

손가락 인식을 기반으로 한 로봇청소기 제어기술

유향준* · 목승수* · 김준서* · 백지아* · 고윤석**

Control Technology Based on the Finger Recognition of Robot Cleaners

Hyang-Joon Yoo* · Seung-Su Mok* · Jun-Seo Kim* · Ji-A Baek* · Yun-Seok Ko**

요 약

일반 로봇 청소기의 단점은 정해진 루트에서만 동작하기 때문에 정해진 루트를 벗어난 장소에 대한 청소가 불가능하다. 따라서 본 연구에서는 기존 청소기의 단점을 보완하기 위해 손가락 인식 기술을 기반으로 정해진 루트 이외의 장소를 탐색하기 위한 방향제어 방법론을 연구하였다. 주제어장치로는 라즈베리파이를 사용하였으며 Open CV 프로그램을 이용하여 손가락 개수를 인식할 수 있도록 하였다. 제안된 방법론의 유효성을 검증하기 위해서 파이선 언어를 이용하여 손가락 인식 알고리즘을 구현하였으며, 로지텍 C922를 사용한 결과 90cm에서는 100%, 110cm에서는 70%의 성공률을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

The disadvantage of the general robot cleaner is that it works only on the designated route, so it is impossible to clean the place outside the designated route. Therefore, in this study, the direction control methodology for searching the place other than the designated route based on the finger recognition technology was studied to compensate for the shortcomings of the existing cleaner. Raspberry Pi was used as the main controller and Open CV program was used to recognize the number of fingers. To verify the validity of the proposed methodology, a finger recognition algorithm was implemented using Python language, and as a result of adopting the Logitech C922, the success rate was 100% at 90cm and 70% at 110cm, respectively.

키워드

Finger Recognition, Raspberry Pi, Robot Cleaner, Open CV
손가락 인식, 라즈베리 파이, 로봇 청소기, Open CV

1. 서 론

사물을 직접적으로 접촉하지 않고 통제 할 수 있다면 인류의 삶은 더 편리해 질 수 있을 것이다. 인류는

이 문제에 대한 해결방법으로서 자동화를 고안하였고 이것의 실현을 위해 많은 노력을 기울여 왔다. 특히, 최근 핵가족화 및 맞벌이 부부의 증가로 가사에 투입 할 시간이 줄어들면서 가사노동시간을 최소화할 수

* 남서울대학교

전자공학과(halocolor16@naver.com,dbdlwm11@naver.com,Ktold@naver.com,gksmr8875@naver.com)

** 교신저자 : 남서울대학교 전자공학과

• 접수 일 : 2019. 11. 04

• 수정완료일 : 2019. 12. 25

• 게재확정일 : 2020. 02. 15

• Received : Nov. 04, 2019, Revised : Dec. 25, 2019, Accepted : Feb. 15, 2020

• Corresponding Author : Yun-Seok Ko

Dept. of Electronic Engineering, Namseoul University,

Email : ysko@nsu.ac.kr

있는 가사노동 자동화에 큰 관심이 집중되고 있다.

가사 노동 중 청소는 주변 환경을 깨끗하고 쾌적하게 해주는 작업으로서 가정뿐만 아니라 기업, 공공장소 모든 공간에서 필요한 작업이다[1]. 초창기 청소는 사람이 직접적으로 해왔기 때문에 상당한 노동력이 요구되어 자동화에 대한 수요가 점차 증가하였다. 그리고 청소기에 대한 수요증가와 함께 핵심기술이 개발됨으로서 로봇 청소기가 개발, 보급되어 가사노동을 크게 줄일 수 있었다. 하지만 기본적으로 로봇 청소기는 청소 패턴이 고정 되어 있다는 단점을 가진다[2]. 예를 들어서 로봇청소기는 장소를 지나가고 그 자리로 돌아가기까지는 시간이 걸린다. 즉, 지나간 자리를 더럽히면 다시 청소해야 하는데 청소기에는 패턴이 저장되어 있기 때문에 그 자리로 다시 돌아가려면 상당한 시간이 소비된다. 그렇기 때문에 그 더럽혀진 장소는 사람이 치워야 하거나 로봇 청소기가 돌아오기 전까지 기다려야 한다는 단점을 가진다. 최근, 모션 인식기술은 일부 분야에 적용되어 성공적으로 사용되고 있다. 전자분야에서는 스마트폰에 손동작을 이용해 원거리에서 사진을 찍는 기능, 음악시장에서는 동작 제어 카메라(motion control camera)가 가수의 움직임을 인식해 가수를 따라가거나 그 포즈에 맞게 움직이도록 하는 기능에 적용되어 사용되고 있다[3]. 특히, 4차 산업 혁명시대를 맞이하여 모션 제어 기술의 일환인 손가락 인식기술에 대한 관심이 점차 증대되고 있다[4-5]. 손가락 인식 기술은 사물의 동작을 프로세서가 인식한 후 명령을 주어 오브젝트를 제어 할 수 있는 기술로서 보다 직접적이고 디테일한 제어가 가능하다는 장점 때문에 다양한 분야에서 적용이 기대되며 동시에 기존 청소기의 고정된 공간 추적의 문제점을 보완할 수 있는 기술이다[6].

