

가상현실 경험을 복습시켜주는 사진 정리 알고리즘

곽 은 주[†] · 조 응 주^{††} · 조 현 상^{†††} · 박 경 신^{††††}

요 약

이 논문에서 우리는 교육용 가상환경에서 사용자가 직접 촬영한 사진들을 학습 내용과 사용자의 상황 정보를 바탕으로 자동으로 사진을 정리 요약해서 가상 환경 체험이 끝난 후 짧게 보여주는 새로운 사진 정리 알고리즘을 제안한다. 이 알고리즘은 기존의 날짜, 장소, 키워드를 이용하여 많은 양의 사진을 정리 요약해주는 사진 정리 알고리즘과는 달리 사용자의 관심도와 기억해야 할 주요 학습내용을 다시 한 번 살펴볼도록 함으로써 기억 향상을 도와주는 것을 목적으로 한다. 본 논문에서는 먼저 학습 효과를 높이기 위해 교육적으로 의미가 있는 사진을 추출하는 기준과 인지를 계산을 설명하고, 이 알고리즘을 가상환경과 사진 뷰어 인터페이스와 연동한 전체적인 시스템을 설명한다. 또한 이 알고리즘에 사용된 인지를 모델링을 위한 사용자 실험 분석과 향후 연구 방향에 대해 논한다.

키워드 : 사진 정리 알고리즘, 기억 향상, 교육용 가상환경

The Image Summarization Algorithm for Reviewing the Virtual Reality Experience

Eun-Joo Kwak[†] · Yongjoo Cho^{††} · Hyun-Sang Cho^{†††} · Kyoung Shin Park^{††††}

ABSTRACT

In this paper, we proposed a new image summarization algorithm designed for automatically summarizing user's snapshot photos taken in a virtual environment based on user's context information and educational contents, and then presenting a summarized photos shortly after user's virtual reality experience. While other image summarization algorithms used date, location, and keyword to effectively summarize a large amount of photos, this algorithm is intended to improve users' memory retention by recalling their interests and important educational contents. This paper first describes some criteria of extracting the meaningful images to improve learning effects and the identification rate calculations, followed by the system architecture that integrates the virtual environment and the viewer interface. It will also discuss a user study to model the algorithm's optimal identification rate and then future research directions.

Key Words : Image Summarization Algorithm, Memory Improvement, Educational Virtual Environment

1. 서 론

최근 메모리의 가격하락과 디지털 카메라의 대중화로 인하여 개인이 소유하는 디지털 사진의 양이 많아졌다. 이로 인해 많은 양의 디지털 사진을 날짜나 장소 혹은 주제별 키워드 등으로 분류해 사진을 정리하고 보관하기 쉽게 정리해주는 알고리즘 개발이 시도되고 있다[1~4]. 이들 연구에서는 주로 지리기반 위치정보시스템으로 저장한 위치와 사진상의 시간 정보나 이벤트 등의 추가적인 메타 데이터를 활

용하여 사진을 자동으로 분류해 정리하거나, 비슷한 내용을 갖는 사진끼리 묶거나, 또는 중요하지 않은 부분을 잘라내기도 한다. 그러나 대부분 방대한 양의 사진을 여러 가지 정보를 활용하여 알아보기 쉽게 정리해주고 검색을 용이하게 해주는 데 그 목적을 두고 있다.

본 연구에서는 가상환경에서 사용자들이 직접 촬영한 사진들을 기반으로 중요한 사진들 위주로 자동으로 정리 요약하여 제공함으로써 가상환경 경험을 다시 한 번 복습할 수 있도록 도와주는 알고리즘을 개발하였다. 기존 사진 정리 알고리즘이 장소, 시간, 키워드만으로 사진을 분류하는 것과는 달리, 이 알고리즘에서는 사용자가 관심을 두고 찍은 사진들과 기억해야 할 교육적으로 중요한 내용을 바탕으로 가장 적절하다고 생각되는 대표 사진을 추출한다. 그리고 이렇게 추출된 사진들을 짧게 요약하여 가상현실 경험 후에

† 준 회 원 : 상명대학교 디지털미디어전공 학사과정
†† 종신회원 : 상명대학교 디지털미디어학부 조교수
††† 준 회 원 : 한국정보통신대학교 디지털미디어 박사과정
†††† 종신회원 : 단국대학교 컴퓨터학부 전임강사(교신저자)
논문접수 : 2007년 11월 13일
접수일 : 1차 2008년 1월 7일, 2차 2008년 2월 4일, 3차 2008년 2월 27일
심사완료 : 2008년 3월 6일

보여주어 사용자의 기억을 향상시키는 것을 목적으로 한다.

가상현실은 일인칭 시점에서 삼차원 영상을 통해 만들어지는 몰입감과 현존감을 토대로 실제 교육에서 제공하기 힘든 교과 내용을 다양한 시각 청각 촉각적 상호작용을 제공하여 학습효과를 높일 수 있는 장점을 가지고 있다. 가상현실은 지리적 한계를 극복하는 해저탐사, 화성탐사와 원자로나 보일러 작동과 같은 위험한 작업에 대한 훈련, 문화유적지 탐방 또는 인간의 시각 한계를 극복하는 인체 탐사나 미생물의 번식 교육 등에 적극 활용되고 있다. 또한 우리의 이전 연구에서 학생들이 자유롭게 가상환경을 탐색하면서 사진을 찍고 다양한 이벤트를 체험하도록 한 후 다시 한 번 중요한 학습내용에 대해 안내를 받으면서 경험하도록 하였을 때에 그 반대의 순서로 학습한 학생들보다 기억을 더 많이 한 결과가 나타났다[5]. 이 결과를 근거로, 본 연구에서는 가상현실 체험 시 사용자가 찍은 사진과 중요한 학습 내용을 가지고 짧게 요약하여 다시 반복해서 보여주는 사진 정리 요약 알고리즘을 개발하게 되었다.

