

# 기하학적 평균 필터에 의한 자연스러운 움직임 편집

## On Natural Motion Editing by a Geometric Mean Filter

김진옥\*  
Jin-Ok Kim\*

### 요약

최근 움직임 포착 시스템은 애니메이션 연구 분야에 가장 활발하게 적용되고 있다. 움직임 데이터의 포착은 움직임 포착 시스템은 실제 배우의 움직임과 연결하여 이루어진다. 본 연구는 기하학적 평균 필터를 이용하여 움직임 데이터를 편집하는 방법에 대해 다룬다. 포착한 움직임 데이터에 잡음이 끼면 부자연스러운 동작을 생성하기 때문에 동작을 자연스럽게 만들어 내는 중간 과정이 필요한데 기하학적 평균 필터를 이용하여 자연스러운 동작을 생성할 수 있도록 한 것이다. 실험 결과는 기하학적 평균 필터가 다양한 공간 필터 중에서 움직임 데이터의 잡음을 제거하는데 가장 우수함을 보여준다. 본 연구의 제안 방법은 실시간 애니메이션, 가상현실, 3D 응용분야등에 다양하게 응용 가능하다.

### Abstract

Recently, motion capture has become one of the most promising technologies in animation. Realistic motion data can be captured by recording the movement of a real actor with an optical or magnetic motion capture system. This paper deals with motion editing by a geometric mean filter. Since the captured motion has some noises that cause a jerky motion, it needs a smoothing process to make it natural. A geometric mean filter is proposed to produce natural motions without jerky motions. Experimental results show that the geometric mean filter can effectively remove noises that cause a jerky motion and it can guarantee the most natural motions among various spatial filters. This method could be applied to the various fields such as real time animation, virtual reality applications, 3D applications, and etc.

Key Words : GMF(Geometric Mean Filter), Motion Capture, Motion Editing

## 1. 서론

컴퓨터 시스템은 여러 산업 분야에서 중요한 역할을 담당하고 있는데 특히 반복적인 작업을 계속하는 자동화 분야에서 작업 효율을 최대화 하고 작업자가 일에 집중할 수 있도록 한다[1][2].

애니메이션 산업에 적용된 컴퓨터 기술은 키 프레임 중심의 반복적인 애니메이션 제작 작업을 쉽게 할 수 있도록 지원하는데 애니메이터가 몇 개의 키 프레임을 설정하여 지정하면 컴퓨터 시스템은 자동적으로 키 프레임 간의 중간 프레임을 생성함으로써 작업의 능률을 향상시키고 있다. 또한 컴퓨터 기술을 애니메이션 산업에 적

용한 가장 중요한 사례 중의 하나로 움직임 포착 시스템을 들 수 있다.

컴퓨터 시스템 기술이 적용된 움직임 포착 시스템은 관절체에 붙인 센서의 신호를 반복, 기록하여 기록된 신호가 관절체 동작의 움직임을 반영하도록 한다. 움직임 포착 시스템을 이용하여 얻은 움직임 데이터는 동작자의 운동 상태를 반영하기 때문에 키 프레임보다 더 현실성 있는 애니메이션의 제작이 가능하다. 그러나 움직임 포착 시스템이 다관절체의 움직임을 사실적으로 기록하지만 포착된 움직임 데이터는 움직임 곡선을 변형하는 제어점이 부족하다는 문제점을 보이고 있다. 또한 연속적인 포착 프레임에서 움직임을 제어하기도 어렵다. 그리고 필요할 때마다 거의 차이가 없는 유사한 움직임을 별도로 포착해서 애니메이션 제작에 적용해야 하기 때문에 이러한

\* 정회원 : 세종대학교 컴퓨터공학과 초빙교수  
jokim@sejong.ac.kr(제1저자)

문제점을 해결하기 위한 움직임 데이터 편집 기술이 여러 관점에서 연구되고 있다[3][4][5]. 만약 이미 포착한 움직임 데이터를 편집하여 재사용할 수 있다면 애니메이션 제작과정을 더 효율적으로 진행할 수 있을 뿐만 아니라 제작 비용을 줄일 수 있기 때문이다. 대개 움직임 포착 시스템을 이용하여 동작을 포착할 때 잡음이 섞이면 자연스럽게 만든 움직임을 생성하기 때문에 움직임을 자연스럽게 만드는 중간 과정이 필요하다. 본 연구에서는 움직임 데이터를 편집할 때 기하학적 평균 필터(GMF, Geometric Mean Filter)를 이용하여 부자연스러운 움직임 데이터를 자연스럽게 바꾸어 생성하는 방법을 제안한다.

