

# 오차 역전파 알고리즘을 이용한 분광 반사값과 XYZ 값에 대한 스캐너의 칼라 보정 비교

김홍기, 강병호, 한규서, 윤창락, 김진서, 조맹섭  
전자통신 연구원 휴먼 컴퓨팅 연구부

## Comparison of Color Reproductions on Scanner with Spectral Reflectance Value and XYZ using Error Back Propagation

Hong-Kee Kim, Byung-Ho Kang, Kyu-Seo Han, Chang-Rak Yoon,  
Jun-Seo Kim, Maeng-Sub Cho  
Human Computing Department  
Electronics and Telecommunications Research Institute

### 요 약

스캐너를 가지고 이미지를 스캔하면 RGB 값을 얻는다. 이 RGB 값은 스캐너의 빛을 인지하는 소자들의 하드웨어적인 특성이 더해진 장치 의존적인 값이다. 그래서 RGB 값은 왜곡된 칼라 정보를 가지고 있다. 그러므로 칼라 보정을 하기 위해서는 장치 독립적인 값으로 변환해야 한다. 본 논문에서는 장치 독립적인 값을 구하기 위해서 칼라 샘플들을 XYZ로 재측한 값과 400nm에서 700nm 사이의 파장을 재측한 분광 반사값(Spectral reflectance value)을 가지고 스캐너의 칼라 보정을 구현하였다. 구현 방법으로는 신경회로망의 오차 역전파(Error Back Propagation) 알고리즘을 사용하였고 두 가지의 데이터를 가지고 실험했을 때의 결과와 장단점을 비교하였다

### 1. 서 론

칼라 입출력 장비들을 이용할 때면 고유의 하드웨어적 특성으로 인해 색이 왜곡되는 현상이 나타나게 된다. 이에 칼라 정보물 이용하는 여러 응용분야에서는 칼라 조절 및 칼라 예측등의 기술적 관심을 불러 일으키고 있다 [1]. 이러한 색의 왜곡을 극복하려는 방법중의 하나인 장비 특성화 기법은 칼라 입출력 장비들에 대한 장비 의존적인 칼라 공간을 장비 독립적인 칼라 공간으로 변환시켜 칼라의 보정을 하려는 방법이다. 본 논문에서는 스캐너를 가지고 특성화 기법을 사용하여 장비 의존적인 칼라 공간을 장비 독립적인 칼라 공간으로 변환하였다 사용된 방법은 신경회로망의 오차 역전파 알고리즘 [2]을 이용하였고, 입력값으로는 RGB를, 목표값으로는 XYZ와 16개의 분광 반사값을 가지고 학습을 시켰다. 결론에서 학습후의 결과를 비교 분석한다.

### 2. 시스템의 구조 및 구성

스캐너의 칼라 보정을 하기 위해서는 스캐너의 특성이 담긴 데이터가 필요하다 본 실험에서는 모집단으로서, 264개의 칼라 샘플로 이루어진 IT8 차트를 스캐닝하여 RGB값을 얻었다. 보정을 위한 목표값으로는 IT8을 측정기로 측정하여 각각의 샘플에 대해 장비 독립적인 XYZ를 얻었다. 또한 동일한 칼라 샘플을 측정기로 측정하여 400nm에서 700nm 사이 20nm 간격의 16개의 분광 반사값을 얻었다. 장비 의존적인 칼라 값을 장비 독립적인 칼라 값으로 변환하는 작업은 오차 역전파 알고리즘에서 한다. 오차 역전파 알고리즘은 RGB를 입력값으로, XYZ와 16개의 분광 반사값을 목표값으로 받아서 학습을 한다 중간층의 수는 초기에 2개로 하여 각각 10개씩의 노드를 가지도록 하여 실험을 하였고 보다 나은 결과를 얻기 위해서 오차 역전파 알고리즘의 구조를 변동시키는 실험을

하였다. 테스트 테이터는 모집단에서 168개의 샘플을 추출하였고 그 외는 24, 33, 42, 60, 96 개의 샘플로 이루어진 5개의 학습 테이터 군을 만들었다.

