《主 題》

3차원 모델기반 동영상 전송

김남철, 홍원학, 김상현
(경북대학교 전자공학과)

■ 차 례 ■

Ⅰ. 서 론
Ⅱ. 얼굴모델의 구성, 정합및 변환
Ⅲ. 입력영상의 분석
Ⅳ. 출력영상의 합성
Ⅴ. 결 론

Ⅰ. 서 론

영상미디어(media)의 중요성이 날로 증가함에 따라 효율적인 영상 전송 기법에 대한 필요성이 증대되고 있다. 최근에 효율적인 영상 전송 기법으로 모델기반 영상 부호화 기법이 매우 활발히 연구되고 있다. 현재 주류를 이루고 있는 부호화 방식은 프레임내 또는 프레임간의 화소들 사이에 존재하는 상관도와 진폭분포 등의 통계적 지식에 근거한 영상 전송 방식이다. 이들 기존의 기법들은 영상의 내용물이나 영상의 생성원과는 관계없는 단지 일반적인 통계적 성질만을 이용하기 때문에 매우 낮은 전송률에서는 눈에 거슬리는 부자연스런 부호화 잡음이 많은 영상을 제공할 수 밖에 없었다.

이러한 초저 비트율에서 부자연스런 부호화 잡음이 발생하는 상황은 음성전송에서도 마찬가지다. 대신에, vocoding과 같은 음성파라미터 부호화 기법들이 초저속 전송의 응용을 위하여 개발되어 왔다. 음성파라미터 부호화에서는 음성신호를 발성 모델에 근거하여 분석한 다음, 그 모델의 선형시스템 파라미터를 전송한다. 수신측에서는 이들 파라미터를 사용하여 음성신호를 합성해낸다. 음성의 발생원이 선형시스템으로 쉽게 모델화될 수 있기 때문에, 음성파라미터 부호화는 대단히 성공적이었다. 반면에 영상은 음성과는 달리 그 구성 요소가 상당히 다양하고 발생원인 또한 대단히 복잡하기 때문에 영상파라미터 부호화는 실현되기가 어려웠었다.

최근에 음성 vocoding과 대등한 것으로 간주되고 있는 모델기반 부호화[1-3]라 불리우는 새로운 영상 전송 기법이 활발히 연구되고 있다. 모델기반 영상 전송에서는, 대상 물체의 형상에 관한 3차원 모델과 지식을 송수신측에서 준비해 놓고, 송신측에서는 그 모델과 지식에 근거하여 입력영상을 분석 인식하고, 수신측에서는 인식결과에 따라 변형된 동영상을 합성해낸다. 이러한 유형의 영상 전송 기법은 송신측에서 단지 분석정보에 관한 파라미터 만을 보내기 때문에 초저 비트율에서도 동영상 전송을 실현할 수 있다. 또한, 수신측에서는 물체에 관한 사전지식을 사용하여 영상을 합성해 내기 때문에 부자연스런 부호화 잡음없이 깨끗한 출력영상을 생성시킬 수 있다.

현재, 모델기반 동영상 전송에서는 주로 인물의 얼굴을 대상 물체로 하고 있다. 따라서 사전에 얼굴 형상을 3차원 모델화함과 동시에 얼굴 표정도 모델화한다. 분석 초기에는, 보통 정면상을 하고 있는 영상내의 인물에 모델을 정합(머리의 형태 및 기하적 비율, 표면의 질감)을 시켜 놓고, 매 프레임마다 얼굴 특징의 식별 및 정합, 머리의 3-D 움직임 추정, 얼굴특징 식별 및 얼굴표정 추정을 행하여 입력영상을 분석한다. 다음, 합성측에서는 분석정보에 근거하여 모델의 3-D 변형, 표정합성, 질감매핑(texture mapping) 등을

행하여 전체적인 동영상 합성을 수행하게 된다. 이때, 분석에는 주로 영상처리 및 컴퓨터 비전 기술이 사용되며, 합성에는 컴퓨터 그래픽스 기술이 주로 사용된다.

