



A Efficient Salient Point Extracting Technique by Using Multiple Wavelet Transform

Nam-Oh Kang¹, Sa-Joon Park², Jae-Ho Kim³

¹*Convergence and Advanced Software Training Center, Gangneung-Wonju National University*

²*Faculty of Medical Industry Convergence, Daegu Haany University*

³*Department of Information Technology Engineering, Gangneung-Wonju National University*

ABSTRACT

The extraction of robust feature points from images is one of the fundamental operations required in image processing. Among the kinds of salient point, as corner in image contains local features, it is used to achieve image recognition, image registration, and object tracking etc. Hence, extracting corners accurately is significant to image processing as well as constructing an efficient and effective image processing system. Harris corner detection algorithm, among many corner detection algorithms, is well known for extracting robust corners. It is used to improve feature description algorithms such as Scale-invariant feature transform(SIFT) and Speeded Up Robust Feature(SURF). It is also employed in the development of various image processing applications such as object segmentation, object tracking, image recognition, and image registration etc. Therefore, a lot of research has been conducted to improve the Harris corner detection algorithm. In this paper, we proposed a technique which can extract salient points efficiently by analysing wavelet subbands of wavelet-transformed image. Experiments were performed using Lena image and they showed that the proposed technique produces more rapidly than Harris corner detection algorithm does.

© 2016 KKITS All rights reserved

KEYWORDS : Wavelet transform, Harris corner detection algorithm, Salient point, Object segmentation, Object tracking, Image recognition

ARTICLE INFO: Received 2 December 2015, Revised 12 February 2016, Accepted 12 February 2016.

*Corresponding author is with the Department of Information Technology Engineering, Gangneung-Wonju National University, 150 Namwon-ro Heungup-myon,

Wonju, 26403, KOREA.

E-mail address: kimjaeho@gwnu.ac.kr

1. 서 론

영상으로부터 특징을 추출하는 연산은 영상 처리 응용 시스템을 구축하는데 기초가 되는 중요한 연산이다. 초기 영상 처리 응용 구축에서는 색깔, 히스토그램, 텍스처 등 영상의 전역적인 특징들이 많이 활용되었다. 영상의 전역적인 특징은 추출하기 쉽다는 장점이 있지만 서로 다른 영상 데이터들도 유사한 전역적 특성을 가질 수 있기 때문에 전역적 특성만으로 영상을 특정하기에는 부족하다. 이에 반해 영상 내 객체의 코너나 에지 같은 지역적 특징들은 영상의 특징을 잘 나타내어 주므로 검색, 객체 추적, 인식과 같은 다양한 영상 응용 시스템 구축에 중요하게 이용되고 있다. [1][2]

지역적인 특징들 중 코너는 영상의 밝기의 변화나 영상의 회전에 크게 영향을 받지 않는다는 특징이 있다. 코너의 추출 알고리즘으로는 Harris 코너 검출 기법이 유명하며, 이를 개선한 다양한 코너 검출 기법들이 소개 되었다. [3]에서는 영상의 웨이블릿 계수 값을 바탕으로 Harris 코너 검출 기법을 개선, 잡음에 강인한 코너를 빠르게 산출하는 방법을 제시했다. 웨이블릿 변환은 다중으로 수행할 수 있으며 이들 부 밴드 간 상관관계를 활용하면 빠르고 강인한 특징점 추출이 가능하다. 본 연구에서는 다중 웨이블릿 변환된 부 밴드간의 상관관계를 활용, 고차원의 웨이블릿 변환된 밴드로부터 특징점의 정보를 추출함으로써, 보다 빠르고 강인한 특징점을 추출할 수 있는 방법을 소개한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구를 통하여 기존의 Harris 코너 특징점과 웨이블릿 기반 Harris 코너 감지 기법에 대해서 살펴보고 3장에서는 웨이블릿 부 밴드들 간의 상관관계를 이용한 웨이블릿 부 밴드 분석을 통한 특징점 추출 기법을 설명한다. 4장에서는 기존의 Harris 코너 특징점 추출 기법과 본 논문에서 제안하는 웨

이블릿 부 밴드 분석을 통한 특징점 추출 기법과의 성능을 실험 및 비교 평가 했다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

