



JTC를 이용한 디지털 홀로그래ムの 색상 분석 및 보정에 관한 연구

임원태*, 정만호**

A Study on Color Analysis and Correction of Digital Hologram Using JTC

Won-Tae Lim*, Man-Ho Jeong**

본 논문은 2016년도 청주대학교 연구장학 지원에 의하여 연구되었음.

요 약

얼굴 인식이나 지문 인식, 글자 인식, 움직임 인식 등 패턴 인식을 하기 위한 방법으로 JTC (Joint Transform Correlator)의 방법이 많이 사용된다. 본 논문에서는 단일 입력 채널 JTC를 사용하여 2차원 뿐 아니라 3차원 물체 그리고 이들의 컴퓨터 형성 홀로그래ם(CGH) 영상의 색상 분석 및 보정에 관한 연구를 제안한다. 2차원 물체 및 이들 2차원 물체를 CGH로 변환한 영상의 색상을 JTC를 사용하여 분석한 결과 2차원 물체의 영상과 동일하게 홀로그래ם 영상 모두 색상의 선형적 변화에 따라 Correlation Peak가 선형적으로 감소하는 양상을 보였다. 또한 3차원 물체의 색상 분석 결과 색상의 변화가 각도에 따라 일정한 패턴으로 감소하는 경향을 보였다. 따라서 JTC를 사용하여 물체의 색상을 효과적으로 분석 보정 가능성을 제시한다.

Abstract

The optical Joint Transform Correlator (JTC) technique is broadly used for pattern recognition such as face, fingerprint, character, and motion recognition. In this paper we suggest a study of color analysis and correction of 2-D, 3-D object, and especially their CGH (Computer Generated Hologram) images using the JTC. First, the color of the 2-D objects and their holograms are analyzed using the JTC, and the results show that their correlation peaks decrease linearly according to their color variation. Second, the color of the 3-D objects and their holograms are also analyzed, and the results show that their correlation peaks decrease exponentially according to their color variation. Therefore, we suggest that the color of object can be effectively analyzed and corrected by using JTC.

Keywords

pattern recognition, joint transform correlator(JTC), color analysis, computer generated hologram(CGH)

* 청주대학교 레이저광정보공학과

- ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5679-0900>

** 청주대학교 레이저광정보공학과 교수(교신저자)

- ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8033-1894>

• Received: Jan. 12, 2018, Revised: Feb. 08, 2018, Accepted: Feb. 11, 2018

• Corresponding Author: Man-Ho Jeong

Dept. of Laser&Optical Information Engineering, Cheongju Univ,
Naedeok 2-dong, Cheongwongu, Cheongju-si, Chungcheongbuk-do,
363-764, Rep. of Korea,

Tel.: +82-43-229-8498, Email: shkim0603@naver.com

1. 서론

지문 인식이나 문자 인식, 얼굴 인식 또는 색상 인식등 패턴 인식 분야에서 실시간으로 분석하기 위해 JTC(Joint Transform Correlator)의 방법을 사용한다[1][2]. 그러나 JTC는 일반적으로 2차원 또는 3차원의 이미지를 그레이 영상으로써 패턴 인식을 하는데 색상의 비교 및 인식에 대해 판별 할 수 없는 색상이 생긴다. 색상 정보가 있는 이미지를 비교 인식 할 때 이미지의 명암, 채도, 대비 등의 변경될 수 있는 조건들에 대해서 비교 인식을 하더라도 색상의 변화에 대해서 정확하게 그 차이를 알 수가 없다[3].

본 논문에서는 그 차이를 알고자 색상 정보를 인식하기 위한 JTC로 다중 입력 채널 JTC 또는 단일 입력 채널 JTC 등의 방법을 사용하여 색상 분석을 할 수가 있다[4]. 하지만 이러한 JTC 방법들은 2차원 이미지로 분석하게 되는데 2차원이 아닌 3차원 또는 디지털 홀로그램으로써 영상이 생성되었을 때 색상 분석을 수행하려 한다[5]. 이미지의 색상을 분석하여 보정한 것을 홀로그램으로 생성하는 것보다 홀로그램을 생성 후에 프로세스를 통하여 색상 변화에 따른 색상 분석을 하고 보정하였을 때 디지털 홀로그램의 영상의 질이 향상될 것이라 예상한다[6][7].