이와같이 영상통신에 지식을 이용하려는 모델기반 영상 전송의 초기적인 연구는 1980년대 초부터 활발히 진행되었다. 예를들면, 1981년의 PCS에서는, MIT의 Lippman[4]이 Speech-maker라 칭하는 입술화상의 합성부호화를 제안하였다. PCS 83, PCS 84에서도 스웨덴의 Forchheimer[5,6]가 애니메이션적인 합성부호화를 보고하였다. 1985년에는, Harashima 그룹[7]에서도 지식에 근거한 화상의 분석합성 부호화의 기초적인 실험결과를 보고하였다. 1980년대 후반에 들어서면서 Forchheimer 그룹 및 Harashima 그룹을 비롯한 몇몇의 연구팀들에 의해서 본격적인 연구가 시작되어 현재에는 응용단계로 들어서고 있다[1,2].

본문의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어, 2장에서는 3차원 모델기반 동영상 시스템의 개념과 구조를 정립하고, 모델기반 동영상 전송에서 기본이 되는 얼굴에 대한 3차원 형상 모델의 구성과 정합 그리고, 변환에 대하여 설명하였다. 그리고, 3장에서는 모델기반 동영상 전송 시스템에서 얼굴의 표정을 분석하고, 머리의 움직임을 추정하는 송신측의 역할을 설명하고, 4장에서는 송신측에서 전송된 분석정보를 이용한 수신측의 영상합성 과정을 설명하였다. 끝으로, 5장에서는 간략히 결론을 맺었다.

Ⅱ. 얼굴모델의 구성 및 정합

모델기반 동영상 전송 시스템에 대한 블록도는 그림 1과 같다. 송신측과 수신측에서는 일반적인 얼굴 형상에 대한 3차원 모델과 얼굴 표정에 대한 모델을 사전 지식으로 공유하고 있다. 이러한 얼굴모델은 임의의 얼굴영상에 정합하고, 변환하는 것이 가능해야 한다.

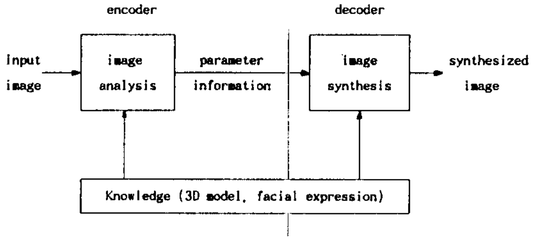


그림 1. 모델기반 동영상 전송 시스템의 블럭도

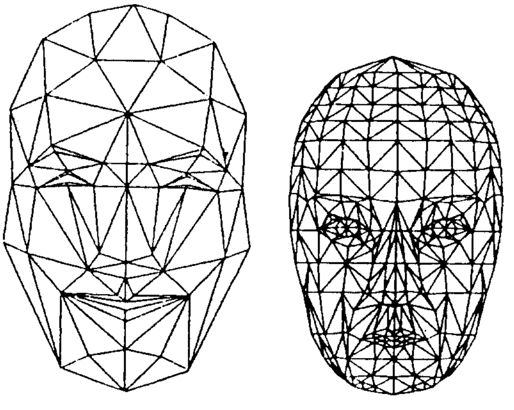
1. 얼굴모델의 구성

모델기반 부호화 시스템의 얼굴모델은 일반적으로 영상합성이 신속하고 용이하게 수행될 수 있는 그림 2와 같은 철선프레임(wire frame)[1-3]을 사용한다.

이 철선프레임 모델은 얼굴을 수백에서 천정도의 삼각형 평면으로 구성된 다면체로 근사화 시킨 것이다. 보통, 일반 모델은 어떤 표준적인 얼굴을 근사시켜 각 삼각형 요소와 그에 속한 세 정점의 관계 및 정점들의 3차원 위치좌표를 축적해 놓음으로써 형성된다. 그리고, 이것을 3차원적으로 도시할 경우에는, 그림 2에서와 같이 각 삼각형 요소들의 세 정점을 3차원으로 표시한 후 이들을 선으로 연결시킴으로써 얼굴 형상을 나타내게 된다.

