
3D 아바타의 실시간 체형 변형에 관한 연구

- 메쉬모핑 기법을 이용한 아바타 및 아이템의 체형변형

A Study on Realtime Mesh Deformation of 3D Avatar Body

신인섭, Insup Shin*

요약 3차원 아바타 시스템에서 아이템들은 아바타의 체형마다 맞춰서 제작하여야 한다. 이러한 제작방식은 사업적인 측면에서 불리한점이 클 뿐만 아니라, 서비스하는 아바타의 체형, 종류와 같은 다양성 측면에서도 소비자의 욕구를 만족하기 어렵다. 다양한 체형의 아바타를 서비스하기 위해 제작해야 할 작업량은 기하급수적으로 늘어날 수밖에 없다. 본 연구는 아바타의 체형을 최소한의 데이터 제작으로 표현가능 하도록 메쉬모핑(mesh morphing) 기법을 활용한 3D 아바타 체형변형방법에 관한 것이다. 아바타의 기본체형과 변형될 체형을 토대로 실시간으로 표현할 수 있는 중간체형을 생성하는 방법과 기본체형에 맞게 제작된 의상, 헤어스타일, 신발 등 아바타 아이템 들을 중간체형에 맞도록 자동으로 변형하는 방법을 소개한다. 제시한 방법을 이용하면, 새로운 체형의 아바타를 도입하더라도 기존 제작된 아이템들의 추가 제작 없이 새로운 체형에 맞는 아이템을 서비스할 수 있음을 보여준다. 또한 새로운 체형의 표현 방법이 실시간으로 적용할 수 있는 방식임을 보여준다.

Abstract All items from the 3d avatar system should be made to fit the avatar's physical form. However this method is not only a disadvantage in an economical perspective, but also it is difficult to satisfy the client's needs of avatar's variety form. To provide various forms of the avatars, the work load naturally increases. This research is about changing the 3d avatar's body shape based on 3d mesh morphing which allows the 3d avatar with smallest data possible. The result mesh could be generated from source and target mesh with the deformation ratio and all 3d items like hair style, pants, shoes and etc. which was made to fit to basic mesh also could be deformed automatically, to fit them to the result mesh as is. Even if the different physical avatar mesh body such as children style is added to 3d avatar system, it is not necessary to make the 3d avatar items which is fit to the new physical body. New avatar mesh body will be adopted to the 3d avatar system in real time.

핵심어: 3d 아바타, 체형변형, 모핑, 메쉬모핑, 3d avatar, deformation, morphing, mesh morphing

본 논문은 2007년 (주)스페이스일루전의 지원에 의하여 연구되었음.

*주저자 : (주)스페이스일루전 기술연구소

1. 서론

요즘은 온라인에서 3D아바타를 서비스하는 것을 흔히 볼 수 있다. 그러나 인터넷으로 제공하는 서비스에서는 아바타의 크기나 형태, 체형이 다양하지 않은 것을 쉽게 알 수 있다. 여기에는 근본적으로 3D 아바타 및 관련 아이템들의 제작의 어려움이 있다. 하나의 아바타 체형이 추가되면, 관련된 아이템의 개수만큼의 데이터를 추가로 제작해야 한다. 이는 실질적으로 서비스의 품질을 높이는데 드는 비용이 증가됨을 의미한다. 사용자의 눈높이는 높아져 가는데 서비스의 수준이 따라가지 못하고 있는 현실이다.

다양한 체형의 아바타를 지원하기 위해 기본 체형의 아바타 몇 종류를 메쉬의 모핑방법으로 변형이 되도록 하는 방법과 각각의 체형에 따라 새로 아이템을 제작하지 않고, 여러 가지 체형에 맞는 아이템을 제공할 수 있는 방법에 대해 논할 것이다. 또한 추가로 제작되는 아바타를 지원할 수 있도록 확장이 가능한 아바타 체형변형 시스템의 효율성에 대한 부분도 논할 것이다.

