
얼굴 표정 데이터의 최적의 가시화를 위한 선형 및 비선형 투영 기법의 비교 분석

Comparative Analysis of Linear and Nonlinear Projection Techniques for the Best Visualization of Facial Expression Data

김성호

상지대학교 컴퓨터정보공학부

Sung-Ho Kim(kimsh1204@sangji.ac.kr)

요약

본 논문은 고차원 얼굴 모션 캡처 데이터를 선형 및 비선형 투영 기법에 각각 적용하고, 이를 2차원 평면으로 투영하기 위한 최적의 방법론에 대한 것이다. 본 방법의 핵심 요소는 프레임 단위의 고차원 얼굴 표정 데이터를 선형 투영 기법인 PCA와 비선형 투영 기법인 Isomap, MDS, CCA, Sammon's Mapping, LLE 등에 적용하고 이를 저차원 공간에 분포시키는 방법론 및 그 결과를 비교 분석하는 것이다. 이를 위해서는 먼저 기존의 고차원 얼굴 표정 프레임 데이터들 사이의 거리를 구하고, 선형 및 비선형 투영 기법들을 적용한 상태에서 기존의 데이터들 사이의 거리 관계를 유지하면서 저차원인 2차원 평면 공간에 분포시키는 것이다. 그리고 2차원 공간에 분포된 얼굴 표정 데이터가 원형 데이터와 비교했을 때, 최적의 상태로 프레임 데이터들 사이의 거리 관계를 유지하고 있는 투영 기법을 찾는다. 결국 본 논문에서는 고차원 얼굴 표정 데이터를 저차원 공간에 투영하기 위한 선형 및 비선형 투영 기법들을 비교 분석하고, 각각에서 최적의 투영 기법을 찾아낸다.

■ **중심어** : | 얼굴 모션 캡처 | 선형 및 비선형 투영 | PCA | Isomap | MDS | CCA | Sammon's Mapping | LLE |

Abstract

This paper describes comparison and analysis of methodology which enables us in order to search the projection technique of optimum for projection in the plane. For this methodology, we apply the high-dimensional facial motion capture data respectively in linear and nonlinear projection techniques. The one core element of the methodology is to apply the high-dimensional facial expression data of frame unit in PCA where is a linear projection technique and Isomap, MDS, CCA, Sammon's Mapping and LLE where are a nonlinear projection techniques. And another is to find out the methodology which distributes in this low-dimensional space, and analyze the result last. For this goal, we calculate the distance between the high-dimensional facial expression frame data of existing. And we distribute it in two-dimensional plane space to maintain the distance relationship between the high-dimensional facial expression frame data of existing like that from the condition which applies linear and nonlinear projection techniques. When comparing the facial expression data which distribute in two-dimensional space and the data of existing, we find out the projection technique to maintain the relationship of distance between the frame data like that in condition of optimum. Finally, this paper compare linear and nonlinear projection techniques to projection high-dimensional facial expression data in low-dimensional space and analyze it. And we find out the projection technique of optimum from it.

■ **keyword** : | Facial Motion Capture | Linear and Nonlinear Projection | PCA | Isomap | MDS | CCA | Sammon's Mapping | LLE |

* 이 논문은 2008년도 상지대학교 교내 연구비 지원에 의한 것임.

접수번호 : #090724-003

심사완료일 : 2009년 08월 11일

접수일자 : 2009년 07월 24일

교신저자 : 김성호, e-mail : kimsh1204@sangji.ac.kr

1. 서론

각종 다양한 언어와 행위 등으로 감정을 표현할 줄 아는 인간은 특히 얼굴 표정을 사용하여 자신의 내면세계를 표출하고 있으며, 반대로 상대방의 얼굴 표정을 통하여 인식하기도 한다. 인간은 지금까지 첨단 기술 중의 하나인 3D 컴퓨터 그래픽스 및 3D 컴퓨터 애니메이션 기법 등을 통하여 다양한 인간의 감정 표현을 얼굴 표정을 통하여 나타낼 수 있는 다양한 연구 [1][4][9][11]들을 진행해왔으며 지금도 더욱더 실감나고 현실적인 연구들을 진행하고 있는 실정이다. 그러나 최근까지 진행되어온 연구들의 대부분은 특정 인물이나 캐릭터 등에 한정된 얼굴 표정 애니메이션일 뿐만 아니라 표정의 종류도 제한된 경우가 많은 것이 사실이다. 또한 얼굴 모션 캡처 데이터를 적용하여 실감 있는 표정 애니메이션을 적용한 사례들도 많이 늘어났지만, 이 기법도 마찬가지로 제한된 표정의 수를 가지고 있는 단점이 있다. 물론 일부에서는 한 번 캡처한 표정 데이터를 또 다른 얼굴 모델에 재사용(Retargeting)하는 사례도 연구 개발되어 왔으나 수 개 정도로 한정된 표정 데이터를 재사용하는 기능일 뿐 사용자가 수시로 표정의 변화를 변화시킬 수 있는 기능으로서는 많이 부족하다.