이러한 철선프레임은 컴퓨터 그래픽 분야에서 물체의 3차원적인 형상을 도시하기 위하여 사용하는 것으로, 여기에는 물체의 각 부분의 조도, 반사도 및 2차원 투영시의 명암도 등에 관한 정보는 전혀 포함되어 있지 않다. 따라서 물체가 자연스럽게 보이도록 하기 위해서 그림 3과 같이 인위적으로 명암법[9] (shading)을 사용하여 묘사(rendering)하거나, 그림 4와 같이 2차원 영상의 화소와 3차원 모델과의 대응관계에 근거하여 질감매핑[9]함으로써 묘사를 하게 된다.

때로는, 보다 자연스러운 얼굴의 형상표현을 위해서 안구 및 입술 부분, 치아, 머리털, 목 부분들의 각 부분에 관한 모델을 따로 준비해 놓을 수도 있다. 여기서, 특히 안구 입술 부분은 얼굴 표정을 나타내는데 큰 기여를 하기 때문에 다른 부분들보다 더욱 자세히 표현하는 경우도 많다.



(a)Forchheimer's model　　(b)Harashima's model

그림 2. 얼굴의 철선프레임 모델

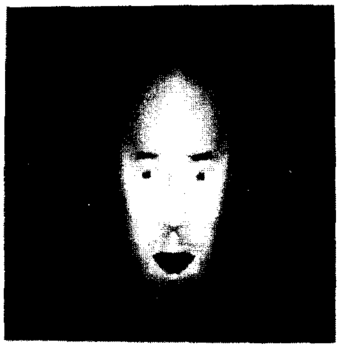


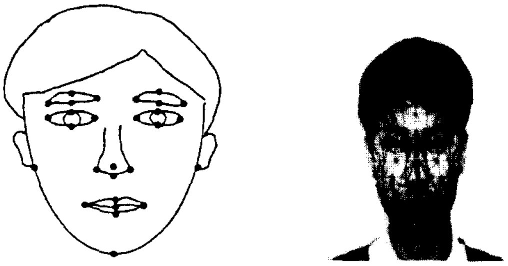
그림 3. 명암법에 의한 합성영상

그림 4. 질감매핑에 의한 합성영상

2. 얼굴모델의 정합

표정과 얼굴의 움직임을 잘 표현하기 위해서는 얼굴모델과 입력된 얼굴영상(정면상)과의 정합이 필요하다. 이러한 정합은 얼굴의 윤곽이나 얼굴표정 변화에 중요한 특징점들을 사용해서 이루어진다.

그림 5는 얼굴모델과 입력된 얼굴영상과의 정합에 필요한 특징점들과 특징점들을 이용해서 정합된 결과를 나타내는 그림이다. 그림 5(a)에서 양 귀밑점 사이의 거리는 모델의 폭에 대한 스케일링 계수로 사용하고, 턱 밑점과 귀밑점 사이의 거리는 모델의 길이에 대한 스케일링 계수로 사용한다. 이 스케일링 계수들을 이용하여 얼굴모델을 변형함으로써 전체적으로 입력 얼굴영상에 얼굴모델을 정합시킨다. 그리고, 얼굴내부의 표정변화에 중요한 요소인 입, 눈과 눈썹에 대한 정합은 각 요소의 특징점들에 해당되는 얼굴 모델의 장점을 특징점의 위치로 이동시키고, 동시에 주위의 장점들의 위치를 특징점들간의 2차 곡선으로 근사화하여 이동시킴으로써 이루어진다. 그림 5(b)는 특징점들을 사용해서 입력된 실제 얼굴영상에 얼굴모델을 정합한 결과이다.



(a) (b)

그림 5. 얼굴의 특징점들과 얼굴모델을 입력된 영상에 정합한 결과

Ⅲ. 입력영상의 분석

모델기반 동영상 전송 시스템에서 송신측은 입력영상의 변화를 분석해서 분석된 정보를 수신측에 전송해야 한다. 모델기반 영상 전송 시스템의 입력영상에서 주요 부분은 얼굴영상이고, 얼굴에서의 변화는 표정변화와 머리의 3차원인 변화로 나눌 수 있다.

