

논문 2017-12-44

융합형 필터를 이용한 깊이 영상 기반 특징점 검출 기법

(Depth Image Based Feature Detection Method
Using Hybrid Filter)

전 용 태, 이 현, 최 재 성*

(Yong-Tae Jeon, Hyun Lee, Jae-Sung Choi)

Abstract : Image processing for object detection and identification has been studied for supply chain management application with various approaches. Among them, feature pointed detection algorithm is used to track an object or to recognize a position in automated supply chain systems and a depth image based feature point detection is recently highlighted in the application . The result of feature point detection is easily influenced by image noise. Also, the depth image has noise itself and it also affects to the accuracy of the detection results. In order to solve these problems, we propose a novel hybrid filtering mechanism for depth image based feature point detection, it shows better performance compared with conventional hybrid filtering mechanism.

Keywords : Depth image, Feature detection, Hybrid filter mechanism, Noise, FAST algorithm

I. 서 론

물류산업 기술이 발전함에 따라서 영상처리의 활용도가 높아지고 있다. 영상처리는 공장에서 제품 생산을 자동화하거나 택배물류창고의 자동화를 위한 방법으로 사용되어진다 [1]. 그 중 깊이 영상은 물체와 주변의 구분을 용이하게 하며, 물체의 높낮이 값을 얻을 수 있고 깊이 영상을 통해 생산품의 불량이나 물체의 위치를 쉽게 탐지할 수 있는 장점이 있다 [2-5]. 그러나 이러한 깊이 영상은 노이즈가 생긴다는 단점이 있다.

전형적인 깊이 영상은 IR센서로 깊이를 측정하기 때문에 분해능에 의해 인식하지 못하는 부분에 노이즈가 생길 수 있다. 이러한 노이즈를 최소화하

기 위해 영상처리에서는 필터링 기법을 사용한다 [6, 7].

필터를 통해 노이즈가 최소한으로 줄어든 깊이 영상에 특징점 검출 기법을 사용할 수 있다. 특징점 검출은 다양한 분야에서 사용되어진다. 깊이 영상에서 물체의 특징점을 검출하여 물체의 이동경로를 탐지하거나 영상의 비교분석 또는 기계학습 목적으로 연구되고 사용되어지고 있다 [8-10].

특징점이란 keypoint 또는 interesting point라 불리며, 영상과 영상을 매칭하기 위해 가장 일반적인 방법으로 주요 특징점을 검출하여 매칭하는 방식이다. 이러한 특징점을 찾기 위해 다양한 알고리즘이 존재한다. 대표적으로 FAST, SIFT, AGAST, SURF, BRIEF 등이 있으며, 특징점을 검출하기 위해 입력영상에서 노이즈가 없어야 하는 조건이 있다 [11-15]. 노이즈가 있는 영상에서 특징점을 검출하는 것은 가능하지만 특징점의 정확도가 현저히 떨어진다. 그렇기 때문에 필터링 기법을 통해 노이즈를 최소화 시켜야 한다.

필터링 기법으로는 크게 블러링과 샤프닝 기법으로 분류되며, 블러링 기법으로는 가우시안필터 [16], 미디언, 미니멈, 맥시멈 필터 등이 있다. 깊이

*Corresponding Author (jschoi@sunmoon.ac.kr)

Received: Sep. 7 2017, Revised: Sep. 27 2017,

Accepted: Nov. 2 2017.

Y.T. Jeon, H. Lee, J.S. Choi: Sunmoon University

※ 본 논문은 큐브마이트(주) 및 선문대학교 산학협력단의 산학공동연구사업의 연구결과입니다.

영상에서 블러링 방식을 사용하는 이유는 영상 내에서 센서측정 영상과 카메라영상의 매칭의 불균형으로 생기는 홀이라는 노이즈가 발생하기 때문이다. 이를 제거하기 위해 이웃한 픽셀의 명도값을 사용하여 손실된 영상의 홀부분을 복원할 수 있다. 그러나 단순 블러링만 사용했을 경우 원본 영상이 전체적으로 뭉개지는 현상이 발생하기 때문에 물체의 윤곽선이 흐려지고 특징점을 검출하는데 문제점이 생긴다. 이를 개선하기 위해 홀이 생긴 특정 부분만 블러링을 적용시키는 기법도 존재한다. 그러나 이러한 방식은 단순 이미지에서 높은 성능을 보이지만 프레임에 따라 계속 변화되는 픽셀값에서는 지속적인 연산으로 속도 향상이 미미하다. 이렇게 블러링된 영상에서 특징점을 정확하게 추출하기 위해 샤프닝 기법을 추가적으로 사용한다. 샤프닝 기법으로는 샤프닝, 언샤프마스