2장에서는 단일 입력 채널 JTC의 방법을 사용하고 추가적으로 이미지를 코딩 프로세스로 이미지의 색상 성분을 새롭게 생성하여 더욱 더 색상의 변화를 미세하고 정확하게 비교 및 인식이 가능하다는 것에 대한 이론을 제시하고자 한다. 3장에서는 제일 기본이 되는 3가지 색상 적색, 녹색 및 청색의 성분을 가지고 색상을 미세하게 변화 시킨 후 각각 디지털 홀로그램의 영상에 대해 적용 시켜 색상 분석을 하고 임의로 생성한 3차원 큐브 이미지는 적색과 녹색, 2가지 이상의 색상과 이미지의 각도 변경 조건을 주어 색상 분석한 데이터를 제시하였다. 마지막 4장에서 시뮬레이션에 대한 결론을 지었다.

II. 단일 입력 채널 JTC & 코딩 프로세스

단일 입력 채널 JTC는 색상 정보를 가지고 있는

이미지를 적색, 녹색 및 청색으로 분해하고 분해된 이미지를 하나의 그레이 이미지로 재결합하여 색상 패턴 인식을 구현하는 방법이다. 재결합 된 단일 그레이 이미지는 다음과 같이 쓸 수 있다[8].

$$r_{RGB} = I_R + I_G + I_B, t_{rgb} = I_r + I_g + I_b \quad (1)$$

식 (1)과 같이 각각 r_{RGB} 와 t_{rgb} 는 기준 이미지와 비교 대상 이미지의 색상 정보를 말한다. 재결합하는 과정은 그림 1과 같이 R, G, B로 색상을 분해한 뒤 그레이 이미지로 변환하고 변환한 성분을 하나의 이미지로 재결합 하면 된다.

재결합한 단일 그레이 이미지는 단순히 가산된 프로세스로 동일하게 재결합 된 그레이 스케일 값을 가지게 된다. 따라서 이 과정의 단색 이미지는 비교 및 인식에 대해 판별 할 수 없고 이 문제를 해결하기 위해 그림 2와 같은 단일 그레이 이미지를 코딩 프로세스를 통해 새롭게 재결합하는 이미지로 수정하는 방법을 제안한다.

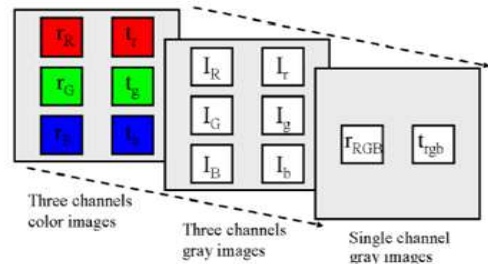


그림 1. 단일 그레이 이미지 변환 과정
Fig. 1. Single gray image conversion process

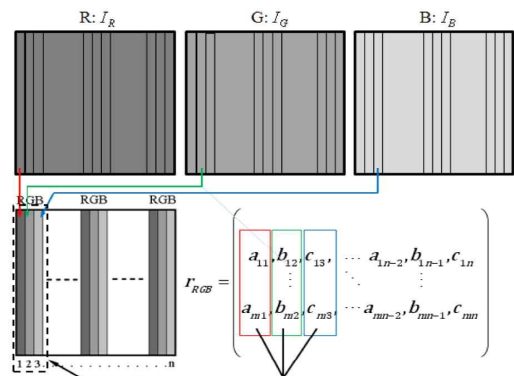


그림 2. R, G 및 B 색상 요소의 코딩 프로세스
Fig. 2. Coding process of R, G and B color components

비교 및 인식 하고자 하는 입력할 색상 이미지를 분해함으로써 그레이 이미지 즉, 3개의 적색, 녹색 및 청색의 배열이 얻어지고 단일 그레이 이미지로 재결합한 색상 요소를 위와 같이 식 (2)에 배열로 나타내었다. 여기서 $a_{mn-2}, b_{mn-1}, c_{mn}$ 은 각각 R, G 및 B의 픽셀 사이즈이고 m은 세로 사이즈, n은 가로 사이즈를 말한다. 본 연구에서는 256*256픽셀 사이즈의 이미지를 사용하였다[9].