얼굴표정을 표현하기 위한 파라미터들을 찾는 일은 의학분야에서 오랫동안 관심이 되어 왔다. 그 이유는 어떤 질병과 얼굴근육의 동작사이에 상관관계가 있기 때문이다. 얼굴표정을 체계화하기 위한 초기의 시도는 [10]에 제시되어 있다. 그후, 이러한 방식은 Ekman과 Friesen[11]에 의하여 FACS(Facial Action Coding System)으로 확장되었다. FACS이란 심리학의 분야에서 연구된바 있는 표정의 기술법이다. 안면근의 위치 및 움직임의 방향을 해부학적으로 고려하여, 얼굴의 표정을 AU(Action Unit) 또는 AD(Action Descriptor)라 불리우는 기본적 동작들로 분해하고 있다. 역으로, 모든 표정은 AU 또는 AD의 조합으로 표현할 수 있는 것이다. 현재 모델기반 동영상 전송 시스템에서 빈번히 사용되는 AU들의 예를 표 1에 나타내었다. 이때의 합성은 철선프레임 모델의 장점들을 AD에 해당하는 위치로 이동시킴으로써 달성될 수 있다.

FACS에 근거하여 각 AU를 표현한 규칙은, 눈, 입 등의 각 부위마다 설정해 놓은 특징점과 특징량의 변

화로써 결정되어 있으므로, 얼굴표정의 추정은 이들 특징점의 위치와 특징량의 변화 강도를 구함으로써 수행된다. 그러나, 실제 얼굴표정의 변화는 하나의 AU만으로 표현할 수 없는 것이 대부분이기 때문에 얼굴표정을 표현하기 위해서는 여러개의 AU를 조합해야 한다. 따라서, 얼굴표정의 변화에 대해서 수신측에 전송할 내용은 얼굴표정에 관련된 AU들의 번호와 각 AU의 변화 강도이다.

머리의 3차원 운동 파라미터의 추정은 연속되는 영상프레임을 사용하여 이루어진다. 이때, 복잡한 운동 추정을 피하기 위하여 주어진 몇개의 특징점들의 2차원 이동정보를 사용하여 머리의 3차원 운동 파라미터를 추정한다. 여기서, 머리의 3차원 운동 파라미터는 이동, 회전, 스케일링등에 대한 파라미터이다. 그러나, 머리의 움직임은 회전과 이동 및 스케일링의 복합적인 움직임이기 때문에 정확히 각각의 파라미터를 추정하는 것은 상당한 어려움이 있다.

표 1. 빈번히 사용되는 AU 목록

AU No.	AU name	AU No.	AU name
1	눈썹내측을 올림	18	입술을 오므림
2	눈썹외측을 올림	20	입술양끝을 옆으로 당김
4	눈썹전체를 내림	23	입술을 굳게 다뭄
5	윗눈꺼풀을 올림	26	턱을 내려 입술을 벌림
8	입술을 서로 접근시킴	27	입을 크게 벌림
9	코에 주름을 잡음	28	입술을 빨아 당김
12	입술양끝을 당겨올림	32	입술을 깨뭄
14	보조개를 만듬	43	눈을 감음
15	입술양끝을 내림	44	눈을 가늘게 뜸
16	아랫입술을 내림	45	눈을 깜빡거림

Ⅳ. 출력영상의 합성

모델기반 동영상 전송 시스템에서 수신측은 전송된 얼굴표정의 변화와 머리 움직임에대한 파라미터들을 이용해서 얼굴모델을 변형시키고, 변형된 모델에 질감매핑을 사용해서 질감을 부여하여 얼굴영상을 합성한다. 그리고, 질감매핑에 의해 합성된 얼굴영상을 배경영상을 조합하므로써 최종적인 출력영상이 합성된다.

1. 얼굴모델의 변형

얼굴모델을 전송된 파라미터를 이용해서 변형시키는 과정은 머리의 3차원 운동 파라미터에 따라 얼굴모델을 스케일링, 이동, 회전시킨 후 얼굴표정 파라미터에따라 AU에 근거해서 얼굴모델을 변형시킨다.