크, 소벨, 하이부스트 등이 있고, 샤프닝 기법은 대체적으로 이웃한 픽셀의 뚜렷한 색상을 각조하고 주변 픽셀을 하나의 색상으로 통일하면서 물체의 윤곽선을 뚜렷하게 만드는 기법이다. 샤프닝 작업 후에 특징점을 검출하면 문제가 있던 원본 영상에서 검출했을 때 보다 더 높은 성능을 보일 수 있다 [17-19]. 이러한 융합형 필터를 사용하여 깊이영상이 아닌 다른 일반이미지에서도 높은 성능을 보인다.

본 논문에서는 Kinect 센서를 이용하여 획득한 깊이 영상을 활용하여 깊이 영상의 고질적인 문제점을 개선하기 위해 다양한 융합형 필터를 비교하고 깊이영상 환경에서 가장 적합한 융합형 필터를 통해 정확한 특징점을 검출할 수 있는 방법을 제안한다.

II. 관련 연구

필터는 원본영상에서 손실된 데이터를 복원하는 목적으로 사용된다. 필터링 방식으로는 블러링과 샤프닝이 있다. 두 가지 방법을 사용하여 손실된 이미지를 원본과 유사하게 복원 할 수 있다. 또한 필터링된 영상을 통해 특징점 검출 알고리즘을 사용하여 물체의 특징점을 검출한다.

1. 블러링(Blurring)

블러링은 스무딩(Smoothing)이라고 불리며 영상의 노이즈를 제거하기 위해 사용된다. 그 기법으로 가장 대표적으로 사용되는 방식은 마스크기반 필터의 가우시안 필터와, 미디언 필터다.



그림 1. 노이즈 이미지에 블러링필터 적용 이미지
Fig. 1 Apply blurring filter to noise image

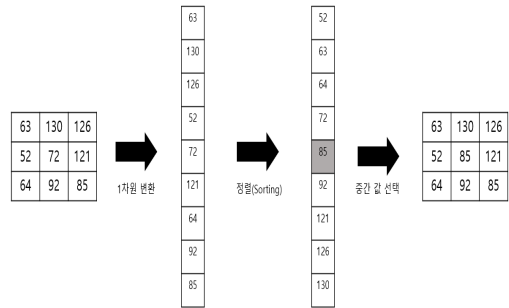


그림 2. 미디언 필터 마스크 연산
Fig. 2 Median filter mask operation

가우시안 필터는 선형 필터이며 미디언 필터는 비선형 필터다. 필터링 적용효과는 그림 1과 같이 노이즈를 포함하고 있는 원본영상에서 선택된 픽셀의 이웃한 명도 값을 평균화 하여 노이즈를 최소화 할 수 있다.

가우시안 필터 (Gaussian filter)란 가우시안 분포를 영상에 적용시킨 것을 말하며, 정규분포 또는 확률분포에 의해 생성된 노이즈를 제거하기 위해 사용된다. 가우시안 필터의 특징으로는 중앙에 위치한 화소와 먼 거리에 있는 이웃 화소 값들을 가중치를 통해 감소시키고 가중한 이웃의 평균값으로 대체하는 특징을 가진다 [16].

$$G(x,y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

또한 식 (1)의 표준편차 σ 가 클수록 더 큰 블러링 효과를 낼 수 있다. 그러나 가우시안 필터는 처리속도가 느린 단점이 있다.

미디언 필터 (Median Filter)는 그림 2와 같이 입력 영상에서 마스크를 통해 인접한 주변 픽셀의 값을 오름 또는 내림차순으로 정렬한 후 그 중간에

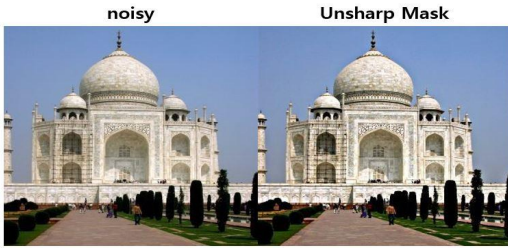


그림 3. 언샤프 마스크 필터 적용
Fig. 3 Apply unsharp mask filter

있는 값으로 픽셀 값을 대체하는 방식의 필터다.

미디언 필터는 마스크 값과 픽셀의 값을 곱연산하고 선형 합으로 계산되는 필터가 아니기 때문에 비선형 공간적 필터로 구분되어 진다.

