

모바일 임베디드 멀티미디어 시스템에서 효율적인 모션 캡처 기반 컴퓨터 애니메이션 제작 패러다임

한영모^o

한양사이버대학교 컴퓨터공학과
{ymhan123^o}@hanmail.net

KISS 33rd Fall Conference

Younmo Han^o

Computer Engineering Dept., Hanyang Cyber University

요 약

모션 캡처 기반 컴퓨터 애니메이션 제작 기술은 컴퓨터 애니메이션 제작에 매우 광범위하게 사용되고 있다. 모션 캡처 기반 컴퓨터 애니메이션 제작 기술은 센서를 사용해서 대상체의 운동을 측정하여 운동 렌더링 파라미터를 추출한 후, 이 운동 파라미터를 컴퓨터에 옮겨서 그래픽 툴을 사용하여 애니메이션화한다. 이러한 일련의 작업이 현재의 데스크 톱 컴퓨터에서는 문제없이 수행될 수 있지만, 모바일 임베디드 시스템에 그대로 적용되기에는 다소 무리가 있다. 왜냐하면, 모바일 임베디드 시스템의 경우, CPU의 계산 능력과 메모리의 크기가 매우 작기 때문에 이에 특화된 방법이 필요하게 된다. 이러한 취지에서 본 논문은 모바일 임베디드 시스템에서 메모리 사용 효율을 높이기 위해서, 추출된 운동 렌더링 파라미터의 데이터량을 줄여서 메모리에 저장하는 방안을 모색한다. 일반적으로 사용되는 영상 압축 기술은 복원 과정이 복잡해서 모바일 임베디드 시스템의 적은 계산력에 무리를 줄 수 있으므로, 가능한 복원 과정도 계산량어 적은 방안을 강구할 필요가 있다. 이와 같은 목적으로 본 논문에서는 추출된 운동 렌더링 파라미터의 프레임 별 변화를 시간 정합 함수로 모델링 하여, 정합 함수의 파라미터를 메모리에 저장하고, 정합 함수의 함수값 계산을 통해 운동 파라미터를 복원해 내는 쉽고 효율적인 방법을 제안한다. 그리고 본 정합 데이터 압축 방식을 사용하여 상용화된 모바일 임베디드 멀티미디어 시스템에서 효율적인 모션 캡처 기반 컴퓨터 애니메이션 제작을 시현한다.

1. 서론 및 연구의 필요성

모션캡처는 인체가 동작하는 움직임을 즉시 또는 약간의 시간 차이를 두고 기록하는 작업을 말한다. 기록된 정보를 바탕으로 컴퓨터 캐릭터에게 대상체의 위치 정보를 전달하여 인체의 움직임을 그대로 컴퓨터 캐릭터로 나타낼 수 있도록 하는 작업을 말한다. 모션 캡처를 이용하면 3D로 모델링한 캐릭터를 복잡한 수학 계산없이 자연스럽게 움직이게 할 수 있다[1][2][3].

이러한 기술들은 '스타워즈 1', '타이타닉', '스타쉽 트루퍼스', '스피이스', '배트맨', '터미네이터 2' 같은 영화속에서 놀랄만큼 사실감있는 애니메이션을 만들어내기 위해 특수효과를 담당하는 회사들에 의해 많이 사용되어 왔다. '키 프레임 애니메이션(Key Frame Animation)'과 '시뮬레이션'과 같은 기존 애니메이션 기술에 비해 '모션캡처'의 가장 큰 잇점은 실시간 애니메이션 영상과 자연스럽게 보이는 높은 질의 영상을 제공할 수 있는 장점을 지니고 있다는 점이다.

사이버 가수 아담을 비롯한 많은 캐릭터 애니메이션이 선풍적인 인기에도 불구하고 지속될 수 없었던 이유는 제작에 필요한 시간과 그에 따른 비용부담 때문이었던

데, 사이버 가수 아담의 경우, 5초 분량의 방송을 위해 5명의 숙련된 기술자가 꼬박 2개월 동안 작업을 해야만 했다. 마야나 맥스 같은 3D 제작툴로 캐릭터를 제작할 경우 간단한 동작도 일일이 수작업해서 몇 개월의 제작 과정이 걸리지만, 모션캡처를 이용해 캐릭터 애니메이션을 제작하면, 기존의 모션 동작 데이터를 캐릭터에 적용하여 활용할 수 있다. 새로운 동작은 추가로 실시간 모션캡처 할 수 있기 때문에 작업이 훨씬 수월하고 제작기간이 단축 될 수 있다는 장점이 있다.