1) 얼굴모델의 3차원 변형[9]

얼굴모델의 차원 변형은 이동, 스케일링, 회전 등으로 구성되어 있다. 각 변형은 해당하는 행렬식을 계산하고, 계산된 행렬식을 이용해서 얼굴모델의 모든 정점에 변형에 의한 새로운 좌표를 부여한다. 각 변형에 해당하는 행렬을 계산하는 방법은 다음과 같다.

이동(translation) : 3차원 공간 상에서 임의의 (x, y, z)좌표의 점이 (x', y', z')좌표로 이동되었을때 이를 행렬식으로 표현하면,

$$[x'\ y'\ z'\ 1] = [x\ y\ z\ 1]\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ T_x & T_y & T_z & 1 \end{bmatrix} \tag{1}$$

여기서, 파라미터 T_x, T_y, T_z는 각 좌표들에 대한 이동 거리들을 정하는 값이다.

스케일링(scaling) : 3차원 공간 상에서 스케일링 되었을때 이를 행렬식으로 표현하면,

$$[x'\ y'\ z'\ 1] = [x\ y\ z\ 1]\begin{bmatrix} S_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \tag{2}$$

여기서, 파라미터 S_x, S_y, S_z는 임의의 축소 또는 확대를 결정하는 양수값이다.

회전(Rotation) : 어떤 물체를 회전시키기기 위해서는 먼저 회전축과 회전각도가 정해져야 한다. 그런데, 임의의 방향의 회전축에 대한 회전행렬은 각 x, y, z축을 회전축으로 하는 회전행렬의 곱으로 표현될 수 있다. 따라서, 먼저 각 회전축에 대한 회전행렬은 다음과 같다.

$$R_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ 0 & \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \tag{3}$$

$$R_y = \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & -\sin\theta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin\theta & 0 & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \tag{4}$$

$$R_z = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

결국, 원점을 중심점으로 하여 임의의 방향의 회전축을 중심으로(α, β, γ) 만큼 회전할 때의 회전행렬 $R(\alpha, \beta, \gamma)$은 다음과 같이 표현된다.

$$R(\alpha, \beta, \gamma) = R_x(\alpha)\ R_y(\beta)\ R_z(\gamma) \quad (6)$$

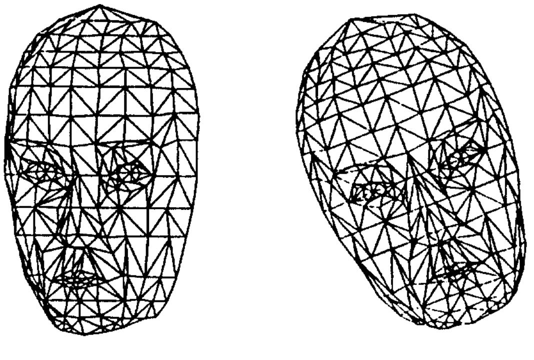
그리고, 원점이 아닌 임의의 점을 중심점으로 한 회전은 다음과 같은 과정으로 이루어진다. 먼저, 회전축의 중심점을 원점으로 이동시킨다. 다음, 원점을 중심점으로 하여 회전시키고, 회전축의 중심점을 다시 원래의 위치로 이동시킨다.

얼굴모델을 3차원 변형 방식에 따라 변형시킨 예를 그림 6에 나타내었다. 그림에서 (a)는 얼굴모델을 y축에 대해서 회전시킨 결과이고, (b)는 z축에 대해서 회전시킨 결과이다.

서는 표정과 관계가 깊은 얼굴의 각 부위의 폭 또는 길이를 기준량으로 한다. 구체적으로는, 눈썹, 윗눈꺼풀, 눈의 종폭, 입의 종횡폭 등을 이용한다. AU의 강도는 특징점의 이동량을 기준량으로 정규화한 것으로 한다.

