

## 가상환경 네비게이션 시스템을 위한 실시간 컬러 양자화 기술

임 현 규\*, 백 두 원\*\*

# A Real-time Color Quantization Method for Virtual Environments Navigation System

HunGyu Lim\*, DooWon Park\*\*

### 요 약

저 사양 HMD(Head Mounted Display)를 사용하는 가상 환경 네비게이션 시스템은 true-color 이미지를 제한된 색으로 표현할 때 이미지를 양자화 해야 한다. 그러한 시스템은 고정된 팔레트를 이용하여 이미지를 양자화 한다. 인간의 눈은 시선부분의 색변화에 민감하기 때문에 시선부분의 색을 고려하여 동적으로 팔레트를 생성하고 이를 이용하여 이미지를 양자화 한다면 사용자는 가상 환경을 보다 생동감 있게 느낄 수 있다. 본 논문에서는 사용자가 가상환경을 보다 생동감 있게 느끼게 하기 위한 컬러 양자화 방법을 제안하고 제안 방법을 이용하여 가상환경 네비게이션 시스템을 구성하였다. 네비게이션 시스템은 사용자의 시선이 변할 때 마다 이미지를 양자화 하여 HMD를 통해 사용자에게 양자화된 이미지를 보여준다. 본 논문에서는 제안 방법을 이용한 시스템의 선호도를 조사 하였으며 대부분의 사용자가 제안 방법을 이용한 시스템을 선호 하였다.

### Abstract

A navigation system for virtual environments using low-quality HMD(head mounted display) must quantize images when the system presents true-color image with restricted number of colors. Such navigation system quantizes an image by using fixed palette. If the system represents an image by using a variable palette which is made considering a region around the viewpoint then user can perceive a virtual environments more vividly because human visual system is sensitive to the colors variation in the region around the viewpoint. In this paper we propose a color quantization algorithm that quantize a region around the viewpoint more finely than other regions at each variation of viewpoint for virtual environments navigation system and compose virtual environments navigation system using proposed algorithm. The system quantizes an image at each variation of viewpoint and shows a quantized image to user through HMD. We tested user preferences for our proposed system and the results show that users preferred our system.

▶ Keyword : 실시간 양자화 방법(Real-time quantization), 가상환경 네비게이션 시스템(navigation system)

• 제1저자 : 임현규    교신저자 : 백두원(dpaik@ssu.ac.kr)

• 접수일 : 2007. 8.25, 심사일 : 2007. 8.29, 심사완료일 : 2007. 9.20

\* 숭실대학교 일반대학원 미디어학과 석사과정    \*\* 숭실대학교 미디어학부 교수

※ 본 연구는 숭실대학교 교내 연구비 지원으로 수행되었음.

## 1. 서론

저 사양 HMD를 사용하는 가상 환경 네비게이션 시스템은 true-color 이미지를 제한된 색으로 표현 할 때 이미지를 양자화 해야 한다. 이미지 양자화는 원본 이미지에 쓰인 색 보다 적은 수의 색을 사용하여 원본 이미지와 유사한 새로운 이미지를 만드는 과정이다[1]. 이미지 양자화의 정확도를 높이기 위해 여러 클러스터링 알고리즘들이 쓰이고 있으며 이러한 클러스터링 알고리즘으로는 Octree[2][3], Median-cut[4], K-means[5] 그리고 Local K-means[6] 등이 있다. 또한 RGB 색 공간 대신 CIE Lab, CIE Luv 색 공간을 사용하여 이미지 양자화의 정확도를 높인 방법이 제안 되었다[7][8]. 최근에는 인간의 색 인지 특성을 고려한 색 양자화 방법이 제안 된 바 있다. 인간이 이미지 상의 색을 인식하는 여러 가지 특성중 하나는 인간은 색 변화가 적은 부분을 민감하게 인식한다는 것이다. 이러한 특성을 이용하여 색 변화가 적은 부분을 더 많은 수의 색으로 양자화 하는 방법이 제안되었다[9].

