &= \sin^{-1} \left(\frac{n \sin \theta_3}{n_0} \right) \\ \theta_3 &= \alpha - \theta_2 \\ \theta_2 &= \sin^{-1} \left(\frac{\sin \theta_1}{n} \right) \\ \theta_4 &= \sin^{-1} \left[n \sin \left[\alpha - \sin^{-1} \left(\frac{\sin \theta_1}{n} \right) \right] \right] \\ \delta &= \theta_1 - \alpha + \sin^{-1} \left[n \sin \left[\alpha - \sin^{-1} \left(\frac{\sin \theta_1}{n} \right) \right] \right] \end{aligned}$$

IV. 구현결과

본 연구에서는 7색을 분산하여 가중치를 합하는 방식으로 분산현상을 표현하였다. 3색분산과 비교 하기 위하여, 7색의 굴절률 중 3색의 굴절률을 적용하여, 분산 결과를 그림8과 같이 비교해 보았다.



▶▶ 그림 6. (a) RGB 3색분산 (b) 7색 분산

V. 결론 및 향후 연구

본 연구에서는 기존의 RGB 3색 분산에서의 정확하지 않은 스펙트럼표현의 문제점을 해결 하고자, 3색이 아닌 파장에 따른 대표적인 7가지 색상을 사용 하였다. 빛이 프리즘에서 나누어지는 분산 원리를 이용하여, 가시광선 영역 내에 있는 여러 파장들중 우리가 알고 있는 무지개의 7색깔(빨,주,노,초,파,남,보)을 정했다. 7색에 해당하는 파장의 굴절률을 다르게 주어 프리즘 공식을 이용한 2번의 굴절을 한 결과를 가지고, 가중치를 두어 색을 혼합하였다. 3색분산보다 분산 현상이 사실에 가깝게 표현되는것을 알수 있었다. 이 연구를 통해 빛에 대한 분산 현상인, 무지개를 표현하는데 한걸음 더 나아갈수 있게 되었다. 본 연구는 차후, 프리즘에서 나누어진 빛이 분산되어 스펙트럼 현상을 관찰할수 있도록 Chromatic Photon Mapping을 하고자 한다.

■ 참고 문헌 ■

- [1] 한국광학회 대구경북지회, "광학의 기초", 두양사, 2003
- [2] Fernando, "The Cg Tutorial", Addison-Wesley Professional, 2003
- [4] Snell's law, <http://en.wikipedia.org/>
- [5] Prism(optics), <http://en.wikipedia.org/>
- [6] Weekend Diversion: Rainbows, <http://startswithabang.com/>
- [7] Index of Refraction of Glass, , <http://hypertextbook.com/facts/2005/JustinChe.shtml>
- [8] Molecular Expressions, <http://micro.magnet.fsu.edu/optics/lightandcolor/sources.html>