

## 유사 쉐이더 검색을 위한 인지감 특성 추출

장민희\*, 김두열\*, 김상욱\*, 이재호\*\*, 최진성\*\*  
 한양대학교 전자컴퓨터통신공학부\*, 한국전자통신연구원 디지털콘텐츠연구본부\*\*  
 zzmini@agape.hanyang.ac.kr, gorila@agape.hanyang.ac.kr, wook@hanyang.ac.kr,  
 jhlee3@etri.re.kr, jin1025@etri.re.kr

## Cognitive Feature Extraction for Similar Shader Search

Min-Hee Jang\*, Du-Yeol Kim\*, Sang-Wook Kim\*, Jae-Ho Lee\*\*, Jin-Sung Choi\*\*  
 Dept. of Electronics and Computer Engineering, Hanyang University\*  
 Digital Content Research Division, ETRI\*\*

**I. 서론** 유사 쉐이더 검색을 수행하기 위해서는 두 쉐이더 간의 유사도를 측정할 수 있는 척도가 요구된다. 그러나 일반적으로 쉐이더[1]는 쉐이딩 네트워크의 구조가 모두 다른 가변 차원이기 때문에 유사성 척도를 세우기가 매우 어렵다. 또한, 쉐이더는 수십 차원에서 수백 차원으로 이루어진 고차원 데이터이기 때문에 차원의 저주라는 문제가 발생한다[2][3]. 본 논문에서는 고차원과 가변 차원의 문제를 동시에 해결하기 위하여 유사 쉐이더 검색을 위한 인지감 특성 추출 기법을 제안한다.

**II. 기본 전략** 인지감 특성 추출 기법이란, 쉐이더의 쉐이딩 네트워크 구조와 네트워크에 속하는 각 렌더링 노드의 애트리뷰트들을 분석하여 인지감을 바탕으로 수가 고정된 저차원인 인지감 특성 집합으로 추출해내는 방법이다. 인지감이란, 그래픽 디자이너가 쉐이더를 실제 사물로 인식하기 위해 느끼는 감각들을 의미한다. 그래픽 디자이너가 쉐이더를 실제 사물처럼 표현하기 위해 가장 중요시 여기는 인지감은 색감과 재질감이다. 본 논문에서는 쉐이더를 표현하는데 있어 가장 중요한 특성인 색감과 재질감을 바탕으로 쉐이더의 인지감 특성을 추출한다. 먼저, 각 렌더링 노드를 분석하여 색감과 재질감에 영향을 끼치는 애트리뷰트들로 분류한다. 색감은 색을 통해 그래픽 디자이너가 느끼는 감각으로 하나의 쉐이더를 구성하고 있는 모든 색 정보들을 의미한다. 재질감은 쉐이더가 어떠한 소재로 이루어져 있는지에 대한 감각이다. 애트리뷰트 분류 후, 색감과 재질감에 맞게 분류된 애트리뷰트들의 특성과 관계를 반영하여 렌더링 노드마다 각각 6차원의 색감 특성 집합과 재질감 특성 집합으로 추출할 수 있는 특성 추출 공식을 도출한다. 즉, 각 렌더링 노드마다 12차원의 인지감 특성 집합으로 추출할 수 있는 특성 추출 공식을 도출하는 것이다. 이 공식은 각 렌더링 노드의 애트리뷰트의 값과 특성, 그리고 애트리뷰트 간의 관계까지 고려하여 도출된 것이기 때문에 각 렌더링 노드의 특성을 모두 반영하고 있다. 이처럼 인지감 특성 추출 기법을 사용하면 각 감각마다 저차원의 고정된 인지감 특성 집합으로 도출할 수 있기 때문에 고차원 및 가변차원의 문제를 모두 해결할 수 있다.

**III. 인지감 특성 추출** 렌더링 노드 중 Anisotropic 노드를 예로 들어 인지감 특성 추출 방법을 설명한다. Anisotropic 노드는 양광부(highlight)의 방향과 길이를 조절할 수 있어 머리카락, 천, 미세한 흡이 있는 표면 등의 재질감을 표현할 때 주로 사용된다[4]. 양광부란, 쉐이더의 표면에 빛이 반사되어 가장 밝게 보이는 부분을 의미한다. Anisotropic 노드의 애트리뷰트들 중 색감에 영향을 미치는 애트리뷰트들은 color(c), transparency(it), ambient color(ambc), 그리고 incandescence(ic)의 네 가지다. 이 애트리뷰트들의 값은 RGB로 표현되며, 이 애트리뷰트들이 서로 관계를 맺어 하나의 색감을 표현한다. 이 애트리뷰트들의 관계를 아래와 같은 특성 추출 공식으로 정의한다. outcolor는 Anisotropic 노드의 최종 색감 특성을 의미한다.