또 다른 인간의 색을 인식하는 특성은 인간은 이미지를 볼 때 시선부분의 색 변화에 민감하다는 것이다. 따라서 색을 양자화 하는데 있어서 시선 부분이 시선 외부에 비해 더 많은 수의 색으로 양자화 된다면 사용자는 시선 부분을 더욱 선명하게 볼 수 있다. 가상 환경 네비게이션 시스템에서 사용자가 시선부분을 선명하게 볼 수 있다면 사용자는 가상 환경을 보다 사실 적으로 느낄 수 있다.

본 논문에서는 시선 부분을 다른 부분에 비해 더 많은 수의 색으로 양자화 하는 방법을 제안하고 제안 하는 방법을 이용하여 가상 환경 네비게이션 시스템을 구성 하였다. 가상 환경 네비게이션 시스템에서 사용자는 HMD를 통하여 양자화 된 이미지를 본다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 컬러 양자화 방법을 설명하고 3장에서는 제안 방법과 제안 방법을 이용한 시스템의 실험내용을 기술한다. 4 장에서는 결론을 기술 한다.

## II. 서비스품질에 관한 이론적 고찰

본 논문에서는 인간은 이미지를 볼 때 시선부분의 색 변화에 민감하다는 특성을 고려하여 시선부분을 다른 부분에 비해 더 많은 수의 색으로 양자화 하는 방법을 제안한다. 사용자의 시선 부분이 더 많은 수의 색으로 양자화 된다면

사용자는 시선 부분을 보다 선명 하게 볼 수 있다. 시선 부분을 더 많은 수의 색으로 양자화 하기 위해 가중치와 LKM 클러스터링 알고리즘을 사용하였다. 양자화 과정은 그림1 과 같이 4단계로 구성 되어 있다. 첫 번째 단계에서 양자화의 정확도를 높이기 위해 이미지의 쓰인색들을 CIE Luv 로 변환한다[7][8]. 두 번째 단계에서 쓰인색들의 가중치를 할당한다. 세 번째 단계에서 LKM 클러스터링 알고리즘을 실행 한다. 최종적으로 클러스터링 결과를 이용하여 양자화 된 이미지를 얻는다. 2.1 절과 2.2 절에서는 양자화 과정에서 핵심 부분인 가중치 할당 부분과 LKM 클러스터링 부분을 기술 하고, 2.3 절에서는 제안 방법의 실시간성을 보장하기 위한 방법을 기술한다.

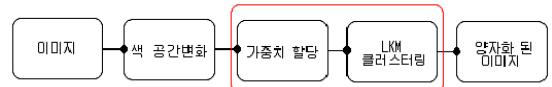


그림 1. 양자화 과정  
Fig 1. Overall Process of Quantization.

### 2.1 서비스 품질의 측정도구 및 모형

시선 부분을 보다 많은 수의 색으로 양자화 하기위하여 이미지의 쓰인색 마다 다른 가중치를 할당 한다. LKM 클러스터링 단계에서 높은 가중치를 갖는 색 들이 더 많은 수의 색으로 양자화 된다. 그러므로 시선부분의 색에 높은 가중치를 할당 한다.

가중치를 사용하는 방법에는 여러 가지 방법이 있다. 그중 가우시안 커널(식(1))을 이용한 방법은 커널의 중심에서 거리가 멀어질수록 가중치가 감소하는 특징이 있다[10]. 본 논문에서는 이러한 특징을 이용하여 시선부분에서 멀어질수록 낮은 가중치를 할당하였다. 식1에서  $(i, j)$  는 시선부분의 좌표이고  $G(x, y)$ 는 이미지상의 픽셀  $(x, y)$  의 가중치를 나타낸다. 가중치 값들은 모두 [0~1] 사이의 값을 갖는다. 그림2 는 가우시안 커널을 이용하여 가중치를 할당한 예를 나타낸다. 시선부분 주변에 높은 가중치가 할당 된다.