2. 관련 연구

특징점 추출 기법(연산자)이 가져야할 조건으로는 특징성(distinctness), 불변성(invariance), 안정성(stability), 판독성(interpretability)등이 있다.[4][5] 이러한 조건을 만족하기 위해 제안된 특징점 추출 기법으로는 Harris 코너 감지 기법[6], KTL 감지 기법[7], Förstner 감지 기법[8], 웨이블릿 감지 기법[9] 등이 있다. 이들 중 픽셀의 밝기 변화량을 바탕으로 한 Harris 감지 기법은 강인한 특징점을 추출하는 연산으로 많은 응용에 이용된다. 본 장에서는 Harris 코너 감지 기법과 웨이블릿 계수값을 이용한 Harris 코너 감지 기법[3]을 소개한다.

2.1 Harris 코너 감지 기법

Harris 코너(Corner) 감지 기법은 주어진 영상 데이터에서 각 픽셀과 주위 픽셀간의 변화량을 측정, 주어진 문턱 값 이상의 변화를 보이는 위치를 특징점으로 추출하는 기법이다. 이의 변화량 측정 공식은 다음과 같다.[6]

$$c(x,y) = \sum_w (I(x,y) - I(x+\Delta x, y+\Delta y))^2 \quad (1)$$

I : 영상, w : 변화량을 측정할 영역

x, y : 영상의 좌표, $c(x,y)$: x, y 에서의 변화량

2.2 웨이블릿기반 Harris 코너 감지 기법

특징점 산출은 2D 웨이블릿 변환된 영상의 LL 밴드에 Harris 코너 감지 기법을 적용하여 특징점

의 후보들을 산출한다. 2D 웨이블릿 변환된 영상은 <그림 1>과 같이 웨이블릿 계수로 구성된 네 개의 부 밴드로 나뉜다.[10]

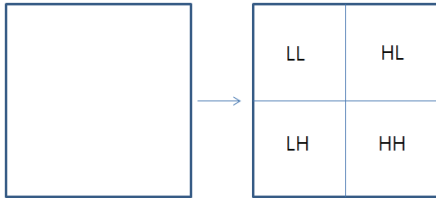


그림 1. 2D-Wavelet 변환

Figure 1. 2D-Wavelet transformation

특징점의 변화 민감도는 HL, LH, HH 밴드의 웨이블릿 계수를 바탕으로 산출한 Harris 코너 반응 계수를 이용해서 구한다. 이를 구하기 위한 구조적 텐서는 다음과 같이 정의된다.

$$S_w = \begin{bmatrix} I_{HL}^2 & I_{HH}I_{HH} \\ I_{HH}I_{HH} & I_{LH}^2 \end{bmatrix}$$

여기서 I_{HL}, I_{LH}, I_{HH} 는 각 밴드별 웨이블릿 계수 값이며, 웨이블릿 계수값을 이용한 Harris 코너 반응 계수를 다음과 같이 구할 수 있다.[6]

$$R_h(x, y) = \det(S_w) / \text{tr}(S_w) \quad (2)$$

각 부 밴드의 한 점(x,y)은 실제 영상에서는 3x3의 블록에 영향을 미친다. 따라서 실제 영상에서 이들 점을 중심으로 주위와의 밝기 변화량을 계산, 최고로 큰 변화량을 보이는 점을 특징점으로 선정한다. 이를 계산하기 위한 식은 다음과 같다.[3]

$$v(x, y) = \sum_{t=-1}^1 |I(x, y) - I(x+t, y+t)|^2 \quad (3)$$

[3]에서 소개된 웨이블릿 기반 Harris 코너 감지 기법은 1차 웨이블릿 변환된 영상이 가진 수직, 수

평, 대각 성분의 웨이블릿 계수를 이용 구조적 텐서를 구하고 이를 이용하여 특징점을 산출했다. 하지만 이를 다중 변환된 웨이블릿 영상의 특성을 이용해 산출한다면 보다 강력하고 효과적인 특징점 산출이 가능할 것이다.