2. 샤프닝 (Sharpening)

샤프닝은 일반적으로 몽개진 영상을 선명하게 만들기 위해 사용된다. 샤프닝은 영상에서 상세한 부분을 더욱 강조함으로써 경계부분의 대비효과를 증가시키며 그림 3과 같이 영상이 선명해지는 것 같은 효과를 볼 수 있다.

언샤프 마스크 (Unsharp Mask) 필터 또한 영상을 날카롭게 만드는 방법 중 하나이다. 식(2)를 통해 원본 영상에서 블러링된 영상의 차이 값을 얻는다 [17].

$$g(x,y) = f(x,y) - \bar{f}(x,y) \quad (2)$$

$$h(x,y) = f(x,y) + g(x,y) \quad (3)$$

식 (3)은 식 (2)에서 얻어진 차이 값을 원본 영상에 더함으로써 윤곽선이나 엣지를 더욱 강조할 수 있다.

하이부스트 (High Boost) 필터는 언샤프 필터의 성능을 개선하기 위해 만들어진 필터다. 하이부스트 필터는 그림 4와 같이 입력 영상의 전체적인 명암비를 높임과 동시에 엣지를 강조할 수 있는 효과를 준다 [19].



그림 4. 하이부스트 필터 적용
Fig. 4 Apply high-boost mask filter

$$h(x,y) = \alpha f(x,y) + \nabla^2 f(x,y) \quad (4)$$

식 (4)에서 α 값을 통해 입력영상의 명암비를 높일 수 있으며, α 값이 1일 경우, 언샤프 필터와 동일하다.

3. 특징점 검출 (Feature Detection)

영상처리에서 특징점은 물체추적 또는 인식에 사용되어 진다. 특징점을 추출하기 위한 다양한 알고리즘 들이 존재한다. 대표적으로 FAST와 SURF 가 있다.

FAST (Features From Accelerated Segment Test)는 특징점을 추출하기 위해 영상의 명도를 사용한다. 추출방법은 픽셀p를 선택하고 선택된 p의 밝기 값을 I_p 라고 할 때, 적절한 threshold값을 사용하여 추출한다. 그림 5와 같이 p가 선택되면 주위에 16개 픽셀로 이루어진 원이 생성된다. 원 내부에 있는 p를 16개 픽셀들과 명도 값을 비교한다.

p보다 밝거나 어두운 명도 값이 n개 이상 연속적으로 존재하면, 픽셀 p는 코너로 판단이 된다. 또한 threshold 값은 픽셀p에 더해져서 비교된다. 그러나 FAST알고리즘은 특징 검출 효율성이 코너의 모양이나 분포나 질의하는 순서에 매우 의존적이라는 단점이 있다.

SURF (Speed-Up Robust Features) 알고리즘은 SIFT알고리즘의 성능을 개선하기 위해 나온 알고리즘 이다. SIFT알고리즘은 가우시안의 차로 LoG의 근사하는 방법을 사용하지만 SURF는 박스 필터를 통해 LoG를 근사하는 방법을 사용한다.

SURF의 특징점 추출방법은 식 (5)의 헤시안

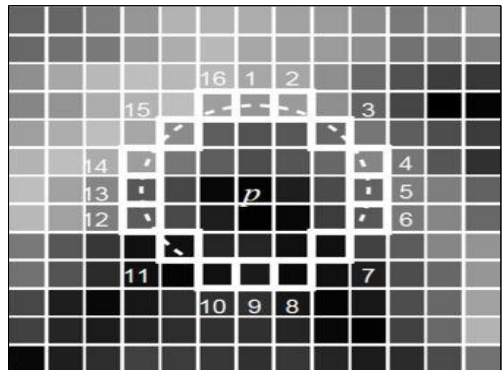


그림 5. FAST 알고리즘 특징점 검출방식
Fig. 5 FAST algorithm Feature point detection method

매트릭스를 기반으로 검출하며, 그림 6과 같이 적분 영상을 사용한다. 식 (6)을 사용하여 영상의 전체면적을 전부 구한 후 점 A, B, C, D를 찾아 영역을 계산한다.

$$H(x, \sigma) = \begin{bmatrix} L_{xx}(x, \sigma) & L_{xy}(x, \sigma) \\ L_{xy}(x, \sigma) & L_{yy}(x, \sigma) \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$I(x) = \sum \sum I(i, j) \quad (6)$$