$$\text{outcolor} = ((1 - c) \times c + ic) \times (ambc + 0.5)$$

Anisotropic 노드에서 재질감에 영향을 미치는 애트리뷰트들은 transparency(it), incandescence(ic), glow intensity(gi), reflectivity(rfl), Spread X(sprx), Spread Y(spry), Roughness(roug), 그리고 Fresnel Index(frfi)의 여덟 가지이다. 재질감이 색감과 다른 점은 애트리뷰트들이 여러 가지 특성을 표현한다는 것이다. 이 애트리뷰트들은 색감처럼 서로 관계를 맺어 하나의 특성을 표현하는 것이 아니라 독립적인 여러 가지 특성을 표현한다. 이러한 재질감의 특성은 아래와 같은 특성 추출 공식을 통해 6가지의 특성으로 정의된다.

$$\begin{aligned} \text{trans} &= , \quad \text{reflect} = rfl, \quad \text{diff} = dc, \quad \text{glowint} = (ic + gi) \times 0.5, \\ \text{specsize} &= roug \times (1 - sprx) \times (1 - spry), \quad \text{specpow} = frfi \times (sprx + spry) \times 0.5 \end{aligned}$$

trans는 투명도를 의미하며, reflect는 빛의 반사도를 의미한다. diff는 표면에서 빛이 확산하는 정도를 의미하며 glowint는 발광강도를 의미한다. 마지막으로, specsize는 양광부의 퍼짐정도를 의미하며 specpow는 양광부의 강도를 의미한다.

**III. 인지감 특성을 위한 유사 척도** 인지감 특성 추출 공식에 의해 추출된 특성들은 각 인지감마다 그 의미가 모두 다르다. 따라서 효과적인 검색을 수행하기 위해서는 각 인지감마다 적합한 유사 척도를 적용해야 한다. 색감의 경우 색과 그 색이 쉐이더의 면적에서 차지하는 비율로 특성들이 추출되는데 이 추출된 특성들은 서로 유기적으로 연결되어 있다. 예를 들어 어떤 색의 비율이 0에 가깝다면 그 색이 갖는 의미도 0에 가까워진다. 또한 한 쉐이더가 갖는 색-비율정보의 개수는 하나가 아니라 최대 셋까지 가능하다. 이러한 특성을 고려하여 본 논문에서는 벡터 기반 유사 척도를 제안한다. 벡터 기반 유사 척도는 색과 그 비율을 축으로 하는 벡터 공간에서 쉐이더의 색과 그 비율의 쌍을  $(c_i, r_i)$ 인 하나의 색-비율 벡터로 정의한다.  $c_i$ 는 한 쉐이더의 i번째 색을 의미하고  $r_i$ 는 한 쉐이더의 i번째 색감의 비율을 의미한다. 이 때, 한 쉐이더에 여러 가지 색이 표현되어 있다면 이 색들의 표현을  $\{(c_1, r_1), (c_2, r_2), \dots, (c_i, r_i)\}$ 와 같은 색-비율 벡터의 집합으로 정의할 수 있다.

벡터 공간에서 임의의 두 색-비율 벡터간의 거리는 두 벡터 간의 유클리디언 거리이다. 이에 따라, 본 논문에서는 두 색-비율 벡터 집합 간의 거리를 가능한 모든 벡터 조합의 유클리디언 거리 합 중 최소값으로 정의한다. 유클리디언 거리 합 중 최소값을 사용하는 이유는 두 쉐이더의 색이 얼마나 유사한지 알기 위해서이다. 한 쉐이더 A와 쉐이더 B를 비교하고자 했을 때, 쉐이더 A의 색감은,  $A = \{(c_{a1}, r_{a1}), (c_{a2}, r_{a2}), \dots, (c_{ai}, r_{ai})\}$ , B의 색감은  $B = \{(c_{b1}, r_{b1}), (c_{b2}, r_{b2}), \dots, (c_{bi}, r_{bi})\}$ 와 같이 표현될 수 있다. 이 때, A의 i번째 비율벡터  $(c_{ai}, r_{ai})$ 를  $\overline{a_i}$ 로 표시하기로 한다. 그리고  $dist(\overline{a_i}, \overline{b_j})$ 는 A 쉐이더의 i번째 비율벡터와 B쉐이더의 j번째 비율벡터간 유클리디언 거리를 의미한다. 각 쉐이더에는 k개 이하의 색-비율벡터가 존재한다고 가정하자. 이 때, 쉐이더 A와 쉐이더 B간 색감 거리는 다음과 같이 정의된다.

$$colordistance(A, B) = \sum_{i=1}^k \min [dist(\overline{a_i}, \overline{b_j})], \quad (1 \leq j \leq k)$$

재질감의 경우 추출된 특성들이 서로 관계를 맺지 않고 독립적이다. 또한, 특성 추출 공식으로 추출된 각 렌더링 노드의 특성 수가 동일하기 때문에 유클리드 거리를 적용하여 쉽게 두 쉐이더의 유사 척도를 세울 수 있다. 쉐이더 A의 i번째 재질감 특성을  $f_{ai}$ , 쉐이더 B의 i번째 재질감 특성을  $f_{bi}$ 라고 정의한다. 이 때, 재질감 거리는 아래의 공식과 같이 도출된다.

$$materialdistance(A, B) = \sqrt{(f_{a1} - f_{b1})^2 + (f_{a2} - f_{b2})^2 + (f_{a3} - f_{b3})^2 + \dots + (f_{ai} - f_{bi})^2}$$

