



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0091575
(43) 공개일자 2009년08월28일

(51) Int. Cl.

H04N 5/913 (2006.01) H04N 13/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-0016922

(22) 출원일자 2008년02월25일

심사청구일자 2008년02월25일

(71) 출원인

주식회사 마크애니

서울 중구 쌍림동 151-11

(72) 발명자

최기철

서울 종로구 홍지동 7 상명대학교 디지털저작권보호연구센터

최종욱

서울 강북구 우이동 1 성원 아파트 2-1301

(74) 대리인

특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 23 항

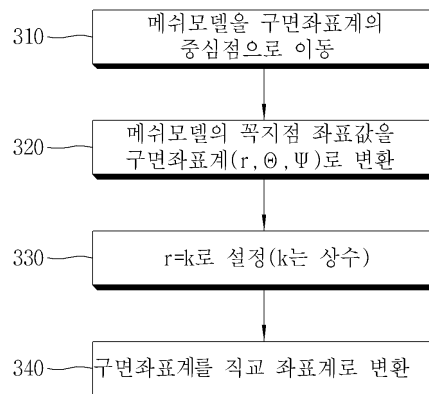
(54) 구면 파라미터기법을 이용한 3 차원 메쉬 모델의 워터마킹장치 및 방법

(57) 요약

구면 파라미터기법을 이용한 3 차원 메쉬 모델의 워터마킹 방법은, 3 차원 메쉬 모델의 좌표를 직교좌표계로 설정하고, 직교좌표계로 설정된 3 차원 메쉬 모델의 좌표를 구면좌표계로 변환하고, 구면좌표계로 변환된 3 차원 메쉬 모델에 구면 파라미터 기법을 적용하고, 구면 파라미터 기법이 적용된 3 차원 메쉬 모델에 워터마크를 삽입하는 단계를 포함한다. 구면 파라미터 기법은 3 차원 데이터 처리에서 광범위하게 응용되는 기법으로서 직교좌표계에서 판단이 불가능한 3 차원 메쉬 모델의 꼭지점 좌표의 특성을 구면 파라미터기법을 적용한 후 효과적으로 분석하고 처리할 수 있다. 즉, 구면 파라미터 기법을 이용함으로써 3 차원 메쉬 모델의 기하학적 정보와 위상정보의 특성을 구면 모델에서 분석하고 꼭지점의 추가와 위상정보의 수정을 통하여 워터마크를 삽입한다.

본 알고리즘은 저작권 보호용 워터마킹 알고리즘으로 사용가능하며, 그 외 평활화 공격에 강인한 메쉬 세분화용 알고리즘으로도 사용가능하다.

대표도 - 도15



특허청구의 범위

청구항 1

구면 파라미터기법을 이용하여 3 차원 메쉬 모델에 워터마크를 삽입하는 방법으로서,
3 차원 메쉬 모델의 좌표를 직교좌표계로 설정하는 단계,
상기 직교좌표계로 설정된 상기 3 차원 메쉬 모델의 좌표를 구면좌표계로 변환하는 단계,
상기 구면좌표계로 변환된 상기 메쉬 모델에 구면 파라미터기법을 적용하는 단계, 및
상기 구면 파라미터기법이 적용된 상기 3 차원 메쉬 모델에 워터마크를 삽입하는 단계를 포함하는, 워터마크 삽입 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 3 차원 메쉬 모델의 좌표를 상기 구면좌표계로 변환하는 단계는,
기준 꼭지점을 설정하는 단계,
상기 기준 꼭지점을 구면 좌표계의 중심점으로서 설정하는 단계, 및
상기 설정된 구면 좌표계의 중심점을 기준으로 하여, 상기 3 차원 메쉬 모델 좌표를 구면좌표계로 변환하는 단계를 포함하는, 워터마크 삽입 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
상기 워터마크를 삽입하는 단계는,
워터마크 정보를 생성하는 단계,
상기 구면 파라미터기법을 적용한 메쉬 모델을 분할하는 단계, 및
상기 분할된 메쉬 모델에 워터마크를 삽입하는 단계를 포함하는, 워터마크 삽입 방법.

청구항 4

제 2 항에 있어서,
상기 기준 꼭지점을 설정하는 단계는, 상기 3 차원 메쉬 모델의 꼭지점들을 경계꼭지점 집합과 내부꼭지점 집합으로 나누는 단계, 및
상기 경계꼭지점 집합과 상기 내부꼭지점 집합을 이용하여 상기 3 차원 메쉬 모델의 꼭지점들의 질량 중심을 구함으로써, 상기 질량 중심을 기준 꼭지점으로서 설정하는 단계를 포함하는, 워터마크 삽입 방법.

청구항 5

제 3 항에 있어서,
상기 워터마크 정보는 오버 샘플링 (over sampling) 되어, 상기 분할된 메쉬 모델에 삽입되며,
상기 워터마크 정보는 2 의 배수 길이를 갖는 랜덤 비트열인 W^n 이고,

$$(W_n = w_1, w_2, \dots, w_i, w_i \in 0, 1, i = 2^n)$$

상기 메쉬 모델을 분할하는 단계는, 위도 (θ) 및 경도 (ψ) 값을 이용하여 상기 메쉬 모델을 부분 집합으로 분할하는 단계를 포함하는, 워터마크 삽입 방법.

청구항 6

제 3 항에 있어서,

상기 워터마크를 삽입하는 단계는 꼭지점 (1) 추가 방법을 이용하여 이루어지는, 워터마크 삽입 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 추가되는 꼭지점 (1) 은 상기 3 차원 메쉬 모델의 삼각면에 추가되며, 상기 삼각면을 이루는 세 꼭지점 (i,j,k) 의 질량 중심으로 설정되는, 워터마크 삽입 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 워터마크를 삽입하는 단계는,

$$\tilde{r}_i = (r_i + r_j + r_k) / 3$$

을 계산하는 단계

(여기서, $(r_i, \theta_i, \psi_i), (r_j, \theta_j, \psi_j), (r_k, \theta_k, \psi_k)$ 는 각각 원래의 3 차원 메쉬 모델의 세 꼭지점 (i,j,k) 의 구면좌표임.),

삽입하려는 정보가 1 이면, $r_i = \tilde{r}_i + \alpha \cdot \tilde{r}_i$ 을 계산하고, 삽입하려는 정보가 0 이면, $r_i = \tilde{r}_i - \alpha \cdot \tilde{r}_i$ 을 계산하는 단계,

상기 꼭지점 (1) 을 상기 메쉬 모델에 추가한 후, 면 정보를 수정하는 단계,

상기 메쉬 모델의 부분 집합 전체에 대해 상기 계산하는 단계들과 상기 수정 단계를 반복하는 단계, 및
분할된 상기 부분 집합을 재구성하여 워터마크된 메쉬 모델을 획득하는 단계를 포함하는, 워터마크 삽입 방법.

청구항 9

구면 파라미터기법을 이용하여 3 차원 메쉬 모델의 워터마크를 추출하는 방법으로서,

3 차원 메쉬 모델에서 각 꼭지점들의 1-링(ring) 값을 구하는 단계,

상기 꼭지점들의 1-링 값에 기초하여, $\forall i \in \overline{K_{B-12-6}} \cup K_{B-7}$ 인 꼭지점들을 선택하는 단계,

상기 선택한 꼭지점들의 질량 중심을 구하고, 상기 질량 중심을 구면 좌표계의 중심점으로 설정하는 단계,

상기 메쉬 모델을 상기 질량 중심으로 이동하여, 구면 파라미터기법을 적용하는 단계, 및

$N(v)$ = 3 인 꼭지점 (이하, 꼭지점 1 이라 함.) 에 기초하여 워터마크 삽입 여부를 판단하는 단계를 포함하는, 워터마크 추출 방법.

(단, 꼭지점 $v = \{i\}$ 와 인접한 꼭지점의 집합을 $v = \{i\}$ 의 1-링 이라 하며 $N(v)$ 로 표시하고, v 의 인접 꼭지점의 개수를 1-링 값이라고 하며 $|N(v)|$ 로 표시함. 또한, $\overline{K_{B-12-6}}$ 는 메쉬 모델의 내부 꼭지점에서 1-링 값이 $|N(v)| = 12$, $|N(v)| = 6$ 인 꼭지점을 제거한 집합을 의미하며, K_{B-7} 는 메쉬 모델의 경계 꼭지점에서 $|N(v)| = 7$ 인 꼭지점을 제거한 집합을 의미함.)

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 워터마크 삽입 여부를 판단하는 단계는,

상기 꼭지점 1 과 꼭지점 i 및 j 가 이루는 삼각면의 면적, 상기 꼭지점 1 과 꼭지점 j 및 k 가 이루는 삼각면의 면적, 및 상기 꼭지점 1 과 꼭지점 k 및 i 가 이루는 삼각면의 면적을 구하는 단계(단, 꼭지점 i, j, k 는 꼭지점 1 의 인접 꼭지점들임.), 및

상기 삼각면의 면적들이 같으면 워터마크가 삽입되었다고 판단하고, 상기 삼각면의 면적들이 다르면 $N(v)_3$ 을 만족하는 다른 꼭지점에 대해 상기 삼각면의 면적을 구하는 단계를 반복하는 단계를 포함하는, 워터마크 추출 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

워터마크가 삽입되었다고 판단되면,

상기 메쉬 모델의 꼭지점 $\{i, j, k\} \in K_{\Delta_i}$ 에 대해, $\tilde{r}_i = (r_i + r_j + r_k)/3$ 를 구하는 단계,

$r_i > \tilde{r}_i$ 이면 $w_i = 1$ 로, $r_i < \tilde{r}_i$ 이면 $w_i = 0$ 으로 판정하는 단계, 및

상기 3 차원 메쉬 모델의 나머지 부분 집합에 대하여 상기 단계들(상기 각 꼭지점들의 1-링 값을 구하는 단계,

상기 $\forall i \in \overline{K_{B-12-6}} \cup K_{B-7}$ 인 꼭지점들을 선택하는 단계, 상기 구면 좌표계의 중심점으로 설정하는 단계, 상기 구면 파라미터기법을 적용하는 단계, 상기 워터마크 삽입 여부를 판단하는 단계, 및 워터마크가 삽입

되었다고 판단되면 $\tilde{r}_i = (r_i + r_j + r_k)/3$ 를 구하고, w_i 를 판정하는 단계) 을 반복하는 단계를 포함하는, 워터마크 추출 방법.