그러나 최근 본 연구와 직접적으로 관련되거나 유사한 연구 사례들이 발표되었는데, 저차원에서의 모션 합성과 편집[7], 얼굴 표정 공간 학습[11] 및 수 개의 표정을 전문 배우로 하여금 모션 캡처하게 하고 모션 데이터를 프레임 단위로 재사용할 수 있도록 재구성하는 것 [3][5][6][8][10][12]등이다. [7]은 실험에 사용한 알고리즘을 제외하고는 전신 모션 캡처 데이터를 실험에 사용한 것으로서 직접적인 관련이 있는 사례는 아니다. [11]은 미리 설정된 수 개의 얼굴 표정 데이터들을 틀에 맞추어 합성함으로써 중간 표정을 생성하는 것이 전부이다. [3][5][6][8][10][12]은 고차원 데이터인 얼굴 표정 모션 데이터를 프레임 단위로 구분시킨 다음, 프레임 간의 거리를 구하여 2차원 평면에 펼쳐놓고, 사용자가 각 프레임들을 수시로 선택하게 함으로써 표정의 변화를 실시간적으로 확인할 수 있게 한 것이다. 본 논문에서

이러한 최근 연구 결과들을 살펴보고 2차원 평면에 분포된 얼굴 표정 데이터들이 어떠한 기준에 의해서 얼마나 최적의 상태로 분포가 되어졌는지를 비교 분석하고자 한다.

본 논문의 2장에서는 실험에서 사용하고자하는 2400여 개의 프레임으로 구성된 원본 얼굴 모션 캡처 데이터를 얻기 위한 사전 작업 정보를 제공한다. 그리고 3 장에서는 얼굴 표정 프레임 데이터를 기반으로 다차원(300-차원) 데이터를 저차원(2-차원) 평면상에 투영하기 위한 선형 및 비선형 투영 기법들에 대하여 기술한다. 또한 4장에서는 선형 및 비선형 투영 기법들에 의해서 2차원 평면에 분포된 2400여 개의 얼굴 표정 프레임 데이터들이 얼마나 잘 분포되어져 있는지를 비교 분석한 결과에 대하여 언급한다. 마지막 5 장에서는 본 논문에서 실험하고 비교 분석한 결과에 대한 결론을 기술한다.

II. 사전 작업

본 논문을 위해서는 먼저 한 명의 배우로 하여금 인간이 얼굴 표정을 연출할 때 주로 많이 사용되는 얼굴 주 근육 부분에 작은 마커 100개를 부착하고 배우로 하여금 다양한 얼굴 표정을 연출하게 한 다음, 이를 광학식 모션 캡처 시스템을 사용하여 초당 60 프레임으로 [그림 1]과 같은 서로 다른 10개의 얼굴 표정을 캡처한다.

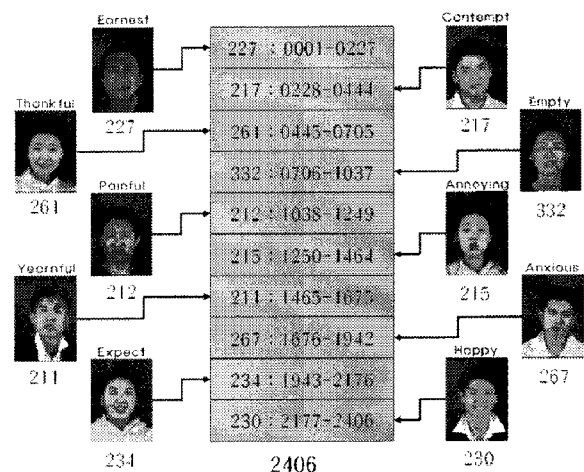


그림 3. 얼굴 표정들에 대한 모션 프레임과의 관계[8]