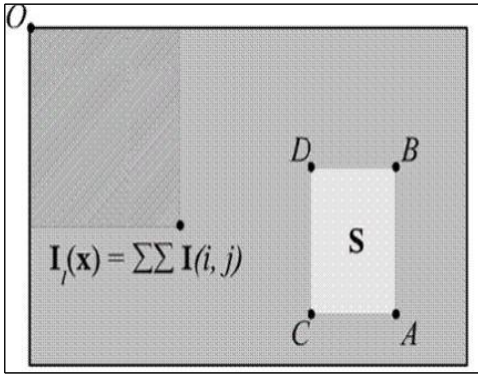


그림 6. SURF 적분영상
Fig. 6 SURF integral image

III. 제안 방법

기존 융합 필터의 성능을 개선하고 깊이영상에서 특징점을 검출하기 위한 최적의 융합형 필터와 개선된 FAST알고리즘을 제안한다. 특징점 검출 순서도는 그림 7과 같다.

1. 시스템 순서도

단계 1: 융합형 필터

미디언 필터를 입력영상에 적용시킨 후 다시한번 미디언 필터를 적용시키고 언샤프 마스크 방식을 사용하여 뭉개진 영상을 날카롭게 만든다.

단계 2: MSE, PSNR

MSE (Mean Square Error)는 평균 제곱 오차를 말하며, 픽셀 값들의 차이에 대한 측정값을 말한다. MSE는 식 (7)을 통해 계산된다. 이를 통해 원본영상과 필터링 처리된 영상의 손실된 정도를 측정할 수 있다. MSE값이 0에 가까울수록 원본에서 손실된 부분이 적다는 것을 의미한다. MSE는 모든 동일위치의 픽셀값의 차이의 제곱의 합에서 모든 픽셀 개수의 제곱을 나눈 것을 말한다.

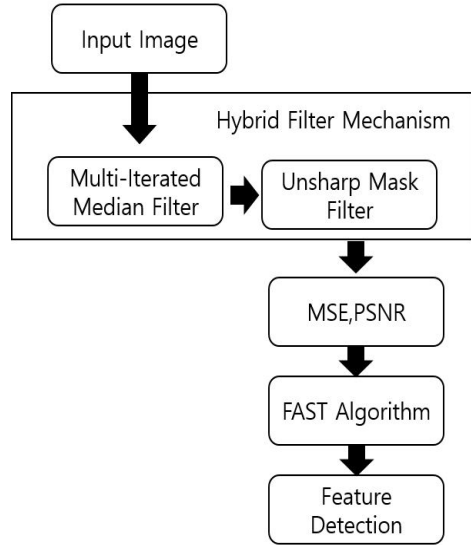


그림 7. 제안하는 특징점 검출 순서도
Fig. 7 Proposed feature detection flowchart

$$MSE = \frac{1}{NM} \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} e(m, n)^2 \quad (7)$$

PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio)는 최대 신호대 잡음비를 말하며, 식 (8)을 통해 구해진다. s^2 은 해당 영상의 최댓값으로써, 해당 채널의 최댓값에서 최솟값을 빼서 구할 수 있다. 예를 들어 8bit 그레이스케일 영상의 경우 255 (255-0)이 된다. 주로 영상에서 화질 손실 정보를 평가 할 때 사용하는 평가지수다. 값이 클수록 영상의 품질이 높다는 것을 의미한다. 무손실 영상의 경우에는 MSE가 0이기 때문에 PSNR은 정의되지 않는다.

$$PSNR = 10 \log \frac{s^2}{MSE} \quad (8)$$

단계 3: FAST 알고리즘

기존의 FAST알고리즘을 개선한 Lightweight FAST 알고리즘을 사용함으로써 특징점 탐색 속도를 높일 수 있다.

단계 4: 특징점 검출

융합형필터를 적용시킨 영상에서 Lightweight FAST알고리즘을 사용하여 특징점을 검출하고 결과를 확인한다.