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(x-i)^2 + (y-j)^2}{2\sigma^2}} \dots\dots\dots (1)$$

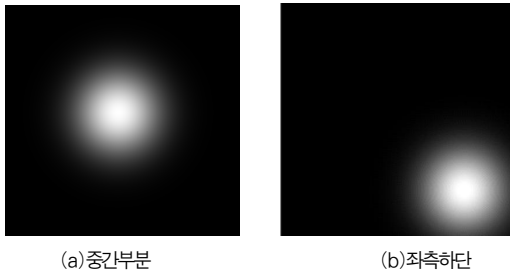


그림 2. 시선부분에 따른 가중치의 예  
Fig 2. example of weight assignment.

### 2.2 LKM 클러스터링

이미지를 양자화 하는 클러스터링 방법에는 여러 방법이 있다[2][3][4][5][6]. 그 중 LKM 클러스터링 방법은 다른 방법에 비해 실행 시간이 적게 걸린다[6]. 본 논문에서는 시스템의 실시간을 위하여 속도가 빠른 LKM 클러스터링 방법을 사용하여 이미지를 실시간으로 양자화 하였다. LKM 클러스터링 방법의 수행단계를 기술하면 다음과 같다.

Step 1. input data set 선택

이미지에서 사용된 색 중 input data set을 정한다.

Step 2. 초기의 cluster center 위치 설정

input data set 중 가중치가 높은 색 순으로 초기의 cluster center의 위치를 설정한다

Step 3. 식2를 이용하여 cluster center의 위치 조정

$$\overline{c_j}^{(t)} = \overline{c_j}^{(t-1)} + \alpha_i W_i \| c_i - \overline{c_j}^{(t-1)} \| \dots \dots \dots (2)$$

여기서  $c_i$  는 input data set의 한 색을 나타 내고,  $\overline{c_j}^{(t)}$  는  $c_i$  에서 가장 가까운 cluster center를 나타낸다.  $t$  는 LKM 알고리즘 의 실행 횟수를 나타낸다.  $\alpha_i$  는 실행 횟수에 다른 가중치로써  $t$  가 증가함에 따라 급격히 감소한다.  $W_i$  는 색  $c_i$  의 가중치를 나타낸다.

Step 4. Step 3 을 N회 반복

Step 1에서 {1009,757, 499,...}등의 소수를 사용하여

input data가 겹치는 것을 피해 샘플링 한다. 모든 쓰인색을 input data로 사용하지 않는 이유는 모든 쓰인색을 사용한 양자화 결과이미지와 sampling을 한 input data 를 사용한 양자화 결과이미지의 차이는 거의 없는 반면 시간적으로 sampling한 input data 를 사용한 양자화 방법이 빠르기 때문이다[6]. Step 2에서 가중치가 높은 순서대로 초기의 cluster center 위치로 설정한다. LKM clustering 알고리즘 예서는 초기의 cluster center의 위치의 색들이 많은 수의 색으로 양자화 되기 때문이다[6]. Step 3에서 식2의  $W_i$ 는 가중치 할당 단계에서 구한  $\alpha(x, y)$  값이다.

위의 클러스터링 방법으로 팔레트가 구성 된 후에는 시선 영역의 각 픽셀의 색마다 가장 유사한 색을 팔레트에서 찾아 양자화 된 이미지를 만드는 과정이 수행 된다. 그리고 시선 부분의 변화에 따라 팔레트를 생성하고 가장 유사한 색을 찾는 과정이 반복 된다. 이 과정에서는 많은 차 연산이 필요하며 이로 인해 제안 방법의 실시간성이 저해된다. 2.3절 에서는 제안 방법의 실시간성을 보장하기 위한 방법을 기술한다.

### 2.3 실시간성 보장방법

본 논문에서 제안하는 양자화 방법은 시선 영역의 픽셀 수가 N, 팔레트의 크기가 M 일때  $O(N*M)$ 번의 차 연산을 시선 부분이 변할 때 마다 수행 한다. 이러한 차 연산으로 인해 제안하는 양자화 방법의 실시간성이 저해된다.