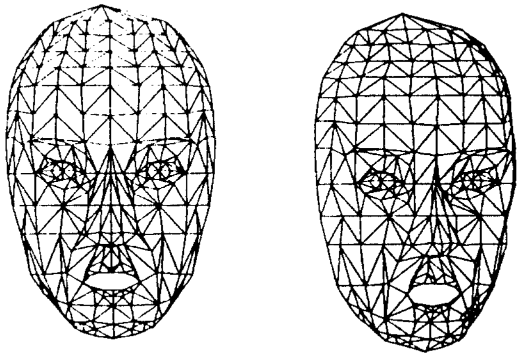
변형규칙 : 특징점의 위치는, AU의 강도, 관련한 근육의 위치와 움직임 방향에 의해서 결정된다. AU의 조합에 대한 특징점의 움직임은 각 AU에 대한 특징점의 움직임의 선형합으로 한다. 얼굴의 각 부위에 포함되어 있는 특징점이외의 정점은, 특징점의 움직임에 따라서 이동한다. 이 정점의 위치는, 특징점을 직선 또는 방물선으로 근사하여 연결시키는 것에 의해 결정된다.

그림 7은 얼굴표정 변화의 예로써 입모양의 변화를 나타내기 위하여 얼굴모델을 변형시킨 결과를 나타낸다. 그림에서 (a)는 입을벌린 얼굴을 나타내기 위해서 변형된 얼굴모델이고, (b)는 y축에 대해서 회전한 후 입을 벌린 얼굴을 나타내는 얼굴모델이다.



(a) (b)

그림 6. 얼굴모델의 3차원 변환



(a) (b)

그림 7. 얼굴모델의 입모양의 변화

2) 얼굴표정에 따른 얼굴모델의 변형

얼굴표정을 표현하기위한 얼굴모델의 변형은 송신측에서 전송된 AU의 강도에 의해서 특징점을 이동시키고, 이와 관련한 근방의 정점의 위치를 근사하는 것에의해 실현된다. 그 실현에 있어서 고려해야할 점들은 AU의 강도와 변형규칙등이다.

강도(정규화) : AU를 정량적으로 취급하기 위해서는 개인차를 흡수할 수 있는 기준량이 필요하다. 여기

2. 질감매핑에 의한 얼굴영상 합성

질감매핑은 물체 고유의 질감을 잘 표현하기 위해서 개발된 방법이다. 이것은 스크린영역의 좌표에 해당하는 질감영역에서의 질감을 합성영상 영역인 스크린영역에 매핑한다.

얼굴영상 합성에는 삼각형 구조의 얼굴모델을 많이 사용한다. 삼각형은 세점이 하나의 평면을 정의하기 때문에, 선형변환인 affine 변환만으로 임의의 스크

린영역의 좌표에 해당하는 질감영역의 좌표를 간단하게 구할 수 있다. 그래서, affine 변환을 이용하는 질감매핑이 얼굴영상 합성을 하는 시스템의 영상합성법으로 주로 사용된다. 질감매핑을 사용하기 위해서는 수신측에서 영상의 질감정보를 가지고 있어야 한다. 모델기반 동영상 전송 시스템에서 영상 전송시 첫 프레임을 전송해 줌으로써 수신측에서 영상의 질감정보를 얻을 수 있도록 한다. 그림 8은 affine 변환을 이용한 질감매핑을 나타낸다.

스크린 영역의 임의의 점 p_i'에 해당하는 질감영역의 점 p_i를 구하는 식은 다음과 같다.

$$p_i = s_i(p_B - p_A) + t_i(p_C - p_A) + p_A \quad (7)$$

$$p_i' = s_i(p_B' - p_A') + t_i(p_C' - p_A') + p_A' \quad (8)$$

여기서, p_i', p_A', p_B', p_C', 스크린영역의 점들로써 각각의 (x,y)좌표를 알 수 있다. 이들 좌표를 (8)식에 대입하여 s_i, t_i를 구하고, 이 값들을 (7)식에 대입하여 p_i'에 해당하는 질감영역의 좌표 p_i를 구한다. 그러나, p_i의 (u,v)좌표는 정수치가 아니므로, 질감공간 상의 그리드(grid)에 정확하게 대응되지 못한다. 따라서 구해진 좌표치의 인접 4개 화소에 대하여, 각 화소의 거리에 가중치를 고려한 쌍일차(bilinear) 보간기법을 이용하여 화소의 밝기값을 계산한다.