3. 웨이블릿 부 밴드 분석을 통한 특징점 추출

3.1 웨이블릿 부 밴드의 상관관계

웨이블릿 변환은 우수한 에너지 압축 및 영상의 분해력으로 신호처리, 영상 압축과 같은 영상처리 분야에서 폭 넓게 이용되고 있다. 원 영상은 웨이블릿 변환을 통해 근사영상(LL), 수평성분 영상(LH), 수직성분 영상(HL), 대각성분 영상(HH)으로 분리되며, 근사영상에 다시 웨이블릿 변환을 실시할 수 있다. 영상에 웨이블릿 변환이 다중으로 일어난 경우, 동일 방향성을 갖는 부 밴드 간에는 계수의 특성이 매우 유사하다. 이것은 웨이블릿 변환이 입력 영상의 주파수 스펙트럼 분해(Spectral decomposition)이므로 인해 나타나는 특성이다. [10]

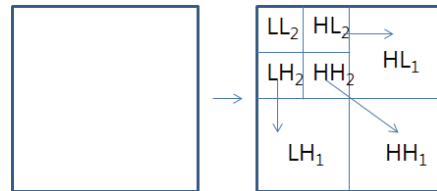


그림 2. 다중 2D-Wavelet 부 밴드간 상관 관계

Figure 2. Multi-level 2D wavelet transformation and subbands

특징점의 계산을 일차적으로 높은 단계의 부 밴드에서 수행하고 이를 바탕으로 낮은 단계의 부 밴드로 내려간다면 효율적으로 특징점을 검색할 수 있다. 이때 각 단계의 부 밴드들 사이에는 크기가 배만큼 차이가 나므로 단계를 내려갈 때마다 특징점을 검색하는 범위를 배씩 늘려주어야 한다.

즉 각 부 밴드의 한 점(x,y)는 다음 단계의 부 밴드에서는 3x3의 블록에 해당하며 검색해야할 좌표점으로는

$$\{(i,j)|2x-1 \leq i \leq 2x+1, 2y-1 \leq j \leq 2y+1\}$$

에 해당한다.

3.2 특징점 추출

높은 단계의 부 밴드에서 특징점의 후보들을 찾은 후 동일 방향의 낮은 단계의 부 밴드의 검색을 통해 위치를 확인한 후 최종적으로는 원본 영상에서 Harris 코너 특징점 산출 방법을 활용하여 특징점을 확정 짓는다. 이때 특징점들의 후보는 (3)에서 기술한 밝기 변화량을 계산, 최고로 큰 변화량을 보이는 점을 선정한다.

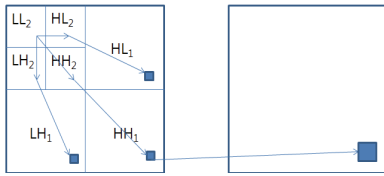


그림 3. 다중 2D-Wavelet 변환에서 특징점 추출 검색 영역
Figure 3. Salient point searching area in multi-level 2D wavelet transformation

원본 이미지로부터 특징점을 찾는 것이 아닌 축소된 부 밴드로부터 후보가 될 위치를 찾은 후 해당 위치의 영역만 탐색하므로 더 적은 연산을 수행, 속도의 개선을 가져온다. 웨이블릿 부 밴드 분석을 통한 특징점 추출 알고리즘은 다음과 같다.

입력: 원본영상(I), 웨이블릿 변환 횟수(n),

추출할 특징점의 수(k)

출력: 추출된 특징점의 위치

1: I를 n회 웨이블릿 변환

2: LH_n, HL_n, HH_n 의 웨이블릿 계수 값을 이용,

Harris 코너 반응 계수를 큰 순서로 k개 추출

3: n 단계부터 1 단계까지 웨이블릿 밴드에서

k개의 특징점 영역 검색, 및 위치 보정

4: 원본영상에서 Harris 특징점 산출 방법을

활용, 최종 특징점을 확정

4. 실험

실험은 lena 영상을 이용해서 수행했으며, Harris 코너 검출 방법과 웨이블릿 부 밴드 분석을 통한 특징점 추출의 속도를 비교했다. 특징점은 각각 30 개씩을 추출했다.