본 논문에서는 시선 부분을 고려하여 팔레트를 생성한 후 시선 영역의 각 픽셀의 색마다 가장 유사한 색을 팔레트에서 찾을 때 한번 찾았던 색의 팔레트 인덱스를 저장해 두는 방식을 사용하여 차 연산량을 감소 시켰다. 인덱스를 저장해 둬으로써 어떠한 색의 가장 유사한 색을 찾아야 할 때 먼저 인덱스가 저장 되어있는지를 확인 한 후 저장 되어있으면 팔레트에서 찾을 필요없이 가장 유사한 색의 인덱스를 알 수 있다. 그림 3은 인덱스 저장 방법의 전체적인 개요를 나타낸다. 인덱스 저장 방법의 세부적인 내용은 다음과 같다.

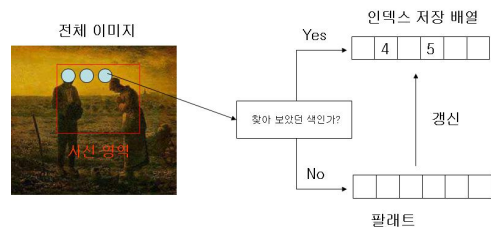


그림 3. 인덱스 저장 방법의 개요  
Fig 3. outline of index store method.

예를 들어 원본이미지가 true-color 이미지인 경우 각 픽셀이 표현 할 수 있는 색의 개수가 16메가 이므로 16메가 바이트의 배열을 만든후 RGB 값을 배열의 인덱스로 사용하여 해당 배열에 팔레트에서 찾은 팔레트의 인덱스를 저장 한다. 그래서 가장 유사한 색을 팔레트에서 찾기 전에 배열을 먼저 찾아 봄으로써 차 연산량을 감소 시킬 수 있다. 그림 4는 원본 이미지가 true-color 인 경우의 팔레트 인덱스 저장 방법을 나타낸다. 그러나 위의 예에서의 16메가 바이트 메모리는 디바이스에 따라 부담이 될 수도 있다. 따라서 양자화된 이미지의 품질은 유지하면서 디바이스의 사용할 수 있는 메모리 용량에 맞추어 팔레트의 인덱스를 저장 할 수 있는 방법이 필요 하다.

본 논문에서는 RGB 각각의 채널 마다 최상위 비트에 비해 상대적으로 적은 양의 색 정보를 갖고있는 최하위 비트를 2bit 씩 줄여 18bit, 12bit 로 표현하여 팔레트의 인덱스를 저장 한 후 양자화 하였다. RGB 값을 18bit 로 나타내면 400키로 바이트의 메모리가 필요하며, 12bit로 나타내면 4키로 바이트의 메모리만 필요하다. RGB 값을 18bit, 12bit 로 표현하여 양자화 한 이미지의 품질은 원본 이미지와 PSNR(Peak signal-to-noise ratio)값을 계산하여 평가 하였다(11). 30~40db의 PSNR값은 인간의 눈으로 구별 할 수 없을 만큼 두 이미지가 비슷하다는 것을 나타낸다. <표1>은 RGB 값을 24bit, 18bit, 12bit로 표현하여 팔레트의 인덱스를 저장 하여 양자화한 이미지들과 원본 이미지와의 PSNR값과 실행 속도를 나타낸다.

표1의 결과 RGB 값을 18bit로 표현하여 팔레트의 인덱스를 저장 했을때 24bit를 사용하여 양자화된 이미지와 거의 비슷한 PSNR값을 보였으며 속도는 3배 정도로 빨라지는 것을 알 수 있다. 그러므로 본 논문에서 제안 하는 양자화 방법은 RGB 값을 18bit로 표현하여 팔레트의 인덱스를 저장해서 1초당 10프레임의 실행 속도와 양자화 된 이미지의 품질을 보장 한다.

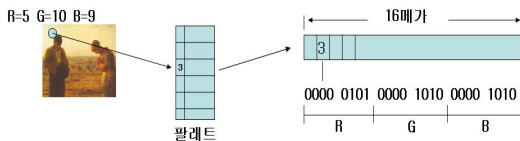


그림 4. true-color 이미지인 경우의 팔레트 인덱스 저장 방법의 예  
Fig 4. example of index store method of true-color image.