모션 캡처 기반 컴퓨터 애니메이션 제작 기술은 센서를 사용해서 대상체의 운동을 측정하여 운동 렌더링 파라미터를 추출한 후, 이 운동 파라미터를 컴퓨터에 옮겨서 그래픽 툴을 사용하여 애니메이션화한다. 이러한 일련의 작업이 현재의 데스크 톱 컴퓨터에서는 문제없이 수행될 수 있지만, 모바일 임베디드 시스템에 그대로 적용되기에는 다소 무리가 있다. 왜냐하면, 모바일 임베디드 시스템의 경우, CPU의 계산 능력과 메모리의 크기가 매우 작기 때문에 이에 특화된 방법이 필요하게 된다.

예를 들어, 한 대상체의 움직임을 애니메이션화 한다고 생각해 보자. 이 경우, 대상체의 각속도, 선속도 성분은 모두 6개이다. 각 성분을 32bit (4 byte) 숫자로 표현한다면, 한 개의 표준 프레임에서 풍선의 운동을 나타내기 위한 데이터량은 $8 \text{ byte} * 6 = 48 \text{ byte}$ 가 된다.

또한 애니메이션에서는 보통 초당 25 프레임을 사용하므로, 1초 동안의 풍선의 운동을 나타내기 위한 데이터량은 48 byte * 25 = 1.2 Kbyte 가 된다.

그리고 1분 동안의 풍선의 운동을 나타내기 위한 데이터량은 1.2 Kbyte * 60 = 72 Kbyte 가 된다.

만일 각 프레임 상의 대상체가 10개의 구성요소로 구성되어 있다면, 이 대상체의 운동을 1분 동안 표현하려면, 72 Kbyte * 10 = 720 Kbyte = 0.72 Mbyte 의 데이터량이 필요하다. 따라서 이 운동을 20분만 기술해도 14.4 Mbyte의 데이터량이 필요하다.

상용화된 모바일 폰의 RAM과 Flash Memory가 각각 30MB 정도 밖에 되지 않는다[4]는 점을 생각하면, 이 정도의 데이터량을 저장했다가 쓰기에는 다소 무리가 있다. 따라서, 운동 파라미터의 데이터량을 줄여서 모바일 폰의 메모리에 저장할 수 있는 방법을 고안하는 것이 효율적이다.

이러한 취지에서 본 논문은 모바일 임베디드 시스템의 메모리 사용 효율을 높이기 위해서, 추출된 운동 렌더링 파라미터의 데이터량을 줄여서 메모리에 저장하는 방안을 모색한다. 일반적으로 사용되는 영상 압축 기술은 복원 과정이 복잡해서 모바일 임베디드 시스템의 적은 계산력에 무리를 줄 수 있으므로, 가능한 복원 과정도 계산량이 적은 방식을 강구할 필요가 있다. 이와 같은 목적으로 본 논문에서는 추출된 운동 렌더링 파라미터의 프레임 별 변화를 시간 정합 함수로 모델링 하여, 정합 함수의 파라미터를 메모리에 저장하고, 정합 함수의 함수값 계산을 통해 운동 파라미터를 복원해 내는 쉽고 효율적인 방법을 제안한다.

2. 알고리즘 및 패러다임

주어진 데이터 집합을 다항식 정합 MATLAB Library 함수 'polyfit'를 사용하여 손쉽게 근사화 할 수 있다[6]. 그 예를 잠시 살펴 보도록 하자. 모션 캡처 기술을 사용하여, 대상체의 각속도 W와 선속도 V의 시간별 변화 값을 데이터로 얻었다고 하자. 여기서, W와 V는 각각 세 개의 스칼라 성분을 가지고 있다. 그 중 W의 첫 번째 스칼라 성분의 5 프레임 동안의 데이터 값을 polyfit를 사용해서 2차 다항식으로 근사하는 경우를 생각해 보자. 이를 위한 MATLAB 프로그램을 아래와 같이 작성할 수 있다.

