

## 어류 성장과정 표현을 위한 프레임 모핑 기법

### Frame Morphing Technique for the Expression of Fish Growth Process

이혜미, 류남훈, 이상진, 오경숙, 김응곤  
순천대학교 컴퓨터학과

HyeMi Lee, NamHoon Ryu, SangJin Lee,  
KyeongSug Oh, EungKon Kim  
Dept. of Computer Science,  
Suncheon National University

#### 요약

디지털 콘텐츠 관련 산업은 급속도로 성장하고 있으며, 고부가가치를 창출하는 산업으로 주목받고 있다. 특히 콘텐츠를 구성하는 각 객체들의 모습이나 움직임에 많이 쓰이는 3D 모핑 기술은 객체의 모습과 움직임을 유추해내어 다양한 콘텐츠를 구성할 수 있게 해준다. 물속에서 헤엄쳐 다니는 어류의 사실적인 수영 모습을 위해 수영 주기에 물리진자와 같은 속도 개념을 적용하는 기법과, 치어에서 성어까지의 성장 과정을 나타낼 수 있는 프레임 모핑 기법을 제안한다. 본 논문에서는 현실감 있는 어류의 성장 과정을 재현해 볼 수 있으며, 확대 적용을 통해 해양학적인 관점에 맞추어 3D 어류 백과사전이나 가상 해저 공간 표현 등에 응용할 수 있다.

#### Abstract

With its rapid growth, the digital contents-related industry is drawing attention as an industry generating a high value added. Specifically, the 3D morphing technology often used in the appearance or movement of each object comprising contents makes it possible to compose various contents by inferring the appearance and movement of the object. For a realistic swimming appearance of fish by using fish that swim in the water, this paper proposes a technique that applies the same speed concept as a physical pendulum to a swimming cycle and applies a frame morphing technique that is able to express the growth process from fry to adult fish. This article is capable of realistically reviving the fish growth process, and can through magnified applying can be applied to in 3D fishes encyclopedias or virtual underwater expressions etc. in the viewpoint which is oceanography.

## I. 서론

컴퓨터 하드웨어의 급속한 발전으로 인해 고도의 특수 시각 효과의 구현이 일반화 되어 가고 있으며, 이로 인해 사용자들은 고품질의 디지털 콘텐츠를 쉽게 접할 수 있게 되었다. 디지털 영상 콘텐츠 산업에서 영화나 게임, 광고, 뮤직비디오 등을 제작하기 위해서는 컴퓨터 그래픽스 기술이 주요한 핵심 기술이다. 콘텐츠를 통해 표현하고자 하는 각 객체의 사실적인 움직임과 이 움직임에 대한 자동화기법의 연구가 활발히 진행되고 있다.

컴퓨터 그래픽스 기술이 발전함에 따라 현실감 있는

3D 해저 환경 구현이 가능해졌다. 해저 환경에서 어류 객체는 가장 역동적이고, 현실적으로 표현되어야 할 핵심 요소이다. 어류의 움직임은 시각적으로도 큰 효과를 나타내기 때문에 자연스러운 움직임에 대한 연구 및 상태에 관한 연구가 꾸준히 진행되고 있다. 현실적인 어류 구현에 관한 연구는 3D 어류 백과사전, 해저 환경 구현 및 사이버 어류 객체를 사용하는 프로그램 등에 활용되고 있다.

본 논문에서는 어류의 자연스러운 움직임을 표현하며, 어류 성장 과정에 모핑 기법을 접목하고자 한다. 물속을 헤엄쳐 다니는 어류의 움직임에는 일정 프레임의

반복이 일어난다<sup>1)2)</sup>. 사실적인 움직임 위해서 어류의 꼬리 움직임에 진자 개념을 도입하여 프레임을 추출한다. 물리진자는 양 끝점으로 갈수록 속도가 느려지고 중심점에서 가장 빠른 속도감을 느낄 수 있다. 어류의 유연 주기에 물리진자와 같은 속도 개념을 적용하여 자연스러운 움직임을 위한 프레임을 추출한다.

또한 치어에서 성어까지의 성장과정에 모핑 기법을 적용하여 표현하고자 한다. 움직이는 객체의 변환과정에서 자연스러운 성장 과정 표현은 단순한 모핑으로는 처리할 수 없다. 어류의 성장 과정에는 성장 n단계와 성장 n+1단계로의 변환 과정이 유효하는 도중에 일어나기 때문에 프레임 단위로 나타낼 수 있는 프레임 모핑 기법을 적용한다.