$$r_{RGB} = \begin{pmatrix} a_{11}, b_{12}, c_{13}, \dots, a_{1n-2}, b_{1n-1}, c_{1n} \\ \vdots \\ a_{m1}, b_{m2}, c_{m3}, \dots, a_{mn-2}, b_{mn-1}, c_{mn} \end{pmatrix} \quad (2)$$

III. 색상 분석 결과 및 논의

우리는 단일 입력 채널 JTC를 이용하여 그림 3에 256 * 256의 인코딩 된 파프리카의 이미지를 가지고 디지털 홀로그램으로 생성 시킨 그림 4에 대해 색상 분석을 수행하였다. Red, Green, Blue 파프리카의 2차원 이미지를 색상 분석 하였을 때 상관 피크(Correlation Peak) 값이 색상의 변화에 따라 선형적으로 감소하는 양상을 보였는데 디지털 홀로그램(CGH, Computer Generated Hologram)으로 생성한 이미지 역시 상관 피크 값은 많이 높아졌지만 결과적으로는 선형적으로 감소하는 양상을 보였다. 그 결과는 표 1, 2, 3으로 나타내었다.

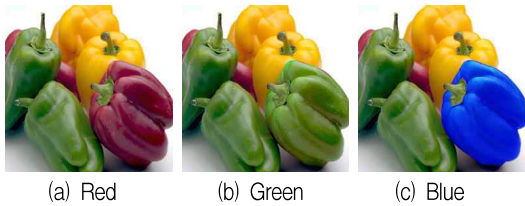


그림 3. 256 * 256 파프리카 이미지
Fig. 3. 256 * 256 pepper image

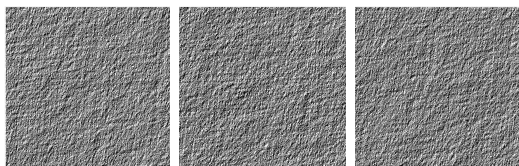


그림 4. 256 * 256 디지털 홀로그램
Fig. 4. 256 * 256 digital hologram

표 1. 디지털 홀로그램 적색 - 상관 피크
Table 1. Digital hologram red - correlation peak

	Image	Correlation peak	Color Difference
Reference	red	2.1171×10^{13}	0
Sample 1	red 10	2.1170×10^{13}	1.399
Sample 2	red 20	2.1149×10^{13}	2.579
Sample 3	red 30	2.1149×10^{13}	3.946
Sample 4	red 40	2.1144×10^{13}	5.190
Sample 5	red 50	2.1136×10^{13}	6.385
Sample 6	red 60	2.1126×10^{13}	7.621
Sample 7	red 70	2.1113×10^{13}	8.790
Sample 8	red 80	2.1118×10^{13}	10.05
Sample 9	red 90	2.1105×10^{13}	11.19

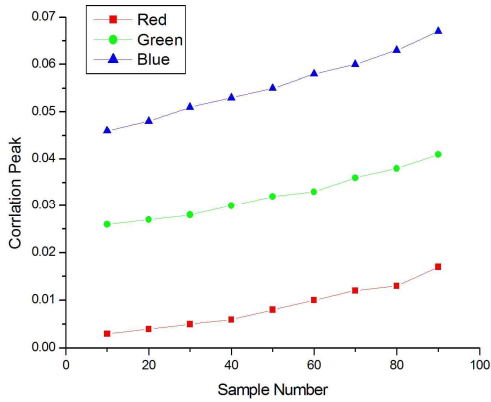
표 2. 디지털 홀로그램 녹색 - 상관 피크
Table 2. Digital hologram green - correlation peak

	Image	Correlation peak	Color Difference
Reference	Green	2.1590×10^{13}	0
Sample 1	Green10	2.1455×10^{13}	5.643
Sample 2	Green20	2.1424×10^{13}	6.904
Sample 3	Green30	2.1415×10^{13}	8.099
Sample 4	Green40	2.1405×10^{13}	9.317
Sample 5	Green50	2.1387×10^{13}	10.43
Sample 6	Green60	2.1366×10^{13}	11.68
Sample 7	Green70	2.1347×10^{13}	12.89
Sample 8	Green80	2.1344×10^{13}	14.14
Sample 9	Green90	2.1323×10^{13}	15.38