청구항 12

구면 파라미터기법을 이용하여 3 차원 메쉬 모델에 워터마크를 삽입하는 장치로서,

3 차원 메쉬 모델의 좌표를 직교좌표계로 설정하는 수단,

상기 직교좌표계로 설정된 상기 3 차원 메쉬 모델의 좌표를 구면좌표계로 변환하는 수단,

상기 구면좌표계로 변환된 상기 메쉬 모델에 구면 파라미터기법을 적용하는 수단, 및

상기 구면 파라미터기법이 적용된 상기 3 차원 메쉬 모델에 워터마크를 삽입하는 수단을 포함하는, 워터마크 삽입 장치.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 3 차원 메쉬 모델의 좌표를 상기 구면좌표계로 변환하는 수단은,

기준 꼭지점을 설정하고,

상기 기준 꼭지점을 구면 좌표계의 중심점으로서 설정하고,

상기 설정된 구면 좌표계의 중심점을 기준으로 하여, 상기 3 차원 메쉬 모델 좌표를 구면좌표계로 변환하는, 워터마크 삽입 장치.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 워터마크를 삽입하는 수단은,

워터마크 정보를 생성하는 수단, 및

상기 구면 파라미터기법을 적용한 메쉬 모델을 분할하는 수단을 더 포함하고,

상기 분할된 메쉬 모델에 상기 워터마크 정보를 삽입하는, 워터마크 삽입 장치.

청구항 15

제 13 항에 있어서,

상기 3 차원 메쉬 모델의 꼭지점들을 경계꼭지점 집합과 내부꼭지점 집합으로 나누고,

상기 경계꼭지점 집합과 상기 내부꼭지점 집합을 이용하여 상기 3 차원 메쉬 모델의 꼭지점들의 질량 중심을 구함으로써, 상기 질량 중심을 상기 기준 꼭지점으로서 설정하는, 워터마크 삽입 장치.

청구항 16

제 14 항에 있어서,

상기 워터마크 정보는 오버 샘플링 (over sampling) 되어, 상기 분할된 메쉬 모델에 삽입되며,

상기 워터마크 정보는 2 의 배수 길이를 갖는 랜덤 비트열인 W^n 이고,

($W_n = \{w_1, w_2, \dots, w_i\}$, 여기서 $w_i \in \{0, 1\}$, $i = 2^n$)

상기 메쉬 모델을 분할하는 수단은, 위도 (θ) 및 경도 (ψ) 값을 이용하여 상기 메쉬 모델을 부분 집합으로 분할하는, 워터마크 삽입 장치.

청구항 17

제 14 항에 있어서,

상기 워터마크를 삽입하는 수단은 꼭지점 (1) 추가 방법을 이용하여 워터마크를 삽입하는, 워터마크 삽입 장치.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 추가되는 꼭지점 (1) 은 상기 3 차원 메쉬 모델의 삼각면에 추가되며, 상기 삼각면을 이루는 세 꼭지점 (i, j, k) 의 질량 중심으로 설정되는, 워터마크 삽입 장치.

청구항 19

제 16 항에 있어서,

상기 메쉬 모델을 분할하는 수단은,

꼭지점 분포, 위상학적 정보값, 홀의 유무, 및 Genus 값 (2 차 곡면 상의 원환 (ring) 의 개수) 중 하나 이상에 근거하여 파라미터 값을 도출한 후,

상기 파라미터 값을 이용하여 상기 메쉬 모델을 분할하거나, 상기 파라미터 값을 상기 경도 및 위도 값에 적용하여 상기 메쉬 모델을 분할하는, 워터마크 삽입 장치.

청구항 20

제 18 항에 있어서,

상기 워터마크를 삽입하는 수단은,

$$\tilde{r}_i = (r_i + r_j + r_k) / 3$$

을 계산하고,

(여기서, $(r_i, \theta_i, \psi_i), (r_j, \theta_j, \psi_j), (r_k, \theta_k, \psi_k)$ 는 각각 원래의 3 차원 메시 모델의 세 꼭지점 (i,j,k) 의 구면좌표임.),

삽입하려는 정보가 1 이면, $r_i = \tilde{r}_i + \alpha \cdot \tilde{r}_i$ 을 계산하고, 삽입하려는 정보가 0 이면, $r_i = \tilde{r}_i - \alpha \cdot \tilde{r}_i$ 을 계산하고,

상기 꼭지점 (1) 을 상기 메시 모델에 추가한 후, 면 정보를 수정하고,

상기 메시 모델의 부분 집합 전체에 대해 상기 동작들을 반복하고,

분할된 상기 부분 집합을 재구성하여 워터마크된 메시 모델을 획득하는, 워터마크 삽입 장치.

청구항 21

구면 파라미터기법을 이용하여 3 차원 메시 모델의 워터마크를 추출하는 장치로서,

3 차원 메시 모델에서 각 꼭지점들의 1-링 값을 구하는 수단,

상기 꼭지점들의 1-링 값에 기초하여, $\forall i \in \overline{K_{B-12-6}} \cup K_{B-7}$ 인 꼭지점들을 선택하는 수단,

상기 선택한 꼭지점들의 질량 중심을 구하고, 상기 질량 중심을 구면 좌표계의 중심점으로 설정하는 수단,

상기 메시 모델을 상기 질량 중심으로 이동하여, 구면 파라미터기법을 적용하는 수단, 및

$N(v)_{=3}$ 인 꼭지점 (이하, 꼭지점 1 이라 함.) 에 기초하여 워터마크 삽입 여부를 판단하는 수단을 포함하는, 워터마크 추출 장치.

(단, 꼭지점 $v = \{i\}$ 와 인접한 꼭지점의 집합을 $v = \{i\}$ 의 1-링 이라 하며 $N(v)$ 로 표시하고, v 의 인접 꼭지점의 개수를 1-링 값이라고 하며 $|N(v)|$ 로 표시함. 또한, $\overline{K_{B-12-6}}$ 는 메시 모델의 내부 꼭지점에서 1-링 값이 $|N(v)|_{=12}$, $|N(v)|_{=6}$ 인 꼭지점을 제거한 집합을 의미하며, K_{B-7} 는 메시 모델의 경계 꼭지점에서 $|N(v)|_{=7}$ 인 꼭지점을 제거한 집합을 의미함.)

청구항 22

제 21 항에 있어서,

상기 워터마크 삽입 여부를 판단하는 수단은,

상기 꼭지점 1 과 꼭지점 i 및 j 가 이루는 삼각면의 면적, 상기 꼭지점 1 과 꼭지점 j 및 k 가 이루는 삼각면의 면적, 및 상기 꼭지점 1 과 꼭지점 k 및 i 가 이루는 삼각면의 면적을 구하고(단, 꼭지점 i, j, k 는 꼭지점 1 의 인접 꼭지점들임.),

상기 삼각면의 면적들이 같으면 워터마크가 삽입되었다고 판단하고, 상기 삼각면의 면적들이 다르면 $N(v)_{\neq 3}$ 을 만족하는 다른 꼭지점에 대해 상기 삼각면의 면적을 구하는 단계를 반복하는, 워터마크 추출 장치.

청구항 23

제 22 항에 있어서,

위터마크가 삽입되었다고 판단되면,

상기 메쉬 모델의 꼭지점 $\{i, j, k\} \in K_M$ 에 대해, $\tilde{r}_i = (r_i + r_j + r_k)/3$ 를 구하고,

$r_i > \tilde{r}_i$ 이면 $w_i = 1$ 로, $r_i < \tilde{r}_i$ 이면 $w_i = 0$ 으로 판정하는 위터마크 추출 수단을 더 구비하는, 위터마크 추출 장치.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

<1> 본 발명은 3 차원 영상에 대한 위터마크 삽입/추출 장치 및 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 직교좌표계에서 판단이 불가능한 3차원 메쉬 모델의 특성을 구면 파라미터기법을 적용하여 분석한 후 위터마크를 삽입/추출하는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- <2> 최근들어 인터넷을 이용한 정보의 제공과 유통에 따라서 다양한 형태의 디지털 저작물이 등장하고 있다. 그러나, 디지털 저작물은 그 특성상 저작권 보호에 많은 문제점을 내포하고 있다. 정보의 저장이나 변환등이 용이하여 인터넷 등의 개방된 공간에서는 어떠한 제한도 없이 다량의 복제가 가능하고, 복제 후에도 원본과 동일한 데이터 정보를 유지할 뿐만 아니라 저작자의 동의없이 배포가 가능하므로 저작자의 저작권을 보호하기 어려운 것이 현실이다.
- <3> 이렇게 발생하는 저작권 침해 문제는 날로 그 심각성을 더하고 있어서, 이를 해결하기 위한 많은 법적, 제도적, 기술적 해결책이 고안되고 있다. 이를 위해 데이터에 대하여 암호화 작업을 하여 특정 사용자만이 해당 정보를 이용할 수 있도록 하는 장치와 데이터에 저작권 정보를 은닉하여 사용자에게 전달하여 해당 데이터에는 외부적으로 변형을 가하지 않도록 하는 디지털 위터마킹 기술 등이 상에서 언급된 문제점들을 해결할 수 있는 기술적 해결책이라고 할 수 있다.
- <4> 즉, 위터마킹은 디지털 데이터의 저작권 보호 기술로서, 디지털 콘텐츠를 위한 저작권 표시 및 증명 기술이라고 할 수 있다. 좀 더 구체적으로, 위터마킹은 저작권 정보를 데이터에 은닉하고, 은닉된 저작권 정보를 다시 검출함으로써 데이터의 변조와 위조를 탐지하고, 저작자의 소유권을 주장할 수 있도록 하는 방법이다.
- <5> 위터마킹 기술 개발 초기에는 2 차원 영상에 대한 위터마크의 삽입/추출 장치가 주를 이루었으나, 최근에는 캐드, 애니메이션, 가상 현실 등에서 3 차원 영상이 널리 사용되고 있는바, 현재로서는 3 차원 영상에 저작자만이 해독할 수 있는 정보를 삽입하여 이를 저작권의 근거로 사용하고자 하는 연구가 활발히 되고 있다.
- <6> 3 차원 영상에 대한 표현 장치 중에서 널리 사용되고 있는 방식이 메쉬(mesh) 구조이다. 메쉬 구조는 기본적으로 꼭지점과 이들을 연결하는 정보로 이루어져 있다. 메쉬 구조에 정보를 삽입하기 위해서는 꼭지점과 연결정보에 약간의 변형을 가하게 된다. 그런데 3 차원 영상은 같은 모습의 모델이라도 그 표현 방식, 즉 꼭지점의 좌표, 연결정보의 조합이 무한하다. 또한, 회전, 병진 등의 변환이 가능하다. 이렇게 자유도가 높은 3 차원 영상에 삽입한 은닉 정보(위터마크)가 일상적으로 가해지는 변환들과 의도적인 공격에 살아남도록 하는 것이 큰 과제이다.
- <7> 3 차원 메쉬 모델에 대한 위터마크 삽입/추출 장치 중 하나로서, 3 차원 영상에 대하여 좌표점에 근거한 직교좌표계에서 위터마크를 삽입/추출하는 장치가 있으나, 직교좌표계에서 판단이 불가능한 3 차원 메쉬 모델에 대한 위터마크 삽입/추출 장치의 필요성이 대두되는바, 이하에서는 이와 관련하여 살펴본다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <8> 본 발명의 목적은 3 차원 메쉬 모델에 워터마크를 삽입하는 장치 및 방법을 제공하는 것이다.
- <9> 본 발명의 다른 목적은 직교좌표계에서 판단이 불가능한 3 차원 메쉬 모델에 워터마크를 삽입하는 장치 및 방법을 제공하는 것이다.
- <10> 본 발명의 또 다른 목적은 3 차원 영상의 회전 또는 병진 등과 같은 변환에 강인한 구면좌표계를 사용하여 3 차원 영상에 워터마크를 삽입하는 장치 및 방법을 제공하는 것이다.
- <11> 본 발명의 또 다른 목적은 원본 없이도 워터마크를 추출할 수 있도록 하는 워터마크 삽입 장치 및 방법을 제공하는 것이다.
- <12> 본 발명의 또 다른 목적은 메쉬 모델의 평활화 처리시, 모델의 부피가 지나치게 변형되는 경향을 막기 위한 메쉬 세분화 방법 및 장치를 제공하는 것이다.