기존의 모핑 기법은 주로 정적인 객체나 단순한 이동에 관한 연구였지만, 본 연구에서는 일반적인 움직임에 대한 모핑 기법에 현실적인 속도 개념과 어류의 성장 과정에 대한 모핑 기법을 접목시킨 복합적인 모핑 기법을 제안한다.

본 논문에서는 II장에서 모핑의 여러 기법에 대해 알아보고, III장에서는 어류 객체의 모핑 처리를 설명하며, IV장에서는 프레임 모핑 기법을, V장에서는 자연스러운 꼬리 움직임 처리를 나타내고, 마지막 VI장에서 결론을 맺는다.

## II. 관련연구

1960년대 초 인공위성에서 바라본 지구의 곡면이나 기계 내부에서 작동하는 센서의 결점을 정확히 알아내기 위해 시작된 모핑(Morphing)은 변형 과정과 결과를 예상하기 위해 두 개의 이미지를 보강하는 방법으로 사용된다.

최근에는 이미지 변화에 사용되는 컴퓨터 그래픽스의 한 분야로써, 2개의 서로 다른 영상이나 3D 모델을 서서히 변화시켜 다른 영상으로 나타내는 기술로 두 영상을 닮은 중간 영상을 생성하기 위한 기법으로 발전했다<sup>3)</sup>. 처음 프레임과 마지막 프레임을 지정해주고 나머지는 컴퓨터가 중간 과정을 생성하도록 하는 것이 모핑의 원리이다<sup>4)</sup>.

본 장에서는 기존의 연구된 모핑 방법을 살펴보고, 메시 모핑(Mesh Morphing), 장 모핑(Field Morphing),

다면체 모핑(Polyhedra Morphing) 및 볼륨 모핑(Volume Morphing) 기법들을 정리하고, 장단점을 비교해본다.

### 1. 메시 모핑

두 영상 상에 동일한 위상(topology)의 격자를 이용하여 특징의 대응관계를 지정한다. 격자를 이동함으로써 격자의 형태를 변형시킬 수 있다. 효율적이고 자연스러운 중간 영상을 생성할 수 있는 장점이 있다.

연속성과 일대일 대응 관계를 만족하는 반면, 사용이 불편한 단점이 있다. 격자를 이용하여 대응 관계를 지정해야 하고, 특징이 없는 부분에서도 격자점을 조절하여야 하며, 임의 형태의 특징을 표현하기가 어렵다.

### 2. 장 모핑

Beier와 Neely는 특징 지정 시 사용자 인터페이스를 용이하게 사용할 수 있도록 하기 위해서 이차원 벡터로 특징들 간의 대응 관계를 지정하는 모핑 기법인 장 모핑 기법을 제안하였다<sup>5)</sup>. 특징 부분에만 벡터를 표시함으로써, 격자를 이용한 방법보다 빠르고, 쉽게 특징을 지정할 수 있으나, 곡선 형태의 특징을 정확하게 지정하기 위해서는 많은 수의 벡터가 필요하다. 점, 선분, 곡선을 모두 사용함으로써, 임의의 형태의 특징을 손쉽게 지정할 수 있다.

이 기법은 소스 영상과 목적 영상에 상호 대응되는 제어선들을 설정한 후 제어선 길이의 비율과 각 개별 화소로부터 각 제어선까지의 이격 거리를 이용하여 변형을 수행하는 알고리즘이다<sup>6)</sup>. 장 모핑 기법은 영상 상의 각 점의 대응점을 찾기 위해 특징 벡터들을 모두 고려하여야 하므로, 수행 속도가 느리며, 사용자가 예기치 못한 와핑 결과가 생성되기도 한다. 또한, 생성된 와핑 함수는 일대일 대응을 만족하지 않는다<sup>7)</sup>.

### 3. 다면체 모핑

3차원 모핑은 객체의 2차원 정보가 아니라 3차원 정보를 이용하여 2차원 이미지 모핑의 단점을 극복할 수 있다. 대상 객체의 표현 방식에 따라 크게 다면체 모핑

과 볼륨 모핑으로 나눌 수 있다.