3차원으로 제작된 메쉬 데이터는 기본적으로 메쉬모핑(mesh morphing) 방법을 활용하면 어떤 모양으로도 변형할 수 있다[1]. 이를 이용하면 메쉬로 이루어진 아바타의 체형을 변형할 수 있다. 3차원 메쉬모핑에 관해서는 선행연구가 잘 알려져 있다. 메타메쉬를 이용한 방법[2], 볼륨(volume)을 이용한 방법[3,4], 메쉬의 변화 필드(strain field)를 이용한 방법[5] 등 다양한 연구가 이루어져 있다. 우리는 체형 변형을 위해 메쉬 변화 필드의 방법 중 원시메쉬(source mesh) 데이터와 목적메쉬(target mesh) 데이터를 직접 보간(interpolation) 하는 단순한 방법을 적용하였다.

3차원 메쉬모핑 과정은 대응관계의 설정과 대응관계를 이용한 보간 과정으로 볼 수 있다. 주요 내용으로 1)아바타 기본체형의 원시메쉬와 목적메쉬의 대응관계와 2)의상, 액세서리 등의 아이템 데이터의 원시메쉬와 목적메쉬의 대응관계, 3)대응관계를 이용한 실시간(realtime) 보간 방법, 4)메쉬모핑을 이용한 최종결과물 순서로 설명하도록 하겠다.

2. 전체개요

본 연구에서는 아바타의 체형변화를 아바타 메쉬의 정점간의 대응관계 테이블자료구조로 저장하여 메쉬모핑방법으로 실시간으로 표현하는 효과적인 방법에 관하여 제한한다. 또한 이러한 기본 체형의 변형에 따라서 의상/모자/머리형태/악세서리 등의 아이템이 적절하게 변형될 수 있는 방법에 대해서도 설명하고자 한다.

원시메쉬가 되는 아바타의 기본형 메쉬를 기준으로 모든 아이템들을 제작하고, 다양한 형태의 목적메쉬에 해당하는

아바타 체형을 만든 후 보간에 의해 체형이 만들어지면, 아이템들도 체형의 변형상태에 따라 자동으로 변형되도록 한다. 모핑방법에 의하여 변형되는 정점은 원시메쉬와 목적메쉬간의 대응관계로 결정된다. 아바타 기본형들 간의 체형변형에 사용되는 대응관계는 정점 대 삼각형의 대응관계로 간단하게 구성될 수 있다. 아이템의 정점과 기본형의 대응관계가 결정되면, 기본형의 체형변형에 의해 자동으로 변형된 아이템의 모양이 결정될 수 있도록 하였다. 추후 새로운 기본형이 추가되더라도 아이템의 추가 제작이 없어도 기본형과의 관계에 의해 결정되도록 구성하였다.

핵심아이디어는 기본 체형의 아바타와 아바타에 사용되는 의상 등과 같은 아이템의 대응관계를 간단한 관계식으로 연결하여, 아바타의 체형에 따른 메쉬 정점의 변화를 아이템 메쉬 정점의 변화로 연결하는 것이다. 즉, 비만의 체형으로 변하면 의복도 비만체형에 맞게 같은 크기로 늘려주어야 하는 것을 그대로 묘사할 수 있는 모델을 만들어 주는 것이다.

아바타와 아이템의 메쉬는 모두 삼각형 구조로 표현된다. 3D 메쉬에서 정점과 정점간의 대응관계는 삼각형내의 한점과 일대일 대응관계로 일반화할 수 있다. 아바타의 기본형의 정점 v 와 임의의 정점 u 간의 대응관계는 그림1과 같이 표현할 수 있다. 이는 아바타 메쉬의 대응관계를 정점 하나당 삼각형을 이루는 세 점과 비례상수 세 개의 정보로 대응관계를 기술할 수 있음을 의미한다. 그러므로 아바타 기본형들의 체형변형 정보를 가지면, 중간체형의 아바타와 아이템을 임의로 만들어 낼 수 있게 된다.

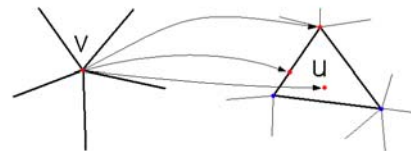


그림 1 아바타 메쉬 정점의 대응관계

아이템의 정점에 대응하는 아바타의 메쉬의 대응관계를 동일한 방법으로 표현하면, 아이템의 체형변형에 기본형의 변형정보를 활용할 수 있게 된다. 아이템의 정점 v 에 대응하는 기본형의 점을 u 라고 하자. $u \rightarrow u'$ 으로 변형될 때, $v \rightarrow v'$ 으로 변하는 관계는 다음의 관계로 묘사할 수 있다.

$$\Delta d = u' - u \quad (1)$$

$$v' = v + \Delta d \quad (2)$$

위에서 Δd 는 아바타 체형의 변화량으로 기본형간의 체형 변화에 메쉬모핑을 적용할 때 나타나는 변위이다. 위의 관계

에 의해 아바타의 체형이 변하면 자동으로 아바타 아이템의 체형 변형되는 량을 계산할 수 있으며, 이때 모든 계산은 $O(n)$ 로 실시간 적용이 가능하게 된다.