본 연구의 제안 방법은 키 프레임 방법 기반의 3D 캐릭터 애니메이션, 움직임 포착 응용 분야, 3D 디지털 게임과 가상현실등에 적용 가능하다[6].

## 2. 공간 필터링

필터링 방법은 벡터 신호에서 일반적으로 적용되고 있으며 공간 필터링은 smoothing, sharpening, warping과 같은 디지털 신호처리에서 다양하게 응용되고 있다[7]. 공간 필터링의 기본 접근 방법은 벡터 값 신호  $(\dots, P_{i-1}, P_i, P_{i+1}, \dots)$ 와 공간 마스크  $(a_{-k}, \dots, a_0, \dots, a_k)$ 가 주어지면 마스크 상관계수와 신호의 특정 위치에서의 마스크 아래 샘플 값 사이의 곱을 더한다.

$$F(P_i) = a_{-k}P_{i-1} + \dots + a_0P_i + \dots + a_kP_{i+1} \quad (1)$$

GMF는 표준 평균필터(mean filter)와 유사하다. 필터 마스크 H에 의해 정의된 것처럼 이웃 포인트의 집합을 포함함으로써 이미지 내에  $f(x)$ 를 지정한다. 필터 연산에 포함된 N포인트의 곱의  $1/H$  루트로 정의한다.

$$geometric\ mean[f(x)] = \prod_{i=0}^N f(x+i)^{1/N} \quad (2)$$

여기서 H는 필터 마스크 정의이며  $x+i$  좌표들은 신호  $f(x)$ 를 거듭 정의한다

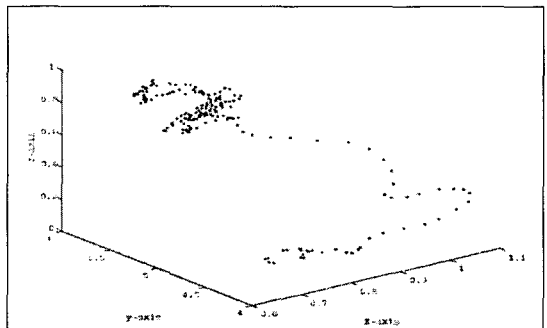
만약 마스크가 단위 사원수 신호에 적용된다면 단위 사원수 공간은 추가로 닫히지 않기 때문에 마스크의 결과는 일반적으로 단위 길이의 사원수가 되지 못한다. 따라서 주로 최적화에 사원수 신호의 단일성을 강화하기 위해 전통적인 경사도 감소 방법을 변형한 방법들이 제안되고 있다. 특히 방향신호[8]에 대해 디지털 신호를 처리하는 기술도 다양하게 제안되고 있는데 Lee와 Shin[9]은 방향 데이터에서 정의한 범함수의 급수로부터 파생한 smoothing 연산자를 제안했다. 이 연산자는 자연스러운 각 움직임을 점진적으로 구축하기 위해 방향 데이터에 적용 가능하다.

Fang[10]은 필터 결과의 통합에 의한 자연스러운 각 움직임을 재구축하기 위해 입력 신호의 각 속도 예측에 low-pass 필터를 적용했다.