따라서 본 연구에서는 기존 청소기의 단점을 보완하기 위해 손가락 인식 기술을 기반으로 정해진 루트 이외의 장소를 탐색하기 위한 방향제어 방법론을 연구한다. 라즈베리파이를 주제어장치로 하여 손가락 인식 알고리즘을 적용하고 카메라가 결합된 로봇 청소기에, 손가락을 인식할 수 있도록 설정한 후 로봇 청소기의 모터를 제어함으로써 로봇 청소기의 방향을 제어할 수 있도록 구현한다. 그리고 손가락 인식 알고리즘이 장착된 로봇 청소기를 실험용으로 제작하여 제안된 방법론의 유효성을 검증한다. 로봇 청소기의

실험, 제작 시 케이스 제작은 현실적으로 쉽지 않기 때문에 기존 청소기의 케이스를 이용한다.

II. 손가락 개수 인식 알고리즘

일반적으로 손가락 인식 알고리즘은 색상 검출, 윤곽 그리기(Contour and convex hull drawing), 각도 폭 계산(Angle width calculation) 그리고 손가락 개수 과정으로 구성된다. 그림 1은 손가락 인식 알고리즘의 전체 흐름도를 보인다.

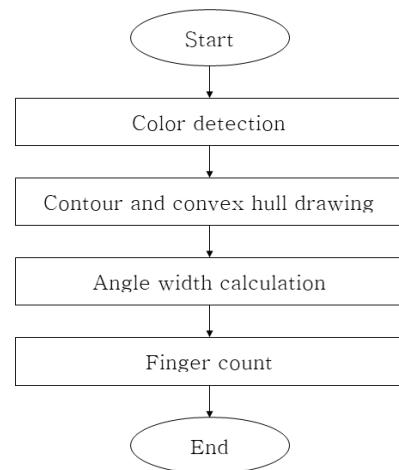


그림 1. 손가락 인식 알고리즘
Fig. 1 Finger recognition algorithm

2.1 색상 검출 알고리즘

일반적으로 Open CV로 사물을 인식하는 방법은 색상 검출이다. 색상 검출 방법으로는 RGB, GRAY, YCRCB, HSV가 있으며 색상 검출을 실험 하였을 때 HSV가 빛의 영향을 덜 받고 벽을 인식하지 않아 인식이 더 좋은 것을 실험을 통해 확인하여 HSV로 선정하였다. HSV 범위를 수치화 하여 H가 0~25, S가 50~255, V도 40~255 수치를 주었을 때 범위 안에 들어 있는 물체는 흰색으로 나머지는 검은색으로 변환한다. 손가락 크기는 사람마다 다르므로 수학적 변수가 많아 우선적으로 색상 검출을 사용하여 그림 2에서 보이는 것처럼 구체적 구분을 가능하게 만들어 인식할 수 있도록 한다[7-8].

그림 2의 (a)와 (b)는 색상 검출 전과 후의 사진을

보이는데, 특히, 그림 (b)는 색상 검출이 이루어진 후의 흑백의 사진을 보인다.



(a) Before hand color detection



(b) After hand color detection

그림 2. 손 색상 검출 전, 후
Fig. 2 Before and after hand color detection

그림 3은 그림 2의 (a)로부터 (b)가 얻어지기까지의 손 색상 추적 알고리즘의 흐름도를 보인다.

2.2 Contour와 Convex hull

Contour는 물체의 경계선을 따라 모든 연속 점을 연결하는 곡선이며, 색이나 강도가 동일하고 형태 분석과 물체 감지 및 인식에 유용한 도구이다. 윤곽선은 임계값 지정 후 발견된 손 이미지의 경계를 따라 그려지는데, 그림 4에 그려진 초록색 선이 그것을 의미한다. Convex hull은 Contour에 연결된 유클리드 공간의 연속 집합이다. Convex hull은 윤곽선 주위에 그려지는데, 그림 4에서 그려진 흰색 선이 그것을 의미한다. Convex hull 내부의 Contour와 Convex hull은 손을 감싸는 봉투 역할을 한다[9].

