

# Type-2 퍼지셋을 이용한 스테레오 비전기반 휴먼로이드 로봇의 움직임 추정

## Stereo-Vision Based Motion Estimation for a Humanoid Robot by Type-2 Fuzzy Sets

장화진\*, 강태구\*, 박귀태\*\*  
(HuaZhen Zhang, Tae-Koo Kang, Gwi-Tae Park)

**Abstract** - 휴머노이드 로봇에서 스스로 환경을 인식하는 기술은 필수적으로 필요하다. 그러나 정확하게 환경을 인식하기 위해서는 휴머노이드 움직임을 추정하여 보정해야 한다. 따라서 본 논문에서는 type-2 퍼지셋을 이용하여 휴머노이드 로봇의 움직임을 스테레오 비전기반으로 추정하는 방법을 제안하고자 한다. 본 연구에서는 우선 스테레오 비전으로 얻은 Disparity Map을 Type-2 퍼지셋을 이용하여 추적할 대상을 추출한다. 추출된 대상은 보다 정확한 계산을 위하여 Wavelet Transform을 이용하여 정보량을 확장하였으며, 그 결과로 얻어진 결과영상들은 다시 Least square approximation과 Type-2 퍼지셋을 이용하여 하나의 결과값으로 나타내어진다. 연속된 두 이미지의 움직임을 추정함으로써 로봇의 움직임을 추정하게 된다. 제안된 방법은 실험을 통하여 그 추정 정확도나 연산속도 면에서 효율적임을 알 수 있었다.

**Key Words** : Type-2 Fuzzy Set, Motion Estimation, Humanoid Robot, Stereo-Vision

### 1. 서론

휴머노이드 로봇은 모바일 로봇과는 달리 인간과 유사한 구조를 가지고 있다. 따라서 계단이나, 문턱과 같은 장소에서도 자유롭게 이동이 가능한 장점이 있다. 이러한 휴머노이드 로봇이 자유로이 이동을 하기 위해서는 보행 환경은 인식하는 것이 중요하다. 특히 비전을 이용한 환경인식은 여러 환경인식 센서들 중에서 가장 중요하다 말할 수 있다. 그러나 휴머노이드 로봇은 로봇 자체의 움직임때문에 비전을 이용한 환경인식에 오류가 많이 발생하고 있다.

이러한 움직임을 추정하여 상쇄시키는 기존의 방법으로는 주로 SIFT(Scale Invariant Feature Extraction)[8]와 ICP(Iterative Closet Point)[9]방법들이 사용되었다. 그러나 이러한 방법들은 주로 모바일 로봇에서 적용되었던 방법 [10][11][12]으로 주로 회전과 병진 운동이 동시에 발생하는 휴머노이드 로봇에 적용에 적합하지 않았다. 따라서 본 논문에서는 비전 정보를 이용하여 휴머노이드 로봇의 자체 움직임을 효과적으로 상쇄할 수 있는 방법을 제안하고자 한다. 본 방법은 Type-2 퍼지셋과 wavelet transform을 이용하여 움직임에서 발생할 수 있는 불확실성(Uncertainty)을 감소시킴으로써, 보다 정확하고 강인한 결과를 얻을 수 있었다.

본 논문은 다음과 같이 구성되었다. 우선 2장에는 전체적인 시스템구조와 각 부분별 기술에 대하여 자세한 소개를 하고, 3장에서는 2장에서 설명한 기술에 대하여 실험을 통하여

그 성능을 평가하였으며, 4장에서는 실험결과를 바탕으로 결론을 맺었다.

### 2. 휴머노이드 로봇의 움직임 추정

#### 2.1 전체 움직임 추정과정

전체적인 시스템 구조는 그림 1에서 보는바와 같다.