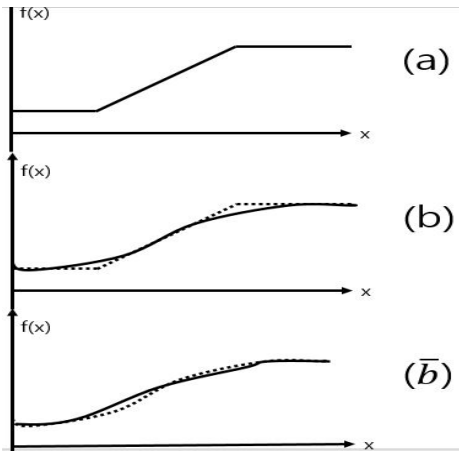


그림 8. 블러링 사용 시 파형변화
Fig. 8 Waveform change when using blurring

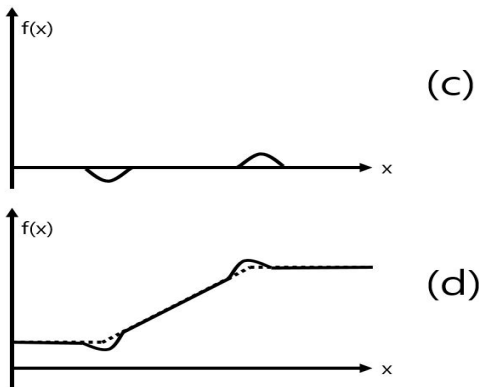


그림 9. 샤프닝 사용 시 파형변화
Fig. 9 Waveform changes when using sharpening

2. 융합형 필터 (Hybrid Filter)

기존의 융합형 필터는 블러링과 샤프닝 두 가지 필터로 조합이 된다. 그림 8과 같이 (a)가 입력영상일 때, 블러링을 통해 (b)로 필터링 되어진다. 그러나 Kinect 깊이 영상에서 블러링 필터를 한번 사용한 결과로는 영상의 노이즈를 전부 제거하지 못하기 때문에 블러링 필터를 두 번 사용하여 노이즈를 최대한 제거한다.

그림 9와 같이 그림 8에서 (a)에서 (b)로 1차 블러링 후 (b)에서 (b-bar)로 2차 필터링을 한다. 그 후 (b)에서 (b-bar)를 빼면 (c)가 만들어지며, (c)를 다시 필터링 된(b)에 더함으로써 샤프닝이 이루어진다. 본 논문에서 제안하는 융합형 필터방식은 미디언

필터를 두 번 적용하지만 전처리 후처리로 나뉘며, 영상의 노이즈를 최소한으로 제거하고 언샤프 필터를 사용하여 뭉개진 영상의 외각선 부분을 복원한다. 또한 기존방식보다 원본영상의 손실률을 줄일 수 있다.

3. 경량 특징점 검출 (Lightweight FAST Algorithm)

기존의 FAST 방식은 픽셀 p 의 반지름 크기를 정해서 p 를 기준으로 원을 그려 p 의 명도 값보다 낮거나 높은 픽셀이 연속적으로 n 개 만큼 존재할 때 그 비율에 맞춰 특징점을 검출 하였다. 그러나 깊이영상에서 FAST 방식은 프레임 별로 픽셀들의 값이 바뀌며 특징점 검출 시 한 픽셀당 16개의 픽셀을 전부 비교하는 것은 처리 속도 면에서 너무나 큰 비용을 소모한다. 또한 검출된 특징점 후보들 중에서 옛지에 해당하는 특징점을 추가적으로 계산해야 하기 때문에 옛지로 유력한 후보들만 검출하는 것이 성능향상에 큰 도움을 준다.

본 논문에서는 FAST의 속도를 개선하기 위해 그림 10과 같이 특징점 검출 방식을 바꿈으로써 후보를 줄이고 옛지에 근사한 특징점을 검출하여 후보수를 줄인다. 또한 특징점의 검출 방식을 개선하여 검출 속도를 높일 수 있다.

제안하는 검출방식은 사각형 박스를 검출하기 위해 7의 반지름으로 p 픽셀 주위에 40개의 픽셀로 원을 만들고 F1, F2, F3, F4 중에서 3개 이상 p 보다 밝거나 어두운 픽셀이 있으면 코너로 판별하고 조건에 충족하지 못하면 L1, L2, L3, L4 중에서

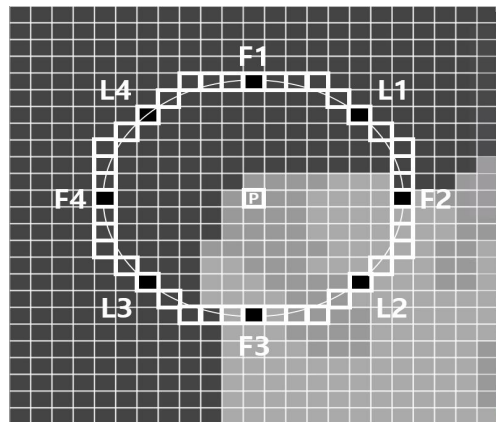


그림 10. 제안하는 FAST 특징점 검출 방식
Fig. 10 Proposed FAST feature point detection method

판별하여 두 조건중 하나라도 충족한다면 코너로 판별한다. 이러한 방식을 통해 기존 FAST 방식에서는 40개의 픽셀로 원을 이룬다면 40개 전부 비교해야 하기 때문에 제안하는 방식이 처리속도 면에서 매우 빠른 것을 볼 수 있다. 그러나 해상도가 낮은 영상에서는 차이가 미미한 단점을 보인다.