본 논문의 실험을 위해서 캡처한 얼굴 모션 데이터는 하나의 프레임마다 마커 100개에 대한 3차원 공간에서의 X축, Y축 및 Z축에 대한 좌표 값으로 구성되어 있다. 그리고 서로 다른 10개의 표정 이미지를 보고 캡처한 배우의 모션 데이터들은 연출한 표정의 종류에 따라 캡처한 모션의 프레임 수가 모두 다르다. 본 논문에서는 [그림 1]과 같이 서로 다른 표정을 구분하지 않고 모든 모션 데이터들을 한꺼번에 취합한 상태에서 다양체 [4] 거리(Manifold distance)를 계산하고 이를 실험에 사용하고자 한다. 본 논문에서 실험에 사용한 얼굴 표정 프레임 데이터는 10개의 서로 다른 표정을 모션 캡처한 데이터로서 전체적으로 2400 여개의 프레임으로 구성되어 있다.

III. 선형 및 비선형 투영

차원이 높은 다차원 벡터들로 구성된 집합을 저차원 벡터들로 줄이고, 이를 저차원 공간에 투영하는 기법들은 선형과 비선형 투영 기법으로 구분되어진다. 선형 투영 기법에는 Principal Component Analysis(이하 'PCA')가 있으며, 비선형 투영 기법에는 Sammon's Mapping, Curvilinear Component Analysis(이하 'CCA'), Isometric feature mappig(이하 'Isomap'), Locally Linear Embedding(이하 'LLE') 및 Multidimensional Scaling(이하 'MDS') 등이 있다. 이러한 선형 및 비선형 투영 기법들의 차원 축소 방법들은 그 자신의 투영 기법들이 정한 여러 기준을 최적화면서 결론에 이르게 한다. 즉, 선형 투영 기법인 PCA는 투영된 분산을 최대화하고, 비선형 투영 기법인 MDS, Sammon's Mapping 및 CCA는 여러 측정치로서 Pairwise distance 보존을 사용한다.

본 논문에서는 2400여 개의 고차원(300-차원) 얼굴 표정 프레임 데이터를 선형 투영 기법 및 비선형 투영 기법들에 적용, 2차원 평면 공간에 각각 투영시킨다. 고차원 데이터를 저차원 공간인 2차원 평면에 투영시키는 목적은 실시간 얼굴 표정 애니메이션 생성에 가장 적합한 투영 기법을 알아보기 위한 것이므로, 본 논문에서는 이들 투영 결과를 비교 분석하여 최적의 투영

기법을 찾도록 한다.

3.1 선형 투영 기법

다차원 데이터를 저차원으로 축소하기 위해서 가장 일반적으로 사용되는 알고리즘들 중의 하나는 선형 투영 기법이며, PCA[3][9]가 그 대표적인 예라고 볼 수 있다. PCA는 Unsupervised 알고리즘으로서 입력 데이터의 모든 선형 변환으로부터 직교하는 특징 정보를 선택하는 방법을 사용한다. 선형 투영 기법에 의한 결과 데이터는 이러한 특징 정보 즉, 특징 벡터들 상의 오리지널 고차원 데이터들의 투영으로 나타난다.

[그림 2]는 [그림 1]과 같이 본 논문에서 실험으로 사용한 2400여 개의 얼굴 표정 프레임 데이터를 대표적인 선형 투영 기법인 PCA에 적용하여 2차원 평면에 투영한 결과이다.

본 논문의 실험에서 사용한 2400여 프레임으로 구성된 얼굴 표정 데이터는 서로 다른 10개의 표정 이미지를 기반으로 한 명의 배우로 하여금 모션 캡처한 데이터들의 집합이다.

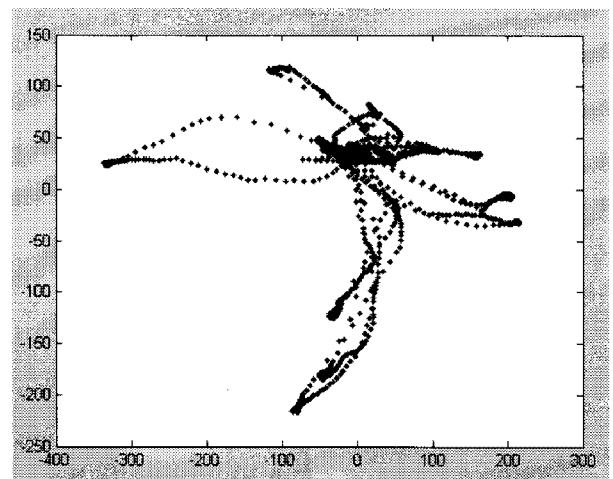


그림 4. 선형 투영 기법 : 2400여 개 프레임으로 구성된 얼굴 모션 데이터를 PCA로 2차원 평면에 투영한 결과

그러나 PCA로 투영한 결과 [그림 2]와 같이 크게 상하좌우 네 방향으로 분리되어져 있음을 확인할 수 있었다. 즉, 왼쪽 방향으로는 하나의 표정, 오른쪽 방향으로는 4개의 표정, 아래 방향으로는 3개의 표정, 위쪽 방향