3. 아바타 체형 변형

아바타는 기본체형을 여러 개 가진다. 보통 키의 표준체형, 뚱뚱한 체형, 마른 체형, 키 큰 모델체형, 운동선수 체형 등이 이에 해당한다. 여러 가지 아바타 체형은 기본체형들 간의 메쉬모핑으로 표현한다. 약간 뚱뚱하고 운동선수 체형은 뚱뚱한 체형50% 와 운동선수 체형 50%를 섞어 표현한다. 기본체형들 중에도 기준이 되는 체형이 있는데, 이를 기준으로 모든 아바타 아이템들이 제작되며, 모자, 상의, 하의, 신발, 헤어 등 아이템의 제작 기준이 된다.

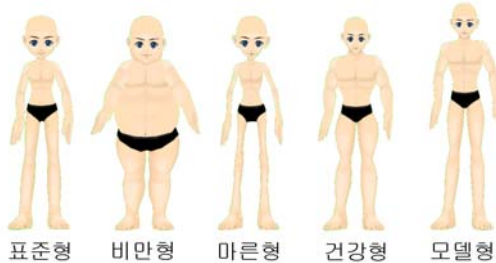


그림 2 아바타 5가지 기본체형

본 연구에서는 아바타의 체형을 보통, 비만, 건강, 왜소, 모델의 5가지로 하였다. 아바타와 아이템 메쉬는 3각형구조이며, 정점의 기본 정보는 x, y, z 좌표와 텍스처(texture) tx, ty 좌표로 구성된다. 아바타에 아이템을 적용하는 방식은 단순 대체하는 것으로 상의를 아바타에 입히는 것은 상체부분의 메쉬를 아이템 메쉬로 교체하는 방법을 이용하였다. 이를 위해 아바타의 아이템을 적용하는 경계에 해당하는 정점의 위치는 제한하고, 모델링에서 항상 일치되도록 하였다.

아바타의 체형변형에서 사용하는 모핑은 기본형의 정점과 바뀔 기본형의 정점간의 관계에 따라 직접적으로 계산된다. 그러나 아이템의 경우는 체형의 변화에 의해 간접적으로 변형되므로 변화량의 크기를 아바타의 정점과 아이템의 정점의 관계에 의해 간접적으로 계산하게 된다. 이때 사용하는 대응관계 또한 그림1의 메쉬 정점의 대응관계로 가장 가까운 정점의 상대적 근접도에 의해 결정하게 된다.

3.1 기본체형의 대응관계

아바타 기본체형간의 메쉬모핑에 필요한 대응관계는 같은 수의 정점과 삼각형 메쉬로 만든다면, 정점의 인덱스를 이용하여 맵핑 테이블을 지정하므로써 간단하게 정의될 수 있다. 그러나 이런 경우 기본체형의 모델링 작업의 제약으로 모델

링이 어려워지고, 복잡한 기본체형을 도입하는데 어려움이 생긴다. 단순한 경우는 기본체형의 정점의 수를 동일하게 하여 제작하여 처리할 수 있으므로 이 경우는 논의에서 제외 하겠다.

가장 손쉬운 방법으로 기본이되는 아바타의 재질 이미지인 텍스처의 관계를 이용하여 정점간의 대응관계를 정의하는 것이다. 체형이 변하더라도 얼굴의 눈, 코, 입과 같이 기준이되는 부분은 항상 텍스처 이미지간의 대응점을 찾아낼 수 있다. 아바타의 기본체형을 제작할 때, 사용하는 이미지 텍스처에서 대응하는 정점을 찾을 수 있으며, 정점에 적용된 텍스처 좌표를 이용하여 대응관계를 간단히 적용할 수 있다(그림3). 이렇게 하면 손쉽게 정점간의 대응관계를 찾을 수 있으며, 계산과정이 단순해 기본체형의 변형을 정확하고 빠르게 구할 수 있는 장점이 있다. 기본체형간의 변형은 정점에 대응하는 삼각형의 메쉬모핑을 적용한다.