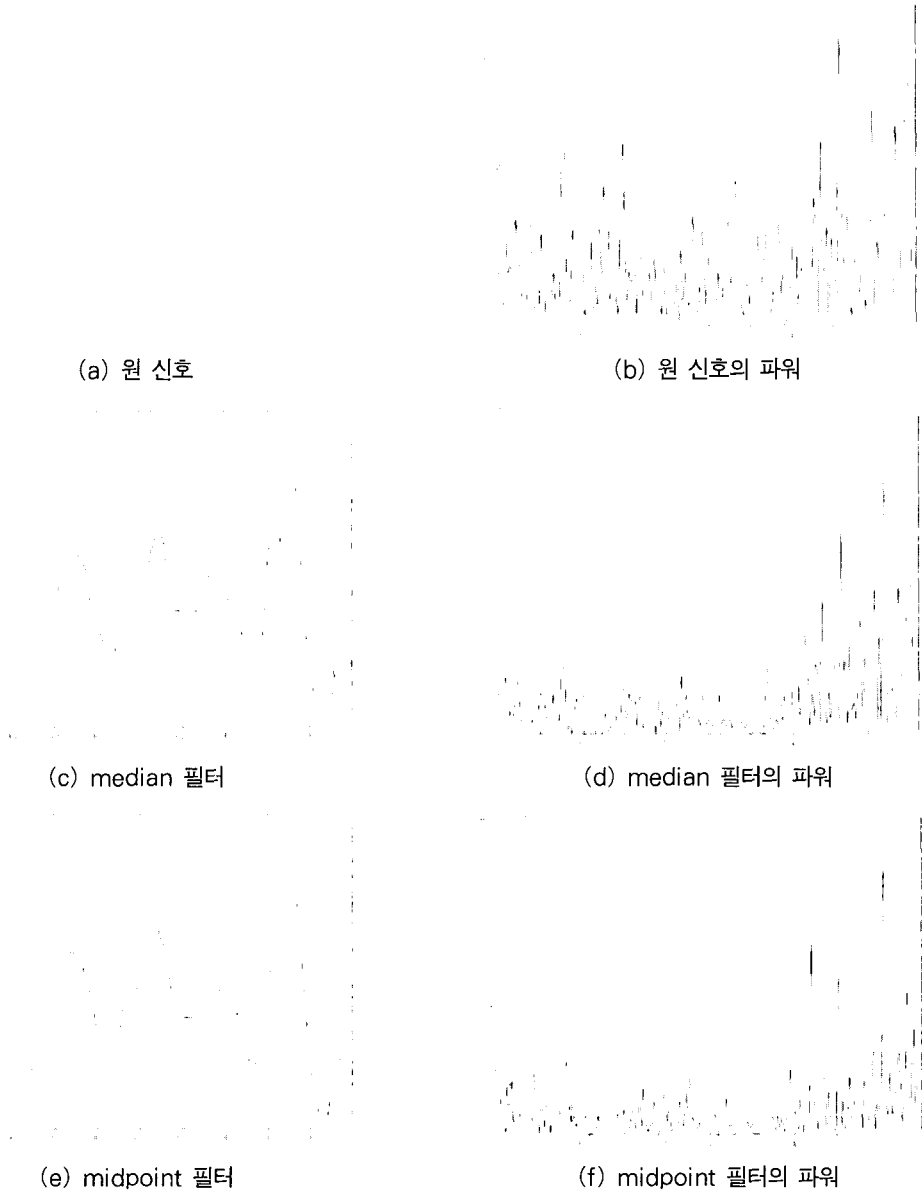
본 연구의 목적은 주어진 방정식을 공간 마스크에 더 유사하게 찾는 것이다. 기본 개념은 공간 마스크를 적용하기 위해 벡터 공간에서 방향 데이터를 유사 데이터로 바꾸고 난 다음 그 결과를 방향 공간으로 다시 가져오는 것이다. 그렇게 함으로써 잡음을 제거한 후 공간 특성을 갖는 움직임 데이터의 이용이 가능해진다.