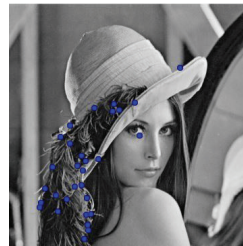


그림 4. Harris 코너 검출
Figure 4. Harris corner detection

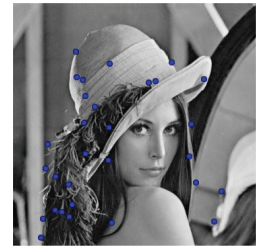


그림 5. 웨이블릿 부 밴드 분석을 통한 특징점 추출
Figure 5. Salient point extraction based on analyzing Wavelet subband

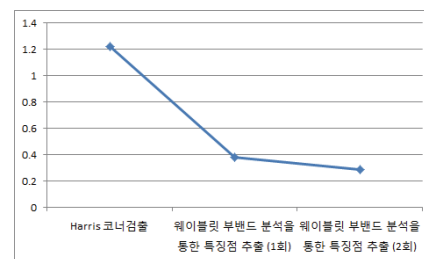


그림 6 Harris 코너 검출과 웨이블릿 부 밴드 분석을 통한 특징점 추출간의 성능 비교
Figure 6. Comparison between Harris corner detection and Salient point extraction based on analyzing Wavelet subband

특징점의 검출 속도를 비교하기 위해서 웨이블릿 변환은 1회, 2회를 실행했을 때의 웨이블릿 부밴드 분석을 통한 특징점 추출 기법과 Harris 코너 검출 기법의 경우를 비교했다.

5. 결론 및 향후 연구 방향

웨이블릿 부 밴드는 영상이 가진 영상으로부터 강인한 특징점 추출을 빠르게 수행하는 연산은 영상 응용 시스템 구축에 필수적이다. 본 연구에서는 웨이블릿 부 밴드를 대상으로 특징점의 후보들을 검색하고 이를 바탕으로 원본영상의 제한된 영역에서 빠르게 특징점을 검색할 수 있는 웨이블릿 부 밴드 분석을 통한 특징점 추출 기법을 소개했다. 상기의 실험에서 보듯이, Harris 코너 검출 기법이 특징점을 추출하는데 평균 1.22가 걸린 반면, 제안한 웨이블릿 부 밴드 분석을 통한 특징점 추출은 0.29가 걸려서, 5배 이상 빠른 속도를 보였다.

제안된 기법의 성능 향상을 위해 향후 SIFT나 SURF와 같은 특징점 기술자 알고리즘과의 상보적 연결을 진행할 예정이다. 이는 빠르고 강인한 특징점 기술자의 추출을 가능하게 하여 효율적인 영상 처리 응용의 구축이 가능하게 할 것이다.

References

- [1] N. Sebe, Q. Tian, E. Louprias, M.S. Lew, and T. S. Huang, *Evaluation of salient point techniques*, Image and Vision Computing, Vol. 21, Issues 13-14, pp. 1087-1095, 2003.
- [2] T. Tuytelaars, and K. Mikolajczyk, *Local invariant feature detectors: A survey*, computer graphics and vision, Vol. 3, No. 3, pp. 177-280, 2007.
- [3] N. Kang, and J. Kim, *Noise-insensitive wavelet transformation-based harris corner detection algorithm*, KKITS, Vol. 9, No. 6, pp. 661-697, 2014.
- [4] W. Förstner, and E. Gulch, *A fast operator for detection and precise location of distinct points, corners and centres of circular features*, ISPRS Intercommission Conference on Fast Proceeding of Photogrammetric Data, Interlaken, Switzerland. pp. 281-305, 1987.
- [5] E. Kim, H. Sohn, and Y. Song, *Comparison of interest point operators for image matching*, KSCE, Vol. 25, No. 4D, pp. 591-597, 2005.
- [6] C. Harris, and M. Stephens, *A combined corner and edge detector*, Proceedings of the 4th Alvery Vision Conference, pp. 147-151, 1988.
- [7] J. Shi, and C. Tomasi, *Good features to track*, In Proceedings of the Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Seattle, Washington, USA, pp. 593-600, 1994.
- [8] W. Förstner, *A feature based correspondence algorithm for image matching*, International Archives of Photogrammetry, Vol. 26, No. 3, pp. 1-16, 1986.
- [9] L. M. G. Fonseca, and M. H. Costa, *Automatic registration of satellite images*, Proceedings. Los Alamitos: IEEE Computer Society, pp. 219-226, 1997.
- [10] M. Vetterli, and J. Kovaccvic, *Wavelets and subband coding*, Englewood Cliffs, NJ:Prentice-Hall, 1995.
- [11] C. Oh, Y. Kim, and H. Ko, *Image coding using cross-correlation of subband in the wavelet transform domain*, IIEK, Vol. 33, No. 8, pp. 1293-1299, 1996.
- [12] N. Kang, J. Kim, and S. Park, *Technique of extracting salient points based on direction*