으로는 2개의 표정으로 구분되어져 있다. 또한 오른쪽과 아래 방향은 3개 이상의 유사한 표정들이 모여 있음을 확인할 수 있었다.

3.2 비선형 투영 기법

비선형 투영 기법 중의 하나인 Isomap 알고리즘의 주요 핵심은 고차원 입력 공간으로부터 데이터 점들을 비선형 다양체(Manifold)의 저차원 좌표들로 매핑하기 위해서 classical MDS를 수행하는 것[5]이다. 그리고 가장 핵심은 Euclidean 공간이 아니라 다양체의 Geodesic 공간에서의 Pairwise distance를 사용하여 MDS를 계산하는 것이다. 이와 같은 Isomap 알고리즘은 크게 3 단계를 거쳐서 진행되는데, 첫째는 각 얼굴 표정 프레임 데이터의 인접 데이터들을 정의하고, 둘째는 모든 표정 프레임 데이터들 사이의 Geodesic pairwise distance를 계산하고, 마지막 셋째는 MDS를 사용하여 다양체 좌표를 계산하는 것이다.

MDS는 고차원으로 구성된 얼굴 표정 프레임 데이터들 사이의 직관적인 거리나 비유사성을 측정하고, 이를 이용하여 2차원이나 3차원과 같은 저차원 공간상의 점으로 표현함으로써 얼굴 표정 프레임 데이터들 간의 상대적인 위치를 표시하고, 표정 프레임 데이터들 사이의 집단화를 시각적으로 표현하는 통계적인 분석 방법[6]이다.

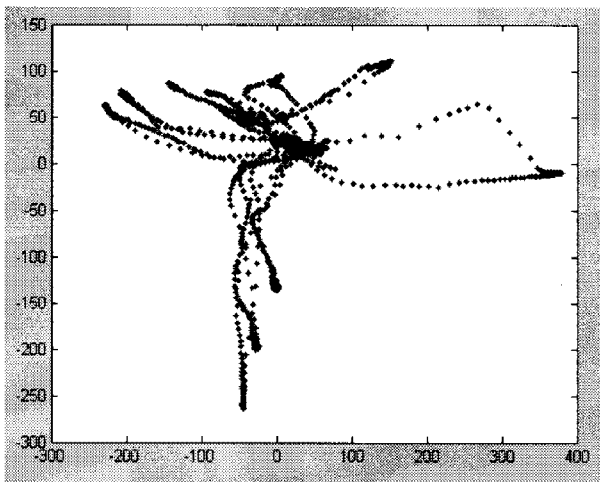


그림 5. 비선형 투영 기법 : 2400여개 프레임으로 구성된 얼굴 모션 데이터들 Isomap & MDS로 2차원 평면에 투영한 결과

[그림 3]은 비선형 투영 기법 Isomap 및 MDS에 의해 2차원 평면에 투영된 2400여 개의 얼굴 표정 프레임 데이터 분포도이다. Isomap 및 MDS 투영 기법에 의해 투영된 2400여 개의 얼굴 표정 프레임 데이터의 분포도는 PCA 투영 기법의 결과와 비교했을 때, 좌우가 반대처럼 보이면서 매우 유사하다는 것을 알 수 있다. 그러나 자세히 살펴보면 다른 점이 분명히 존재하고 있음을 또한 알 수 있다. 즉, 왼쪽 방향으로 4개의 표정, 오른쪽 방향으로 2개의 표정, 아래 방향으로 3개의 표정, 마지막 위쪽 방향은 1개의 표정이 분포되어져 있음을 확인할 수 있다. 또한 Isomap은 마지막 단계에서 MDS 투영 기법을 사용하기 때문에 결국 Isomap과 MDS는 같은 결과를 가져온다는 것도 알 수 있다.

LLE 알고리즘은 고차원 데이터인 X_i 를 저차원 Embedding 벡터인 Y_i 로 매핑(Mapping)하는 것이 목적이고, 인접한 데이터들을 보존하는 매핑[8]으로 구성된다.