## 3. 실험과 분석

그림 1은 포착한 움직임 신호에 대한 3차원에



(그림 1)



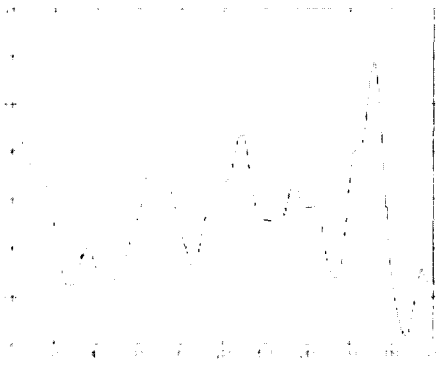
(그림 2) 원 신호와 mean 필터, midpoint 필터에 의한 공간필터와 그 파워

서의 공간 점으로 x축은 프레임 수를 나타내고 y축은 DOF(Degree of Freedom)이며 z축은 잡음 파워를 보여준다.

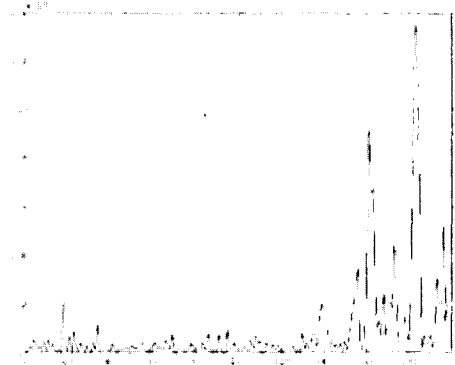
잡음 파워의 크기는 각 가속도를 나타낸다. 자연스러운 필터링은 파워 값을 예측한 후에 측정된다.

$$\begin{aligned}
 \text{Sum of Power} & \|w(t)\| \\
 & = \left( \sqrt{(x-x_1)^2 + (y-y_1)^2 + (z-z_1)^2} \right)^2 \quad (3)
 \end{aligned}$$

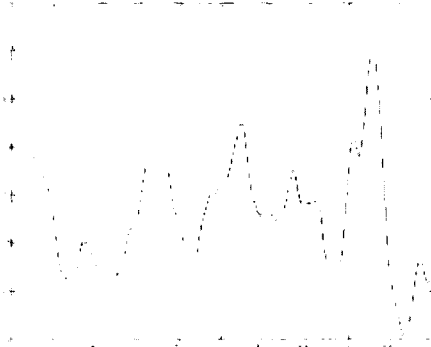
그림 2 부터 4 까지 오른쪽 그림은 각 가속도의 파워를 보여준다. 그림 2는 공간 필터를 보여주는데 원 신호와 mean 필터, midpoint 필터에



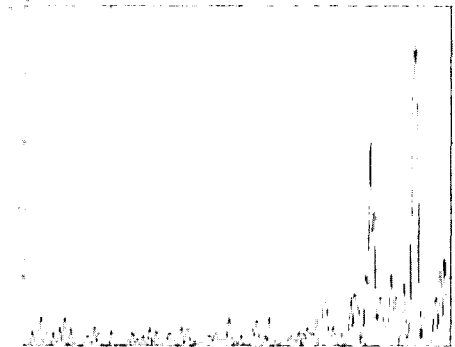
(a)  $p=2$  인  $\alpha$ -trimmed mean 필터



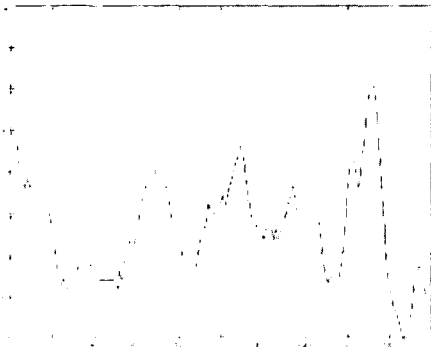
(b)  $p=2$  인  $\alpha$ -trimmed mean 필터 파워



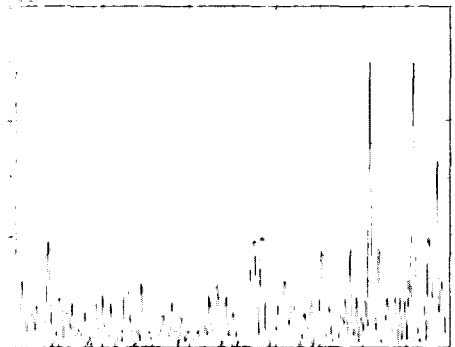
(c)  $p=1$  인  $\alpha$ -trimmed mean 필터



(d)  $p=1$  인  $\alpha$ -trimmed mean 필터 파워



(e)  $p=0$  인  $\alpha$ -trimmed mean 필터



(f)  $p=0$  인  $\alpha$ -trimmed mean 필터 파워

(그림 3) 신호와  $\alpha$ -trimmed mean 필터와 그 파워

의한 파워를 나타낸다.