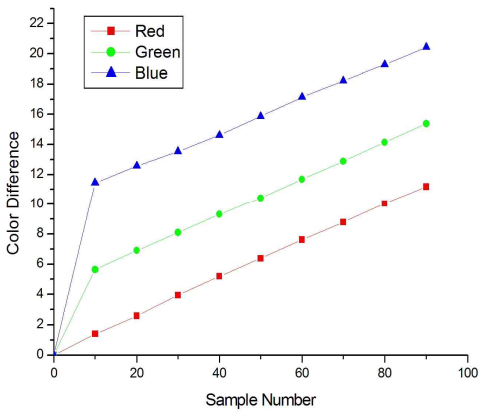
표 3. 디지털 홀로그램 청색 - 상관 피크
Table 3. Digital hologram blue - correlation peak

	Image	Correlation peak	Color Difference
Reference	blue	2.2827×10^{13}	0
Sample 1	blue 10	2.2809×10^{13}	11.45
Sample 2	blue 20	2.2797×10^{13}	12.57
Sample 3	blue 30	2.2779×10^{13}	13.54
Sample 4	blue 40	2.2757×10^{13}	14.61
Sample 5	blue 50	2.2722×10^{13}	15.86
Sample 6	blue 60	2.2698×10^{13}	17.14
Sample 7	blue 70	2.2669×10^{13}	18.23
Sample 8	blue 80	2.2660×10^{13}	19.28
Sample 9	blue 90	2.2628×10^{13}	20.43

Red는 $2.1171 \times 10^{13} \sim 2.1105 \times 10^{13}$ 까지 약 0.0066의 감소를, Green은 $2.1590 \times 10^{13} \sim 2.1323 \times 10^{13}$ 까지 0.0267의 감소, Blue는 $2.2827 \times 10^{13} \sim 2.2628 \times 10^{13}$ 까지 0.0199의 감소차이를 보였다. 각기 피크 값과 감소된 수치는 다르나 초기 이미지 색상 값을 어떻게 설정하느냐에 따라 충분히 달라질 수 있다.

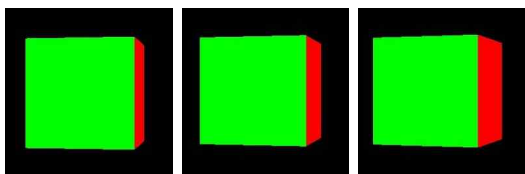


(a)



(b)

그림 5. CGH - R, G, B의 (a) 상관 피크, (b) 색상 차이
Fig. 5. CGH - R, G, B (a) Correlation peak, (b) Color difference



(a) Angle : 10, (b) Angle : 14, (c) Angle : 19

그림 6. 3-D 큐브 이미지

Fig. 6. 3-D cube image

색상 변화의 정도를 10의 구간으로 나누었지만 미세하게 구간을 좁혀서 측정한다면 그림 5(a)와 같이 상관 피크가 기준 된 R, G, B에 대해서 샘플 값과의 차이를 보이고 피크값의 그래프는 그림 5(b)인 샘플의 색상 차이(Color Difference) 값의 그래프와 비슷하게 선형적으로 감소하는 양상의 그래프 모양을 보일 것이다. 이를 통해 상관 피크를 알아내어 감소하는 것에 따라 색상 차이 값을 구해 색상 분석이 가능할 것이다.

다음으로 3차원 이미지의 색상 분석을 위해 그림 6에 임의로 앞면은 Green, 오른쪽 면은 Red, 2가지 이상의 색상 정보가 들어간 3차원 큐브 이미지를 생성한 것을 기준 이미지로 왼쪽으로 10도 돌려주었고 중간 값으로 14도, 마지막으로 19도 3가지의 각도를 표현하였다. 3차원 이미지의 경우는 각도를 돌려주면서 2가지 이상의 색상 차이를 분석하고 각도를 10° 를 기준으로 1° 씩 19° 까지 Green에서 점차 Red로 변화되는 과정을 분석하였다.