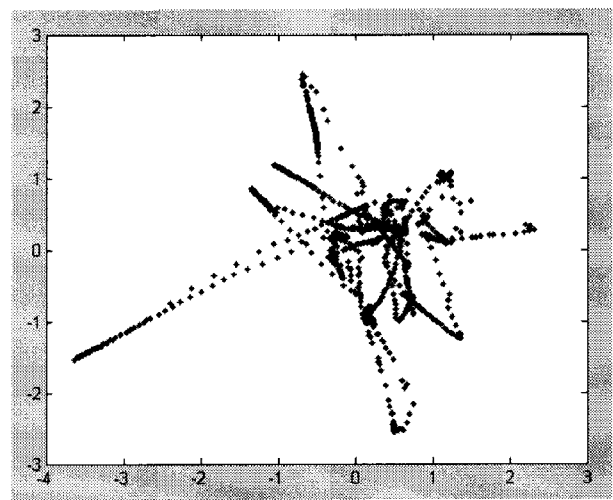


그림 6. 비선형 투영 기법 : 2400여개 프레임으로 구성된 얼굴 모션 데이터를 LLE로 2차원 평면에 투영한 결과

[그림 4]는 비선형 투영 기법중의 하나인 LLE 투영 기법에 의해 2차원 평면에 투영된 2400여 개의 얼굴 표정 프레임 데이터들의 분포도이다. 본 결과는 선형 투영 기법인 PCA와 비선형 투영 기법인 Isomap 및 MDS와는 많이 다른 분포도를 보여주고 있다. 즉, 왼쪽 방

향으로는 3개의 표정, 오른쪽 방향으로는 2개의 표정, 위쪽 방향으로는 1개의 표정, 마지막 아래쪽 방향으로는 4개의 표정을 보여주고 있음을 확인할 수 있다.

CCA 알고리즘은 출력 격자가 입력 데이터의 하부다양체(Sub-Manifold)의 모양을 가지는 연속적인 공간을 제외하고 더 이상 미리 결정된 고정된 격자가 아니라 Kohonen의 SOM을 개선시키기 위해서 제안된 투영 기법[10]이다. [그림 5]는 비선형 투영 기법 중의 하나인 CCA 알고리즘에 의해 2차원 평면에 투영된 2400여 개의 얼굴 표정 프레임 데이터들의 분포도이다. 본 결과는 앞에서 언급한 선형 투영 기법의 PCA, 비선형 투영 기법의 Isomap 및 MDS, LLE 등과 비교하였을 때, 매우 상이한 결과를 보여주고 있다.

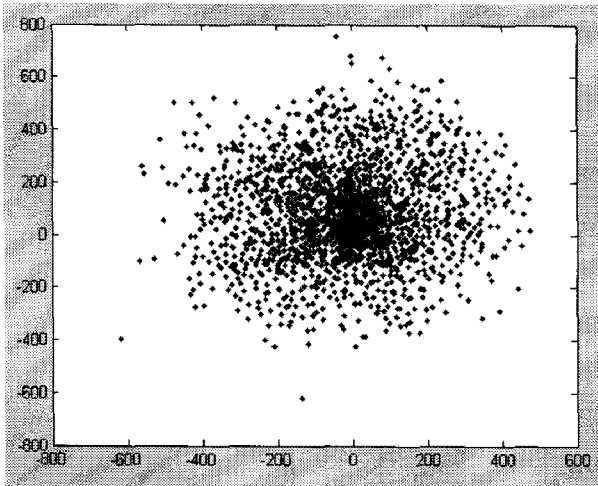


그림 7. 비선형 투영 기법 : 2400여개 프레임으로 구성된 얼굴 모션 데이터를 CCA로 2차원 평면에 투영한 결과

본 결과에서는 실험에 사용된 10개의 서로 다른 얼굴 표정 모션 데이터들을 전혀 구별할 수 없을 정도로 분포가 되어져 있으며, 무엇보다도 이를 사용하여 표정의 변화를 사용자의 의도에 맞게 주기에는 매우 어려운 점이 있다는 것을 알게 되었다.