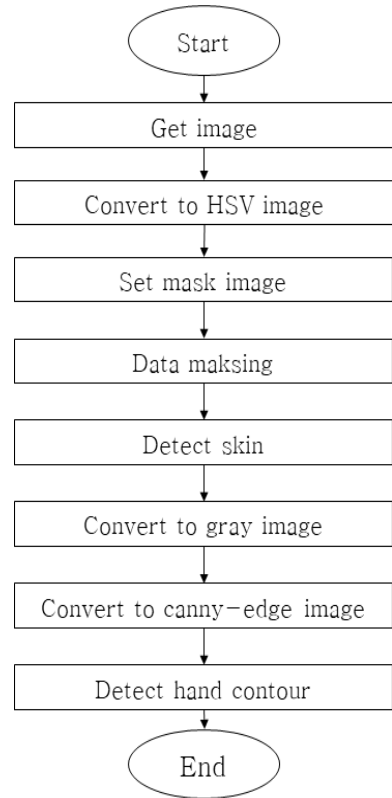


그림 3. 색상 추적 알고리즘
Fig. 3 Color tracking algorithm

2.3 손가락 개수 인식 알고리즘

그림 4는 윤곽선을 그린 손으로 시작점, 먼점, 끝점을 생성하여 이것을 각각 A, B, C 라고 정의한다.

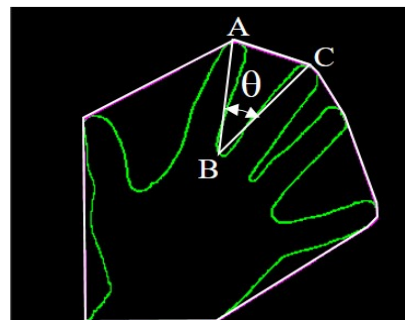


그림 4. 윤곽선에 점 A, B, C, θ 표시
Fig. 4 Show points A, B, C and θ on the contour

그림 4에서 점 A, B 그리고 C로부터 손가락 사이의 세 변의 길이 a, b 그리고 c는 식 (1), (2) 그리고 (3)과 같이 도피할 수 있다. 다음 세 변을 이용하여 손가락 사이의 넓이와 각도를 구하는데 넓이공식으로는 헤론의 공식인 식 (4)와 같이 표시할 수 있고 각도는 코사인 제 2법칙인 식 (5)과 같이 표시할 수 있다[10].

$$a = \overline{AB} = (\sqrt{C-A})^2 + (C'-A')^2 \quad (1)$$

$$b = \overline{BC} = (\sqrt{B-A})^2 + (B'-A')^2 \quad (2)$$

$$c = \overline{AC} = (\sqrt{C-B})^2 + (C'-B')^2 \quad (3)$$

$$D = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-a)} \quad (4)$$

$$\text{Here, } s = \frac{a+b+c}{2}$$

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{b^2+c^2-a^2}{2 \times b \times c}\right) \quad (5)$$

III. 로봇청소기 구성 및 동작 설계

본 논문에서는 제안하는 제작한 로봇 청소기의 제어계 구성은 그림 5에 보인바와 같이 라즈베리파이를 기반으로 하여 모터드라이버, 카메라, 바퀴, 초음파 센서 4개를 로봇 청소기에 결합하여 구성한다.

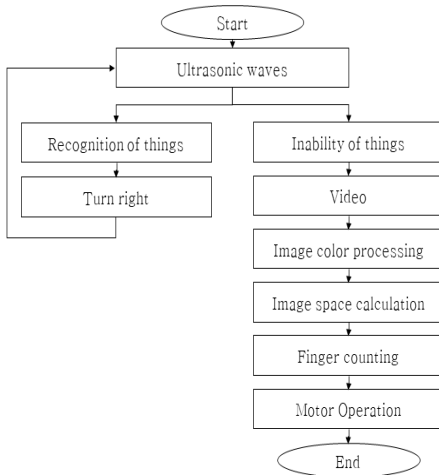


그림 5. 시스템 알고리즘
Fig. 5 System algorithm

로봇 청소기는 기본적으로 하나의 앞 바퀴와 2개의 뒷바퀴를 구동하여 동작한다. 왼쪽방향 회전은 왼쪽 뒤 바퀴 하나로 움직일 때, 반대로 오른쪽 방향 회전은 오른쪽 뒤 하나로 움직일 때 이루어진다. 본 연구에서는 카메라로 하여금 120cm안에서 손가락 개수를 인식하여 한 개일 때 전진, 두 개일 때 우회전, 세 개일 때 좌회전, 네 개일 때 후진 그리고 다섯 개일 때 정지하도록 설계한다.