예1: 최소 자승법을 사용한 스칼라 데이터의 2차 다항식 정합

```
>> t5=1:5 %곡선 정합을 수행할 구간 설정
t5 =
     1     2     3     4     5

>> plot(t5,W(1,1:5),'--') %곡선 정합을 수행할 데이터 집합 W(1,1:5)를
%그래프로 표현

>> hold on %그래프를 지우지 않고 겹쳐 씀
```

```
>> pp5=polyfit(t5,W(1,1:5),2) %W(1,1:5)의 t5가 지정하는 구간 부분을
%2차 다항식으로 정합하여, 2차 정합 다항식의 계수를 pp5에 저장
pp5 =
    -3.5885    26.8118   -41.9968    %-3.5885 x^2 + 26.8118 x - 41.9968

>> p5curve=polyval(pp5,t5) %pp5에 정의된 다항식의 t5 구간에서의
%값을 계산하여 p5curve에 저장
p5curve =
    -18.7735   -2.7273    6.1419    7.8341    2.3493

>> plot(t5,p5curve,'-') %p5curve에 저장된 데이터를 그래프로 표현
```

위에서 기술한 MATLAB 프로그램의 실행 결과가 그림 1에 주어져 있다. 이 그림에서 수평축은 시간의 변화, 즉 프레임 수를 표시하고, 수직축은 대상체의 각속도 W의 첫 번째 성분, 즉 W(1,:)을 표시한다. 그리고 참값, 즉 주어진 데이터 값 W(1,:)이 점선으로, polyfit를 사용해서 얻은 2차 다항식 근사값이 실선으로 표시되어 있다.

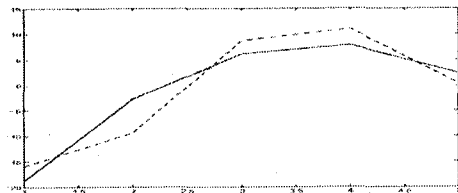


그림 1 대상체의 각속도 성분 W(1,:)을 2차 곡선으로 정합한 결과. 수평축은 시간의 변화, 즉 프레임 수를 표시하고, 수직축은 대상체의 각속도 W의 첫 번째 성분, 즉 W(1,:)을 표시한다. 그리고 참값, 즉 주어진 데이터 값 W(1,:)이 점선으로, polyfit를 사용해서 얻은 2차 다항식 근사값이 실선으로 표시되어 있다.

본 논문에서 제안하는 아이디어는 W의 첫 번째 성분의 프레임별 데이터 W(1,1), W(1,2), W(1,3), W(1,4), W(1,5)를 모바일 임베디드 시스템의 메모리에 저장하는 것보다, 2차 곡선 정합 함수의 계수, 즉 -3.5885, 26.8118, -41.9968을 메모리에 저장하고, 필요시 함수값을 계산하여 쓰자는 것이다. 이 예에서도 알 수 있듯이 본 아이디어를 사용할 경우, 5개의 스칼라 데이터 값을 3개의 데이터 값으로 줄일 수 있다. 그리고, 이 정합 함수의 계수로부터 원하는 데이터 값을 찾아내는 것도 매우 간단해서 거의 추가 계산량을 필요로 하지 않는다. 뿐만 아니라 정합 함수가 데이터 보간의 효과까지 가져와서 주어진 5프레임의 사이 값들도 구해 낼 수 있다는 장점이 있다.

이 예를 통해서 한 가지 추가로 생각해 볼 수 있는 사항은 정합 곡선의 차수를 높일 수록 근사화 에러가 더욱 작게 될 것이라는 사실을 추측할 수 있다. 하지만, 정합 곡선의 차수를 높일 수록 메모리에 저장해야 하는 정합 곡선의 계수가 많아져서 데이터량이 증가되는 단점이 생기게 된다. 따라서, 정합 곡선의 차수와 데이터량 사이에 trade-off 문제가 발생하게 된다. 이점에 대해 좀더 살펴 보도록 하자.

본 예제에서처럼 5개의 데이터 값에 대해 2차 곡선 적합 방법을 사용하였을 경우, 2차 곡선의 파라미터 3개만 데이터값으로 사용하면 되므로, 데이터량이 60%로 줄게 된다. 곡선의 차수를 점차 높여 가면, 곡선의 계수를 많이 저장해야 하므로 데이터량이 늘게 되고, 반면 근사화 에러는 줄게 된다. 그리고 그 정점으로 4차 적합 곡선을 사용하는 경우에 적합 에러가 최소가 된다. 4차 적합 곡선의 경우, 적합 함수 계수는 모두 5개가 되어서, 이 계수 값을 정하는 문제가 exact-determined problem이 된다. 따라서 이 경우가 가장 근사화 에러 값이 작아지게 된다. 반면 데이터로서 4차 적합 곡선의 계수 5개를 사용해야 하므로, 데이터량의 축소 효과가 없어지게 된다. 이상의 내용을 바탕으로 본 논문에서는 앞의 예제를 통해 살펴본 다항식 근사 방법에 최적의 적합 곡선 차수를 결정하는 알고리즘을 추가한 개량형 다항식 적합 알고리즘을 제안하고자 한다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 아래와 같이 요약될 수 있다.