다면체 모핑은 다각형으로 표현된 두 객체에 대해 정점(Vertex)과 면의 대응관계를 추출하여 중간 객체를 생성하는 방법이다. 대부분의 연구들이 2-다양체(2-manifold) 특성을 가지는 다면체 간의 모핑에 대한 문제를 다룬다<sup>8)</sup>. 서로 다른 두 다면체는 일반적으로 그 복셀(Voxel) 정보가 다르기 때문에 이를 효과적으로 맞추기 위해서 0-부류인 다면체의 경우 단위 구에 투영 혹은 맵핑하거나 다면체를 몇 개의 조각으로 잘라내고 이들을 이용하여 두 복셀의 특성을 모두 가지는 새로운 복셀로 두 물체를 구성하는 방법을 썼다<sup>9)</sup>.

#### 4. 볼륨 모핑

볼륨 모핑은 객체의 형태가 볼륨 데이터로 주어졌을 때 볼륨 데이터를 변형하여 중간 객체에 해당하는 볼륨 데이터를 생성하는 것이다. Hughes는 볼륨 데이터에 대해 푸리에 변환을 이용한 주파수 영역분석 방법을 이용하여 두 볼륨 데이터 간의 모핑을 정의하였다<sup>10)</sup>. 주파수 영역에서의 데이터에 역 푸리에 변환을 적용하여 3차원 볼륨 데이터를 얻어냄으로써 중간 객체가 만들어지는 것이다. 그러나 이러한 방법은 푸리에 변환의 특성상 입력 객체의 공간적 정보가 무시되기 때문에 3차원 상에서 중간 객체들이 부자연스럽게 만들어진다. True와 He는 웨이블릿 변환을 이용하여 이러한 문제를 해결하였다<sup>11)</sup>. 그러나 공간상에 사용자가 원하는 중간 객체를 만들어 내기 어렵다는 단점이 있다<sup>12)</sup>.

### Ⅲ. 어류 객체의 모핑 처리

본 연구는 어류의 유영 상태에서 성장 과정이 이루어진다. 성장 단계는 프레임 모핑 기법을 통해 진행되고, 성장 과정 중의 사실적인 유영 상태를 나타내기 위해 물리 진자의 속도 개념을 도입하여 자연스러운 어류의 움직임을 표현한다.

#### 1. 2D를 이용한 모핑 처리

일반적인 2D 모핑 기법은 동일 버텍스에 대한 모핑

기법과 버텍스 수량 증감시의 모핑 기법이 있다. 이를 어류의 변형을 통해 구현해 보았다.

동일 버텍스에 대한 모핑 기법은 버텍스가 일대일 대응으로써 형태가 변형되는 형식이다. 그림 1과 같이 어느 한 점을 기준으로 보았을 때 버텍스의 개수를 동일하게 유지하는 모핑을 위해서 버텍스의 단순 이동이 일어난다. 이로 인하여 최종 이동 목표지점이 지느러미가 아닌 곳으로 버텍스가 이동하게 되는 모핑이 일어나는 것을 볼 수 있다. 이와 같은 경우는 사실적인 표현이 아니기 때문에 사용자의 몰입감을 저해한다.