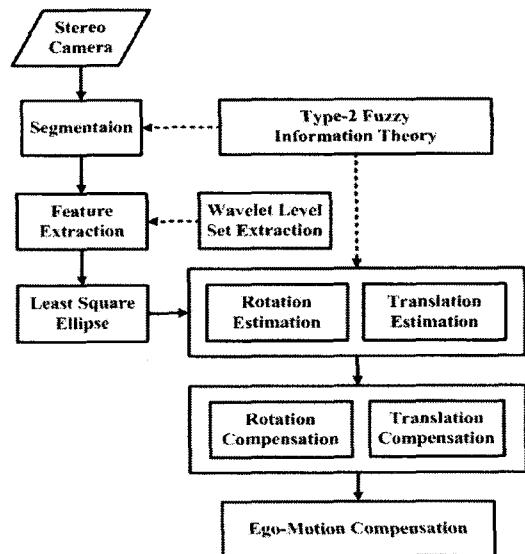


그림 1. 전체적인 움직임 추정 방법

#### 저자 소개

- \* 장 화 진 : 高麗大學 電子電氣工學科 碩士課程
- \* 강 태 구 : 高麗大學 電子電氣工學科 博士課程
- \*\* 박 귀 태 : 高麗大學 電子電氣工學科 正教授 · I博

시스템은 크게 Segmentation, Feature Extraction, Estimation의 세 개의 부분으로 나눌 수 있다. Segmentation 부분에서는 스테레오 비전의 Disparity Map에 type-2 퍼지셋을 이용하여 영상에서의 물체들을 추출한다. Feature

Extraction 부분에서는 각각의 물체들에 대하여 wavelet level-set을 이용하여 충분한 양의 특징 데이터들의 추출한다. 마지막으로 Estimation 단계에서는 type-2 퍼지셋을 이용하여 정확한 angle과 translation에 대한 변위를 계산한다. 구체적인 과정은 다음과 같다.

### 2.2 Segmentation and Feature Extraction

Segmentation과정에서는 Type-2 퍼지셋[4][5] 기반 Information theoretical approach를 이용하였다. 특히 Tizhoosh[6]에서 사용된 ultrafuzziness membership[2]개념을 확장하여 다수의 물체를 추출하기 위한 measure로써 사용함으로써 물체를 추출하기 위한 적절한 threshold값을 계산할 수 있었다. 그림 2는 이러한 segmentation과정과 그 결과를 나타낸다.

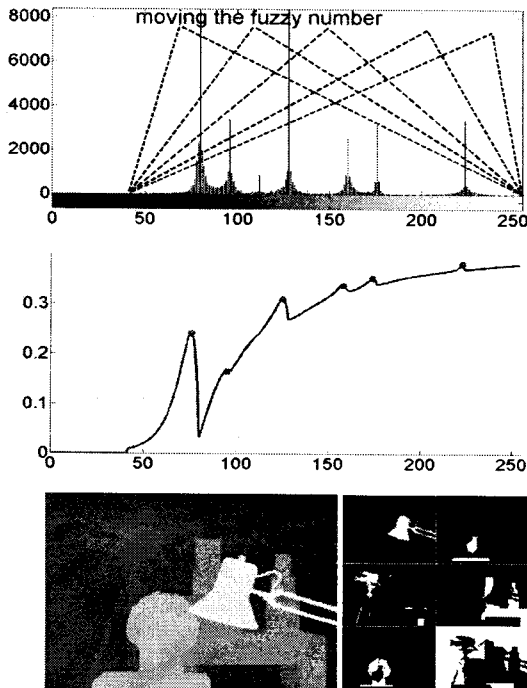


그림 2. Type-2퍼지셋을 이용한 Segmentation 결과

Feature Extraction과정에서는 wavelet transform[7]을 추출된 물체들에 적용함으로써 움직임에 대한 충분한 데이터의 양을 얻도록 하였다. 그림 3은 이러한 2 level-set에 대한 wavelet transform을 적용한 결과를 보여준다.

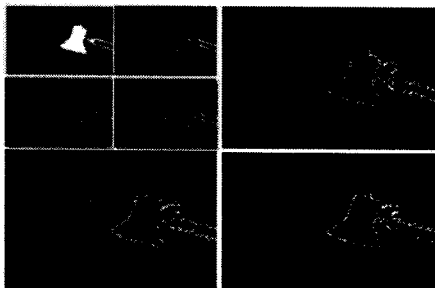


그림 3. 2레벨 특징추출 결과

### 2.3 Motion Estimation

Motion Estimation과정에서는 추출된 특징 이미지들에 대하여 Least Square Ellipse method를 사용하여 물체의 Rotation과 Translation정보를 추출한다. 이렇게 추출된 정보를 다시 Type-2 퍼지셋을 이용한 필터링을 통하여 외부 자극에 의한 오류를 줄여, 보다 정확한 움직임 정보를 추출한다. 그림 4는 특징 이미지에 대한 Least Square Ellipse[3]와 그 필터링과정을 보여준다.