본 논문은 먼저 가상현실 경험을 다시 기억시켜주기 위해 개발된 자동화된 사진 정리 요약 알고리즘을 서술한다. 또한 이 알고리즘을 모델링하기 위해 디지털 고구려 가상현실 시스템을 사용하여 사용자가 가상현실 체험 시 찍은 사진과 교육적으로 필요한 내용을 비교 분석하여 자동으로 대표 사진을 추출하여 요약해 주는 알고리즘과 가상현실 시스템과 알고리즘 서버를 연결하고 사용자에게 최종적으로 정리된 사진을 보여주는 인터페이스로 구성된 전반적인 시스템에 대해 설명한다. 그리고 복습 효과를 높이기 위해서 알고리즘의 모델링을 검증하는 사용자 실험과 그 결과를 논한다.

2. 복습효과를 위한 사진 정리 요약 알고리즘

우리가 제안하는 사진 정리 요약 알고리즘은 많은 양의 사진을 정리하고 대표가 되는 사진을 추출한다는 면에서 기존의 사진 정리 알고리즘과 비슷하다. 그러나 이 알고리즘들은 대부분 제한된 디스플레이 화면에 여러 장의 사진을 보여주는 방법이나 사용자가 자신의 사진을 쉽게 검색하도록 도와주는 방법에 주목점을 두고 있다. 이에 반해 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 사용자가 관심을 가지고 촬영한 사진들 중 학습 목표를 바탕으로 교육적으로 의미가 있는 내용을 포함하는 사진을 추출하여 요약해 준다.

이를 위해서 어떤 사진이 교육적으로 의미가 있는 사진으로 추출될 지에 관한 기준을 다음과 같이 설정했다.

교육하고자 하는 가상환경의 아이템 (즉, 학습내용)은 미리 정해져 있어야 하며, 이 아이템의 정보 (3차원 위치, 크기, 정면방향)를 기준으로 하여 이들 위주로 촬영된 사진을 추출한다.

사진 속 아이템들은 사용자가 적당한 거리에서 촬영한 것 이어야 하며 그 크기가 어느 정도 식별 가능해야 한다.

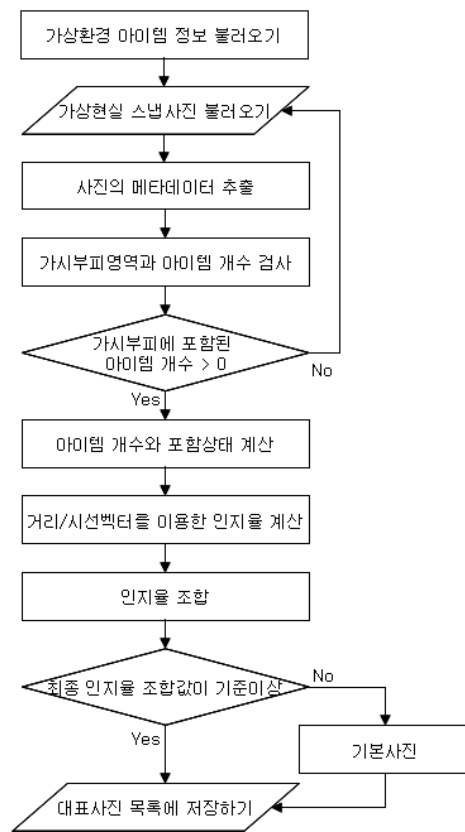
촬영된 사진 안에 보다 많은 아이템이 포함되어 있는 것 일수록 추출될 가능성이 높다.

위의 모든 조건이 충족되었다면 아이템의 모습을 가장 잘 표현할 수 있는 방향 (즉, 정면 방향에 가까운 것)에서 촬영한 사진일수록 추출될 가능성이 높다.

위에서 설명한 바와 같이 본 알고리즘은 특정 교육용 가상환경에서 중요하다고 생각되는 아이템들에 대한 정보들 (즉, 아이템의 위치와 방향 및 지정된 크기의 반지름을 갖는 부피)과 기본 사진이 설정파일에 저장되어 있어야 한다. 본 알고리즘에서는 특정 가상환경에 대한 아이템 정보를 설정파일(Configuration File)로부터 취득한 후, 사용자가 가상환경에서 저장한 스냅 사진을 불러와 사진의 이름에 포함된 메타 데이터를 활용해서 사진 정보들을 추출한다.

이 메타 데이터에는 사진이 찍힌 날짜와 시간, 사진이 찍힌 곳에서 사용자의 위치, 사용자가 바라보는 방향, 시선 벡터를 가지고 있다. 이 정보를 바탕으로 사진을 찍은 근처의 아이템들을 찾아낸다. 그리고 사용자가 사진을 찍은 곳에서 바라보는 방향에 따라 3차원 가시 부피 (View Volume)를 계산하여 그 안에 포함된 아이템의 개수와 상태를 확인하여 그 결과에 따라 차등적으로 점수를 부여한다.