과제 해결수단

- <13> 본 발명의 일 실시형태는, 3 차원 메쉬 모델의 좌표를 직교좌표계로 설정하는 단계, 직교좌표계로 설정된 3 차원 메쉬 모델의 좌표를 구면좌표계로 변환하는 단계, 구면좌표계로 변환된 메쉬 모델에 구면 파라미터기법을 적용하는 단계, 및 구면 파라미터기법이 적용된 3 차원 메쉬 모델에 워터마크를 삽입하는 단계를 포함하는, 워터마크 삽입 방법이다.
- <14> 또한, 본 발명의 다른 실시형태는, 3 차원 메쉬 모델의 좌표를 직교좌표계로 설정하는 단계, 기준 꼭지점을 설정하여 구면 좌표계의 중심점으로서 설정하고, 설정된 구면 좌표계의 중심점을 기준으로 하여, 3 차원 메쉬 모델 좌표를 구면좌표계로 변환하는 단계, 구면 좌표계 (r, θ, ψ) 의 변수 중 위도 (θ) 및 경도 (ψ) 를 이용하여, 구면좌표계로 변환된 메쉬 모델에 구면 파라미터기법을 적용하는 단계, 및 워터마크 정보를 생성하고, 메쉬 모델을 분할하고, 분할된 메쉬 모델에 워터마크를 삽입하는 단계를 포함하는 워터마크 삽입 방법이다.
- <15> 또한, 본 발명의 또 다른 실시형태는, 3 차원 메쉬 모델의 좌표를 직교좌표계로 설정하는 단계, 직교좌표계로 설정된 3 차원 메쉬 모델의 좌표를 구면좌표계로 변환하는 단계, 구면좌표계로 변환된 메쉬 모델에 구면 파라미터기법을 적용하는 단계, 및

$\tilde{r}_i = (r_i + r_j + r_k) / 3$ 을 계산한 후, 삽입하려는 정보가 1 이면, $r_i = \tilde{r}_i + \alpha \cdot \tilde{r}_i$ 을 계산하고, 삽입하려는 정보가 0 이면, $r_i = \tilde{r}_i - \alpha \cdot \tilde{r}_i$ 을 계산한 후, 꼭지점 (1) 을 메쉬 모델에 추가하고 면 정보를 수정한 후, 메쉬 모델의 부분 집합 전체에 대해 상기 과정들을 반복한 후, 분할된 부분 집합들을 재구성하여 워터마크된 메쉬 모델을 획득하는, 워터마크 삽입 단계를 포함하는 워터마크 삽입 방법이다. (여기서, $(r_i, \theta_i, \psi_i), (r_j, \theta_j, \psi_j), (r_k, \theta_k, \psi_k)$ 는 각각 원래의 3 차원 메쉬 모델의 세 꼭지점 (i, j, k) 의 구면좌표임.)

- <16> 또한, 본 발명의 또 다른 실시형태는, 3 차원 메쉬 모델에서 각 꼭지점들의 1-링(ring) 값을 구하는 단계, 꼭지점들의 1-링 값에 기초하여, $\forall i \in \overline{K_{B-12-6}} \cup K_{B-7}$ 인 꼭지점들을 선택하는 단계, 선택한 꼭지점들의 질량 중심을 구하고, 질량 중심을 구면 좌표계의 중심점으로 설정하는 단계, 메쉬 모델을 질량 중심으로 이동하여, 구면 파라미터기법을 적용하는 단계, 꼭지점 1 과 꼭지점 i 및 j 가 이루는 삼각면의 면적, 꼭지점 1 과 꼭지점 j 및 k 가 이루는 삼각면의 면적, 및 꼭지점 1 과 꼭지점 k 및 i 가 이루는 삼각면의 면적을 구하고, 삼각

면의 면적들이 같으면 워터마크가 삽입되었다고 판단하는 단계, 및 메쉬 모델의 꼭지점 $\{i, j, k\} \in K_M$ 에

대해, $\tilde{r}_i = (r_i + r_j + r_k) / 3$ 를 구하여, $r_i > \tilde{r}_i$ 이면 $w_i = 1$ 로, $r_i < \tilde{r}_i$ 이면 $w_i = 0$ 으로 판정함으로써

써 워터마크를 추출하는 단계를 포함하는, 워터마크 추출 방법이다. (다만, 꼭지점 $v = \{i\}$ 와 인접한 꼭지점의 집합을 $v = \{i\}$ 의 1-링 이라 하며 $N(v)$ 로 표시하고, v 의 인접 꼭지점의 개수를 1-링 값이라고 하며

$|N(v)|$ 로 표시함. 또한, $\overline{K_{B-12-6}}$ 는 메쉬 모델의 내부 꼭지점에서 1-링 값이 $|N(v)|_{12}$, $|N(v)|_6$ 인 꼭지점을 제거한 집합을 의미하며, K_{B-7} 는 메쉬 모델의 경계 꼭지점에서 $|N(v)|_7$ 인 꼭지점을 제거한 집합을 의미함.)

효 과

<17> 본 발명은 구면 파라미터기법을 이용하여 꼭지점 좌표의 특성을 효과적으로 이용함으로써, 직교좌표계에서 판단이 불가능한 3 차원 메쉬 모델에 워터마크를 효과적으로 삽입하는 방법을 제공한다. 또한, 본 발명은 상기와 같은 방법으로 워터마크가 삽입된 경우에, 원본이 필요 없이 3 차원 영상의 워터마크 정보를 추출할 수 있도록 한다. 또한, 본 발명은 이동, 스케일링, 회전 등 전형적인 기하학적인 변환에 강인하고, 메쉬 순서정렬, 파일 포맷 변환에서도 강인성을 유지하고, 평활화 등의 공격에서 좋은 성능을 보여주는 워터마크 방법 및 장치를 제공한다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<18> 본 발명은 구면 파라미터 기법을 이용하여 3 차원 메쉬 모델에 워터마크를 삽입하는 방법과 워터마크가 삽입된 모델로부터 워터마크를 추출하는 방법에 관한 것인바, 이하에서는 우선 3 차원 메쉬 모델의 개념을 간단히 살펴본다.

<19> I. 3 차원 메쉬 모델 개념

<20> 도 1은 삼각 메쉬 모델을 구성하는 꼭지점, 모서리, 삼각형 면의 구성요소를 나타낸다. 여기서, 꼭지점은 보통 꼭지점의 좌표로 표현하며, 모서리(변)는 두 개의 꼭지점들의 연결, 삼각형 면은 세 개의 꼭지점의 연결로 표현하지만, 경우에 따라서 꼭지점은 모서리 표 또는 다각형 면 표로 표현될 수 있고, 모서리는 두 개의 삼각면이 만나서 이루어지는 것으로 표현될 수 있으며, 삼각형 면은 세 개의 모서리가 만나서 이루어지는 것으로 표현될 수 있다.

<21> 도 2는 꼭지점, 모서리, 및 삼각면으로 표현되는 메쉬 모델을 과정에 따라서 보여준 것이다. 도 2(a)는 꼭지점들만으로 표현되는 "man" 모델의 메쉬 모델을 나타낸 것이고, 도 2(b)는 꼭지점들 및 이 꼭지점들을 이어서 형성된 변을 이용하여 표현한 "man" 모델의 메쉬 모델을 나타낸 것이며, 도 2(c)는 꼭지점들, 이 꼭지점들을 이어서 형성된 변들, 및 이 변들이 형성하는 면들을 이용하여 표현한 "man" 모델의 메쉬 모델을 나타낸 것이며, 도 2(d)는 완성된 모델을 나타낸다.

<22> 이하에서는, 상기와 같은 메쉬 모델의 기본적인 개념에 기초하여 메쉬 모델의 수학적 표현을 살펴본다.

삼각 메쉬 모델 M 은 식 (1)과 같이 표시할 수 있다.

$$\text{<23> } M = (V_M, K_M, P_M) \quad \text{식 (1)}$$

<24> 여기서 $V_M = \{1, 2, \dots, |M|\}$ 은 꼭지점의 집합 ($|M|$ 은 꼭지점의 개수)을 나타내며, K_M 은 위상정보, 즉, 각

꼭지점들의 연결 상태 정보를 나타내고, P_M 은 V_M 상의 n 차원 벡터를 나타내며 식 (2)와 같이 표시할 수 있다.

$$\text{<25> } P_M = \{ \vartheta_M(i) \mid i \in V_M \} \quad \text{식 (2)}$$

<26> 여기서 $\vartheta_M(i) = \{ f_1(i), f_2(i), \dots, f_n(i) \}$ 는 꼭지점 $\{i\}$ 와 관련된 위치 좌표, 법선 벡터, 칼라정보,

Texture Map 정보 등의 속성을 나타내는 벡터이다. 즉, P_M 은 삼각 메쉬 모델 M 의 모든 기하학적 정보를 담고 있다.

<27> K_M 에는 꼭지점 $v=\{i\} \in K_M$, 변 $e=\{i, j\} \in K_M$, 면 $f=\{i, j, k\} \in K_M$ 등 세 개의 기본 정보가 포함되어 있다. 만약 $\{i, j\} \in K_M$ 이면 $\{i\}$ 와 $\{j\}$ 는 인접한 꼭지점이다.

<28> 이 때, 꼭지점 $v=\{i\}$ 와 인접한 꼭지점의 집합을 $v=\{i\}$ 의 1-링 (ring) 이라 하며 $N(v)=\{j \mid \{i, j\} \in K_M\}$ 로 표시하고, 꼭지점 v 의 인접 꼭지점의 개수를 1-링 값이라고 하며 $|N(v)|$ 로 표시한다.