표 4에 각도를 변화하였을 때 상관 피크를 나타냈고 피크가 감소하는 것을 보이지만 13° 에서 16° 까지 구간을 살펴보면 14도, 15도 부근에서 1.531×10^7 와 1.113×10^7 의 값으로 피크 값이 다른 각도에 비해 약간 증가 하는 양상을 보였고 이러한 오차 값은 프로세스 상에서 이미지의 각도를 돌려주었을 때 큐브 모양의 크기 자체가 10도로 돌려준 원본 이미지와는 다르게 면적이 넓어졌기 때문에 전체적으로 분석하는데 오차가 생긴 것으로 보인다.

표 4. 3-D 큐브 이미지 상관 피크

Table 4. 3-D cube image correlation peak

	Image	Correlation peak	R	G
Reference	Cube 10	2.804×10^7	0	0
Sample 1	Cube 11	1.966×10^7	7.5	9.188
Sample 2	Cube 12	1.454×10^7	17.53	8.875
Sample 3	Cube 13	1.099×10^7	18.56	19.72
Sample 4	Cube 14	1.531×10^7	25.22	21.28
Sample 5	Cube 15	1.113×10^7	30.94	23.13
Sample 6	Cube 16	1.004×10^7	32.69	22.77
Sample 7	Cube 17	9.329×10^6	39.22	22.94
Sample 8	Cube 18	8.318×10^6	36.03	23.44
Sample 9	Cube 19	7.312×10^6	39.59	22.34

하지만 피크 값 자체가 다른 각도의 이미지와는 다르게 높고 낮게 형성된 것이 아니기 때문에 각도를 변경 시 분석하고자 하는 이미지의 면적에 대해 보정을 해준다면 오차를 줄일 수 있을 것이다.

그림 6에 상관 피크 값을 각도에 따라 그래프로 표현하였다. Green에서 Red로 2가지 이상의 색상일 때 상관 피크를 구했기 때문에 그래프 자체는 앞서 디지털 홀로그램에서 구한 것과는 달리 기울기가 선형적이지 않은 감소가 이뤄지고 있다. 그러므로 각도를 변경해줄 시에는 색상 차이의 값을 토대로 분석하는 것이 바람직하다.

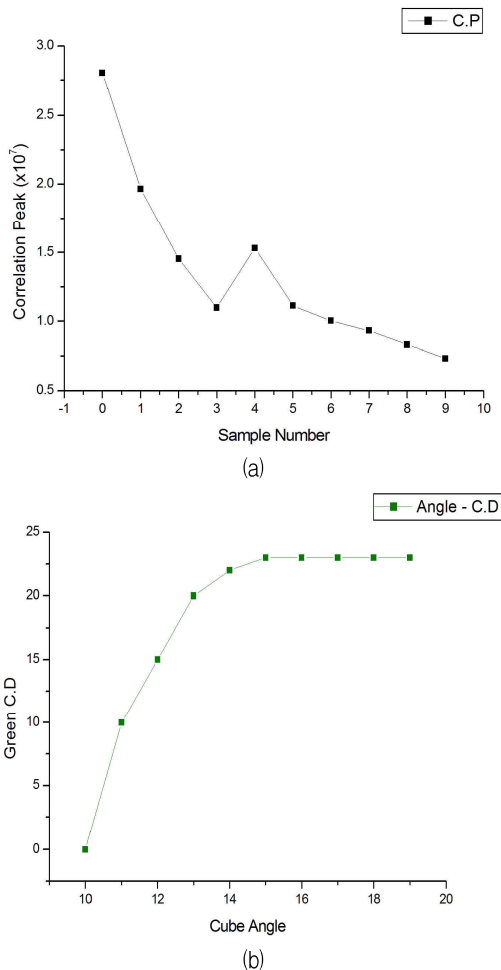


그림 7. 3D 큐브 이미지의 (a) 상관 피크, (b) 색상 차이 (녹색)

Fig. 7. 3D cube image (a) Correlation peak, (b) Color difference (Green)