알고리즘1: 적합 함수 차수의 최적 선택에 기반한 최소 자승법을 사용한 데이터의 다항식 적합

- 1) 주어진 n개의 데이터에 대해서, 최소 자승법을 사용하여, n-1 차의 다항식 적합을 한다. 그리고 본 적합 함수의 계수를 메모리에 저장한다.
- 2) 적합 함수의 차수를 하나 줄여서, 1)을 수행한다.
- 3) 근사화 에러 값이 임계값을 넘을 때까지 2)를 반복한다.
- 4) 근사화 에러 값이 임계값을 넘기 직전의 값을 최종 결과값으로 채택한다. 즉, 이 때의 적합 함수의 계수를 최종 적합 데이터로 사용한다.

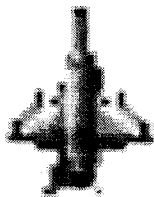


그림 2 모션 캡처 기반 컴퓨터 애니메이션의 대상체

본 논문에서 제안한 적합법 기반 데이터 축소 기법은 데이터량을 줄여주는 효과외에도 몇가지 부가적인 장점을 갖게 된다. 예를 들면, 각 프레임 간의 보간 효과를 가져와서 필요시 좀더 많은 프레임 데이터를 산출해 낼 수 있다는 잇점이 있다. 또한 본 논문에서 제안한 알고리즘을 사용할 경우, 자연스럽게 측정의 이변치인 outlier가

배제되어 좀더 안정적인 측정이 이루어진다. 따라서, 광학식 모션 캡처의 최대 난제 중 하나인 occlusion이 일어났을 경우에도, occlusion이 일어난 데이터에 큰 penalty 값을 준 후 위의 알고리즘에서 outlier로 처리해 제의 시킬 수 있다. 그리고 이렇게 제외된 점에 예측 값이 자연스럽게 채워짐으로써, 본 적합 알고리즘은 occlusion에 대한 대처 방안도 함께 제시해 주는 효과를 가져온다.

3. 모바일 임베디드 시스템에서의 구현 및 결과

이 절에서는 본 논문에서 제안한 모션 캡처 데이터의 적합 방법을 통한 데이터의 압축 기술의 성능을 평가하고, 이를 이용하여 상용화된 모바일 임베디드 시스템에서 컴퓨터 애니메이션을 구현하는 예를 보인다.

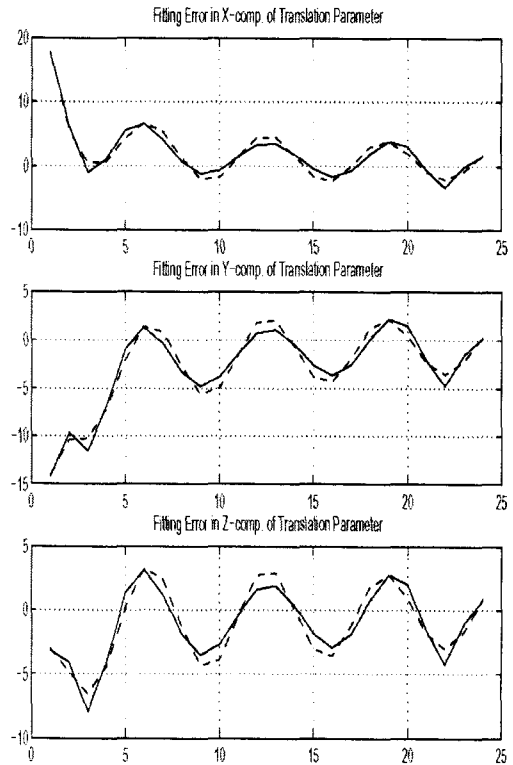


그림 3 대상체의 운동 파라미터와 본 논문의 적합 알고리즘을 통해 복원된 운동 파라미터 비교. 그림에서 점선은 대상체의 운동 파라미터이고, 실선은 본 논문의 적합 알고리즘을 통해 근사화된 운동 파라미터이다.