<29> 여기서 삼각 메쉬 모델에 대해서만 언급하지만, 폴리곤 메쉬 모델 등은 모두 삼각 메쉬 모델로 전환가능하기 때문에 본 발명은 삼각 메쉬 모델에 한정되는 것은 아니다.

<30> 이하에서는 이러한 개념들로 정의되는 3 차원 메쉬 모델에 구면 파라미터 기법을 이용하여 워터마크를 삽입하는 방법에 대해 구체적으로 살펴본다.

<31> II. 구면 파라미터 기법을 이용한 워터마킹

<32> 여기서 구면 파라미터 기법을 어떻게 워터마킹에 이용는지 살펴본다. 구면 파라미터 기법은 3 차원 데이터 처리 기술에 있어서 널리 이용되는 기법이다. 특히 이 기법은 직교좌표계에서 판단이 불가능한 3 차원 메쉬 모델의 꼭지점 좌표 특성에 대해 특히 유용하게 이용될 수 있다. 본 발명은 3 차원 모델의 질량 중심을 구면좌표의 원점으로 설정하여 직교좌표계에서 구면좌표계로 변환한 후 이하 살펴볼 구면 파라미터 기법을 적용한다. 워터마크는 3 차원 모델의 기하학적 정보와 위상 정보의 특성을 구면 모델에서 분석하여 꼭지점의 추가/변경을 통해 삽입한다. 본 발명은 꼭지점의 1-링 탐색에 의한 기준 꼭지점 설정 단계, 메쉬 모델

M 에서 선택한 기준 꼭지점의 질량중심을 구하고 모델을 질량중심으로 옮기는 단계, 구면 파라미터기법 적용 단계, 구면 변환 후 변수 (θ , ψ) 에 근거한 부분집합으로의 분할 단계, 워터마크 정보의 생성 및 워터마크 삽입 단계를 포함할 수 있는바, 이하에서는 이들 단계에 대해 순차적으로 살펴보도록 한다.

<33> 1. 기준 꼭지점 및 질량 중심

<34> 기준 꼭지점 선정은 일반적인 공격에 영향을 받지 않는 구면의 중심점을 찾는 데 그 목적이 있다. 여기서는 3 차원 메쉬 모델에서 흔히 사용되는 메쉬 세분화공격에서 변하지 않는 중심점을 찾는 데 초점을 두었다.

<35> 메쉬 세분화 알고리즘은 크게 근사에 의한 세분화와 보간에 의한 세분화로 나눌 수 있다. 메쉬 세분화에서는 반복적인 세분화 적용으로 새로운 꼭지를 생성한다. 일반적으로 세분화는 분할 과정과 위치 결정 과정으로 나눌 수 있다. 분할 과정은 메쉬 모델에 새로운 점을 추가하는 과정이다. 위치 결정 과정은 분할한 후 추가된 꼭지점과 기존의 꼭지점을 기반으로 새롭게 각 꼭지점의 위상정보를 구성하는 과정이다.

<36> 도 3 은 대표적인 근사에 의한 세분화의 방법으로서 루프분할면 (Loop Subdivision Surface) 방법의 일 예를 도시한다. 루프분할면 방법에는 4 분할 기법이 적용된다. 모든 변에 꼭지점을 삽입하여 변을 두 개로 나눈 후 새롭게 연결하여 원래의 삼각면을 네 개의 작은 삼각면으로 분할한다. 삽입되는 꼭지점 (검은색) 의 1-

링 값은 경계 꼭지점 (이하에서 정의됨.) 일 경우 $|N(v)| = 4$ 이고 내부 꼭지점 (이하에서 정의됨.) 일 경우 $|N(v)| = 6$ 이다. 일 회 적용으로 삼각면의 수는 네 배가 된다. 즉, 도 3 에서 꼭지점 삽입 전에 삼각면의 수는 9 개이고, 1 회 적용 후 삼각면의 수는 36 개임을 확인할 수 있다.

<37> 또한, 도 4 에는 대표적인 보간에 의한 메쉬 세분화의 방법으로서 나비분할면 (Butterfly Subdivision Surface) 방법의 일 예를 도시한다. 나비분할면방법도 루프분할면 방법과 마찬가지로 4 분할기법이 적용되며 추가되

는 꼭지점은 주위 꼭지점 좌표들로부터 보간법을 적용하여 설정된다. 꼭지점의 삽입방법은 주변의 여덟 개의 꼭지점을 사용하는 나비기법(Butterfly scheme)이다. 나비분할면은 대칭적인 형태의 에지에 새로운 점을 삽입하는 법칙이다. 주변의 4 개의 에지에 대해서 새로 삽입될 점을 구하게 되면 하나의 삼각형은 4 개의 새로운 삼각형으로 대치되며 생성된 면은 1 차 미분이 가능한 면(C^1 Surface) 이 된다. 나비분할면 알고리

즘도 루프분할면과 마찬가지로 삽입되는 꼭지점의 1-링 값은 경계 꼭지점일 경우 $|N(v)| = 4$ 이고 내부 꼭지점일 경우 $|N(v)| = 6$ 이다.

<38> 메쉬 세분화특성을 고려하여 다음과 같은 방법으로 기준 꼭지점을 선택한다.

<39> 1) 메쉬 모델의 $|M|$ 개의 꼭지점을 두 개의 집합으로 분류한다.

<40> $\forall \mathbf{i}, \mathbf{j} \in K_M, \mathbf{e} = \{\mathbf{i}, \mathbf{j}\} \in K_M$ 일 때, 적어도 두 개의 꼭지점 $\mathbf{k}_1, \mathbf{k}_2$ 가 존재하여 $\{\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}_1\} \in K_M, \{\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}_2\} \in K_M$ 이면 이와 같은 꼭지점 $\mathbf{i}, \mathbf{j}$ 의 집합을 내부 꼭지점이라고 하며 $\overline{K_B}$ 로 표시한다.

<41> $\forall \mathbf{i}, \mathbf{j} \in K_M, \mathbf{e} = \{\mathbf{i}, \mathbf{j}\} \in K_M$ 일 때, $\mathbf{k}_1$ 이 존재하여 $\{\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}_1\} \in K_M$ 이 성립되며, K_M 에서 $\mathbf{k}_1$ 과 같은 다른 꼭지점이 존재하지 않으면 이런 꼭지점의 집합을 경계 꼭지점 집합이라고 하며 $\overline{K_B}$ 로 표시한다. 따라서 메쉬 모델의 꼭지점은 $K_M = \overline{K_B} \cup K_{B-4}$ 와 같이 표시할 수 있다.

<42> 2) 꼭지점의 집합 $\overline{K_B}$ 에서 1-링 값이 $|N(v)| = 6, |N(v)| = 3$ 인 꼭지점을 제거하고 그 집합을 $\overline{K_{B-6-3}}$ 라 하며 $\overline{K_B}$ 에서 1-링 값이 $|N(v)| = 4$ 인 꼭지점을 제거하고 그 집합을 K_{B-4} 라고 한다. 집합 $\overline{K_{B-6-3}} \cup K_{B-4}$ 의 원소 개수(꼭지점의 개수)를 m_0 라고 한다.

<43> 3) $\overline{K_{B-6-3}} \cup K_{B-4}$ 에 속하는 꼭지점들의 질량 중심을 구면좌표계의 원점으로 설정한다. 설정된 구면좌표계의 중심점을 ($\overline{v_x}, \overline{v_y}, \overline{v_z}$) 라고 하면, $\overline{v_x}, \overline{v_y}, \overline{v_z}$ 는 식 (3) 과 같이 표현된다. 여기서, (v_{ix}, v_{iy}, v_{iz}) 는 꼭지점 $\mathbf{v} = \{\mathbf{i}\}$ 의 좌표이다.

<44>
$$\overline{v_x} = \frac{1}{m_0} \sum_{i=1}^{m_0} v_{ix}, \overline{v_y} = \frac{1}{m_0} \sum_{i=1}^{m_0} v_{iy}, \overline{v_z} = \frac{1}{m_0} \sum_{i=1}^{m_0} v_{iz}$$
 식 (3)

<45> 2. 구면파라미터기법

<46> 구면 파라미터기법은 모델로부터 구면으로의 1:1 사상을 찾는 것이다. 2003 년 Gotsman 이 직교좌표계 하에서 Genus=0 인 모델에 구면 파라미터기법을 적용하였다. (여기서 Genus 란, 2 차 곡면 상의 핸들의 개수 혹은 원환 (ring) 의 개수를 수학적으로 표현하는 용어임.) 1-링의 중심 꼭지점, 1-링의 경계의 볼록 조합 점 및 구의 중심이 직선위에 놓인다는 성질을 이용하여 구면상의 일부 꼭지점을 고정한 후 타 꼭지점에 관한 연립방정

식을 설립하고 해를 구하는 방법을 이용하였다. 이 방법은 간단하고 직관적인 방법이지만 비선형연립방정식 이어서 해를 구하기 어렵고 계산량이 많다는 단점이 있다. 그리고 부분적인 점이 구면이 아닌 원으로 퇴화 되는 현상도 존재한다. 구면은 3 차원 공간에 존재하는 특수한 2 차원 곡면이다. 구면 좌표계를 적용할

경우 구면 중심으로부터의 거리는 모두 상수로 대체되기 때문에 구면 좌표계의 변수 Θ (위도), Ψ (경도) 만 처리하면 된다. 여기서는 직교좌표계에서 구면좌표계로의 변환을 "cart2sph" 로, 구면좌표계에서 직교좌표

계로의 변환을 "sph2cart" 라고 표시한다. 구면좌표계는 보통 (r, Θ, Ψ) 로 나타낸다. 도 5 에는

이러한 구면좌표계의 좌표 (r, Θ, Ψ) 를 도시하고 있다. 여기서 r 은 원점에서부터의 거리로서,

$0 \leq r < \infty$ 범위의 값을 갖고, Z 축에서의 각도 Θ 는 $0 \leq \theta < \pi$, Z 축을 축으로 하여 X 축에서부

터 돌아간 각 Ψ 는 $-\pi \leq \psi < \pi$ 의 값을 갖는다. 아래의 식 (4) 및 식 (5) 에 의해 직교좌표계로부터 구면좌표계를, 구면좌표계로부터 직교좌표계를 얻을 수 있다.

$$\text{cart2sph}(x, y, z) = \begin{cases} r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \\ \theta = \arccos \frac{z}{r} \\ \psi = \arctan \frac{y}{x} \end{cases} \quad \text{식 (4)}$$

$$\text{sph2cart}(r, \theta, \psi) = \begin{cases} x = r \sin \theta \cos \psi \\ y = r \sin \theta \sin \psi \\ z = r \cos \theta \end{cases} \quad \text{식 (5)}$$

구면파라미터기법을 적용하는 단계를 살펴보면, 우선 메쉬 모델을 식 (3) 에 의하여 설정한 중심점으로 이동하고, 이렇게 이동된 메쉬 모델의 꼭지점 좌표 값을 구면좌표계에서의 구면좌표로 변환한다. 구면좌표계에서

r_i =1 로 설정하고, 식 (5) 를 이용하여 구면좌표계 상의 구면좌표를 직교좌표계 상의 직교 좌표로 변환함으로써 구면파라미터 기법을 적용한다.