그리고 사진 속에 있는 개별 아이템에 대한 인지율을 사용자와 아이템 간의 거리와 사용자의 시선 벡터를 사용하여 계산한다. 이렇게 계산된 인지율은 특정 비율로 가중치(R_{em} , R_{count} 로 표현함)를 두어 조합되며, 이 과정을 모든 사진에 적용한 후 최종적으로 가장 높은 점수를 갖는 사진들이 대표사진이 된다.



(그림 1) 제안된 알고리즘 순서도

만일 사용자가 중요한 아이টে에 관한 사진을 찍지 않았거나, 특정 아이টে에 촬영한 사진들의 최종 인지율 ($Score_c$ 로 표현함)이 교육적으로 효과가 있는 사진이라고 여길 수 있는 최소 인지율(R_{send} 로 표현함)에 미치지 못하는 값을 갖는다면 이에 대해서는 기본 사진을 제공하여 학습을 용이하게 진행할 수 있도록 하고 있다. 이 알고리즘의 전체적인 흐름도는 (그림 1)과 같다.

2.1 사진 촬영한 가시 부피에 포함된 아이টে에 개수와 상태 검사

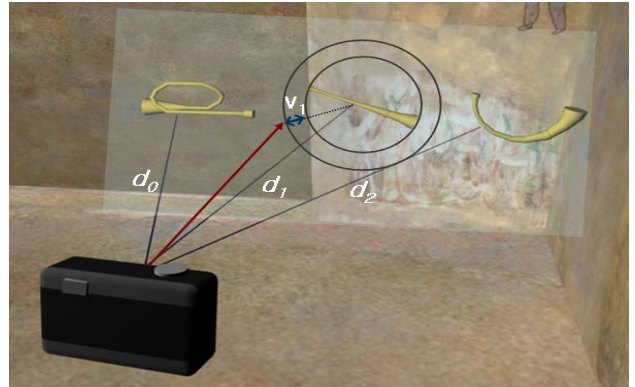
사용자가 가상환경에서 촬영한 위치와 시점벡터를 활용해서 시야각, 중횡비, 근거리와 원거리 평면의 정보를 만들어서 절두체 (Frustum) 형태의 가시 부피를 구한다. 가시 부피와의 관계에서 아이টে에들은 교차, 포함, 불포함의 세 가지 상태에 놓일 수 있다. 만약 가시 부피의 모든 면에 대해서 아이টে에의 중심으로부터 면까지의 거리가 아이টে에의 반지름보다 큰 경우 이는 포함 상태이다. 반면 단 하나라도 거리가 아이টে에의 반지름보다 작다면 교차상태이며, 거리가 음수 값이 나온다면 이는 불포함 상태로 인식한다.

본 알고리즘은 한 장의 사진 안에 여러 개의 아이টে에이 완전히 포함되어 있는 것을 교육적으로 가장 의미 있는 것으로 판단한다. 때문에 사진을 처리할 때 가시 부피 안에 포함되어 있는 아이টে에의 개수와 포함 상태를 확인하여 그에 따라 차등적인 점수인 S_{count} 를 부여한다. 예를 들어 가시 부피 안의 모든 아이টে에이 포함 상태라면 가장 높은 점수를 받는다. 만일 하나라도 교차 상태에 있다면 그 보다 낮은 점수를 받으며, 모든 아이টে에이 불포함 상태라면 점수를 가장 적게 받는다.

2.2 사용자와 아이টে에 간의 거리를 이용한 사진 속 아이টে에의 인지율 계산

위에서 설명한 아이টে에의 포함 여부를 확인하는 작업은 사용자가 아이টে에에 너무 가깝거나 먼 곳에서 찍은 사진을 제거할 수 있게 한다. 하지만 가시 부피 안에 포함된 아이টে에중에서도 사용자로부터 먼 곳에 위치한 아이টে에보다는 좀 더 가까운 곳에 있는 아이টে에이 더 의미가 있는 것으로 간주한다. 즉, 아무리 많은 아이টে에이 포함되어 있어도 사용자로부터 너무 먼 곳에 위치한 아이টে에은 의미가 없다. 따라서 일정 범위 내에서 사진을 찍는 것이 중요한데 이 범위를 $D_{absolute}$ 로 명칭하며 설정파일에 지정되어 있다.

만일 사진이 이 범위 안에서 촬영되었다면 이 아이টে에에게 관심이 있는 것으로 간주하고 해당 사진에 대한 인지율인 $S_{distance}$ 를 계산한다. 아래의 식 (1)과 같이 가시 부피 안에 포함된 아이টে에들과 사용자 간의 거리인 $D_{em-user}$ 를 $D_{absolute}$ 로 나누어 개별 아이টে에에 대한 인지율을 구한 후 이를 모두 합산하면 $S_{em-user}$ 값이 나온다. 이를 가시부피 내에 포함된 아이টে에의 개수로 나누어 거리에 따른 사진의 인지율 점수를 계산한다. 이 때 $D_{em-user}$ 가 작을수록 인지율 $S_{distance}$ 값이 높아지게 된다. (그림 2)는 사용자와 각 아이টে에간의 거리인 d_i 를 보여주고 있다.