먼저 본 논문에서 제안한 알고리즘을 적용할 시뮬레이션 시나리오를 살펴 보도록 하자. 본 시뮬레이션 시나리오에서는 그림 2에 주어진 F-15 전투기를 모션 캡처의 대

상체로 선정하고, 기존에 알려진 모션 캡처 기술을 활용해서 20 프레임의 운동 파라미터를 추정해 본 결과 그림 3의 점선과 같이 운동 파라미터가 구해졌다고 가정한다. 이렇게 얻어진 F-15 전투기의 운동 파라미터의 데이터를 압축하기 위해서, 앞 절에서 제안한 정합법에 기반한 데이터 압축 기술을 적용하였다. 그 결과가 그림 3의 실선으로 주어져 있다. 이 그림에서 보면, 본 논문에서 제안한 데이터 압축 기술을 사용할 경우, 근사화 에러가 매우 작다는 사실을 확인할 수 있다.

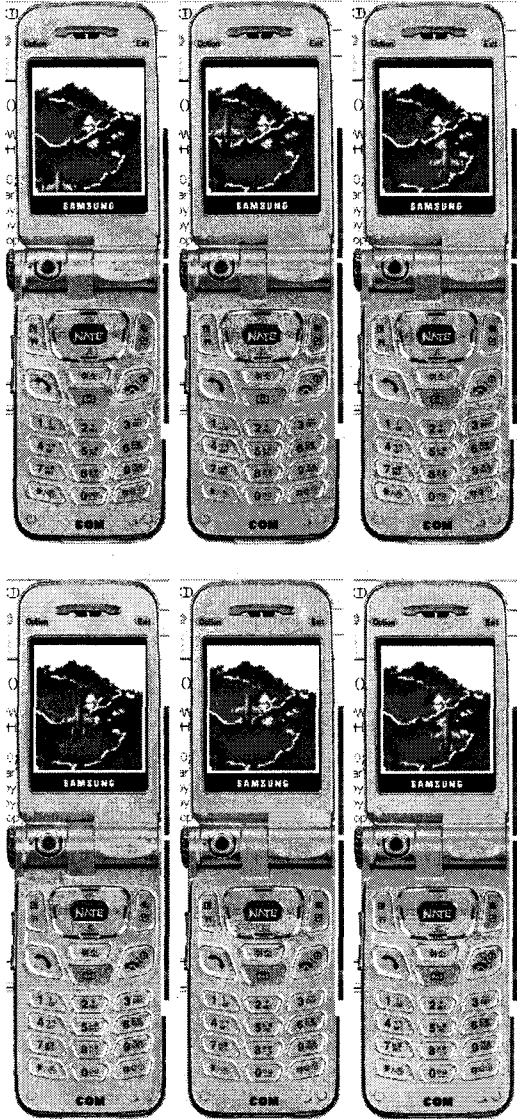


그림 4 본 논문에서 제안한 정합법을 통해 얻은 축소된 데이터로부터 모바일 임베디드 시스템에서 컴퓨터 애니메이션 제작 결과, 차례대로 0, 4, 8, 12, 16, 20 번 째 프레임임을 보여주고 있다.

그림 본 논문에서 제안한 알고리즘의 정확도에 이어 데이터 압축률을 살펴 보도록 하자. 표1은 본 논문에서 제안한 데이터 압축 기술을 통해 얻은 압축된 데이터, 즉 정합 함수의 계수를 보여 주고 있다. 표1에서 보듯이 정합 함수 계수는 모두 12개이므로, 결과적으로 20 프레임의 데이터가 11차수의 정합 함수로 근사화 될 수 있음을 보여 주고 있다. 데이터 압축률을 따져 보면, 20개의 운동 파라미터가 12개의 정합 함수 데이터로 축소 되었으므로, 압축률은 $12/20=60\%$ 가 된다. 따라서, 본 논문에서 제안한 데이터 압축률이 매우 높음을 알 수 있다.

마지막으로 표1에 주어진 압축된 데이터, 즉 정합 함수 계수를 사용하여, F-15의 운동 파라미터를 복원하고 이를 사용해서 모바일 임베디드 시스템에서 F-15의 애니메이션을 제작하는 예를 보이도록 하자. 먼저 본 구현에 사용할 상용화된 모바일 임베디드 플랫폼으로서 본 논문에서는 신지 소프트웨어에서 개발한 GNEX를 사용하였다. GNEX는 SK-Telecom에서 채택한 GVM 플랫폼을 그래픽 기능을 강화해 확장한 버전으로서, 모바일 C를 사용하여 모바일 폰의 프로그램을 제작하고 시뮬레이션 할 수 있는 통합 개발 환경을 제공한다[5].