도 6(a) 및 도 6(b) 는 구면파라미터기법 적용 전의 "man" 모델과 적용 후의 "man" 모델을 비교한 예시이다.

도 6(a) 의 (1)~(7) 는 구면파라미터기법 적용 전의 "man" 모델의 메쉬 구조 및 꼭지점 분포를 보여주며, 도 6(b) 의 (1')~(7') 은 구면파라미터기법 적용 후의 "man" 모델의 메쉬 구조 및 꼭지점 분포를 보여준다. 도 6(a) 의 (1) 및 도 6(b) 의 (1') 은 구면파라미터기법 적용 전 후의 완성된 모델을 각각 보여주며, 도 6 (a) 의 (2)~(4) 및 도 6(b) 의 (2')~(4') 은 구면파라미터기법 적용 전 후의 꼭지점 및 변들로 이루어진 메쉬 모델을 각각 보여주며, 도 6(a) 의 (5)~(7) 및 도 6(b) 의 (5')~(7') 은 구면파라미터기법 적용 전 후의 꼭지점들로 이루어진 메쉬 모델을 각각 보여준다.

3. 워터마크 삽입

구면파라미터기법을 적용한 후에, 워터마크 정보의 양에 근거하여 구면파라미터기법이 적용된 모델을 여러 개의 집합으로 분할한 후, 분할된 집합에 워터마크 정보를 삽입한다.

3.1 워터마크 정보의 생성

본 발명은 일 실시형태로서 2 의 배수 길이를 가지는 랜덤 비트열을 생성하여 워터마크 정보로 사용한다. 도 7 은 워터마크 정보를 오버 샘플링 (Over Sampling) 하여 분할된 메쉬 모델의 각 부분에 삽입하는 일 실시형

태 ($n=3$ 인 경우) 를 나타낸다. 워터마크 정보를 W_n 이라고 하면 W_n 은 식 (8) 과 같다. 삽입 강도를 위하여 삽입 정보의 최대 길이는 64bit 로 한정한다.

<55> $W_n = \{w_1, w_2, \dots, w_i\}$, 여기서 $w_i \in \{0, 1\}$, $i = 2^n$ 식 (8)

<56> 도 7의 실시형태에서는 $n=3$, $i=2^3$, $w_1=1$, $w_2=1$, $w_3=0$, $w_4=0$, $w_5=1$, $w_6=0$, $w_7=0$, $w_8=1$ 이며, 따라서 $W_3=\{1,1,0,0,1,0,0,1\}$ 임을 확인할 수 있다.

<57> 3.2 메쉬 모델의 분할

<58> 파라미터화된 메쉬 모델을 Θ (위도)와 Ψ (경도)의 값에 따라 부분집합으로 분할한다. 부분집합의 인덱스는 Ψ 의 분할개수와 Θ 의 분할개수를 인덱스로 사용하여 M_{mn} 으로 표시한다. 분할 방법은 표 1과 같다.

표 1

W_n	분할단위(Ψ)	분할단위(Θ)	분할개수
$n=1$	π	-	2
$n=2$	$\pi/2$	-	4
$n=3$	$\pi/4$	-	8
$n=4$	$\pi/4$	$\pi/2$	16
$n=5$	$\pi/4$	$\pi/4$	32
$n=6$	$\pi/8$	$\pi/4$	64

<60> 도 8은 일 실시형태로서, “man” 모델을 파라미터화한 후 8개의 부분 집합으로 분할 ($n=3$ 인 경우) 한 경우의 $W_3 = \{w_1, w_2, \dots, w_8\}$

꼭지점 분포를 도시한다. $n=3$ 일 경우, 삽입하려는 워터마크 정보는 이들 워터마크 정보는 각각 분할된 메쉬모델의 부분집합 $M_{11}, M_{12}, M_{13}, M_{14}, M_{15}, M_{16}, M_{17}, M_{18}$ 에 삽입된다. 각 부분집합에는 오버샘플링된 후의 워터마크 정보가 삽입된다.

<61> 3.3 워터마크 삽입 알고리즘

<62> 도 9는 구면파라미터기법을 적용한 모델에 워터마크를 삽입하는 방법 중 꼭지점 추가방법을 도시한다. 도 9(a)는 꼭지점 i, j, k 로 이루어진 삼각면이 메쉬 모델의 일부로서 존재하고 있는 것을 도시한다. 도 9(b)는 분할된 메쉬 모델에서 꼭지점 i, j, k 로 이루어진 삼각면만을 선택한 것을 도시한다. 원래의 삼각면이 $\{i, j, k\} \in K_M$ (도 9(b))이고, 삽입되는 꼭지점을 $l \in K_M$ 이라고 하면, 꼭지점 l 삽입 후에는, 새로운 세 개의 면 $\{i, j, l\}, \{j, k, l\}, \{i, k, l\} \in K_M$ 이 구성된다 (도 9(c)). 즉, 꼭지점 삽입 전과 후의 삼각면은 식 (9)과 같다.

<63> $\{i, j, k\} \in K_M \Rightarrow \{i, j, l\}, \{j, k, l\}, \{i, k, l\} \in K_M$ 식 (9)

<64> 도 9 (d) 는 상기 방식으로 새로운 꼭지점이 삽입된, 꼭지점 i, j, k 로 이루어진 삼각면을 다시 원래의 메쉬 모델의 일부로서 도시되어 있다. 새롭게 추가되는 면 $\{i, l\}, \{j, l\}, \{k, l\} \in K_M$ 은 공유하는 면이 적어도 두 개 존재하기 때문에, 추가되는 점은 메쉬 모델의 내부 꼭지점임을 알 수 있다. 세 개의 삼각면

($\{i, j, l\}, \{j, k, l\}, \{i, k, l\} \in K_M$) 이 추가된 후, $\{i, j, k\} \in K_M$ 는 메쉬 모델에서 사용되지 않는다. 삼각 면

$\{i, j, k\} \in K_M$ 에 추가되는 꼭지점 $l \in K_M$ 은 세 꼭지점 $\{i\}, \{j\}, \{k\} \in K_M$ 의 질량 중심으로 설정하며 좌표 값은 다음과 같다.

<65> 1) 삼각 면 $\{i, j, k\} \in K_M$ 의 구면파라미터기법 적용 후 값을 각각 $(1, \theta_i, \psi_i), (1, \theta_j, \psi_j), (1, \theta_k, \psi_k)$ 라고 할 경우, 추가되는 꼭지점의 좌표 (r'_i, θ_i, ψ_i) 는 식 (10) 과 같다.

$$(v'_{ix}, v'_{iy}, v'_{iz}) = sph2cart(1, \theta_i, \psi_i)$$

$$(v'_{jx}, v'_{jy}, v'_{jz}) = sph2cart(1, \theta_j, \psi_j)$$

$$(v'_{kx}, v'_{ky}, v'_{kz}) = sph2cart(1, \theta_k, \psi_k)$$

<66>

$$(r'_i, \theta_i, \psi_i) = cart2sph\left(\frac{v'_{ix} + v'_{jx} + v'_{kx}}{3}, \frac{v'_{iy} + v'_{jy} + v'_{ky}}{3}, \frac{v'_{iz} + v'_{jz} + v'_{kz}}{3}\right)$$

<67>

식 (10)

<68> 2) 추가된 꼭지점의 좌표 (r'_i, θ_i, ψ_i) 를 다음과 같이 변경하여 워터마크를 삽입한다. 삽입강도는 $\alpha \in [0, 1]$ 값에 의하여 결정된다.

<69> 단계 1: 원 메쉬 모델의 세 꼭지점 $\{i, j, k\} \in K_M$ 의 구면좌표 $(r_i, \theta_i, \psi_i), (r_j, \theta_j, \psi_j), (r_k, \theta_k, \psi_k)$ 에서 $\tilde{r}_i = (r_i + r_j + r_k) / 3$ 로 구한다.

<70> 단계 2 : 만약 삽입하려는 정보가 “1” 이면

$$r_i = \tilde{r}_i + \alpha \cdot \tilde{r}_i \text{ 이고,}$$

<71>

$$(r'_i, \theta_i, \psi_i) \rightarrow (r_i, \theta_i, \psi_i)$$

<72>

<73> 만약 삽입하려는 정보가 “0” 이면

$$r_i = \tilde{r}_i - \alpha \cdot \tilde{r}_i \text{ 이다.}$$

<74>

$$(r'_i, \theta_i, \psi_i) \rightarrow (r_i, \theta_i, \psi_i)$$

<75>

<76> 단계 3: 꼭지점을 메쉬 모델에 추가한 후, 면의 정보를 다음과 같이 수정한다.

$$\{i, j, k\} \in K_M \implies \{i, j, l\}, \{j, k, l\}, \{i, k, l\} \in K_M$$

<77>

<78> 단계 4: 메쉬 모델의 부분집합 모두에서 단계 1~3 을 반복하여 실행한다.

<79> 단계 5: 분할된 부분집합을 재구성하여 워터마크된 메쉬 모델을 얻는다.

<80> 3.4 워터마크 추출 알고리즘

<81> 워터마크 추출은 워터마크 삽입 알고리즘의 역 과정으로 다음과 같은 순서로 진행된다. 본 발명은 질량 중심을 사용하였기 때문에 다양한 방법으로 워터마크를 검출할 수 있다.

<82> 워터마크 추출 방법은 우선, 메쉬 모델에서 소정의 꼭지점들을 선택하고, 선택한 꼭지점들의 질량 중심을 구한 다음, 메쉬 모델을 질량 중심으로 이동한 후, 구면파라미터기법을 적용한다. 그 후, 각 꼭지점에 대해 워터마크 삽입 여부를 판단하여 워터마크가 삽입되어있다고 판단되면 워터마크를 추출하고, 워터마크가 삽입되어 있지 않다고 판단되면 다른 꼭지점에 대해 워터마크 삽입 여부를 판단한다. 또한, 메쉬 모델의 나머지 부분집합들에 대하여 상기 과정을 반복하여 W_n 을 구성하면 워터마크 추출이 완료된다.

<83> 4. 알고리즘 평가

<84> 본 발명의 성능을 평가하기 위하여 다양한 실험을 수행하였는바, 이하에서는 실험결과를 분석한다. 도 10 은 실험에 사용한 세 개의 메쉬 모델이 도시되어 있다. 도 10 (a) 는 "man" 모델, 도 10 (b) 는 "bunny" 모델, 도 10 (c) 는 "horse" 모델이다. 그 중, "man" 모델은 열린 모델이고, "bunny" 모델과 "horse" 는 닫힌 모델이다. 표 2 는 실험에 사용된 모델의 정보이다.