(그림 2) 사용자와 각 아이টে에 간의 거리 d_i 와 사용자의 시선벡터가 아이টে에이 위치한 평면과 만나는 점과 각 아이টে에 간의 거리 v_i

$$D_{em-user} = \{d_0, d_1, d_2, \dots, d_{n-1}\} \tag{1}$$

$$S_{em-user} = \sum_{i=0}^{n-1} ((1 - d_i / D_{absolute}) \times 100)$$

$$S_{distance} = S_{em-user} / n$$

(n 은 가시부피 내에 포함된 아이টে에의 개수)

2.3 시선 벡터를 이용한 아이টে에의 인지율 계산

앞에서 설명한 두 가지 방법만을 써서 아이টে에에 대한 점수를 부과한다면 가시 부피 안에 들어온 아이টে에들의 측면 사진이 아이টে에들이 제대로 보이지 않음에도 불구하고 좋은 점수를 받는 경우가 생길 수 있다. 그러나 아이টে에이 정면에서 촬영된 사진을 교육적으로 의미 있게 보기 때문에 식 (2)에서처럼 사용자의 시선벡터를 이용하여 개별 사진의 인지율인 S_{tor} 를 계산한다.

$$V_{em-point} = \{v_0, v_1, v_2, \dots, v_{n-1}\}$$

$$v_i = (10 - \sqrt{(x_p - x_i)^2 + (y_p - y_i)^2}) \times 10 \tag{2}$$

$$S_{tor} = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} v_i$$

(n 은 가시부피 내에 포함된 아이টে에의 개수)

이 때 아이টে에의 위치와 정면방향 정보를 이용하여 평면을 만들어 내고, 이 평면과 사용자 시선 벡터의 교차점 (x_p, y_p) 를 구하여 (x_p, y_p) 와 아이টে에의 위치 (x_i, y_i) 사이의 거리 $V_{em-point}$ 를 구했을 때, 그 값이 작을수록 사용자는 정면에서 가깝게 사진을 찍었다는 것을 의미하므로 개별 아이টে에에 대한 인지율 점수를 높게 부여한다. (그림 2)에서 시선 벡터가 아이টে에들이 위치한 평면과 교차한 점과 각 아이টে에간의 거리인 v_i 를 보여주고 있다.

2.4 인지율 조합

마지막으로 사진의 최종 인지율은 식 (4)를 이용하여 계산한다. 식 (3)에서는 R_{em} , R_{count} , R_{send} 세 가지 가중치 비율 값을 사용하여 가장 적절한 인지율 조합을 결정한다. 이

들 비율 값을 구하는 과정은 4.1절에서 자세히 설명한다.

R_{em} 은 $S_{distance}$ 와 S_{tor} 를 조합한 점수인 $Score_i$ 를 구하기 위해서 사용하는 비율 값이다. 그리고 R_{count} 는 위의 $Score_i$ 와 앞서 2.1절에서 구했던 가시 부피 안의 아이템 개수 및 상태로 구한 점수인 S_{count} 를 조합하여 최종 인지율인 $Score_e$ 를 결정하는 데 사용하는 비율 값이다.

이 때 특정 아이템에 관한 사진들이 모두 낮은 최종 인지율을 갖는다면 이는 학습 효과를 높이는 사진이라는 기준을 충족시키지 못함을 의미하므로 이 경우에는 미리 준비해 둔 기본사진을 제공함으로써 학습효과를 높인다. 때문에 최종 인지율 $Score_e$ 가 교육적으로 의미 있는 사진이라 여길 수 있는 최소 인지율인 R_{send} 이상을 넘기면 (즉, $Score_e > R_{send}$ 조건을 만족할 때) 아이템이 잘 인식된 사진으로 보고 대표 사진 목록에 저장한다.

$$Score_i = \{S_{distance} \times R_{em}\} + \{S_{tor} \times (1 - R_{em})\} \quad (3)$$

$$Score_e = \{S_{count} \times R_{count}\} + \{Score_i \times (1 - R_{count})\}$$

3. 시스템 구성 및 동작

본 알고리즘을 모델링하기 위해 고구려 안악 3호분을 재현한 디지털 고구려를 사용하였다. (그림 3)은 가상환경을 포함한 전체 시스템 구성도이다. 이 시스템은 사용자에게 교육 콘텐츠를 제공하며 상호작용을 할 수 있는 가상현실 (Virtual Reality, VR) 시스템, 사용자가 가상현실에서 촬영한 사진을 저장하고 알고리즘을 적용하여 분류 및 요약을 수행하는 알고리즘 서버(Algorithm Server, AS), 가상현실과 알고리즘 서버를 연결해주며 알고리즘에서 정리 요약된 사진을 사용자에게 최종적으로 가시화해 보여주는 인터페이스 서버(Interface Server, IS)로 구성되어 있다. 각 프로그램

은 독립적으로 실행되며, 가상현실 시스템과 인터페이스 서버는 UDP와 FTP 통신으로 연결되어 있으며 인터페이스 서버와 알고리즘 서버는 TCP와 파일 공유 시스템을 활용하여 자료를 교환하는 형태로 구성되어 있다.