그림 4는 GNEX의 통합 개발 환경에서 모바일 C를 사용하여, 표1에서 주어진 정합 곡선 계수로부터 F-15의 운동 파라미터를 복원하고 애니메이션을 제작한 결과 화면을 보여주고 있다. 그림 4의 모바일 폰 영상은 GNEX에서 제공하는 에뮬레이터 기능을 활용하여 제작한 것으로서, 삼성의 SCH-E2000 모바일 폰에서 구현한 경우를 보여주고 있다. 사실 모바일 C의 경우, ANSI C에 비해 그 기능이 미약하지만 본 논문에서 제안한 정합법에 기반한 압축 데이터로부터 운동 파라미터를 복원하는 과정이 매우 손쉬워서, 제한된 기능의 모바일 C와 모바일 임베디드 시스템 플랫폼 상에서도 충분히 구현이 가능하다.

	P(1)	P(2)	P(3)
a0	0.0000	0.0000	0.0000
a1	-0.0000	-0.0000	-0.0000
a2	0.0000	0.0000	0.0000
a3	-0.0003	-0.0003	-0.0003
a4	0.0074	0.0092	0.0086
a5	-0.1338	-0.1624	-0.1524
a6	1.5302	1.8475	1.7373
a7	-10.9883	-13.3911	-12.5564
a8	47.3673	59.5383	55.3101
a9	-111.3927	-151.0417	-137.2676
a10	116.2016	193.6911	166.7712
a11	-24.8858	-104.7536	-77.0075

표 1 운동 파라미터의 정합 곡선 근사 계수.

4. 결론

일반적으로 모바일 임베디드 시스템은 CPU의 기능이 미약하고, 메모리가 매우 작은 한계를 가지고 있다. 따라서

기존의 모션 캡처 기반 컴퓨터 애니메이션 제작을 그대로 적용하기에는 운동 파라미터의 데이터량이 많아서 조금 무리가 있다. 본 논문에서는 모션 캡처 기반 컴퓨터 애니메이션 제작을 모바일 임베디드 시스템에서도 효율적으로 제작할 수 있도록 정합 함수에 기반한 데이터 압축 기술을 제안한다. 본 데이터 압축 기술은 높은 데이터 압축률을 가져서 모바일 임베디드 시스템의 작은 메모리에 적합할 뿐 아니라 압축과 복원 과정이 매우 단순하여 모바일 임베디드 시스템의 미약한 CPU 기능에도 적합한 방식이다. 본 기법을 F-15 전투기의 모션 캡처 기반 컴퓨터 애니메이션 제작 과정에 적용한 결과 60%라는 높은 데이터 압축률과 매우 적은 데이터 압축 에러를 보였다. 뿐만 아니라 사용화된 모바일 임베디드 시스템 플랫폼인 GNEX 상에서 제한된 기능의 모바일 C를 사용해서도 충분히 압축 데이터로부터 운동 파라미터를 복원하여 컴퓨터 애니메이션을 제작할 수 있음을 보였다.

참 고 문 헌

- [1] 최인규, 박현주, "가상 현실에서 모션 캡처의 활용 가능성에 관한 연구", 한국멀티미디어학회 추계학술발표논문집, pp.1-14, 2002.
- [2] 이경수, "Motion Control 기술이 영상제작에 미치는 영향에 관한 연구", 영지대 산업 대학원 석사학위논문, pp.87-88, 1998.
- [3] 최은옥, "스킨, 스퀘레턴 바인딩 알고리즘을 이용한 다 관절체 모델의 구현", 충북대학교 대학원, 박사학위논문, p.9, 1998.
- [4] "임베디드 S/W 프로그래밍 교육을 통한 PDA 관련 교육 키트 개발에 관한 연구", 한국전자통신연구원, 한국정보통신대학교 수탁과제 최종 연구 보고서.
- [5] "WIPI GNEX를 이용한 모바일 프로그래밍", 생능출판사.
- [6] 용호택, "MATLAB을 이용한 수치해석", 두양사.

감사의 말

이 논문은 2006년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2006-003-I01610).