텍스처 이미지가 여러 장인 경우 하나의 정점에 두 개 이상의 텍스처가 연결되어 텍스처 좌표변환 식으로 정점에 대응하는 점을 찾을 때 주의해야 한다.

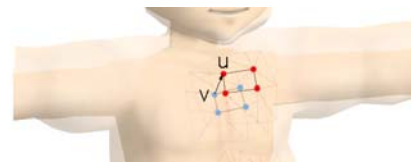


그림 3 아바타 기본체형의 대응관계

3.2 아바타 아이템의 대응관계

아이템은 기본 체형 중 기준이 되는 체형에 맞게 제작되므로 체형의 변형이 적용될 때, 기본 체형의 모든 정점에 대하여 바뀐 체형에 대한 상대적인 변위벡터 Δd 를 구하여 아이템의 정점에 적용한다.

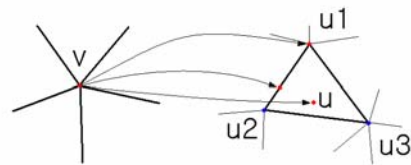


그림 4 아바타와 아이템 메쉬의 정점 대응 관계

아이템의 정점을 v , 대응하는 아바타의 점을 u 라 하자. 모든 아이템은 아바타의 체형 변화에 따라 변하게 되므로에 영향을 주는 기본체형의 점 u 의 변화를 계산하면 된다. u 는 정점 또는 에지(edge), 면에 위치할 수 있다. 위의 세 가지 경우는 모두 정점(v) 대 면(f)의 관계로 일반적으로 표현할 수 있으며, 면을 이루는 세 정점($u1, u2, u3$)과의 관계로 나타낼 수 있다.

$$u = a u1 + b u2 + c u3 \quad (3)$$

위에서 a, b, c는 u의 위치를 나타내는 매개상수이며, 이를 이용하면 u의 변화는 아래와 같이 표현된다.

$$\Delta d = a \Delta u1 + b \Delta u2 + c \Delta u3 \quad (4)$$

체형의 변화에 따른 아이템의 정점의 변화 점 v' 는 식(2)로 계산할 수 있다. 위의 정보는 기본체형의 정점 인덱스를 갖는 테이블 구조로 보관하여 실시간 체형변형을 구현할 수 있는 핵심 요소가 된다.

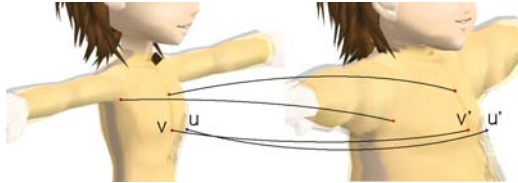


그림 5 아바타 변형에 따른 아이템의 변형

3.3 아이템의 대응점

대응 관계에 해당하는 기본체형의 정점을 찾는 방법으로 아바타의 신체 구조에 따라 피부의 법선벡터 방향으로 가장 가까운 점을 대응점으로 찾고(그림6), 이 대응점을 포함하는 면의 세 정점의 위치관계를 이용하였다. 이 방식의 장점은 실제로 사람이 옷을 입는 경우 신체의 피부부분과 접촉에 의해서 의상의 형태가 표현되는 것과 동일하다는 것과, 체형의 변형에 따른 변위가 의상과 신체의 접점에 적용되는 것을 그대로 묘사할 수 있다는 점이다.

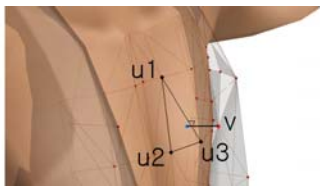


그림 6 아이템의 대응점

3.4 아바타 체형 변형

아바타 및 아이템의 메쉬변형의 대응관계가 정해지면, 아바타의 체형변형은 기본체형들 간의 비율 값에 의해 다양하게 표현된다. 그림2에는 5가지 기본적인 아바타의 체형을 보여준다. 기본형에 의하여 여러 가지 체형들이 만들어지는데 최종적인 체형의 정점v는 이와 연결된 정점들의 조합

로 나타난다.