IV. 실험 결과

실험에 사용된 필터 마스크 크기는 3X3 이며, 기존의 융합형 필터와 다양한 융합형 필터 조합을 비교하였다. 평가 기준은 MSE 값과 PSNR 값으로 평가하였다. 특징점의 기준은 사각형 박스를 검출하기 위해 사용하였으므로 특징점 후보를 줄이는 것을 최우선으로 하며 각 엣지의 특징점이 검출된 것을 기준으로 삼는다. FAST의 Threshold 값은 11로 고정한다. 그 이유는 깊이 영상에서 Threshold값이 11이상일 때 10cm이하의 물체는 탐지범위에서 제외하기 위함이다. 깊이 영상은 Kinect의 깊이 영상을 사용한다.

그림 11.과 같이 필터가 적용된 후 노이즈가 최소화된 환경에서 엣지에 근접하는 특징점 후보들로만 이루어진 융합형 필터들로 비교분석 한다.



그림 11. 특징점 검출 기준
Fig. 11 Feature point detection criteria

표 1. 2가지 융합형 필터 성능평가
Table 1. Performance evaluation of two fusion filters

	MSE	PSNR (db)
Gaussian-Sharping	5.463	40.925
Median-Unsharp	1.625	46.035
Maximum-Unsharp	9.612	38.306

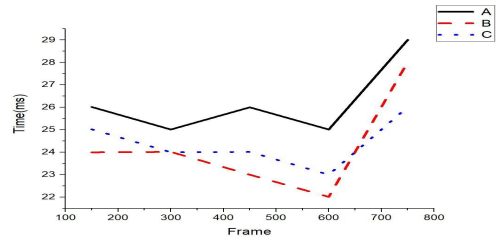


그림 12. 2가지,3가지 융합형 필터 특징점 검출소요시간

Fig. 12 2, 3 Convergence type filter feature point detection time

표 1은 기존의 융합형 필터의 성능표다. 측정 방식은 5초 간격으로 150프레임씩 5회 측정된 값의 평균값이며, 미디언 필터와 언샤프 마스크 필터의 융합형 필터가 MSE와 PSNR 값이 결과적으로 우수함을 보인다.

그림 12는 프레임별 특징점 검출 시간에 대한 그래프이다. A는 가우시안필터와 샤프닝 필터의 조합이며 프레임변화에 처리속도 변동 폭이 큰 것을 볼 수 있다. B는 미디언 필터와 언샤프 마스크 필터의 조합이다. 처리시간이 다른 융합형 필터에 비해 변동폭이 낮은 것을 볼 수있다. C는 최대값 필터

표 2. 3가지 융합형 필터 성능평가 비교

Table 2. Comparison of performance evaluation of three fusion filters

	Time (ms)	Feature	MSE	PSNR (db)
Minimum - Gaussian - Unsharp	39.4302	94	13.5806	36.8024
Median - Median - Unsharp	38.1298	93.6	0.7027	50.0282
Minimum - Median - Unsharp	39.3286	95.8	8.59032	38.7911
Minimum - Mean - Unsharp	39.9338	94.4	15.0361	36.5399



그림 13. 2가지,3가지 융합형 필터 적용 영상
Fig. 13 Two, three fusion filter applied image

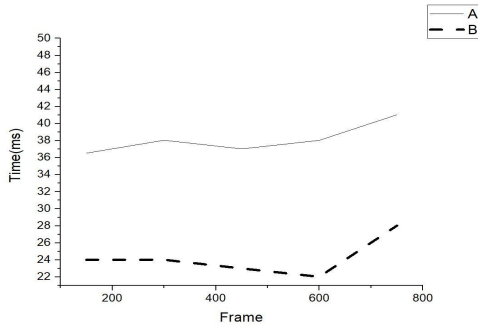


그림 14. 2가지,3가지 융합형 필터 특징점 검출소요시간

Fig. 14 2, 3 Convergence type filter feature point detection time

와 언샤프 마스크 필터의 조합입니다.

표 2는 3가지 필터를 조합했을 때 일정 시간기준 처리시간, 특징점, MSE, PSNR의 평균값이다. 미디언 필터를 두 번 적용시킨 후 언샤프 마스크 필터를 적용했을 경우 특징점 검출 시 다른 융합형 필터에 비해 특징점 후보들이 엷지에 근사한 값들 로만 이루어지며 후보들 수도 가장 적게 나왔다.