3.1 디지털 고구려 가상현실 시스템

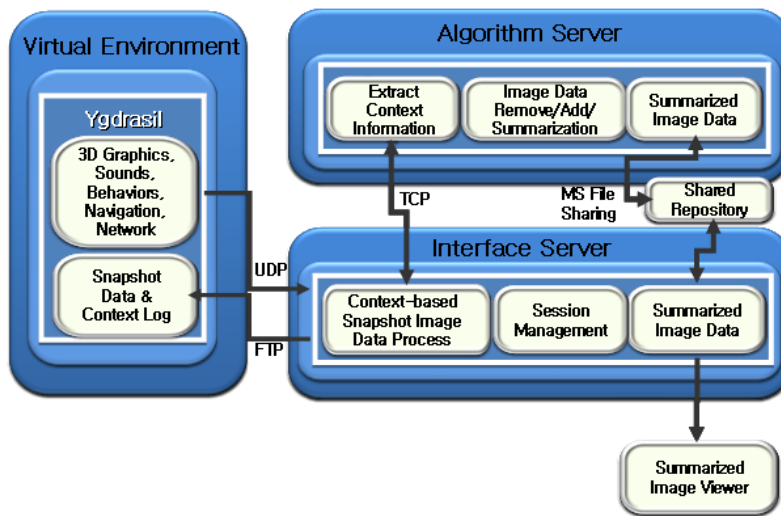
디지털 고구려 가상환경[6]은 가상현실 저작 도구인 Ygdrasil[7]로 구현되었다. 이 가상환경에서 사용자가 사진 디지털 고구려의 안악 3호분은 좌측실의 왕의 모자와 왕비의 의복, 우측실의 부엌 항아리, 회랑 대행렬도의 병사 등 역사학자의 자문을 통하여 고구려 유물로 중요한 가치가 있는 모두 열 개의 아이템이 배치되어 있다. 사용자가 이 아이템들의 근처에 가면 내레이션으로 질문이 나오면서 문제를 풀어야 하며, 즉석 사진의 기능을 제공하여 언제든지 촬영할 수 있도록 하였다.

3.2 알고리즘 서버

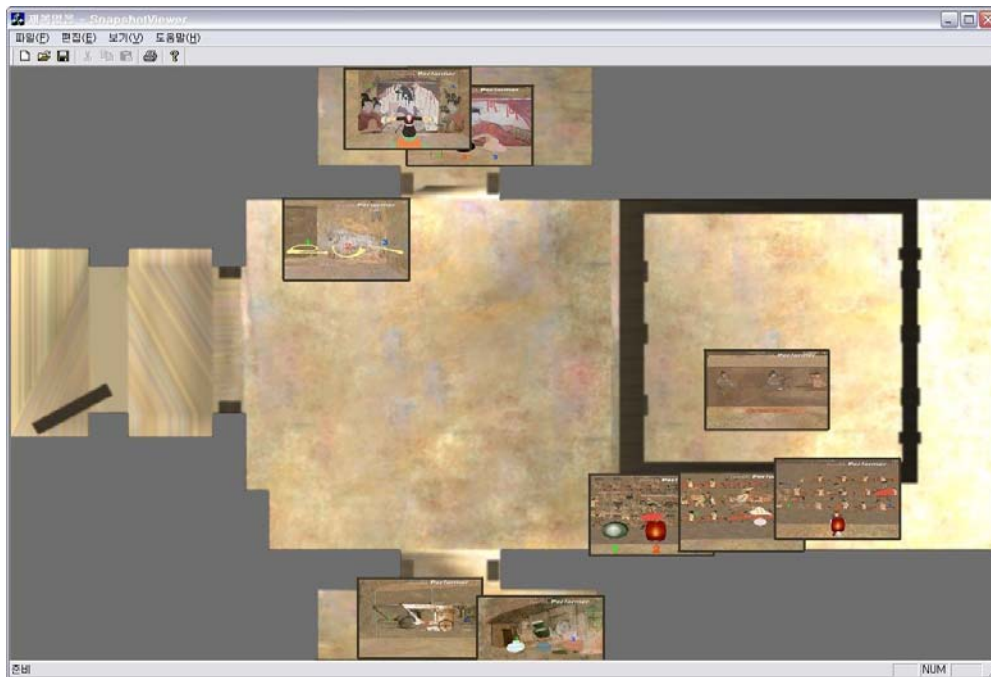
알고리즘 서버는 인터페이스 서버와 연결되어 가상현실 시스템에서 받은 사진의 요약과 대표사진 추출 처리를 담당하고 있다. 알고리즘 서버는 지정된 디렉터리에 저장된 사용자가 찍은 사진들의 메타 정보를 활용해 사용자의 위치와 방향 및 시선벡터 등의 상황정보를 추출한다. 그리고 이 사진들을 앞서 설명했던 알고리즘을 바탕으로 필요 없는 사진을 정리하여 제거하고 누락된 지점이나 학습 아이템에 대해서는 미리 만들어둔 기본 사진들을 추가하여 사용자의 학습 내용을 재구성한다. 그리고 추출된 대표 사진들을 뷰어 프로그램에 전달하는 형태로 동작한다.

3.3 인터페이스 서버

인터페이스 서버는 가상현실 시스템과 알고리즘 서버를 연결하며 사진 데이터 저장과 관리 및 뷰어 프로그램의 구동을 담당하고 있다. 인터페이스 서버의 주요 기능은 사용



(그림 3) 전체 시스템 구성도를 찍었을 때 UDP로 인터페이스 서버에 이를 알리는 메시지를 전송하여 인터페이스에서는 생성된 사진을 FTP로 받는다.



(그림 4) 뷰어(Viewer) 프로그램 동작상태

자 등록에 의한 사용자 폴더 생성, 가상현실 시스템에서 전송된 상황정보기반 촬영 사진이름 변경, 알고리즘 서버로 세션 종료, 및 시작 관련 메시지 교환과 최종 요약 사진 뷰어 프로그램 구동이 있다.