표 2

모델	man	bunny	horse
꼭지점	5950	7502	12122
삼각 면	11838	15000	24240
유형	opened	closed	closed
genus	-	0	0
holes	1	없음	없음

<85>

<86> 도 11 은 워터마크가 삽입된 메쉬 모델을 보여준다. 도 11 (a) 는 삽입강도 α 를 0.002 로 설정하여 워터마크를 삽입한 "man" 모델이고, 도 11 (b) 는 삽입강도 α 를 0.002 로 설정하여 워터마크를 삽입한 "bunny" 모델이고, 도 11 (c) 는 삽입강도 α 를 0.003 으로 설정하여 워터마크를 삽입한 "horse" 모델이다. 표 3 에서는 삽입 전 후 메쉬 모델의 파라미터 값들을 비교하여 나타내었다.

표 3

모델		man2	bunny	horse
원본	꼭지점	5950	7502	12122
	면	11838	15000	24240
삽입 후	꼭지점	17788	22502	36362
	면	35514	45000	72720
삽입 량	n=4	16	16	16
	중복삽입(평균)	739.8	937.5	1515
	n=6	64	64	64
	중복삽입(평균)	184.9	234.4	378.8

<87>

<88> 도 12 는 "bunny" 모델의 구면파라미터화 과정을 이미지로 보여준 것이다. (a)는 "bunny" 원본 모델을 꼭지점, 변, 면으로 이루어진 메쉬 구조로 보여준 것이고, (b)는 "bunny" 모델에 대한 구면파라미터화 결과를 보여준 것이며, (c)는 "bunny" 모델의 꼭지점의 분포를 3 차원으로 보여준 것이며, (d)는 워터마크가 삽입된 "bunny" 모델이다. 제안하는 알고리즘에서 사용한 워터마크 비트열은 최대 64 비트로 한정하였으며 시드(seed) 값을 갖는 난수발생기를 이용하여 생성하였다. 워터마크 정보는 분할된 메쉬 모델에 독립적으로 삽입되었으며 대량의 중복삽입이 가능하였다.

<89> 도 13 은 구면 파라미터 기법을 적용하여 워터마크를 삽입하는 과정을 개략적으로 도시한다. 구면 파라미터 기법을 적용하기 전의 전제로서, 우선, 3 차원 메쉬 모델의 직교좌표계를 직교좌표계에서 설정한다(110). 3 차원 메쉬 모델의 직교좌표를 직교좌표계에서 설정하는 구체적인 방법은 도 14 를 참조하여 후술한다. 3 차원 메쉬 모델의 직교좌표를 설정한 후에, 직교좌표계 상의 직교좌표를 구면좌표계 상의 구면좌표로 변환한다

(120). 구면좌표로 변환된 메쉬 모델에 대해 구면 파라미터 기법을 적용한다(130). 이 때, 구면좌표 중 $r=k$ (k 는 상수) 로 고정한다. 구면 파라미터 기법의 구체적인 적용방법은 도 15 를 참조하여 후술한다.

메쉬 모델에 구면 파라미터 기법이 적용되면, 워터마크를 삽입한다.(140).

<90> 도 14 는 본 발명의 일 실시형태로서 구면 파라미터 기법을 적용하여 워터마크를 삽입하는 과정을 좀 더 구체적으로 도시한다. 단계 210 내지 단계 230 은 구면 파라미터 기법을 적용하기 전의 전체로서, 도 13 의 3 차원 메쉬 모델의 직교좌표를 직교좌표계에서 설정하고, 직교좌표계 상의 직교좌표를 구면좌표계 상의 구면좌표로 변환하는 단계에 대응된다. 우선, 일반적인 메쉬 모델 공격에 영향을 받지 않는 구면의 중심점을 찾기 위해 기준 꼭지점을 선정한다(210). 기준 꼭지점 선정을 위해 꼭지점들을 경계 꼭지점 (K_B) 과 내부 꼭지점 ($\overline{K_B}$) 으로 분류한다. $\overline{K_{B-6-3}} \cup K_{B-4}$ 에 속하는 꼭지점들을 기준 꼭지점으로 설정한다. (여기서, $\overline{K_{B-6-3}}$ 는 꼭지점들의 집합 $\overline{K_B}$ 에서 1-링 값이 $|N(v)|=6$, $|N(v)|=3$ 인 꼭지점을 제거한 집합이고, K_{B-4} 는 꼭지점들의 집합 K_B 에서 1-링 값이 $|N(v)|=4$ 인 꼭지점을 제거한 집합이다.)

<91> 이렇게 설정된 기준 꼭지점들의 질량 중심을 탐색한다(220). 기준 꼭지점들의 질량 중심은 구면좌표계의 원점으로서 설정된다. 설정된 구면좌표계의 중심점을 ($\overline{v_x}$, $\overline{v_y}$, $\overline{v_z}$)라고 하면, $\overline{v_x}$, $\overline{v_y}$, $\overline{v_z}$ 는 상기 식 (3) 과 같이 표현된다. 즉, ($\overline{v_x}$, $\overline{v_y}$, $\overline{v_z}$) 이 기준 꼭지점들의 질량 중심으로 탐색되면서 구면좌표계의 중심점이 되는 것이다. 탐색된 질량 중심을 이용하여 메쉬 모델을 ($\overline{v_x}$, $\overline{v_y}$, $\overline{v_z}$) 로 이동한다(230). 이러한 과정을 통해 질량 중심으로 이동된 새로운 꼭지점들의 좌표값들을 구할 수 있다. 단계 240 에서는 구면 파라미터 기법을 적용한다. 구면 파라미터 기법을 적용하는 구체적인 방법에 대해서는 이 하 도 15 와 관련하여 설명한다.

<92> 도 15 는 구면파라미터기법을 적용하는 단계를 구체적으로 도시한다.

<93> 단계 1: 메쉬 모델을 식 (3) 에 의하여 설정한 중심점($\overline{v_x}$, $\overline{v_y}$, $\overline{v_z}$) 으로 이동한다.(310) 단계 1 (310) 은 도 14 의 단계 230 에 대응한다. 새로운 꼭지점들의 좌표 값 (v_{ix}' , v_{iy}' , v_{iz}')은 다음과 같다.

<94>
$$(v_{ix}', v_{iy}', v_{iz}') = (v_{ix} - \overline{v_x}, v_{iy} - \overline{v_y}, v_{iz} - \overline{v_z})$$
 식(6)

<95> 단계 2: 식 (4) 에 의하여 구한 메쉬 모델 M 의 꼭지점 좌표 값을 구면좌표계로 변환시킨다. (320)

<96>
$$(r_i, \theta_i, \psi_i)_{\text{cart2sph}}(v_{ix}', v_{iy}', v_{iz}'), i \in V_M$$
 식(7)

<97> 단계 3: 식 (7) 에서 구한 결과값에서 구면좌표계에서 $r_i=k$ (k 는 상수) 로 설정 (330) 하고, 식 (5) 를 이용하여 구면좌표계를 직교좌표계로 변환 (340) 한다. 메쉬 모델 M 의 $P_{M=\{\vartheta_M(i) \mid i \in V_M\}}$ 은 그대로 적용한다. 구면 파라미터 기법이 적용된 메쉬 모델을 분할 (250) 하고, 워터마크 정보를 생성하여(260), 생성된 워터마크 정보를 분할된 메쉬 모델에 삽입한다(270).

<98> 도 16 은 워터마크 추출 방법을 구체적으로 보여준다.

- <99> 단계 1: 메쉬 모델에서 각 꼭지점들의 1-링 값을 구하고, 그 값에 근거하여 $\forall i \in \overline{K_{B-12-6}} \cup K_{B-7}$ 인 꼭지점들을 선택한다.(410)
- <100> 단계 2: 선택한 꼭지점들의 질량 중심을 구하고 구면 좌표계의 중심점으로 한다.(420)
- <101> 단계 3: 메쉬 모델을 질량 중심으로 이동한 후(430), 구면파라미터기법을 적용한다.(440)
- <102> 단계 4: $N(v)=3$ 인 꼭지점을 선택하고(450), 다음과 같은 방법으로 워터마크 삽입여부를 판단한다.(460)
- <103> $N(v)=3$ 인 꼭지점을 l 이라 하면, 삼각 면 $\{i,j,l\}, \{j,k,l\}, \{i,k,l\} \in K_M$ 의 면적을 구하고, 구한 면적들이 같으면 워터마크가 삽입되었다고 판단하고 단계 5 로 넘어간다. 면적들이 다르면 $N(v)=3$ 인 다른 꼭지점을 선택하여 단계 4 를 반복한다.
- <104> 단계 5 (470): 세 꼭지점 $\{i,j,k\} \in K_M$ 에서 $\tilde{r}_l = (r_i + r_j + r_k)/3$ 를 구한다.
- <105> 만약 $r_l > \tilde{r}_l$ 이면 $w_i = 1$ 이고,
- <106> 만약 $r_l < \tilde{r}_l$ 이면 $w_i = 0$ 이다.
- <107> 메쉬 모델의 나머지 부분집합들에 대하여 상기 과정을 반복하여(480), $\Pi_n^* = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$, 여기서 $w_i \in \{0, 1\}, i = 2^n$ 를 구성하면 워터마크 추출이 완료된다.
- <108>
- <109> 4.1 형태보존 공격에 대한 강인성
- <110> 형태보존 공격에는 이동, 스케일링, 회전 등 기하학적인 변환과 꼭지점의 저장순서변경, 파일포맷변환 등이 있다. 기하학적인 변환은 꼭지점의 좌표 값만 변화시키며, 꼭지점의 1-링 값 및 선택한 구면좌표계의 중심, 꼭지점의 연결 정보는 영향을 받지 않는다. 실험 결과 제안한 알고리즘은 이동, 회전, 스케일링 등의 변환을 실행한 후에도 같은 구면파라미터화 결과를 얻었으며, 삽입한 워터마크정보를 추출할 수 있었다.
- <111> 메쉬 모델에는 꼭지점의 저장순서를 변경하는 공격이 존재한다. 제안한 알고리즘은 꼭지점의 저장순서를 변경하더라도 꼭지점의 1-링 값과 선택한 구면좌표 중심은 변하지 않기 때문에 워터마크 정보를 추출할 수 있었다. "Invert faces" 공격은 면의 방향만 변환시키는 변환이고, "close holes" 공격은 삼각메쉬를 추가하는 공격기법인데 제안한 알고리즘은 영향을 받지 않았다.
- <112> 표 4 는 파일포맷 변환 실험에서 사용한 포맷이다. PLY 파일포맷과 STL파일 포맷에는 ASCII형식과 Binary형식이 존재한다. 여기서는 모두 ASCII포맷으로 변환하여 실험하였다. DAE 파일은 Collada version 1.4.1 을 사용하였고, OBJ, OFF파일은 2007 년 3 월 배포된 meshlab 프로그램을 이용하여 실험하였다. 실험에 사용한 모든 모델에서 워터마크 정보를 추출할 수 있었다.