처리속도 또한 다른 융합형 필터에 비해 높지만 차이는 미미하다. 원본 영상과의 손실은 최소화 하며, 영상의 품질은 가장 높일 수 있는 방법임을 볼 수 있다. 그 외에 다른 융합형 필터는 블러링 방식을 두 번 사용하기 때문에 2가지 필터를 융합했을 때 보다 원본영상의 뭉개짐 현상이 심해진다. 그렇기 때문에 MSE 값이 높게 나오며, 성능품질 또한 낮음을 볼 수 있다.

그림 13은 2가지 융합형 필터와 3가지 융합형 필터의 성능을 비교한 이미지다. A가 2가지 융합형 필터를 사용한 영상이고 B는 3가지 융합형 필터를 사용한 결과 이다. A에서 볼 수 있듯이 2가지 융합형 필터를 사용한 경우 원본영상에서 발생한 노이즈를 최소화 하여도 영상에 노이즈가 남아있다. 특징점 또한 엷지에 근사하는 후보들 외에 다른 위치

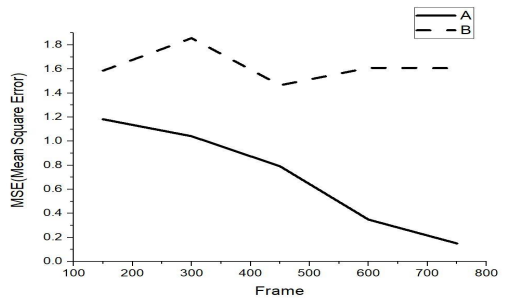


그림 15. 2가지,3가지 융합형 필터 MSE 비교
Fig. 15 Comparison of two, three fusion filter MSE

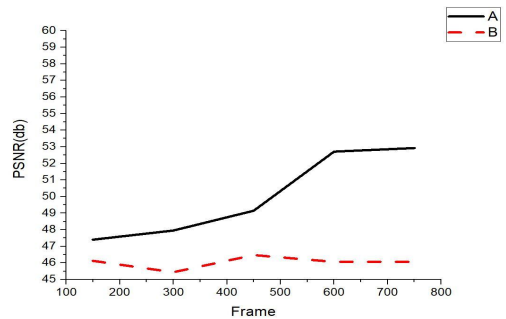


그림 16. 2가지,3가지 융합형 필터 PSNR 비교
Fig. 16 Comparison of two, three fused filter PSNR

에 후보들이 위치해 있다. 그러나 B는 원본영상에서 발생하는 노이즈를 최소화 하였으며, 특징점 검출 또한 엷지에 근사한 후보들로만 구성되어 있다.

그림 14는 두 가지 융합형 필터에서 FAST알고리즘을 사용하여 특징점을 검출하기 위해 걸리는 시간을 프레임별로 비교 분석한 결과 이다. A는 3가지 융합필터이며 B는 2가지 융합필터이다. 그래프와 같이 3가지 융합필터는 2가지 융합필터보다 검출속도가 약 50% 느린 단점을 보인다.

그림 15에서 A는 3가지 융합형필터에 대한 수치이며, 2가지 방식보다 원본영상의 손실률을 나타내는 MSE값이 더 낮은 것을 볼 수 있다.

그림 16에서 3가지 융합형 필터가 2가지 융합형 필터보다 영상의 품질수치가 더욱 우수한 것을 확인 할 수 있다.

V. 결론

본 논문에서 깊이영상이 가지고 있는 문제점을

개선하기 위해 3가지 융합형 필터를 사용하였으며, 기존의 2가지 융합형 필터 보다 영상의 품질이나 원본의 손실 정도를 실험을 통해 증명했다. 또한 특징점 검출을 위해 기존의 FAST알고리즘의 탐색 방식을 바꿈으로써 Lightweight FAST알고리즘을 사용했다. 특징점을 추출하는데 걸리는 시간을 최소화할 수 있으며, 이러한 알고리즘은 택배물류창고 자동화에 적용시킬 수 있다.