깊이(depth) 좌표는 선형보간에 의하여 구해지며, 화면상으로는 보이지 않게되는 은면을(hidden surface) 제거하기 위해서 사용된다.

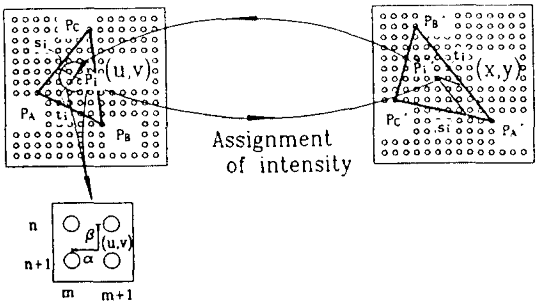


그림 8. Affine 변환에 의한 질감매핑

질감매핑에 의한 얼굴영상 합성의 예로써 그림 9는 입력영상이고, 그림 10은 머리의 3차원 운동 파라미터에 따라 얼굴모델을 변형하고 변형된 얼굴모델에 질감매핑으로 영상을 합성한 결고이다. 그림 11은 표정 파라미터에 따라 얼굴모델을 변형하고 변형된 얼굴모델에 질감매핑으로 영상을 합성한 결과이다. 이 결과에서 출력영상은 정면상의 질감을 이용하여 합성되므로 시각적으로 크게 그슬림없는 영상이 됨을 알 수 있다.

그림 9. 입력영상

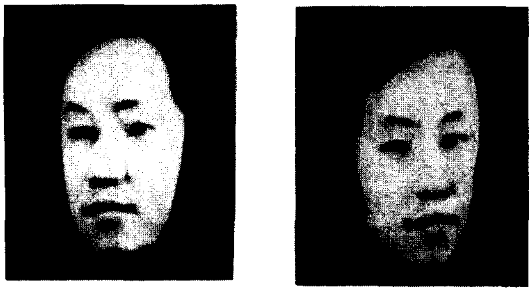

(a)　　　　(b)

그림 10. 3차원 변화된 얼굴의 합성영상

모델기반 동영상 전송 시스템에서 최종적인 출력영상은 질감매핑에 의해 합성된 얼굴영상과 얼굴부분을 제외한 배경부분을 조합하여 얻어진다. 여기서 배경부분은 수신측에서 기억하고 있는 동영상의 첫 프레임으로 부터 얻어진다. 이 과정에서 얼굴이 3차원적으로 변환이 있을때에는 배경과 얼굴모델사이에 공간이 생기게 된다. 이 문제는 배경이 프레임이 바뀔때 마다 크게 변하지 않는다고 가정한다면 인접 배경부분을 확장해서 채워줌으로써 해결할 수 있다. 또는 송신측에서 빈 공간에 해당하는 영상을 간단한 부호

(a) (b) (c)

그림 11. 표정변화된 얼굴의 합성영상

화로 전송해 줌으로써 해결이 가능하다.

모델기반 동영상 전송 시스템은 각 프레임당 얼굴 표정에 대한 표정 파라미터와 머리의 3차원적 움직임을 나타내기 위한 머리의 운동 파라미터만을 정송함으로써 수신측에서 사전지식을 이용하여 양질의 출력영상을 합성할 수 있다. 결과적으로, 모델기반 동영상 전송은 매우 낮은 비트율에서도 시각적 측면에서 양질의 영상을 전송할 수 있다.

V. 결 론

본논문에서는 영상전송에 있어서 송수신측에서 공통의 모델을 가지고, 송신측에서는 입력영상을 분석해서 파라미터화해서 전송하고, 수신측에서는 전송된 파라미터를 이용해서 영상을 합성하므로써 초저비트율 전송에서도 부자연스러운 부호화 잡음 없는 출력영상을 생성하는 모델기반 동영상 전송 시스템에 대해 기술하였다.