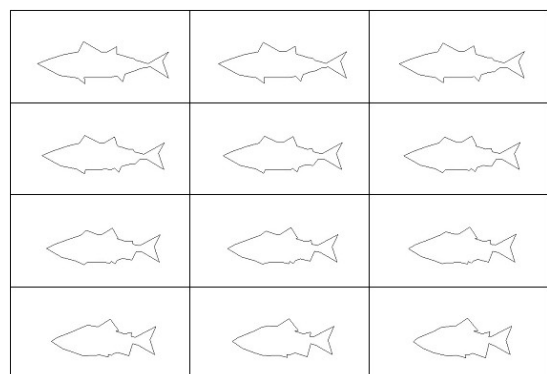


▶▶ 그림 1. 동일 버텍스에 대한 2D 모핑

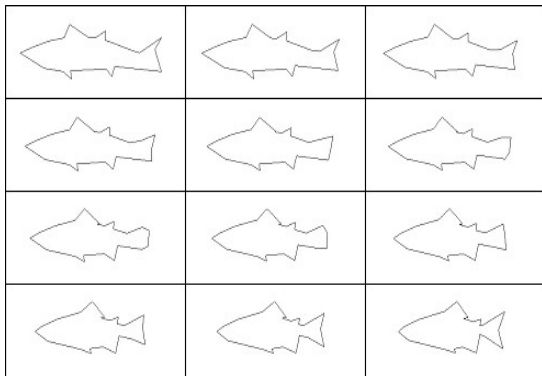
버텍스 수량 증감시의 모핑 기법은 그림 2와 같이 지느러미를 기준으로 보았을 때 버텍스의 최종 이동 목표 지점이 이전 어류 객체의 지느러미에서 마지막 객체의 지느러미로 모핑이 되는 것을 볼 수 있다. 이는 동일한 형태를 유지하면서 미세한 변형이 이루어지기 때문에 자연스러운 모핑을 표현할 수 있다. 동일 버텍스 모핑의 구현 결과는 그림 3에서 나타내고, 그림 4에서는 버텍스 수량 증감시의 모핑에 대한 구현 결과를 볼 수 있다.



▶▶ 그림 2. 버텍스 수량 증감시의 2D 모핑



▶▶ 그림 3. 동일 버텍스 모핑의 구현 결과



▶▶ 그림 4. 버텍스 수량 증감시의 모핑 구현 결과

## 2. 3D를 이용한 모핑 처리

버텍스 수량 증감시의 2D 기법을 응용하여 3D 어류 객체에 활용한다. 그림 5는 3D 어류 객체의 버텍스 수량 증감 시 지느러미의 위치가 바뀌는 모핑 기법을 나타낸다. 3D 어류 객체의 한 지점을 기준으로 볼 때 지느러미간의 변형이 이루어지므로 어류의 형태가 왜곡되는 현상 없이 자연스러운 모핑이 이루어진다. 그림 6은 3차원 어류 객체를 위한 버텍스 수량 증감시의 3D 모핑 구현 결과이다. 이를 통해 어류 성장 과정에 대한 프레임 모핑 기법을 나타낼 수 있다.

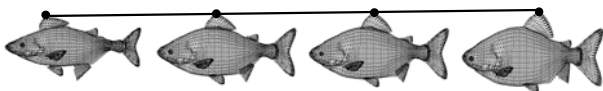
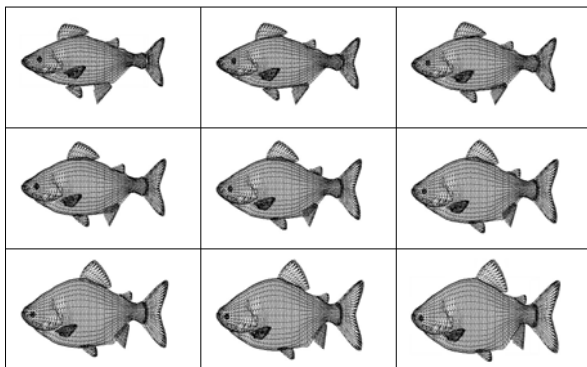


그림 5. 3D 어류 객체의 버텍스 수량 증감 시 모핑 기법



▶▶ 그림 6. 버텍스 수량 증감시의 3D 모핑 구현 결과

## IV. 프레임 모핑 기법

가상 어류의 구현에는 어류의 특성상 고정되고 정지되어 있는 모습이 아닌 지속적인 움직임과 특유의 유영 방식을 표현해야 한다. 본 논문에서는 어류의 유영 중에 치어에서 성어까지의 성장이 일어나는 모핑을 구현한다. 어류의 유영을 모핑하기 위한 키 프레임을 추출하여 이를 애니메이션 프레임으로 분류한다.