$$v = a v1 + b v2 + c v3 + d v4 + e v5 \quad (5)$$

$$(단, a+b+c+d+e = 1)$$

a,b,c,d,e는 체형의 조합을 나타내는 조합비율로 기본체형을 혼합하여 다양한 체형을 만들 수 있으며, 의상, 헤어스타일 등의 아이템도 체형의 변화 비율로 변형시켜준다. 특히 조합비율의 합을 1보다 크게 할 경우 실제보다 과장된 체형이 나타나므로 코믹한 요소를 표현하는데 적용할 수 있다. 보통 체형에서 비만부분만 적용하면 그림7과 같이 나타나며, 체형의 변형된 아이템이 적절히 표현된다. 조합비율에 따른 아이템의 변형을 비율에 따라 그림8에 나타내었다.

그러나 아이템의 변화가 정점의 수를 늘려주거나 하지 않으므로 의상에 사용된 정점이 너무 작은 경우 변형을 적절하게 표현하지 못하고, 거칠게 표현되므로 사전에 아이템의 제작에 변형이 많이 이루어지는 부분에 대한 모델링에 주의를 하여야 한다.



그림 7 아바타 아이템의 체형변형

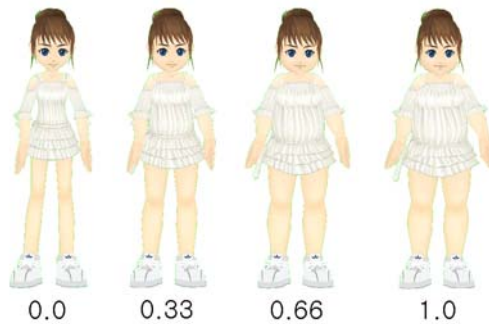


그림 8 조합비율에 따른 아바타 아이템의 변화

아이템의 대응관계에 의하여 아바타 체형변형의 변화에 따른 헤어스타일, 상의, 하의 등 다양한 아이템들의 변화를 그림9에 보여준다. 여기서는 기본형 5가지 이외에 기본형에 여성의 체형들을 추가하여 아이템의 제작이 없이도 기본형의 확장이 가능함을 보여준다.



그림 9 다양한 아바타 체형 변형 예

4. 결론

본 논문에서는 아바타의 기본체형들을 이용하여 다양한 체형의 아바타를 만들 수 있음을 보였다. 또한 기본체형에 맞는 의상, 헤어스타일, 신발 등 아바타에 적용되는 아이템들이 체형의 변형에 따라 자동으로 변형될 수 있음을 보여 주었다.

본 논문에서 제안하는 방법의 주요 장점은 1)아바타 체형 변형을 새로운 아이템 제작 없이 지원할 수 있으며, 2)체형 변형에 필요한 정보를 미리 계산하여 적용할 수 있고, 3) 기본체형의 추가가 자유롭다는 것이다.

다양한 체형의 아바타와 의상을 그림9에 보여주었다. 모든 의상은 기본체형에 맞게 제작된 것으로 기본체형의 혼합 비율에 맞게 의상의 변형을 적용한 것이다.

추후로 아바타 체형의 변형에 따른 메쉬노말(normal)의 적절한 변형과 체형의 변화에 따른 애니메이션을 동작의 적절한 적용, 체형뿐만 아니라 텍스처의 변형 및 이에 따른 이미지 모핑의 적용을 연구해야 할 필요가 있다.

참고문헌

- [1] Francis Lazarus and Anne Verroust, "Three dimensional metamorphosis: A survey", *The Visual Computer*, 14(8/9), pp. 373~389, 1998.
- [2] 윤민철, 안민수, 이승용, "메쉬 몰핑을 위한 단순한 구조의 메타메쉬 생성", *HCI학회지*, 제13권, 제I-1호, 한국정보과학회, pp. 56~60, 2004.
- [3] Daniel Cohen-Or, David Levin, and Amira Solomovici, "Three-dimensional distance field metamorphosis", *ACM Trans. Graphics*, 17(2), pp. 116~141, 1998.
- [4] Greg Turk and James F. O'Brien, "Shape transformation using variational implicit functions", *ACM Computer Graphics(Proc. SIGGRAPH '99)*, pp. 335~342, 1999.
- [5] Han-Bing Yan, Shi-Min Hu and Ralph Martin, "3D Morphing using strain field interpolation", *J.*