3. 실험 및 결과

첫 번째 실험은 오차 역전과 알고리즘을 이용한 스캐너의 RGB에서 XYZ로의 변환이다. 오차 역전과 알고리즘은 RGB를 받는 입력층과 XYZ를 받는 출력층에 각각의 3개의 노드로 구성된다. 초기 중간층은 2개로 쌓았고 각각은 10개의 노드로 구성된다. 노드와 노드사이의 연결강도는 -1과 1사이의 임의의 수로 두었다. 오차 역전과 알고리즘은 입력층에서 값을 받아서 상위층으로 전달하면서 출력층의 값과 목표값과의 차이(error)를 산출한다. 이 산출된 차이값은 역으로 출력층에서 입력층으로 전달되면서 노드사이의 연결강도를 변화시킨다. 이런 작업을 반복하게 되면 오차 역전과 알고리즘은 학습을 하게 되는데 학습 후에는 목표값이 나오게 된다. 본 실험은 첫 번째로 학습 테이터를 결정하고, 다음은 중간층의 수를 결정한다. 그리고 각각의 중간층의 노드의 수를 변동시키며 구조를 바꿈으로써 좋은 결과를 얻도록 하였다. [표 1]은 각각의 학습 테이터를 학습하고 난 후에 테스트 테이터를 가지고 테스트한 결과이다.

Data	ΔE*Lab	ΔECMC
24	4.94	3.95
33	5.56	4.23
42	3.27	2.37
60	3.91	2.83
96	3.02	2.33

[표 1] 학습 테이터의 결정

학습 테이터가 96 개일 때 가장 좋은 결과를 얻었기 때문에 다음 [표 2]와 같이 샘플 수가 96 개일 때 중간층의 수를 변동시키는 실험을 하였다.

Hidden Layer	ΔE*Lab	ΔECMC
1	2.64	1.96
2	3.02	2.33
3	144.68	141.76

[표 2] 중간층의 수 결정

[표 2]의 결과, 중간층이 1개일 때 가장 좋은 결과를 냈고 중간층이 3개일 때는 제대로 학습을 못하였다. 그래서 다음 실험으로 학습 테이터와 중간층의 수를 고정시키고 중간층 노드의 수를 변동시켜서 [표 3]과 같이 10 개

일 때 ΔE\*Lab 2.64 를 얻었다.

Nodes	ΔE*Lab	ΔECMC
4	6.90	5.04
5	6.24	4.81
6	4.37	3.07
7	4.09	2.74
8	4.01	2.79
9	3.18	2.31
10	2.64	1.96
11	3.47	2.38
12	3.09	2.20
13	2.89	2.03

[표 3] 중간층 노드의 수 결정

두 번째 실험은 오차 역전과 알고리즘을 사용하여 RGB에서 분광 반사값으로의 변환에 관한 실험이다. 오차 역전과 알고리즘은 입력값으로 RGB를 얻고, 목표값으로 계측된 칼라 샘플당 16 개의 분광 반사값을 가지고 학습한다. 이 16 개의 분광 반사값은 400nm에서 700nm 사이에 20nm 간격으로 존재하는 값이다. 학습이 끝난 후에 분광 반사값은 ASTM E308 테이블[5]의 분광 에너지값(S(λ))과 칼라 매칭함수값(x(λ),y(λ),z(λ))을 가지고 다음 [식 1]을 이용하여 XYZ로 변환할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 X &= k \int_{\lambda} R(\lambda) S(\lambda) x(\lambda) d\lambda \\
 Y &= k \int_{\lambda} R(\lambda) S(\lambda) y(\lambda) d\lambda \\
 Z &= k \int_{\lambda} R(\lambda) S(\lambda) z(\lambda) d\lambda \\
 k &= 100 / \int_{\lambda} S(\lambda) y(\lambda) d\lambda
 \end{aligned}$$

...[식 1]

[표 4]는 분광 반사값을 가지고 첫 번째 실험과 동일하게 한 내용으로 학습 테이터를 결정하는 실험이다.