<표1> 여러 bit를 사용하여 양자화한 이미지와 원본 이미지와의 PSNR값 및 양자화 실행 속도  
(실행 환경 : Pentium 3, 512G memory, 시선영역의 크기= 480,000픽셀)

<Table 1 PSNR value between original image and quantized image and execution time of quantization using variable bit>

|      | 24bit   | 18bit   | 12bit   |
|------|---------|---------|---------|
| PSNR | 32~36db | 31~34db | 15~20db |
| 속도   | 0.3초    | 0.1초    | 0.05초   |

### III. 실험

본 논문에서는 사용자의 시선부분이 실제로 더 많은 수의 색으로 양자화 되었는지를 확인하기 위하여 제안 방법과 고정 팔레트를 이용하여 이미지들을 양자화한 후 시선부분의 양자화된 색의 수를 비교해 보았다. 또한 본 논문에서는 제안 방법과 고정 팔레트를 이용하여 가상환경 네비게이션 시스템을 구성하여 사용자 선호도 조사를 하였다.

#### 3.1 시선 부분의 양자화 된 색의 수 비교 실험

본 논문에서는 사용자의 시선부분이 실제로 더 많은 수의 색으로 양자화 되었는지를 확인 하기 위하여 제안 방법과 고정 팔레트를 이용하여 이미지들을 양자화한 후 시선부분의 양자화된 색의 수를 비교해 보았다. 실험 결과 대부분의 이미지에서 제안 방법을 이용하여 양자화된 이미지의 시선부분이 더 많은 수의 색으로 양자화 된 것을 확인 할 수 있었다. <표2>는 true-color 이미지를 256-color 이미지로 양자화 하였을 경우의 시선부분의 양자화 된 색의 수를 나타낸다.

#### 3.2 가상환경 네비게이션 시스템

본 연구에서는 제안 방법을 이용하여 가상환경 네비게이션 시스템을 구성 하였다. 시스템은 사용자의 시선정보를 이용하여 실시간으로 이미지를 양자화 하여 사용자에게

〈표2〉 시선부분의 양자화 된 수 비교  
실험 결과 (단위:색)  
〈Table 2 Result of research for number of quantized color region around of viewpoint〉

| 이미지 | 제안방법 | 고정 팔레트 |
|-----|------|--------|
| A   | 75   | 51     |
| B   | 82   | 61     |
| C   | 44   | 37     |
| D   | 97   | 68     |
| E   | 53   | 28     |

HMD를 통해 이미지를 보여준다.시스템은 하드웨어와 소프트웨어 부분으로 구성되어 있다. 하드웨어부분은 사용자 인터페이스로써 HMD와 Gyro sensor로 구성되어 있다. HMD로는 양자화 된 이미지가 보여지며 Gyro sensor는 사용자의 고개가 좌우상하로 움직이는 것을 감지하여 사용자의 시선정보를 소프트웨어에 전달한다. 소프트웨어 부분에서는 시선정보를 이용하여 제안한 양자화 방법을 수행한다. 그림 5는 네비게이션 시스템의 구성도를 나타낸다.

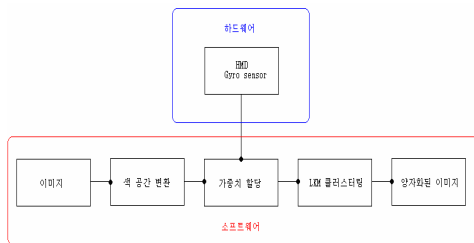


그림 5. 네비게이션 시스템의 구성도  
Fig 5. construction dialog of navigation system.

### 3.3 사용자 선호도 비교실험

본 연구에서는 제안한 양자화 방법을 사용한 가상환경 네비게이션 시스템과 고정 팔레트를 사용한 네비게이션 시스템을 구성하여 두 시스템간의 사용자 선호도를 조사하였다.

〈표3〉은 사용자 선호도 조사 결과를 나타낸다. 각 시스템에서 사용자는 32, 128, 256색으로 양자화 된 이미지를 본다. 실험 결과 대부분의 사용자가 본 논문에서 제안한 양

자화 방법을 사용한 시스템에 높은 선호도를 보였다. 그림 6은 제안 방법과 고정 팔레트를 사용한 네비게이션으로 보여지는 양자화 된 이미지의 예를 나타낸다. 그림 6에서 제안 방법을 사용한 양자화 이미지가 더 많은 수의 색으로 양자화 되어 더욱 선명하게 보이는 것을 확인할 수 있다.