**IV. 실험** 본 실험에서는 각 렌더링 노드들을 조합하여 6,000개의 쉐이더 데이터 집합을 생성하였다. 쉐이더 데이터 생성 시 각 렌더링 노드의 애트리뷰트 값을 무작위(random)로 바꾸어 생성된 쉐이더 데이터들이 다양한 특성을 표현할 수 있도록 하였다. 생성된 데이터를 바탕으로 인지감 특성 추출 기법을 사용하여 유사 쉐이더 검색을 수행하였다. 정확한 성능 측정을 위하여 인지감 별로 8개의 질의 쉐이더를 사용하였다. 유사 쉐이더 검색은 k-최근접 이웃 검색[2]을 기반으로 수행하였다. k의 개수는 20, 10, 5개로 하였다. 본 실험에서는 유사 쉐이더 검색 결과의 정확도를 판단하기 위하여 5명의 일반인 평가자들이 각 검색의 결과를 평가하도록 하였다. 평가자들은 각 질의 쉐이더에 대하여 검색된 k개의 유사 쉐이더 결과를 '정답'과 '비 정답'으로 구분하여 질의 결과를 평가한다. 본 실험에서는 유사 쉐이더 검색의 정확도를 판단하기 위한 기준으로 평균정밀도(average precision)를 사용하였다.

그림 1은 측정 방법에 따른 색감과 재질감의 평균정밀도 변화를 나타낸 것이다. x축은 측정 방법의 변화를 의미하고 y 축은 정밀도를 의미한다. ans2는 k-최근접 이웃 검색의 질의 결과들에 대하여 5명의 평가자 중 적어도 2명 이상이 정답이라고 판단한 쉐이더를 대상으로 정밀도를 측정한 것이다. ans1은 5명의 평가자 중 적어도 1명 이상이 정답이라고 판단한 쉐이더를 대상으로 정밀도를 측정한 것이다. avg는 5명의 평가자 각각 매긴 정답에 대하여 정밀도를 구한 후 그 평균을 측정한 것이다.

측정방법의 왼쪽 파란색 막대그래프는 20-최근접 이웃 검색에 대한 정밀도, 빨간색 막대그래프는 10-최근접 이웃 검색, 녹색 막대그래프는 5-최근접 이웃 검색에 대한 정밀도를 나타낸다. 실험 결과, 색감이 ans2에서는 최대 94%, ans 1에서는 최대 97%, 그리고 avg에서는 최대 88%의 정밀도를 보였고 재질감이 ans2에서 최대 98%, ans1에서 최대 100%, 그리고 avg에서 최대 86%의 정밀도를 보였다. 그래프에서 볼 수 있듯이 전체적인 평균정밀도가 매우 높게 측정되었다. 이는 본 논문에서 제안하는 기법을 바탕으로 수행된 k-최근접 이웃 검색이 유사한 쉐이더 순서대로 정확히 검색한다는 것을 의미한다.

**V. 결론** 본 논문에서는 유사 쉐이더 검색을 위한 인지감 특성 추출 기법에 관하여 제안하였다. 쉐이더는 일반적으로 고차원과 가변차원의 문제를 가지고 있기 때문에 유사도를 측정하기가 매우 어렵다. 본 논문에서는 고차원과 가변 차원의 문제를 동시에 해결하기 위하여 인지감 특성 추출 기법을 제안하였다. 제안한 기법은 인지감을 기준으로 각 렌더링 노드의 애트리뷰트들을 특성에 맞게 분류한다. 다음, 각 인지감마다 분류된 애트리뷰트들의 관계와 특성을 반영하여 6차원의 고정된 저차원으로 추출할 수 있는 인지감 특성 추출 공식을 도출하였다. 이 공식을 바탕으로 고정된 개수의 인지감 특성 집합을 추출함으로써 가변차원과 고차원의 문제를 해결할 수 있다. 또한, 본 논문에서는 각 인지감 특성 집합의 의미를 고려하여 쉐이더 간 유사성을 판별하기 위한 유사척도를 제안하였다. 실험 결과, 제안된 기법이 유사 쉐이더를 효과적으로 검색하는 것으로 나타났다.

감사의 글 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장동력핵심기술개발 사업의 일환으로 수행하였음 (2006-S-045-01, 기능 확장형 초고속 렌더러). 또한, 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원 사업의 부분적인 지원을 받았음(IITA-2008-C1090-0801-0040).

#### 참고 문헌

- [1] S. Upstill, "The RenderMan Companion: A Programmer's Guide to Realistic Computer Graphics," Addison-Wesley Professional, 1990.
- [2] S. Beyer, et al., "When Is Nearest Neighbor Meaningful?", In proc. International Conference on Database Theory(ICDT), pp.217-235, 1999.
- [3] Roger Weber, et al., "A Quantitative Analysis and Performance Study for Similarity-Search Methods in High-Dimensional Spaces," In Proc. International Conference on Very Large Databases(VLDB), pp.194-205, 1998.
- [4] M. Pharr, and G. Humphreys, "Physically Based Rendering: from Theory to Implementation," Elsevier Press, 2004.