References

- [1] D.H. Jeong, J.I. Park, Y.T. Kim, "Study on Design of Mobile Robot for Autonomous Freight Transportation," Journal of Korean Institute of Intelligent, 2013 (in Korean).
- [2] S. Song, J. Xiao, "Sliding Shapes for 3D Object Detection in Depth Images," Proceedings of Springer Conference on Computer Vision, pp. 634-651, 2014.
- [3] J. Salas, C. Tomasi, "People Detection Using Color and Depth Images," Proceedings of Springer Conference on Pattern Recognition, pp. 127-135, 2011.
- [4] L. Bo, X. Ren, D. Fox, "Depth Kernel Descriptors for Object Recognition," Proceedings of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 821-826, 2011.
- [5] T.D. Duan, D.A. Duc, T.L.H. Du, "Combining Hough Transform and Contour Algorithm for Detecting Vehicles' License-Plates," Proceedings of IEEE International Symposium on Intelligent Multimedia, Video and Speech Processing, pp. 747-750, 2004.
- [6] J.H. Oh, C.S. Jeong, "Comparison Between DSC and Previous Algorithms for Edge Detection," Korea Information Science Society, Vol. 31, No. 1, pp. 739-741, 2004 (in Korean).
- [7] G. Saygili, L. van der Maaten, E. A. Hendriks, "Hybrid Kinect Depth Map Refinement for Transparent Objects," Proceedings of IEEE International Conference on Pattern Recognition, pp. 2751-2756, 2014.
- [8] S. Gupta, R. Girshick, P. Arbeláez, J. Malik, "Learning Rich Features From RGB-D Images for Object Detection and Segmentation," Proceedings of Springer Conference on Computer Vision, pp. 345-360, 2014.
- [9] I.S. Hwang, I.K. Eom, Y.H. Moon, S.W. Ha, "A Fast Interest Point Detection Method in SURF Algorithm," IEMEK J. Embed. Sys. Appl., 2015 (in Korean)
- [10] J.H. Lee, Y.H. Lee, E.Y. Cha, "A Study of Face Feature Tracking and Moving Measure Devices," IEMEK J. Embed. Sys. Appl., 2011 (in Korean).
- [11] E. Rosten, T. Drummond, "Machine Learning for High-speed Corner Detection," Proceedings of Springer Conference on Computer Vision, pp. 430-443, 2006.
- [12] D.G. Lowe, "Distinctive Image Features From Scale-Invariant Keypoints," International journal of computer vision, Vol. 60, No. 2, 2004.
- [13] E. Mair, G.D. Hager, D. Burschka, M. Suppa, G. Hirzinger, "Adaptive and Generic Corner Detection Based on the Accelerated Segment Test," Proceedings of Springer Conference on Computer vision, pp. 183-196, 2010.
- [14] H. Bay, T. Tuytelaars, L. Van Gool, "Surf: Speeded up Robust Features," Proceedings of Springer Computer vision, pp. 404-417, 2006.
- [15] M. Calonder, V. Lepetit, C. Strecha, P. Fua, "Brief: Binary Robust Independent Elementary Features," Proceedings of Springer Conference on Computer vision, pp. 778-792, 2010.
- [16] M.S. Arulampalam, S. Maskell, N. Gordon, T. Clapp, "A Tutorial on Particle Filters for Online Nonlinear/non-Gaussian Bayesian Tracking," IEEE Transactions on signal processing, Vol. 50, No. 2, pp. 174-188, 2002.
- [17] M. Lakshmana, A. Maheswari, "Modified Classical Unsharp Masking Algorithm," Proceedings of International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, Vol. 3, No. 9, pp. 271-276, 2013.
- [18] W. Gao, X. Zhang, L. Yang, H. Liu, "An Improved Sobel Edge Detection," Proceedings of IEEE International Conference on

Computer Science and Information Technology, Vol. 5, pp. 67-71, 2010.
 [19] R. Srivastava, J.R.P. Gupta, H. Parthasarthy, S. Srivastava, "PDE Based Unsharp

Masking, Crispening and High Boost Filtering of Digital Images," Proceedings of Springer Conference on Contemporary computing, pp. 8-13, 2009.

Yong-Tae Jeon (전 용 태)



Yong-Tae Jeon received B.S. in the Dept of Computer Science and Engineering from Sunmoon Univ, Korea in 2015, He is currently a M.S. in the Dept. of Computer Convergence Electronics Engineering from Sunmoon Univ, Korea.
 Email: jyt5814@naver.com

Hyun Lee (이 현)



He received the Ph. D. degree in the Univ. of Texas at Arlington in 2010. He is an assistant professor at CSE Dept. of Sun Moon Univ. His current research interests include sensor fusion issues for proving the reliability of contextual information in cyber physical systems.
 Email: mahyun91@sunmoon.ac.kr

Jae-Sung Choi (최 재 성)



He is received Ph.D degree in Computer Science and Engineering from University of Texas at Arlington in 2011. He is currently an Assistant Professor with the Department of Computer Engineering, Sunmoon University. His research interests include sensor networks and RFID based object localization.
 Email: jschoi@sunmoon.ac.kr