표 4

포맷	유형	설명
STL	ascii	스테레오 리소그래피
	binary	
PLY	ascii	스탠포드 폴리곤 파일 포맷 (stanford polygon file format)
	binary	
DAE	ascii	콜라다 파일 포맷 (collada file format) v 1.4.1
OBJ	ascii	앨리어스 웨이브프론트 대상 (Alias wavefront Object)
OFF	ascii	대상 파일 포맷
3DS	binary	3D 스튜디오 포맷

4.2 형태변형 공격에 대한 강인성

형태변형에는 다양한 공격이 존재한다. 여기서는 메쉬 세분화, 메쉬 단순화, 메쉬 평활화 등의 공격에 대하여 중점적으로 실험하였다.

4.2.1 메쉬 세분화 공격 실험

많이 사용하는 메쉬 세분화에는 루프분할면, 나비분할면, 중심점분할면(Midpoint subdivision surface) 등의 기법이 존재한다. 실험 시, 세분화할 모델의 꼭지점은 모델 전체에서 선택하였으며 실험 결과를 표 5에 나타내었다. 표 5의 “위터마크(%)”에서는 위터마크 삽입 시 추가된 꼭지점 수와 공격 후 추출한 꼭지점 수를 백분율로 나타낸 것이다. “삽입/추출”은 3차 세분화 후 추출한 비트 수를 나타낸다. 본 발명은 중심점분할면 공격에 대하여 특히 높은 강인성을 보여주었다.

표 5

공격	모델	Threshold (abs & %)	α	위터마크(%)			삽입/ 추출
				1차	2차	3차	
루프분할	man	0.041/1.00	0.002	98	85	74	64/61
	bunny	0.042/1.00	0.002	98	83	73	64/64
	horse	0.003/1.00	0.003	99	83	76	64/64
나비분할	man	0.041/1.00	0.002	98	81	71	64/59
	bunny	0.042/1.00	0.002	98	78	71	64/64
	horse	0.003/1.00	0.003	99	80	70	64/63
중심분할	man	0.041/1.00	0.002	100	-	-	64/64
	bunny	0.042/1.00	0.002	100	-	-	64/64
	horse	0.003/1.00	0.003	100	-	-	64/64

4.2.2 메쉬 평활화 공격 실험

평활화에서는 라플라시안 평활화가 많이 사용되고 있다. 본 발명에 따르면 라플라시안 평활화를 6차례 실행하여도 위터마크 정보를 추출할 수 있었다.

HC 라플라시안 평활화도 메쉬 모델에서 많이 사용되는 공격기법이다. 실험에 사용한 모델 모두 6차의 HC 라플라시안 평활화 후에도 위터마크 추출이 가능하였다.

4.2.3 메쉬 단순화 공격 실험

메쉬 모델의 단순화에는 클러스터링 데시메이션 (Clustering Decimation) 과 QECD (Quadric Edge Collapse Decimation) 등의 기법이 있다. 여기서는, QECD 기법으로 실험하였으며 그 결과를 표 6에서 확인할 수 있다.

표 6

공 격	모델	1차		2차		위터마크(%)		삽입/추출 (2차)
		꼭지점(전/후)	꼭지점(전/후)	꼭지점(전/후)	꼭지점(전/후)	1차	2차	
QE	man	17788	8908	8908	4465	65%	37%	64/32
C	bunny	22502	11252	11252	5627	62%	43%	64/53
D	horse	36362	18182	18180	9092	62%	38%	64/35

실험에 사용한 모델 모두 2 차의 QECD 후에도 위터마크 추출이 가능하였다.

상기에서 살펴본 바와 같이, 본 발명은 구면 파라미터기법을 이용하여 꼭지점 좌표의 특성을 효과적으로 이용함으로써, 직교좌표계에서 판단이 불가능한 3 차원 메쉬 모델에 위터마크를 효과적으로 삽입하도록 한다. 또한, 본 발명은 이동, 스케일링, 회전 등 전형적인 기하학적인 변환에 강인하고, 메쉬 순서정렬, 파일 포맷 변환에서도 강인성을 유지하고, 평활화 등의 공격에서 좋은 성능을 보여줌을 확인할 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1 은 삼각 메쉬 모델을 구성하는 꼭지점, 모서리, 삼각형 면의 구성요소를 도시한 것이다.

도 2 는 꼭지점, 모서리, 및 삼각면으로 표현되는 메쉬 모델을 도시한 것이다.

도 3 은 루프분할면 방법의 일 실시형태를 도시한 것이다.

도 4 는 나비분할마스크 및 추가되는 꼭지점을 도시한 것이다.

도 5 은 구면좌표계의 좌표 (r , θ , ψ) 를 나타낸 것이다.

도 6(a) 는 구면파라미터 기법 적용 전의 "man" 모델을 나타낸 것이다.

도 6(b) 는 구면파라미터 기법 적용 후의 "man" 모델을 나타낸 것이다.

도 7 는 위터마크 정보를 오버 샘플링 (Over Sampling) 하는 일 실시형태 ($n=3$) 을 나타낸 것이다.

도 8 은 분할된 메쉬 모델의 꼭지점 분포의 일 실시형태를 도시한 것이다.

도 9 는 위터마크 삽입에 있어서의 꼭지점 추가방법의 일 실시형태를 도시한 것이다.

도 10 은 실험용 메쉬 모델 (man 모델, bunny 모델, horse 모델) 의 일 실시형태이다.

도 11 는 도 10 의 메쉬 모델에 위터마크를 삽입한 결과를 도시한 것이다.

도 12 은 bunny 모델의 구면파라미터화 과정의 일 실시형태를 도시한 것이다.

도 13 은 본 발명의 일 실시형태에 따른 위터마크 삽입 순서도이다.

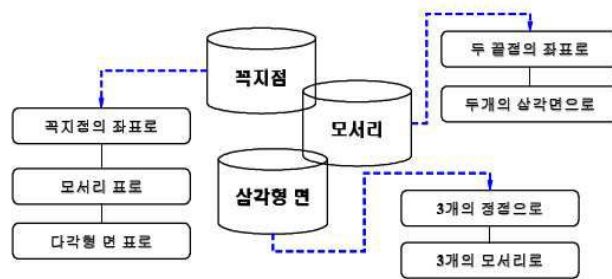
도 14 는 본 발명의 다른 일 실시형태에 따른 위터마크 삽입 순서도이다.

도 15 는 본 발명의 일 실시형태에 따른 구면파라미터기법 적용 순서도이다.

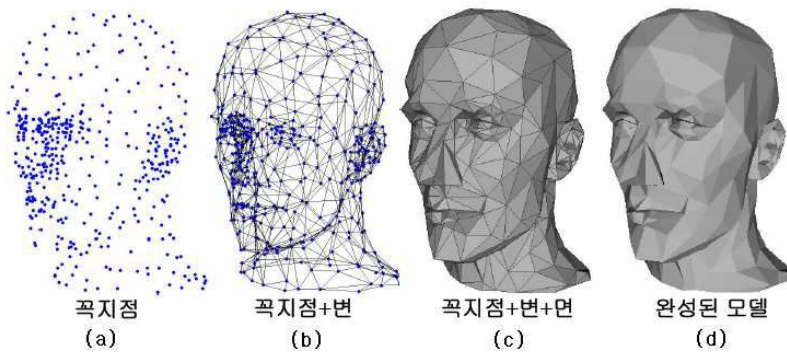
도 16 은 본 발명의 일 실시형태에 따른 위터마크 추출 순서도이다.