최종 요약 사진 뷰어(Viewer) 프로그램은 인터페이스 서버 안에서 실행되며 지정된 시간 동안 사용자에게 복습 시간을 주고 자동 종료한다. 뷰어 프로그램은 종료 시 임시 저장장소에 저장되어 있는 요약 사진을 사용자 디렉토리로 이동시켜 다음 사용자 세션에 대비한다. (그림 4)는 최종 요약된 사진을 보여주는 뷰어 프로그램의 동작 상태를 보여주고 있다.

3.4 시스템의 활용 순서

이 시스템의 전체적인 구동은 디지털 고구려 가상환경에서 일반적인 가상체험 학습 세션(Session)과 학습이 종료된 후 학습 내용에 대한 간단한 요약 및 복습 세션으로 나뉘며 각각의 동작 순서는 다음과 같다. 먼저 사용자의 이름을 인터페이스 서버에 등록한 후 사용자의 일반 학습 세션이 시작된다. 사용자는 가상환경에서 조이스틱 등을 활용해서 안약 3호분의 내부를 돌아다니며 고분의 내부 구조를 학습하면서 인상 깊게 관찰하거나 중요하다고 생각되는 장면이나 아이টে에 대해 가상 사진기로 촬영할 수 있다. 촬영이 이루어진 순간 가상현실 시스템에서는 사진이 촬영된 시간과 사용자의 3차원 공간좌표 위치나 시선벡터 등의 상황정보를 UDP로 인터페이스 서버로 전송한다.

본 시스템에서는 파일과 관련된 중요한 정보들은 모두 사진의 이름에 메타 데이터화하여 필요한 정보를 저장하고 추출하는 구조를 사용하였다. 인터페이스 서버는 가상현실 시

스템으로부터 전송받은 정보를 바탕으로 FTP를 이용하여 저장된 파일 이름을 상황정보를 바탕으로 재구성하여 알고리즘 서버가 처리할 수 있는 임시 저장 영역으로 복사하여 저장한다. 이 과정은 사용자가 가상환경의 내비게이션을 마치고 지정된 위치로 돌아와 학습 세션을 종료할 때까지 반복된다.

학습 세션이 종료가 되면 바로 요약 및 복습 세션이 시작된다. 가상현실 시스템이 인터페이스 서버로 세션 종료 메시지를 전송하면, 인터페이스 서버는 사진에 대한 마무리 작업 후에 알고리즘 서버로 세션 종료를 알려준다. 그러면 알고리즘 서버는 사용자가 촬영한 사진을 사진 정리 요약 알고리즘에 의해 처리하여 인지율을 계산하여 대표사진을 추출한 다음 인터페이스 서버에 처리 완료 메시지를 보낸다.

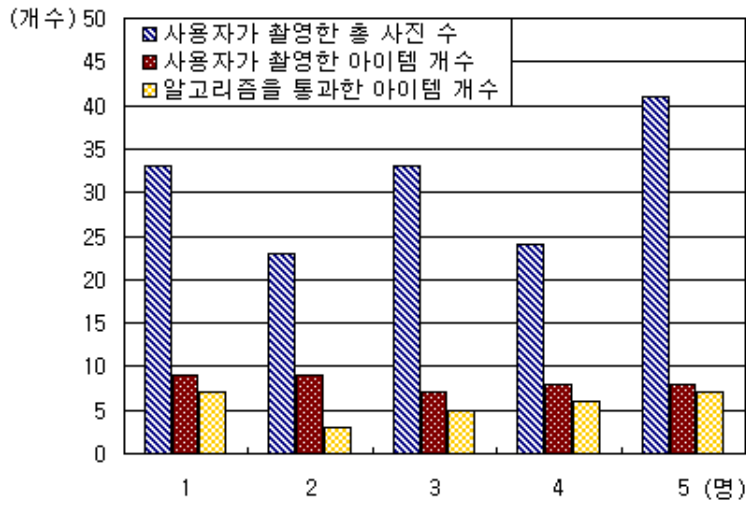
이렇게 요약된 그림파일에는 역시 메타 정보로 촬영된 순서와 함께 가상공간에서 사진 찍힌 위치에 대응되는 2차원 지도 위의 위치 좌표 등을 포함하고 있다. 뷰어(Viewer) 프로그램은 디지털 고구려의 2차원 평면도의 배경 위에 알고리즘 서버에서 추출한 대표 사진들을 보여주게 된다. 사용자는 지정된 시간 동안 뷰어 프로그램에서 제시되는 요약된 사진을 통해 자신이 방문한 위치와 촬영한 사진을 확인하고 복습하는 과정을 거치게 된다.

4. 실험 및 결과 분석

4.1 최종 인지율 결정을 위한 실험 모델링

본 시스템의 요약된 대표 사진 추출을 위한 사진의 최종 인지율을 구하기 위해 R_{em} , R_{count} , R_{send} 세 가지 비율을 사용하였다. 인지율 조합 모델링을 위한 R_{em} , R_{count} , R_{send} 값

비율값을 적용한 알고리즘 평가 실험 결과



(그림 5) 추출된 알고리즘 비율 값을 적용한 평가 실험 결과

들은 실험을 통해서 모델링되었다. 이 실험에서 가상 환경 내에 위치한 10개의 아이템마다 바라보는 각도와 거리를 다르게 하여 총 331장의 사진을 얻었다. 그 중 교육적으로 의미가 있는 사진으로 결정된 즉, 기준을 만족시키는 사진을 각 아이템마다 3장씩 대표 사진으로 선정하여 비교그룹(C_{group})을 만든 후 이를 바탕으로 비율 값을 결정했다.