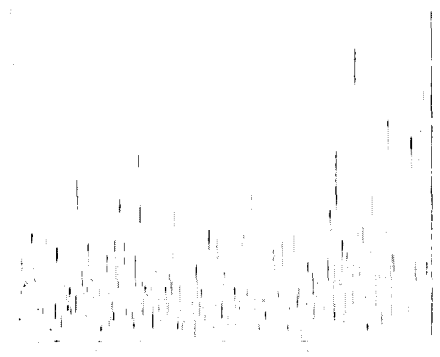
그림 3은  $\alpha$ -trimmed mean 필터와 그 파워를 보여준다.  $\alpha$ -trimmed mean 필터는 mean 필터와 median 필터의 합성으로  $P = 0$  이면 표준

mean 필터이고  $P$ 의 값이 커지면 median 필터로 바뀐다.

그림 4는 원 신호와 GMF 그리고 하모닉 Mean 필터 등의 공간필터와 그 파워를 보여 준다.



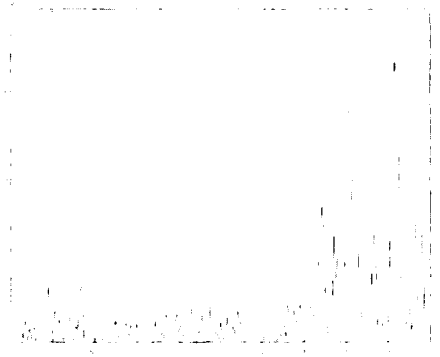
(a) 원 신호



(b) 원 신호의 파워



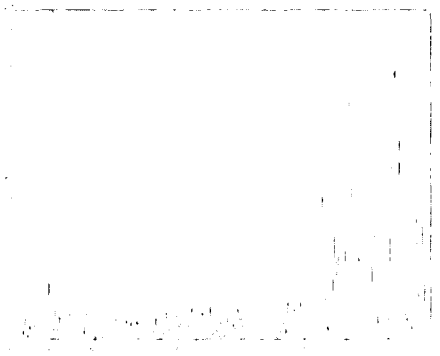
(c) geometric mean 필터



(d) geometric mean 필터의 파워



(e) harmonic mean 필터



(f) harmonic mean 필터의 파워

(그림 4) 원 신호와 GM 필터, harmonic mean 필터와 그 파워

표 1은 미디안 필터, 미드포인트 필터, 알파 트림드 민 필터 등의 공간 필터와 기하학적 평균 필터(GMF)를 인체 움직임 데이터 특히 인체 뒷면 등의 움직임 데이터에 적용하여 그 파워를 측

정한 비교 결과이다. 최고 파워와 최소 파워 그리고 전체적인 평균 파워를 비교한 결과 기하학적 평균 필터가 가장 우수한 결과를 보임을 알 수 있다.

(표 1) 인체 움직임 데이터에 적용한 필터 파워 성능 측정 비교

파워	필터					
	Geometric Mean 필터	Median 필터	Midpoint 필터	Alpha-trimmed mean 필터		
				P=2	P=1	P=0
최고	$6.756 \times e^0$	$0.004 \times e^0$	$0.002 \times e^0$	$0.001 \times e^0$	$0.002 \times e^0$	$0.005 \times e^0$
최소	$1.123 \times e^{-9}$	0	$1.099 \times e^{-9}$	$1.6 \times e^{-13}$	$1.111 \times e^{-13}$	$1.000 \times e^{-10}$
평균	$1.486 \times e^{-2}$	$7.841 \times e^{-2}$	$3.738 \times e^{-2}$	$1.647 \times e^{-2}$	$2.731 \times e^{-2}$	$1.095 \times e^{-1}$