그림 7(b)에 Green에 대한 색상 변화 차이를 기록하였다. 각도를 왼쪽으로 돌려주면서 Green의 색상 값이 15도 부근부터 값이 비슷하데 이미지의 각도가 변경 되면서 Red 색상의 영역이 자리를 차지하기 때문에 Green값은 값이 비슷해 질 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 JTC를 이용한 디지털 홀로그램의 색상 분석방법을 소개하였다. 단일 입력 채널 JTC를 이용하여 디지털 홀로그램 및 3차원 상관 피크 상관 피크를 통해 색상의 미세한 변화를 측정할 수 있었다. 본 논문에서 제시한 단일 입력 채널 JTC의 방법으로 색상의 변화에 따라서 디지털 홀로그램으로 생성한 이미지를 분석하여도 상관 피크 값이 선형적으로 감소하는 것으로 보아 색상 차이를 구할 수 있었다.

하지만 이미지의 각도를 변화시키고 2가지 이상의 색상이 들어간 경우에는 상관 피크 값이 이미지 면적에 의해 작은 오차를 보였고 색상 차이의 값은 색상을 따로 구분하여 그 차이를 구할 수 있었다. 따라서 이 분석 결과로써 위조지폐의 판별, 또는 사람의 전신 인식 등 여러 색상으로 구현되는 물체 등을 디지털 홀로그램으로 이미지를 생성하고 각도에 대한 조건과 2가지 이상의 색상이 존재한다는 조건으로도 충분히 색상을 분석하여 구별할 수 있을 것이다. 추후 연구 과제로 색상 변화뿐만 아니라 이미지의 명암, 채도, 대비 등에 대한 또 다른 조건 등을 변화를 JTC로 분석 하는 것으로 연구를 진행할 수 있을 것이다.

References

- [1] J. L. Honer, "Phase-only matched filtering", *Appl. Opt.*, Vol. 23, No. 6, pp. 812-816, Mar. 1984.
- [2] G. G. Mu, X. M. Wang, and Z. Q. Wang, "Amplitude-compensated matched filtering", *Appl. Opt.*, Vol. 27, No. 16 pp. 3461-3463, Aug. 1988.
- [3] M. H. Jeong, "Pattern Recognition of the JTC System by Using the Stereoscopic Image", *Journal*

of KIIT, Vol. 13, No. 10, pp. 155-162, Oct. 2015.

[4] Mendlovic, David, et al. "Color encoding for polychromatic single-channel optical pattern recognition", Appl. Opt., Vol. 34, No. 32, pp. 7538-7544, Nov 1995.

[5] M. H. Jeong, "Analysis of fingerprint recognition characteristics based on new CGH direct comparison method and nonlinear joint transform correlator", J. Opt. Soc. Korea, Vol. 13, No. 4, pp. 455-450, Dec. 2009.

[6] J. W. Goodman, "Introduction to Fourier Optics third ed.", Ben Roberts, New York, USA, 2005.

[7] A. Jain, L. Hong, and R. Bolle, "On-line fingerprint verification", IEEE Trans, Pattern Analysis and Machine Intell, Vol. 19, No. 4, pp. 302-314, Apr. 1997.

[8] M. H. Jeong, "Color pattern recognition with recombined single input channel joint transform correlator", J. Opt. Soc. Korea, Vol. 15, No. 2, pp. 140-145, Jun. 2011

[9] M. H. Jeong, "Coded Single Input Channel for Color Pattern Recognition in Joint Transform Correlator", J. Opt. Soc. Korea, Vol. 15, No. 4 pp. 335-339, Dec. 2011.

정 만 호 (Man-Ho Jeong)



1979년 : 한국항공대학교
 1981년 : 연세대학교 (공학사)
 1989년 : 연세대학교 (공학박사)
 1984년 ~ 1995년 : 한국표준과학
 연구원

1995년 ~ 2017년 : 청주대학교
 레이저광정보공학과 교수

2017년 ~ 현재 : 청주대학교 레이저광정보공학과
 명예교수

관심분야 : 광정보처리, 홀로그래프 디스플레이 및
 광학소자

저자소개

임 원 태 (Won-Tae Lim)



2016년 2월 : 청주대학교
 레이저광정보공학과(공학사)
 2018년 2월 : 청주대학교
 레이저광정보공학과(공학석사)
 관심분야 : 패턴 인식, 소프트웨어,
 디지털 홀로그래프, HOE