by using wavelet transformation, Journal of KKITS, Vol 8, No. 6, pp. 57-62, 2013.

- [13] A. Nobel, *Finding corners*, Image and Vision Computing Journal. 6(2): pp. 121-128, 1998.
- [14] ISO/IEC, 15444-1, Information technology - JPEG2000, image coding system 2000.
- [15] L. Kitchen, and A. Rosenfield, *Gray level corner detection*, Pattern Recognition Letters, pp. 95-102, 1982.

다중 웨이블릿 변환을 이용한 효율적인 특징점 추출 기법

강남오¹, 박사준², 김재호³

¹강릉원주대학교, 소프트웨어 특성화사업단

²대구한의대학교, 의료산업융합학부

³강릉원주대학교, 정보기술공학과

요 약

영상으로부터 강인한 특징점의 추출은 영상 처리 분야에서 요구하는 주요 연산 중 하나이다. 영상의 특징점들 중 코너는 영상이 지닌 지역적 정보를 담고 있어서 영상의 인식, 정합 그리고 객체의 추적 등에 이용된다. 따라서 영상 내 객체들이 가진 코너들을 정확하게 추출하는 것은 효과적이고 효율적인 영상 응용 시스템을 구축하는데 필수적이다. 코너 추출 기법들 중 Harris 코너 추출 기법은 특히 강인한 코너를 추출하는 것으로 잘 알려져 있으며 이를 이용하여 SIFT와 SURF 같은 특징점 기술자 알고리즘을 향상시키거나 객체 추출, 객체 추적, 영상 인식 그리고 영상 정합 등과 같은 다양한 응용에 사용된다. 따라서, Harris 코너 추출 기법을 향상시키려는 많은 연구가 수행되었다. 본 논문에서는 다중 웨이블릿 변환된 영상에서의 웨이블릿 부 밴드 분석을 통해 강인한 특징점을 빠르게 추출할 수 있는 기법을 제안한다. 제안된 기법을 검증하기 위해 lena 영상을 이용해서 실험을 수행했다. 실험은 제안된 기법이 Harris 코너 추출 기법보다 빠르게 특징점을 추출함을 보여준다.



Nam Oh Kang received the bachelor's degree, the M.S. degree and the Ph.D. degree in the Department of Computer Science and Engineering from Chung-Ang University in 1997, 2000, and 2006, respectively. He has worked for Convergence and Advanced Software Training Center in Gangneung-Wonju National University as a research professor since January, 2015. His current research interests include image processing, Big data, IoT, and cloud computing.

E-mail address: namohkang@gwnu.ac.kr



Sa Joon Park received the bachelor's degree, the M.S. degree and the Ph.D. degree in the Department of Computer Science and Engineering from Chung-Ang University in 1990, 1994, and 2004, respectively. He has been a professor in the Faculty of Medical Industry Convergence at Daegu Haany University since 2005. His current research interests include artificial intelligence, semantic web, and mobile content.

E-mail address: phdjoon@dhu.ac.kr



Jae Ho Kim received the bachelor's degree, the M.S. degree and the Ph.D. degree in the Department of Computer Science and Engineering from Chung-Ang University in 1988, 1990, and 2004, respectively. He has been a professor in the Department of Information Technology Engineering at Gangneung-Wonju National University since 1997. His current research interests include image processing, machine learning, semantic web. He is a life member of the KKITS.

E-mail address: kimjaeho@gwnu.ac.kr