Sammon's Mapping은 비선형 투영을 위한 초기 거리 보존 알고리즘 중의 하나로서, 기울기 검색에 기반을 두고 있는 반복적인 방법이며, metric MDS의 비선형 Implementation이고, 고차원 데이터 벡터들을 투영된 벡터가 Sammon의 Stree라 부르는 에러 기준을 최

소화하는 저차원(2-차원)에 대응되는 벡터들을 찾는 것이 목적[12]이다. [그림 6]은 비선형 투영 기법 중의 하나인 Sammon's Mapping에 의해 2차원 평면에 투영된 2400여 개의 얼굴 표정 프레임 데이터들의 분포도이다. 본 분포도에서는 왼쪽 방향으로 4개의 표정, 오른쪽 방향으로 1개의 표정, 위쪽 방향으로 1개의 표정, 마지막 아래쪽 방향으로는 4개의 표정들로 구분되어져 있음을 확인할 수 있다. Sammon's Mapping 기법에 의해 분포된 2400여 개의 얼굴 표정 프레임 데이터들의 분포도는 기존의 선형 및 비선형 투영 기법들과 비교해볼 때, 비선형 투영 기법들 중의 하나인 Isomap 및 MDS와 매우 유사한 형태로 분포가 되어져 있다는 것을 확인할 수 있었다.

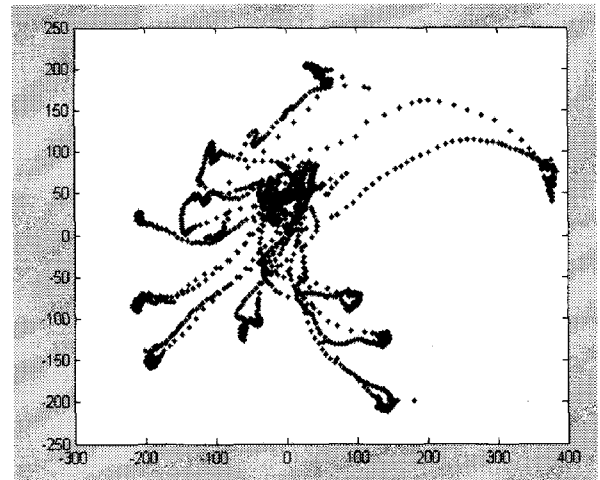


그림 8. 비선형 투영 기법 : 2400여개 프레임으로 구성된 얼굴 모션 데이터를 Sammon's Mapping으로 2차원 평면에 투영한 결과

IV. 실험 결과

지금까지 우리는 2400여 개의 얼굴 표정 프레임 데이터를 선형 투영 기법인 PCA와 비선형 투영 기법인 Sammon's Mapping, CCA, Isomap 및 MDS, LLE 등의 알고리즘에 각각 적용하였으며, 그 결과를 알아보기 위하여 2차원 평면에 투영하고 얼굴 표정 프레임들의 분포도를 확인하였다. 그러나 모든 투영 기법들이 서로 다른 분포도를 보이고 있으며 유사한 형태도 존재하고

있음을 확인할 수 있었다.

선형 투영 기법인 PCA는 대표적인 기저 벡터(Eigen Vector) 2개의 축을 추출하고 2차원 평면에 그대로 투영해주면 끝나지만, 비선형 투영 기법일 경우에는 경우가 다르다. 왜냐하면, 고차원 데이터인 오리지널 얼굴 표정 프레임 데이터들 간의 직관적인 거리를 유지하면서 차원을 축소하여 2차원 평면에 투영하였을 경우, 투영된 결과가 투영되기 전의 상태를 얼마나 유지하고 있느냐에 따라 전혀 다른 결과를 가져올 수 있기 때문이다. 그러므로 비선형 투영 기법을 사용할 경우에는 2차원 평면에 투영하기 전과 후의 얼굴 표정 프레임 데이터들 간의 거리 관계가 얼마나 잘 유지되었는지를 확인해야 한다. 본 논문에서는 이를 위하여 피어슨의 상관계수[2]를 구하고, 이를 기준으로 최적의 투영 기법을 찾는다. 또한 이를 위해서는 각 얼굴 표정 프레임을 기준으로 인접한 표정 프레임들 간의 다양체 거리(Manifold Distance) 관계도 중요한데, 본 논문에서는 Floyd 알고리즘을 사용하여 해결하였다.