이러한 모델기반 동영상 전송 기법은, TV회의, TV전화 시스템을 위한 동화상의 매우낮은 비트율 전송과, 지능형 화상응답 서비스, 컴퓨터의 지능형 인간-기계 정합장치(man-machine interface) 등의 매우 광범위한 응용분야를 가지고 있다.

모델기반 동영상 전송 시스템에서의 문제점은 입력영상에서의 정확한 특징점의 추출과 머리의 움직임 추정이 어려운 점이다. 이러한 문제점을 해결한다면 출력영상의 화질도 더 개선될 것이다.

참 고 문 헌

1. R. Forchheimer and T. Kronander, "Image coding-From waveforms to animation," IEEE Trnas. Acoust. Speech, Signal Processing, vol.37, no.12, pp.2008-2023, Dec. 1989.
2. K. Aizawa, H. Harashima and T. Saito, "Model-based analysis synthesis image coding (MBASIC) system for a person's face," Signal Processing : Image Commun., vol.1, no.2, pp.139-152, Oct. 1989.
3. 카네코, 하토리, 코이케, "형상변화의 검출과 3차원 형상모델에 근거한 안동화상의 부호화," 일본 전자정보통신학회 논문지 B, vol.J71-B, no.12, pp. 1554-1563, 1988년 12월.
4. A. Lippman, "Semantic bandwith compression : speech marker," PCS 81, pp.29-30, 1981.
5. R. Forchheimer and O Fahlander, "Low bit-rate coding through animation," PCS 83, 13-4, Mar 1983.
6. R. Forchheimer, O. Fahlander and T. Kronander, "A semantic approach to the transmission of the face images," PCS 84, 10-5, June 1984.
7. 하라시마 외, "지식에 근거한 화상의 분석합성 부호화의 기초검토," 신학총전대, pp.1183, 1985.
8. 모리시마, 오카다, 하라시마, "지적 인터페이스를 위한 얼굴의 표정합성법의 일검토," 일본 전자정보통신학회 논문지 D-II, vol.J73-D-II, no.3, pp. 351-359, 1990년 3월.
9. A. Watt, Fundamental of Three-Dimensional Computer Graphics, Addison Wesley, 1990.
10. C. H. Hjortsjo, "Human face and the mimical language," Studentlitteratur, Sweden, 1969.
11. P. Ekman and W. V. Friesen, Facial Action Coding

System, Consulting Psychologist Press, Palo Alto, Calif., 1977.

12. K. Aizawa et al., "Model-based synthesis image coding system-Modeling a person's face and synthesis of facial expressions," Proc. GLOBECOM-87, pp.45-49, Nov. 1987.
13. C. S. Choi, H. Harashima, and T. Takebe, "Analysis and Synthesis of facial expressions in knowledge-based coding of facial image sequence," Proc. ICASSP, pp.2737-2740, 1991.
14. 김남철, "3차원 모델기반 동영상 전화시스템의 연구," 한국통신학회 전기통신학술연구과제 최종보고서, 1991년 3월.
15. 배문관, 김동호, 정성환, 김남철, 배건성, "3차원 모델기반 영상 전송 시스템에서의 특징점 추출과 영상합성 연구," 한국통신학회 논문지, 17권, 7호, pp.767-778, 1992.

김 남 철

- 1955년 7월 29일생
- 1978년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 1980년 2월 : 한국과학원 전기 및 전자공학과 졸업(공학석사)
- 1984년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학박사)
- 1991년 8월~1992년 8월 : 미국 Syracuse대학 전기 및 전산공학 객원교수
- 1984년 4월~현재 : 경북대학교 부교수

김 상 현

- 1968년 6월 12일생
- 1991년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 1993년 2월 : 경북대학교 전자공학과 대학원 졸업(공학석사)
- 1993년 3월~현재 : 동 대학원 박사과정 재학중

홍 원 학

- 1967년 2월 3일생
- 1989년 2월 : 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 1991년 2월 : 경북대학교 전자공학과 대학원 졸업(공학석사)
- 1991년 3월~현재 : 동 대학원 박사과정 재학중