〈표 3〉 선호도 실험 결과 (단위:%)  
〈Table 3 Result of preference test〉

| 이미지 | 32색   |        | 128색  |        | 256색  |        |
|-----|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
|     | 제안 방법 | 고정 팔레트 | 제안 방법 | 고정 팔레트 | 제안 방법 | 고정 팔레트 |
| A   | 92    | 8      | 91    | 9      | 92    | 8      |
| B   | 91    | 9      | 94    | 6      | 95    | 5      |
| C   | 90    | 10     | 99    | 1      | 90    | 10     |
| D   | 98    | 2      | 92    | 8      | 89    | 11     |
| E   | 93    | 7      | 90    | 10     | 92    | 8      |

## IV. 결론

본 논문에서는 시선 부분을 다른 부분에 비해 더 많은 수의 색으로 양자화 하는 방법을 제안하고 제안하는 방법을 이용하여 가상 환경 네비게이션 시스템을 개발하였다. 또한 제안한 양자화 방법을 사용한 가상환경 네비게이션 시스템과 고정 팔레트를 사용한 시스템에 대한 사용자의 선호도를 조사하였고, 대부분의 사용자가 본 연구에서 제안한 양자화 방법을 사용한 시스템에 대해 높은 선호도를 보였다.



(a) 제안방법



(b) 고정팔레트 방법

그림 6. 제안방법과 고정 팔레트를 이용하여 양자화 한 결과  
Fig 6. Result of quantized images using proposed method and fixed palette.



## 참고문헌

- [1] [http://en.wikipedia.org/wiki/Color\\_quantization](http://en.wikipedia.org/wiki/Color_quantization)
- [2] D. Clark, "Color quantization using octrees," Dr. Dobbs's Journal, pp. 54-57 and 102-104, Jan. 1996.
- [3] M. Gervautz and W. Purgathofer, "A simple method for color quantization: octree quantization," in A. Glassner, ed, Graphics Gems I, Acad. Press, 1990, pp. 287-293.
- [4] A. Kruger, "Median-cut color quantization," Dr. Dobbs's Journal, pp. 46-54 and 91-92, Sept. 1994.
- [5] K. Krishna, and K.R. Ramakrishnan, M.A.L. Thathachar, "Vector Quantization using Genetic K-Means Algorithm for Image Compression," In Proceedings 1997 International Conference on Information, Communications and Signal Processing. ICICS, pages Vol.3, 1585 -1587, 1997.
- [6] O. Verevka , J. Buchanan ,"Local K-means Algorithm for color image quantization", (1996).
- [7] H. Levkowitz, "Visualization, and multimedia applications", KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS, Page(s)75-80, (1997).
- [8] K.M. Kim, C.S. Lee, E.J. Lee, Y.H. Ha, "Color Image Quantization using Weighted Distortion Measure of HVS Color Activity," Proc. of International Conference on Image Processing, Vol. 3, Page(s): 1035 .1039, 1996.
- [9] Kuk-Jin.Yoon, In-So.Kweon, "color image segmentation Considering of humansensitivity", Proc.SPIE, Vol.4572 (2001).
- [10] <ftp://twikiedlab.cs.umass.edu/pub/Hanson57/WebHome/Gaussiankernel.pdf>
- [11] [http://en.wikipedia.org/wiki/Peak\\_signal-to-noise\\_ratio](http://en.wikipedia.org/wiki/Peak_signal-to-noise_ratio)

## 저자 소개



백 두 원

서울대학교 수학과 (학사)

Univ. of Minnesota 전산학과 석사

Univ. of Minnesota 전산학과 박사

현재 숭실대학교 정보과학대학 미디어학과 교수



임 현 규

2006년 : 숭실대학교 미디어학부 (학사)

2006년~현재 : 숭실대학교 일반대학원 미디어학과 석사과정