표 1. 비선형 투영 기법의 최대 상관계수 및 인접표정의 수 혹은 인접거리 임계값

알고리즘	최대 상관계수 (r)	인접표정 수(개) 및 인접거리 임계값(mm)
Isomap	0.9647	230 mm
MDS	0.9647	230 mm
LLE	0.6335	37 개
CCA	0.5482	30 mm
Sammon's Mapping	0.9629	300 mm

[표 1]은 비선형 투영 기법들이 투영 전과 후의 다양체 거리 유지를 얼마나 잘 하고 있는지를 확인하기 위해 수많은 실험에 의해 구해진 피어슨의 상관계수이다. 또한 최대의 상관계수를 가질 때 Floyd 알고리즘에서 사용된 인접표정의 수 및 인접거리 임계값이다. [표 1]의 인접표정 수 및 인접거리 임계값의 결과는 [5][6][8][10][12]의 실험 결과에서 나온 것이므로 본 논문에서는 구체적으로 기술하지 않는다.

일반적으로 피어슨의 상관계수 r 은 $r \geq 0.90$ 일 경

우 매우 높은 상관관계를 가지며, $r=1.0$ 일 때에는 완벽하게 일치한다. [그림 7]은 [표 1]의 알고리즘들에서의 최대 상관계수를 막대그래프로 표현한 것으로서, Isomap 및 MDS가 가장 높은 상관계수를 가지고 있으며 CCA가 가장 낮은 상관계수를 가지고 있음을 확인할 수 있었다. 즉, 비선형 투영 기법들을 적용한 상태에서 기존의 고차원 얼굴 표정 프레임 데이터들 사이의 거리를 원형 그대로 살리거나 거리 관계를 유지하면서 저차원인 2차원 평면 공간에 분포시키기 위한 최적의 투영 알고리즘은 Isomap 및 MDS라는 것이고, 구체적으로 말하자면 MDS인 것이다.

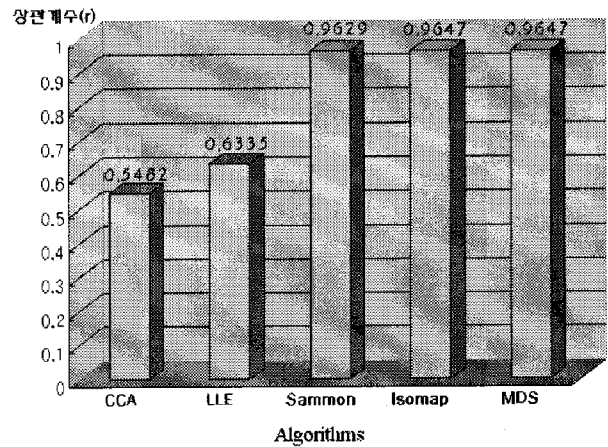


그림 9. 비선형 투영 기법의 최대 상관계수 비교

V. 결론

본 논문에서는 광학식 모션 캡처 시스템으로 캡처한 10개의 다양한 고차원 얼굴 표정 프레임 데이터들 간의 거리를 원형 그대로 유지하면서 저차원인 2차원 평면에 투영하기 위한 최적의 선형 및 비선형 투영 기법 알고리즘을 찾기 위한 실험을 하였다. 고차원 데이터를 저차원에 투영하기 위한 선형 투영 기법의 실험을 위해서는 PCA를 사용하였으며, [3]에서와 같은 이유에서 매우 만족스러운 결과를 보여주었다. 즉, 본 논문에서는 구체적으로 언급하지 않았지만, [3]에서와 같이 선형 투영 기법의 실험을 위하여 3DS MAX의 MAXScript로 개발한 사용자 인터페이스는 2차원 평면에 투영된 얼

굴 표정 데이터들을 자유자재로 항해하면 3차원 아바타의 얼굴 표정이 실시간으로 매우 자연스럽게 제어됨을 확인할 수 있었기 때문이다.