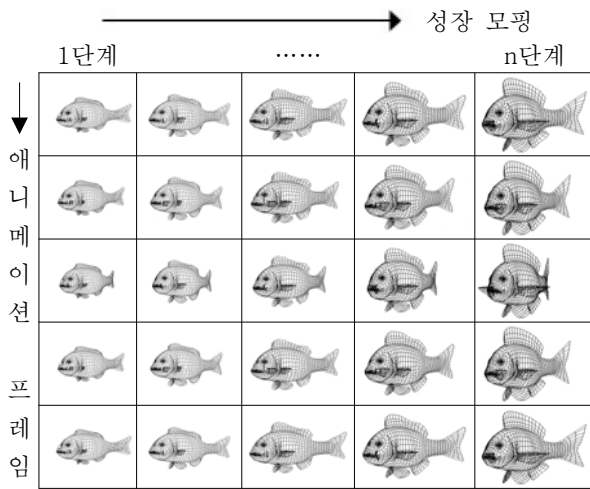
또한 치어인 성장 1단계부터 시작하여 성장 n단계의 성어까지 각각 성장 단계를 분류하고 각 유영에 따른 성장 모핑을 위한 프레임을 추출한다. 그림 7은 어류의 유영을 위해 추출된 애니메이션 프레임과 치어에서 성어까지의 성장 단계별로 모핑이 진행되는 성장 모핑이 구현된 결과를 표현한 것이다. 치어가 유영을 하는 동안 성장을 위한 프레임 모핑이 이루어진다.

이와 같이 프레임 모핑이 적용되면 어류의 유영을 나타내기 위해 반복적으로 재생되는 애니메이션 프레임 중 어느 한 프레임에서 성장이 이루어질 때 한 단계 높아진 성장 단계 중 같은 애니메이션 프레임으로 모핑이 이루어져 보다 현실감 있는 모핑이 구현된다.

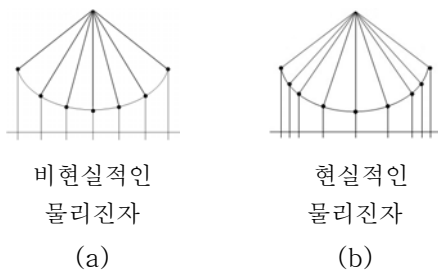
## V. 자연스러운 꼬리 움직임 처리

애니메이션 프레임을 추출하기 위한 방법으로 기존의 어류 유영 연구에서 나타나는 단조로운 움직임을 탈피하여 현실감 있는 유영 방식을 구현하기 위해 물리진자의 속도 개념 적용을 제안한다.

물리진자의 속도는 그림 8의 (a)와 같이 일정한 시간으로 나누어져 추출되지 않는다. 양 끝점으로 갈수록 속도가 느려지고 중심점을 지날 때 가장 빠른 속도를 가져야 하므로 (b)에 나타난 속도 개념에서 현실적인 움직임을 표현한다.



▶▶ 그림 7. 프레임 모핑 기법의 구현 결과



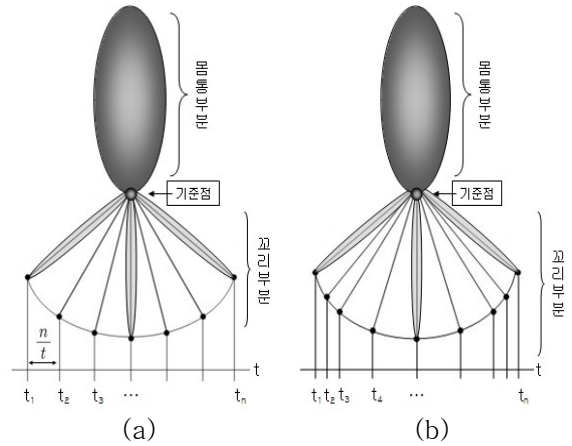
▶▶ 그림 8. 물리진자의 속도 개념도

기존 연구에서 어류의 꼬리 움직임은 그림 9의 (a)와 같이 각 프레임이 추출되는 시점이 시간(t) 상에서 전체 시간 t를 n으로 나눈 형태로써 균일한 분포를 보인다. 본 논문에서는 (b)에 나타난 것처럼 물리진자의 움직임을 어류의 꼬리지느러미 움직임에 적용하여 시간(t)에서 프레임이 추출되는 시점을 표현한다. 식 (1)은 진자 개념을 적용한 꼬리 움직임의 속도 알고리즘이다.