#### 4. 결론

본 연구에서는 공간 필터 기술을 인체의 자연스러운 움직임 편집에 적용한 새로운 방법을 제안하고 이 방법을 움직임 편집의 움직임 신호 곡선 맞춤에 적용했다. 공간 필터는 smoothing을 포함한 디지털 신호처리에서 다양한 응용 분야에 적용되고 있는데 특히 공간 필터의 성능은 자연스러운 움직임 편집을 수행하기 위해 측정된다. 실험 결과 다양한 공간 필터 중 기하학적 평균 필터(GMF)가 다양한 공간 필터 중에 최적의 결과를 보여준다. 그래서 기하학적 평균 필터를 움직임 편집에 적용하여 가장 자연스러운 움직임 곡선을 생성하고 신호에서 잡음을 효과적으로 제거하였다.

움직임 포착 기술은 실시간 애니메이션, 가상 현실 응용분야, 3D 응용분야와 같은 다양한 분야에 적용할 수 있다. 따라서 제안 연구 방법을 잡음 제거뿐만 아니라 관절 각 제약 한계 내에서 인체의 움직임 데이터의 운동성을 개선하는 방안에도 사용할 수 있도록 계속 개선해 나갈 계획이다. 또한 움직임 혼합과 움직임 보상과 같은 분야에 대한 연구도 향후 과제로 남아 있다.

#### 참고 문헌

- [1] Sannier, G., Balcasoy, S., Thalmann, N.M., Thalmann, D., A system for directing real-time virtual actors. The Visual Computer 15, pp. 320~329, 1999.
- [2] Badler, N.I., Animation 2000++. IEEE Transactions on Computer Graphics and Applications, Vol. 20, pp. 28~39, 2000.
- [3] Lee, B.R., Chung, C. H., Uniform posture map algorithm to generate natural motion transitions in real-time, Journal of KISS, Vol. 7, pp. 549~558, 2001.
- [4] Lee, B.R., A Study of Inductive Motion Edit Methodologies using Uniform Posture Map. Ph. D. dissertation, Kwangwoon Univ. Dept. of Control and Instrumentation Eng. 2002.
- [5] Sun, H.C., Metaxas, D.N., Automating gait generation. In: Proceedings of ACM SIGGRAPH 2001, Los Angeles, CA, ACM Press, pp. 261~270, 2001.
- [6] Moeslund, T. B., Granum, E., A survey of computer vision-based human motion capture. Computer Vision and Image Understanding: CVIU 81권, pp. 231~268, 2001.
- [7] Gonzalez, R. C., Woods, R. E., Digital Image Processing, 2nd edition, Prentice-Hall, Upper Saddle River, NY, 2002.
- [8] Lee, J., A hierarchical approach to motion analysis and synthesis for articulated figures. Journal of Parallel and Distributed Computing, 2000.
- [9] Lee, J., Shin, S. Y., General construction of time-domain filters for orientation data. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 8 119-128, 2002.

[10] Fang, Y.C., Hsieh, C. C. Kim, M. J. Chang,  
J. J. Woo, T. C., Real time motion fairing

with unit quaternion. Computer-aided Design,  
vol. 30, pp. 191~198, 1998.

## ● 저 자 소 개 ●



### 김진욱

1989년 성균관대학교 졸업 (학사)

1998년 성균관대학교 정보통신공학과 졸업(석사)

2002년 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터 공학과 졸업(박사)

2003년~현재 : 세종대학교 컴퓨터공학과 초빙교수

1992년~1994년 (주)현대전자산업 정보통신사업본부

1994년~1999년 (주)현대정보기술 인터넷사업본부 과장

1999년~2000년 (주)온세통신 온라인사업 팀장

2000년~2001년 (주)유로코넷 기술담당 이사

관심분야 : Multimedia Processing, Image Processing, Biometrics, Recognition

e-mail : jokim@sejong.ac.kr