비선형 투영 기법으로 고차원 데이터를 저차원에 투영하기 위해서는 Isomap 및 MDS, LLE, CCA, Sammon's Mapping 등을 실험에 사용하였다. 비선형 투영 기법을 실험에 사용하기 위한 과정에서 얼굴 표정 프레임들 간의 최단거리를 구하기 위해서는 Floyd 알고리즘을 사용하였으며, 고차원 데이터들 간의 거리 관계와 저차원 데이터들 간의 거리 관계 사이의 유사도를 측정하기 위해서는 피어슨의 상관계수를 이용하였다. 비선형 투영 기법의 실험 결과로는 MDS가 가장 높은 상관계수를 가진 것으로 증명되어졌다. 본 논문에서는 이와 같은 비선형 투영 기법의 결과를 얻기 위하여 매우 많은 실험을 반복적으로 수행하였는데, 본 실험의 핵심인 Floyd 알고리즘, 피어슨의 상관계수 및 투영 결과를 시각적으로 확인하기 위해서는 MATLAB을 사용하였다. 또한 본 논문에서는 언급하지 않았지만, 3차원 얼굴 모델에 모션 캡처 데이터를 적용하여 2차원 평면에 분포된 얼굴 표정 프레임 데이터들이 제대로 분포가 되어졌는지를 가시적으로 확인해보기 위하여 3DS MAX와 MAXScript 및 3DS MAX Plugin - Bones Pro 등을 선형 및 비선형 투영 기법 모두에 사용하였다. 결국, 비선형 투영 기법들 중의 하나인 MDS를 사용하여 고차원 데이터를 2차원 평면에 투영시키고, 2차원 평면에 투영된 얼굴 표정 프레임 데이터들을 3차원 얼굴 모델에 적용하고 인접한 표정들의 변화를 연속적으로 확인해본 결과, 매우 자연스러운 얼굴 표정들의 변화를 실시간적으로 확인할 수 있었다.

본 논문에서는 10개의 얼굴 모션 캡처 데이터를 실험에 사용하였지만, 향후에는 수십 개 이상의 다양한 얼굴 표정 모션 캡처 데이터를 실험에 사용하고 인간의 다양한 감정 표현을 자유자재로 가시화하여 3차원 컴퓨터 그래픽스, 애니메이션, 게임 등의 각종 엔터테인먼트 분야에서 상용화할 수 있기를 기대해본다. 그러나 모션 캡처 데이터의 수가 많으면 많을수록 계산량은 매우 방대해지기 때문에 슈퍼컴퓨터를 활용한 병렬처리 방법으로 해결해야만 한다.

참고 문헌

- [1] I. P. Frederic and W. Keith, "Computer facial animation," A K Peters, 1996.
- [2] Uprendra Shardanand, "Social information filtering for music recommendation," Master's thesis, MIT, 1994.
- [3] 김성호, "모션 데이터의 PCA 투영에 의한 3차원 아바타의 실시간 표정 제어", 한국멀티미디어학회논문지, 제7권, 제10호, pp.1478-1484, 2004.
- [4] C. Ya, H. Changbo, and M. Turk, "Manifold of Facial Expression," In IEEE International Workshop on Analysis and Modeling of Faces and Gesture, pp. 28-35, Oct. 17, 2003.
- [5] 김성호, "모션 데이터에 Isomap을 사용한 3차원 아바타의 실시간 표정 제어", 한국콘텐츠학회논문지, 제7권, 제3호, pp.9-16, 2007.
- [6] 김성호, 정문렬, "모션 데이터를 이용한 3차원 아바타 얼굴 표정 제어", 한국정보처리학회논문지, 제11-A권, 제5호, pp.383-390, 2004.
- [7] H. J. Shin and J. H. Lee, "Motion Synthesis and Editing in Low-Dimensional Spaces," Computer Animation and Virtual Worlds (Special Issue: CASA 2006), Vol.17, pp.219-227, John Wiley & Sons, 2006.
- [8] 김성호, "LLE 알고리즘을 사용한 얼굴 모션 데이터의 투영 및 실시간 표정 제어", 한국콘텐츠학회논문지, 제7권, 제2호, pp.117-124, 2007.
- [9] M. Alexa and W. M Uller, "Representing animations by principal components," Computer Graphics Forum, Vol.19, No.3, pp.411-418, ISSN 1067-7055, 2000.
- [10] 김성호, "CCA 투영기법을 사용한 모션 데이터의 대화식 얼굴 표정 애니메이션", 한국인터넷정보학회논문지, 제6권, 제1호, pp.85-93, 2005,
- [11] E. Chuang, H. Deshpande, and C. Bregler, "Facial Expression Space Learning," Pacific Graphics, 2002.

- [12] 김성호, "Sammon 매핑을 사용한 모션 데이터의 대화식 표정 애니메이션", 한국정보처리학회논문지, 제11-A권, 제2호, pp.189-194, 2004.

저자 소개

김 성 호(Sung-Ho Kim)

정회원



- 1998년 8월 : 숭실대학교 컴퓨터학과(공학석사)
- 2005년 2월 : 숭실대학교 컴퓨터학과(공학박사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 상지대학교 컴퓨터정보공학부 교수

<관심분야> : 컴퓨터 그래픽스, 컴퓨터 애니메이션, 모션 캡처 애니메이션, 가상현실, Web3D, 멀티미디어, 컴퓨터게임, GIS