양 끝점으로 갈수록 느려지는 속도를 위해서 프레임을 추가로 추출하고, 속도가 빠른 지점은 많은 프레임을 요구하지 않기 때문에 프레임 추출을 늘리지 않는다. 상대적으로 많은 프레임이 존재하는 양 끝부분은 프레임이 적은 중간지점보다 자연스러우면서 느린 속도감을 갖게 된다.

$$f(x) = 1 - \sin\left(|A(x)| \times \frac{\pi/2}{maxAngle}\right) \quad (1)$$

- 꼬리의 현재 각도(Angle):  $A$
- 꼬리움직임의 최대각도(Maximum Angle):  $maxAngle$



▶▶ 그림 9. 물리진자 개념이 적용된 어류의 꼬리 움직임 표현

## VI. 결론

본 연구는 어류 성장 과정에 자연스러운 유영 모습을 표현하는 기법과, 성장 과정을 보여주는 프레임 모핑 기법을 접목시켜 구현하였다. 물속을 헤엄쳐 다니는 어류의 사실적인 유영 방식을 위해서 어류의 꼬리 움직임에 물리진자의 속도 개념을 도입하여 애니메이션 프레임을 추출하고, 치어에서 성어까지의 성장과정에 접목시키는 프레임 모핑 기법을 제안하였다. 이 기법은 움직이는 방식을 프레임 단위로 나눔으로써 유영 중 해당 성장 단계에 적합한 프레임으로 모핑하여 움직임과 형태 변형에 따른 복합적인 모핑을 단순화하였다.

본 기법을 이용하여 어류의 성장 과정을 현실감 있게 재현해 볼 수 있으며, 확대 적용을 통해 해양학적인 관점에 맞추어 3D 어류 백과사전, 가상 해저 공간 표현 등에 응용할 수 있다. 향후, 유영 방식별로 달라지는 꼬리 움직임의 자연스러운 표현을 위해 진자개념을 적용한 연구가 필요할 것으로 본다.

## 감사의 글

“본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음”  
(IITA-2009-C1090-0902-0001)

## ■ 참고 문헌 ■

- [1] EungKon Kim, NamHoon Ryu, and KyeongJin Ban, "3D Morphing Techiques for Fish Growth Process System Implementation Based on Environmental Factors," IEEE Computer Society, NCM 2008, Vol.2, pp.3-8, 2008.
- [2] 류남훈, 서승완, 반경진, “모핑기술을 이용한 어류 성장과정 시스템”, 2008년 한국콘텐츠학회 춘계종합학술대회, pp.653-657, 2008.
- [3] 신중홍, 장선봉, 지인호, *디지털 영상처리 입문*, 한빛 미디어, pp.344-349, 2008.
- [4] 윤재홍, 송용규, 김은석, “음함수 프리미티브의 모핑을 이용한 3D 캐릭터 변형 방법”, 한국콘텐츠학회, 2005 춘계종합학술대회 논문집, 제3권, 제2호, pp.470-474, 2005.
- [5] Thaddeus Beier and Shawn Neely, "Feature-Based Image Metamorphosis," ACM Computer Graphics Proceeding of SIGGRAPH '92, Vol.26, No.2, pp.35-42, 1992.
- [6] 이형진, 광노윤, “필드 기반 워핑과 모핑을 위한 영상 보간 필터의 성능 분석에 관한 연구”, 한국산학기술학회논문지, Vol.5, No.6, pp.504-510, 2004.
- [7] 신성용, 김호경, 이승용, “영상 모핑”, 대한전자공학회지, 제23권, 제6호, pp.648-658, 1996.
- [8] Eck, M. DeRose, T. Duchamp, T.Hoppe, H. Lounsbery, M. and Stuetzle, W. "Multiresolution Analysis of Arbitrary Meshes," ACM Computer Graphics Proceeding of SIGGRAPH '95, 1995.
- [9] 권명준, 신기한, 민경필, “3차원 물체의 특징점 제어에 의한 3D 객체 모핑”, 한국인터넷정보학회, 2006 춘계학술발표대회, 제7권, 제1호, pp.347-350, 2006.
- [10] Hughes, J.F., "Schedules Fourier Volume Morphing," ACM Computer Graphics(Proc. of SIGGRAPH '92), pp.43-46, 1992.
- [11] He, T. Wang, S. and Kaufman, A. , "Wavelet-Based Volume Morphing," Proceeding of Visualization '94, pp.85-92, 1994.
- [12] 권명준, 전준철, “RBF 보간법을 이용한 3차원 메쉬 모델의 모핑”, 한국인터넷정보학회, 2006 춘계학술 발표대회, 제7권, 제1호, pp.301-305, 2006.