이 때 알고리즘의 결과로 나온 대표사진(R_{group})과 앞서 선정한 비교그룹 사진(C_{group})을 대조하여 일치하는 사진의 수가 많을수록 알고리즘이 효과적으로 추출된 것으로 간주했다. 이 실험에서 R_{em} , R_{count} 값은 0에서부터 1까지 0.1씩, R_{send} 는 0부터 100까지 10씩 변화시키며 두 그룹 간에 일치하는 사진이 가장 많아질 때의 비율 값을 찾았다.

각 비율 값은 R_{em} , R_{count} , R_{send} 의 순서로 계산되는데 이는 알고리즘의 계산과정에서 각 값들이 적용되는 순서와 동일하다. 실험결과는 R_{em} 이 0.8값을 가질 때 331장에 포함된 10 종류의 아이템 중 3가지 종류의 아이템이 비교 그룹(C_{group})과 최고 일치율을 보였다. R_{count} 는 0.6값에서 8종류의 아이템이 비교 그룹과 최고 일치율을 보였고, R_{send} 는 40일 때 가장 적합한 모습을 보였다. 최종 결과로, 알고리즘에서 추출한 대표사진과 비교그룹사진 간의 최종 일치율은 총 10개 아이템 중 8개의 아이템으로 이 알고리즘이 대표사진을 효과적으로 추출함을 알 수 있었다.

비율값 중 대표 사진을 결정하는데 가장 크게 영향을 끼친 요소는 R_{count} 값으로서 가시부피를 결정하고 그 안의 아이템의 포함여부를 밝히는 과정이다. 그 다음으로는 R_{em} 값이 0.8인 것을 고려할 때 시선벡터를 이용한 인지율임을 알 수 있다. 그러나 비교그룹과 일치하지 않은 대표사진을 살펴본 결과 비교그룹과 약간의 거리나 방향의 차이가 있을 뿐 비교적 아이템을 잘 표현하고 있었다. 이는 디지털 고구려 가상환경의 크기가 한정되어 있어서 생긴 것으로 사

용자의 미세한 움직임 변화에도 크게 반응하기 때문인 것으로 고려된다.

4.2 인지율 조합 모델링 검증을 위한 사용자 실험 및 평가

앞서 계산한 비율 값이 실제 사용자에게 쓰였을 때 어느 정도의 정확도를 갖는지 알아보기 위해 간단한 사용자 평가 실험을 수행했다. 이를 위해서 23세에서 28세 사이의 대학생 5명을 대상으로 디지털 고구려를 체험하면서 가상 카메라를 이용하여 아이템 위주로 인상적인 장면을 찍도록 했다. 카메라는 가상현실 환경 안의 모든 곳을 촬영할 수 있으며 사진의 장수는 제한을 두지 않았다. 각 참여자별로 가상현실 체험을 완료하면 인터페이스 서버와 알고리즘 서버를 거쳐 최종적으로 대표 사진을 추출한 후 부족한 부분에 대해서는 미리 선정했던 대표 사진들을 추가하여 뷰어 프로그램을 통해 요약된 사진을 볼 수 있도록 했다.

이 실험 결과에서 참여자들은 평균 30.8장의 사진을 촬영했다. 그 중 참여자들이 촬영한 중요 아이템의 개수는 총 10개 중 약 8.2개 정도이고, 알고리즘을 통해서 추출한 대표 사진에 들어가 있는 아이템은 평균 5.6개 정도로 나타났다. (그림 5)는 실험 참여자별로 찍은 사진의 개수와 촬영된 중요 아이템 개수 그리고 알고리즘에서 추출된 아이템의 개수를 보여주고 있다.

알고리즘의 정확도는 참여자들이 찍은 사진들과 알고리즘을 통해서 추출된 대표 사진들을 비교하는 것으로 확인하였다. (그림 5)에서 보이듯이 참여자들은 대부분의 경우 알고리즘에서 중요하게 생각하지 않은 부분에 대해서 많은 사진을 찍고 있음을 볼 수 있었다. 그리고 중요 아이템에 대해 찍은 사진도 아이템으로부터 지나치게 먼 곳이나 비스듬한 방향에서 촬영되어 형태를 인식하기 어려운 것들로 확인되어 알고리즘에서 걸러진 것으로 확인되었다. 사용자가 찍은 사진 중 추출된 것들과 부족한 부분에 대해 기존의 사진들

로 보강된 대표사진들은 사용자가 복습이 용이하도록 중요 아이템과 근접한 거리에 있으며 정면방향에서 크게 벗어나지 않는 사진들로 제공되었다.

이 실험 결과에서 참여자들은 가상현실 경험 후 알고리즘 서버에서 자동으로 정리되어 짧게 다시 보여주는 사진들에 대해 “복습에 도움이 되는 사진들이 추출되었으나 개인적으로 좋아하는 사진이 제외되어 아쉽다”는 반응을 보이기도 했다. 하지만 본 연구의 목적인 교육용 가상환경에서 학습 기억의 향상을 도와주는 사진 추출 알고리즘의 개발은 달성한 것으로 확인되었다.

5. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 교육용 가상환경에서 학습 기억의 향상을 위한 사진정리 알고리즘을 구현하였다. 이를 위한 첫 번째 과정으로 학습 효과를 높이기 위해서 어떤 사진을 교육적으로 의미가 있는 사진으로 간주할 지에 관한 기준을 설정했다. 그리고 이 기준을 충족시킬 수 있는 알고리즘의 최종 인지율 계산식을 설명하였다. 또한 이 알고리즘에 필요한 인지율 모델 작성을 위해 디지털 도구 가상환경을 사용하여 전체적인 시스템 구성을 설명했고 더욱 효과적인 인지율 조합을 살펴보기 위하여 사용자 평가실험을 진행하고 그 결과를 분석하였다.

이 사진 정리 알고리즘은 사용자가 촬영한 사진으로부터 교육적으로 중요한 의미를 갖는 아이템을 찾아내는데 있어서 3차원 가시부피를 이용했다. 그리고 가시부피 안에 포함된 아이템의 총 개수와 포함 상태를 확인하여 결정된 인지율과, 각 아이템별로 사용자로부터의 거리와 방향에 따라 결정된 인지율을 조합하여 최종 인지율을 구했다. 그래서 가장 높은 인지율을 갖는 사진들을 대표 사진으로 추출하여 요약정리를 하였다.

이 알고리즘은 현재 실내 물체를 대상으로 좀 더 효율적으로 사진 요약을 하도록 구현되어있다. 따라서 실내의 위치추적 시스템을 이용하여 실제 박물관 등에서 사람들이 사진을 찍은 것을 정리 요약하여 다시 한 번 기억을 상기시켜주는 방법으로 즉시 활용 가능하다. 추후 연구에서 우리는 본 사진 요약 알고리즘 시스템을 바탕으로 좀 더 다양한 교육용 가상환경과 증강현실 환경에 응용할 계획이다. 또한, 좀 더 많은 사용자 테스트를 하여 실제로 가상환경에서 사용자가 학습기억을 어느 정도 향상시킬 수 있는지에 관한 실험을 구체적으로 설계하여 실시할 계획이다.

참 고 문 헌

[1] M. Naaman, Y. J. Song, A. Paepcke, H. Garcia-Molina, “Automatic Organization for Digital Photographs with Geographic Coordinates,” Proceedings of the 4th ACM/IEEE-CS Joint Conference on Digital Libraries (JCDL),

pp.53-62, 2004.
 [2] A. Jaffe, M. Naaman, T. Tassa, M. Davis, “Generating Summaries and Visualization for Large Collections of Geo-Referenced Photographs,” Proceedings of the 8th ACM International Workshop on Multimedia Information Retrieval (MIR), pp.89-98, 2006.
 [3] S. Ahern, S. King, M. Naaman, R. Nair, “Summarization of Online Image Collections via Implicit Feedback,” Proceedings of the 16th International Conference on World Wide Web, pp.1325-1326, 2007.
 [4] S. Han, ‘A Photo Summarization Technique based on Location and Orientation with Geographic Information’, Master’s Thesis, Information and Communications University, 2007.
 [5] 박경신, 구자영, “가상현실교육 설계방식에 따른 학습자 주의와 학습효과에 관한 연구”, 정보처리학회논문지, 제14-B권 제2호, pp.119-126, 2007.
 [6] Y. Cho, K. Park, S. Park, H. Moon, “Designing Virtual Reality Reconstruction of the Koguryo Mural, Cooperative Design, Visualization and Engineering,” Lecture Notes in Computer Science Vol.3675, pp.194-201, Sep. 2005.
 [7] D. Pape, ‘Composing Networked Virtual Environments’, Ph. D. Dissertation, University of Illinois at Chicago, 2001.



곽 은 주

e-mail : eun_joo@smu.ac.kr
 2005년~현 재 상명대학교 디지털 미디어 전공(학사과정 재학 중)
 관심분야 : Table-top Display, 교육용 가상현실 등



조 용 주

e-mail : ycho@smu.ac.kr
 1993년 일리노이대학교 컴퓨터과학과 (공학사)
 1997년 일리노이대학교 대학원 전기전자 컴퓨터과학과(공학석사)
 2003년 일리노이대학교 대학원 컴퓨터 과학과(공학박사)
 2004년~현 재 상명대학교 디지털미디어학부 조교수
 관심분야 : 가상현실, HCI, 인터랙티브 컴퓨팅



조 현 상

e-mail : haemosu@icu.ac.kr

1997년 경원대학교 전자공학과 학부(학사)

2005년~2007년 한국정보통신대학교 디지털
미디어(공학석사)

2007년~현 재 한국정보통신대학교 디지털
미디어(공학박사 재학 중)

1997년~2001년 현대전자 (하이닉스 반도체) 메모리 연구소
주임연구원

2001년~2004년 Newertech 기술연구소 책임연구원

관심분야 : BCI, Context-aware service, Storytelling, Group
interaction 등



박 경 신

e-mail : kpark@dankook.ac.kr

1991년 덕성여자대학교 수학과(학사)

1997년 일리노이대학교 대학원 전기전자
컴퓨터학과(공학석사)

2003년 일리노이대학교 대학원 컴퓨터
과학과(공학박사)

2004년~2007년 한국정보통신대학교 연구교수

2007년~현 재 단국대학교 컴퓨터학부 전임강사

관심분야 : 컴퓨터 그래픽스, 가상현실, HCI, 감성공학, 협업환경