도면

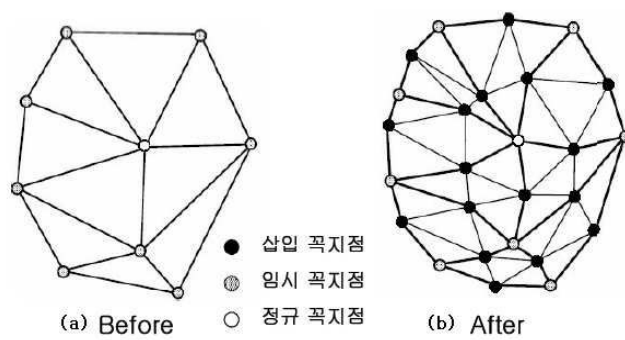
도면1



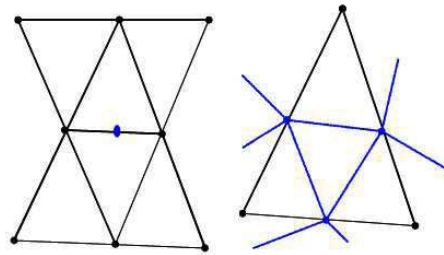
도면2



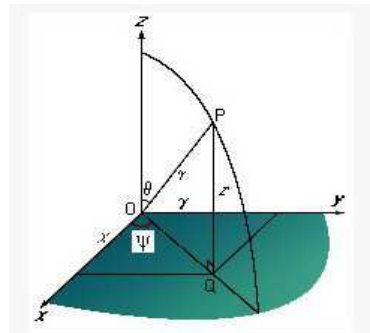
도면3



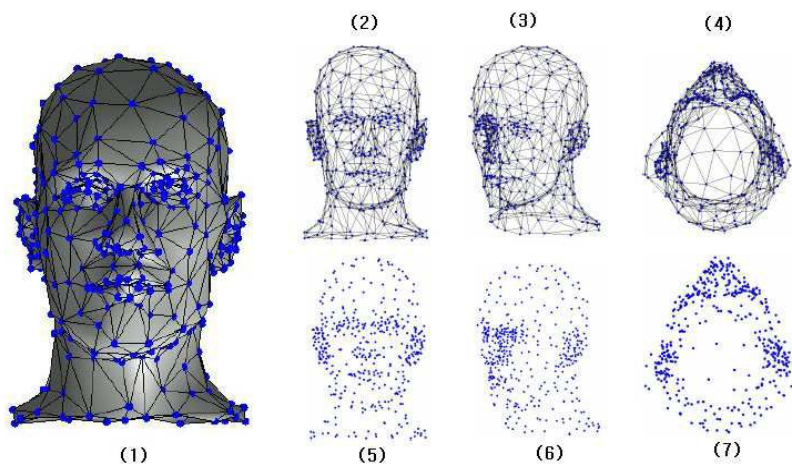
도면4



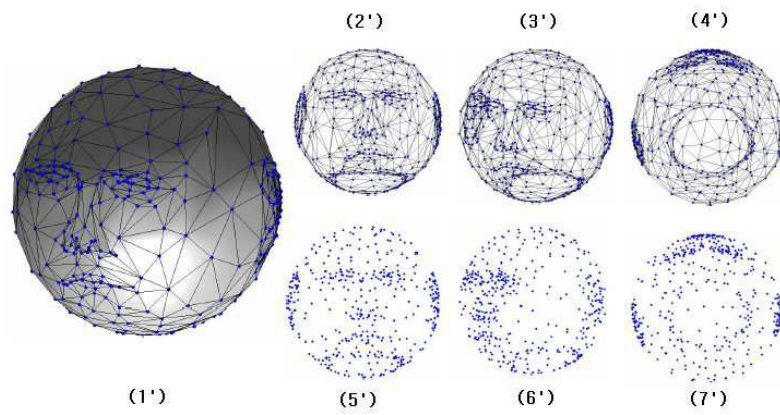
도면5



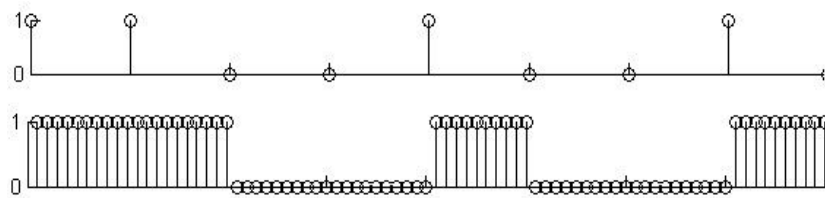
도면6a



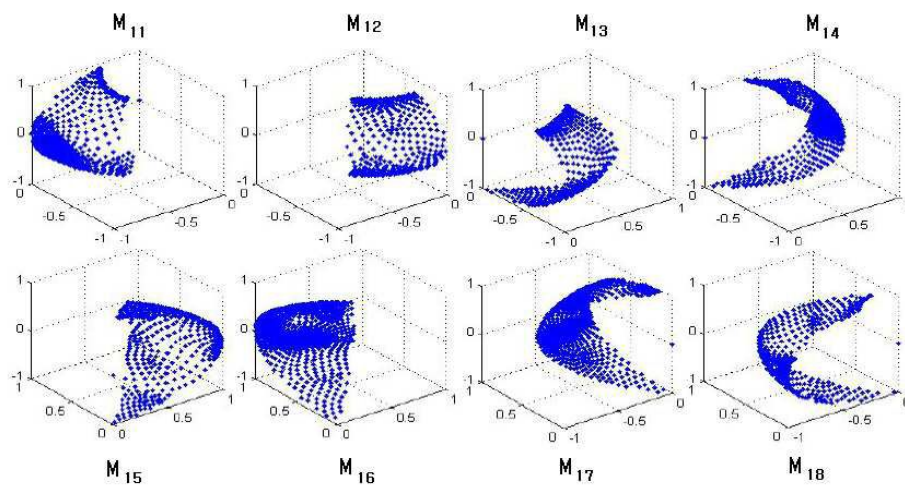
도면6b



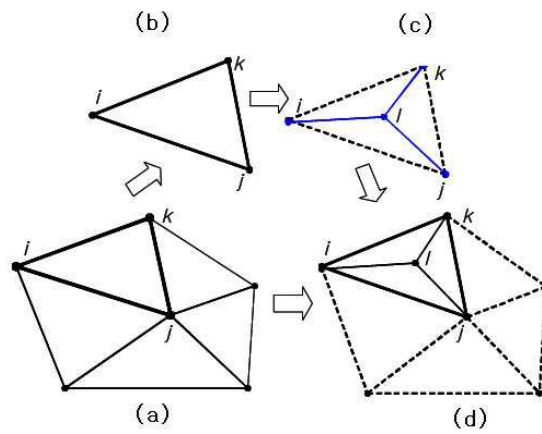
도면7



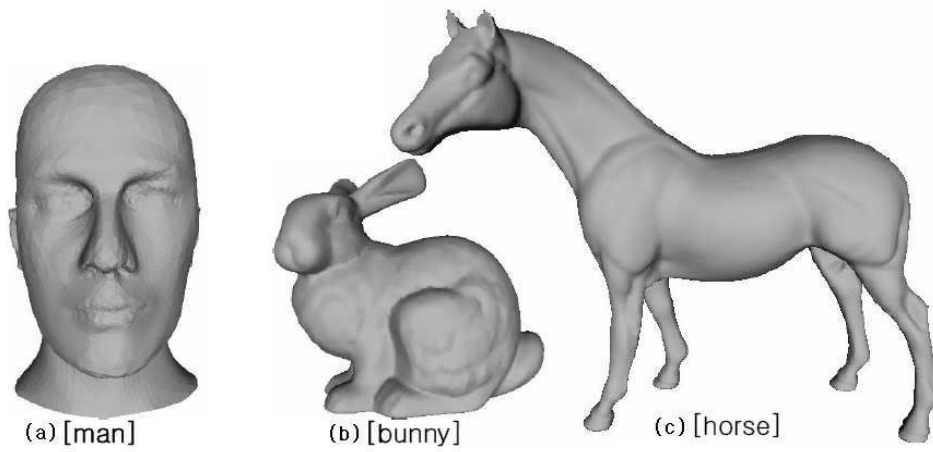
도면8



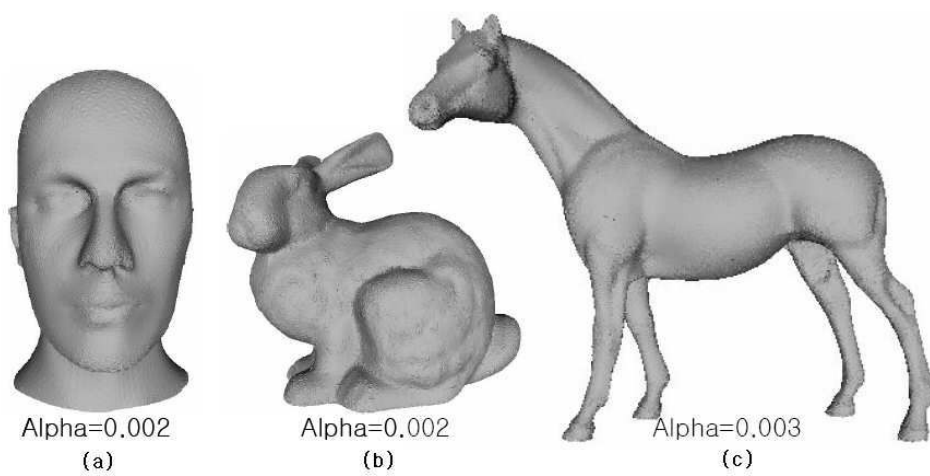
도면9



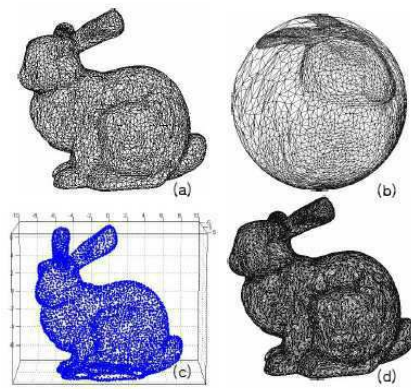
도면10



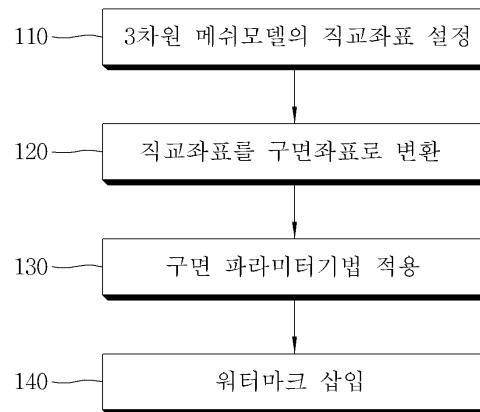
도면11



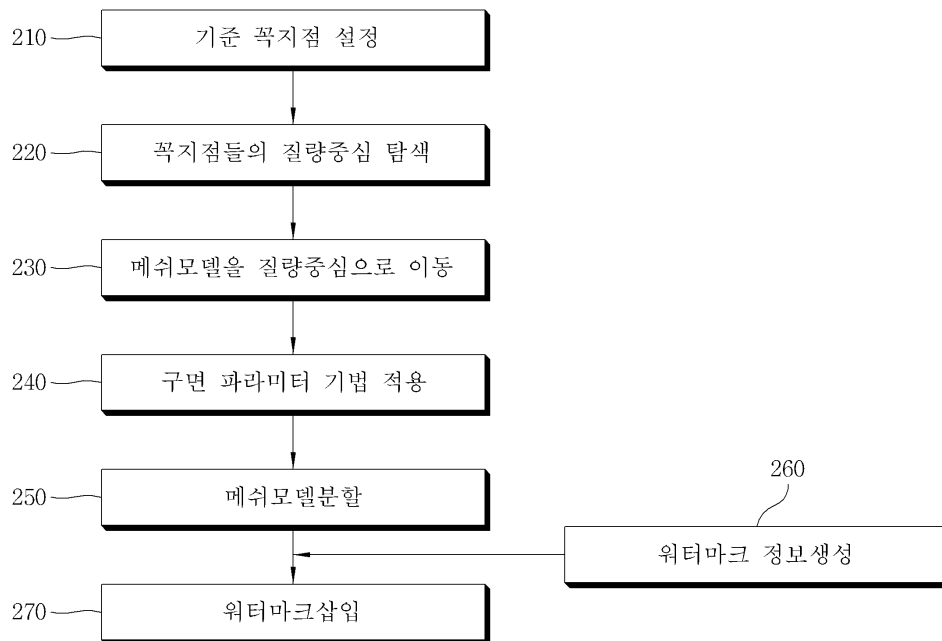
도면12



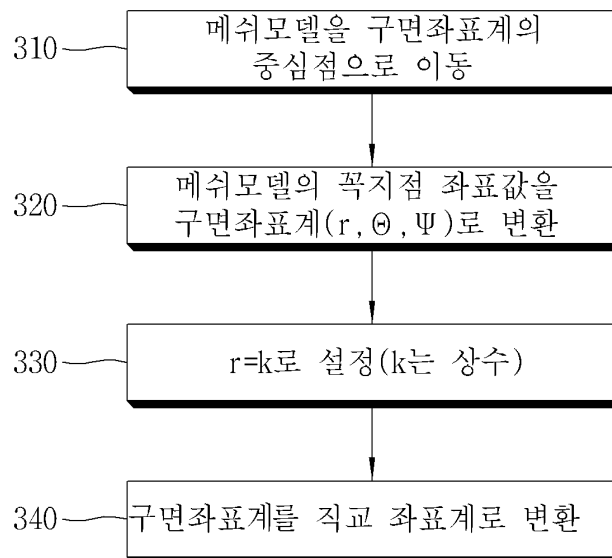
도면13



도면14



도면15



도면16