Data	ΔE*Lab	ΔECMC
24	1.05	3.26
33	3.27	2.89
42	2.34	1.95
60	2.42	1.76
96	2.49	2.02

[표 4] 학습 테이터의 결정(분광 반사값)

다음 [표 5]는 학습 테이터를 42 개로 고정시키고 중간층의 수를 변화시킨 실험으로 중간층이 2개일 때 가장 좋은 결과를 얻었다.

Hidden Layer	$\Delta E^*_{Lab}$	$\Delta E_{CMC}$
1	3.06	2.54
2	2.34	1.95
3	3.72	3.10

[표 5] 중간층의 수 결정(분광 반사값)

다음은 학습 데이터를 42 개로 하여, 중간층 2 개의 노드의 수를 같은 수로 변화 시키면서 한 실험이다.

Nodes	$\Delta E^*_{Lab}$	$\Delta E_{CMC}$
4	3.99	3.14
5	5.30	4.35
6	3.63	2.92
7	3.25	2.58
8	3.01	2.47
9	2.63	2.24
10	2.34	1.95
11	2.27	1.72
12	2.75	2.10
13	2.60	2.11

[표 6] 중간층 노드의 수 결정(분광 반사값)

중간층의 노드가 11, 11 일 때 가장 좋은 결과를 냈으므로 다음 실험은 각 각의 노드의 수를 변동시키는 실험이다.

Node (2 <sup>nd</sup> )	$\Delta E^*_{Lab}$	$\Delta E_{CMC}$	Node (1 <sup>st</sup> )	$\Delta E^*_{Lab}$	$\Delta E_{CMC}$
4	3.41	2.88	4	3.34	2.81
5	3.08	2.60	5	3.77	3.07
6	3.12	2.53	6	2.90	2.40
7	2.79	2.21	7	2.69	2.19
8	2.62	2.09	8	2.32	1.79
9	2.91	2.21	9	2.52	2.05
10	2.90	2.44	10	2.21	1.85
11	2.27	1.72	11	2.27	1.72
12	2.50	2.00	12	2.56	2.02
13	2.89	2.30	13	2.57	2.10

[표 7] 각각의 중간층 노드의 수 결정(분광 반사값)

[표 7]의 왼쪽 3 개의 열은 첫 번째 중간층의 수를 11로 고정 시키고 두 번째 중간층 노드의 수를 변동시켜 실험한 내용으로 11 개일 때 가장 좋은 결과를 내었다 그래서 두 번째 중간층 노드를 11 개로 고정시키고 첫 번째 중간층 노드를 변동시켜 나온 결과가 [표 7]의 오른쪽 3 개의 열의 내용이다 실험 결과 처럼 첫 번째 중간층 노드가 10 개일 때 가장 좋은 결과를 내었다.

#### 4 결론

본 논문에서는 스캐너의 칼라 보정을 위해 오차 전과

알고리즘을 이용하여 구현 하였다. 이 때 목표값을 XYZ 값과 분광 반사값 두 가지로 선택했다. 두 값에 의한 실험을 비교해보면 분광 반사값으로 실험한 결과가 더 좋았다. 오차 역전과 알고리즘의 구조는 XYZ로 했을 때보다는 다소 노드의 수가 많지만 분광 반사값은 메타메리즘(metamerism)을 극복할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그리고 ASTM-E308 테이블처럼, 파장에 따른 분광에너지 값과 칼라 메칭 함수 값을 알면 쉽게 분광 반사값을 XYZ로 변환할 수 있어 장비 독립적인 칼라 공간으로 변환시킬 수 있어 스캐너뿐만 아니라 다른 칼라 입출력 장비의 칼라 보정을 효율적으로 구현할 수 있다.

#### 참고 문헌

- [1] R. W. G. Hunt, Measuring Colour, Second Ed., Ellis Horwood, 1992.
- [2] D. E. Rumelhart, J. L. McClelland and the PDP Research Group, Parallel Distributed Processing, MIT Press, 1986.
- [3] S. Tominaga, Color notation conversion by neural Networks, Color Research and Application, 18, 253-259, 1993.
- [4] Shoji Tominaga, Color Control Using Neural Networks and Its Application. SPIE vol.2658,253-260.
- [5] American Society for Testing and Materials(ASTM), E 308-96