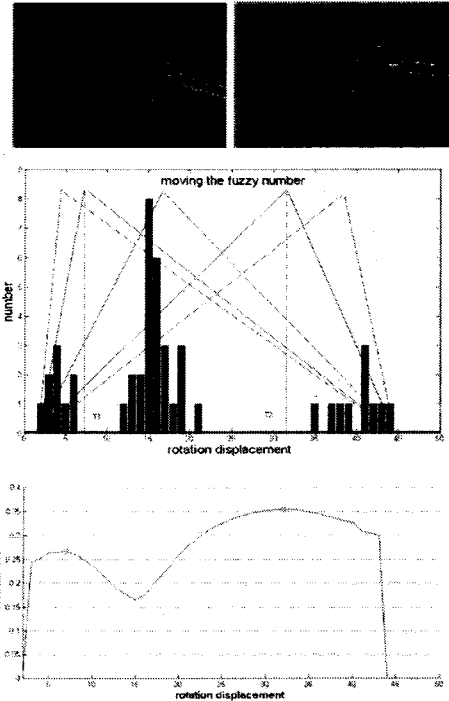


그림 4. Type-2 퍼지셋을 이용한 움직임추정

### 3. 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 방법에 대한 성능평가 실험을 위하여 두가지 요소에 대하여 실험하였다. 첫 번째는 움직임 추정의 정확도를 측정하였으며, 두 번째는 수행속도를 측정하여 기존의 방법들과 비교하였다.

#### 2.1 움직임 추정성능 실험

본 실험에서는 로봇의 움직임의 추정 정확도에 대한 실험을 수행하였다. 본 실험은 38개의 dataset과 ground truth를 가지고 있는 Middlebury Stereo Datasets[1]을 이용하여 실험을 수행하였다. 성능은 기존의 SIFT와 ICP방법과 비교하여 실험하였다. 실험결과는 다음과 같다.

Method	Variable	Errors	
		Mean	Variance
제안된 방법	Rotation	0.45	0.33
	X-axis	1.18	0.79
	Y-axis	0.79	0.59
SIFT	Rotation	0.83	0.48
	X-axis	1.12	0.37
	Y-axis	1.40	1.23
ICP	Rotation	2.14	1.52
	X-axis	3.92	2.73
	Y-axis	6.84	3.96

그림 5는 한 주기 동안의 움직임 추정에 대한 에러를 계산한 결과를 나타낸다.

## 2.2 연산 시간 실험

본 실험에서는 실제로 로봇에 적용하기 위한 연산 속도에 대한 실험을 수행하였다. 이번 실험에서도 SIFT와 ICP방법과 비교하여 실험하였다. 실험은 한 시퀀스의 영상에 대하여 5번의 테스트를 통하여 그 평균값을 결과값으로 사용하였다. 실험결과는 다음과 같다.

Method	Processing Time(ms)		
	Min.	Max.	Avg.
제안된 방법	151	160	156
SIFT	363	381	370
ICP	1472	1523	1490

위의 표에서 보는 바와 같이 기존의 방법에 비하여 연산속도에서 월등한 성능을 보여주고 있다. 또한 실제로 실시간 연산에도 사용할 수 있어, 실제 로봇에서도 적용 가능성이 높음을 보여주고 있다.

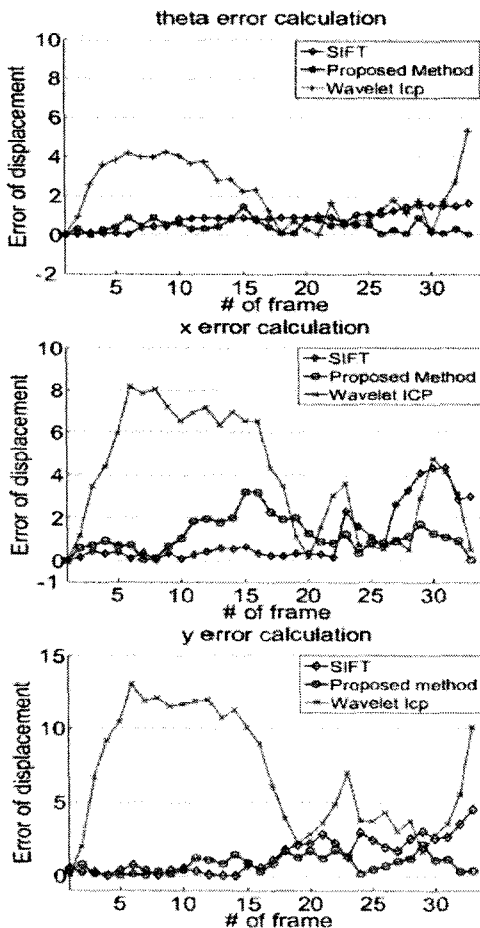


그림 5. 한주기 움직임에 대한 움직임 추정 결과

## 4. 결론

본 논문에서는 type-2 퍼지셋을 이용하여 휴머노이드 로봇의 움직임을 추정하는 방법은 제안하였다. 본 방법은 type-2 퍼지셋을 이용하여 추적할 물체를 추출하고, wavelet level-set을 이용하여 특징 데이터의 양을 증가시켜, 다시 type-2퍼지셋을 이용한 필터링을 수행하였다. 본 방법은 기존의 SIFT나 ICP방법들과 비교실험을 통하여 그 우수성을 입증하였다. 본 논문을 통하여 휴머노이드 로봇의 움직임을

추정함으로써 필수 요소인 환경 인식에 대한 정확도를 높일 수 있다는 점에서 의미가 있다고 하겠다.

## 감사의 글

본 논문은 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 2006년도 첨단융합 건설기술 개발사업 [과제번호: 06첨단융합D01]의 지원으로 이루어졌습니다.

## 참고 문헌

- [1] D. Scharstein and R. Szeliski, Middlebury Stereo Vision Page: <http://vision.middlebury.edu/stereo/>.
- [2] J. Mendel, Uncertain Rule-Based Fuzzy Logic Systems: Introduction and New Directions, Prentice-Hall, 2001.
- [3] H. Radim, F. Jan, "Numerically Stable Direct Least Squares Fitting Ellipses," Proc. of Intl. Conf. on Computer Graphics and Visualization, vol.1 pp. 125 - 132, 1998.
- [4] H. R. Tizhoosh, "Image Thresholding using Type II Fuzzy Sets," Pattern Recognition, vol.38 pp. 2363 - 2372, 2005.
- [5] H. R. Tizhoosh, "Type II Fuzzy Image Segmentation," Fuzzy Sets and Their Extensions, pp. 607 - 618, 2008.
- [6] B. H.R.Tizhoosh, "On thresholding and potentials of fuzzy techniques," Informatik'98 Springer, pp.97-106, 1998.
- [7] S. Mallat, A Wavelet Tour of Signal Processing, Academic Press, 1999.
- [8] D. G. Lowe, "Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints," Intl. J. of Computer Vision, vol.60 pp. 91-110, 2004.
- [9] Y. Chen and G. Medioni, "Object modelling by registration of multiple range images," Proc. of IEEE Intl. Conf. on Robotics and Automation, pp. 2724-2728, 1991.
- [10] R. Lienhart, and J. Maydt, "An Extended Set of Haar-like Features for Rapid Object Detection," Proc. of IEEE Intl. Conf. on Image Processing, Vol. 1, pp. 900-903, 2002.
- [11] J. R. Beveridge, K. She, B. Draper, and G. H. Givens, "A nonparametric statistical comparison of principal component and linear discriminant subspaces for face recognition," Proc. of IEEE Conf. on Pattern Recognition and Machine Intelligence, pp. 535-542, 2001.
- [12] L. P. Morency, R. Gupta, "Robust real-time egomotion from stereo images," Proc. of Intl. Conf. on Image Processing vol. 2, pp. 719-722, 2003.
- [13] S. Vedula, S. Baker, P. Rander, R. Collins, and T. Kanade, "Threedimensional scene flow," Intl. Conference on Computer Vision, Vol. 2, pp. 722-129, 1999.