IV. 실험 및 고찰

본 연구에서는 제안된 손가락 개수 인식을 기반으로 하는 로봇 청소기의 방향제어 방법론에 대한 유효성을 검증하기 위해서 실험용 로봇 청소기를 제작하였다. 로봇 청소기의 실험용 로봇 청소기는 기존 청소기 제품의 하드웨어에 라즈베리 파이와 카메라를 결합하는 방식으로 제작하였다. .

4.1 하드웨어 구상도

그림 6은 실험적으로 제작한 로봇 청소기를 보인다. 라즈베리파이, 초음파 센서, 외부 배터리2개, 바퀴 2개, 모터드라이버, 카메라 등으로 구성된다.



그림 6 청소기 전면 사진
Fig. 6 Cleaner front picture

4.2 Open CV로 손 인식 실험

손가락 사이의 넓이와 각도를 실험하여 표 1에 수치화 하여 나타냈고 가장 인식률이 높은 각도는 90°, 넓이는 30cm²으로 정하여 손가락 개수를 셀 수 있게 하였다. 그림 7은 손가락 개수를 보인다.

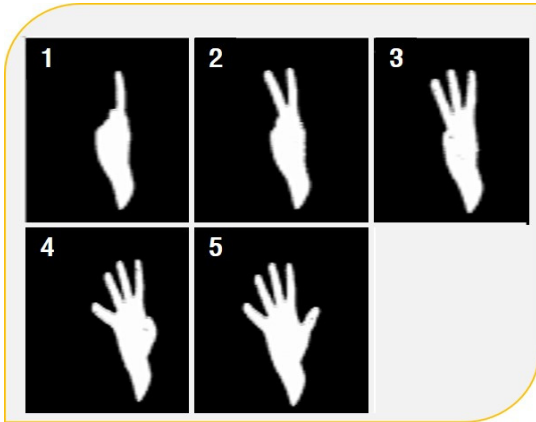


그림 7. 손가락 개수
Fig. 7 Finger counting

표 1. 넓이 각도 인식률
Table 1. Width angle recognition rate

Number	Features		Recognition rate	
	Angle	Area	Angle	Area
1	15°	5cm ²	0%	0%
2	30°	10cm ²	0%	15%
3	45°	15cm ²	0%	25%
4	60°	20cm ²	60%	45%
5	75°	25cm ²	75%	75%
6	90°	30cm ²	80%	100%
7	105°	45cm ²	0%	20%
8	120°	60cm ²	0%	0%

4.3 모터 실험

로봇 청소기에 방향과 속도를 조절하기 위해 모터드라이버를 사용 하였다. 직진 했을 경우 모터의 Duty Cycle은 50, 10ms주기로 파형을 보였고 좌회전, 우회전 시 Duty Cycle은 100으로 일정함을 보였다. 표 2는 손가락 개수에 따른 모터의 출력을 보인다[11].

4.4 카메라 거리별 실험

로봇 청소기의 카메라에 방향 제어를 위한 손가락 개수를 표시하였을 때 거리별 방향 인식률을 수치화하여 표 3에 보인다. 90cm 이내에서는 100%의 인식률을

보임을 알 수 있지만 1m를 초과하는 경우 인식률이 저하됨을 알 수 있다.

표 2. PWM 제어
Table 2. PWM control

Motor Finger	DC motor 1	DC motor 2
0	0V	0V
1	5V	5V
2	0V	5V
3	5V	0V
4	-5V	-5V
5	0V	0V

표 3. 거리 방향별 인식 실험결과
Table 3. Perception experiment results by distance

Direction Distance	Forward	Left	Right	Back	Stop
	30cm	10/10	10/10	10/10	10/10
60cm	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10
90cm	10/10	10/10	10/10	10/10	10/10
110cm	8/10	7/10	7/10	7/10	7/10
130cm	5/10	6/10	8/10	8/10	7/10
140cm	0/10	1/10	2/10	3/10	2/01

표 4. 초음파 거리별 회전 성공 실험
Table 4. Spin success experiment by ultrasonic distance

#	Distance (cm)	Success rate		
		Number of test	umber of success	Success rate
1	25	10	10	100
2	45	10	10	100
3	90	10	8	80
4	130	10	5	50
5	170	10	3	30
6	210	10	1	10

4.5 초음파 거리별 실험

청소기 카메라에 설정한 색상 안에 인식이 안 될 경우 직진하는 것으로 프로그래밍 하였고 만약에 장애물이 있을 경우 그것을 피해야하기 때문에 청소기가 회전하는 실험을 표4로 수치화 하였다[12].

V. 결론

본 논문에서는 정해진 루트에서만 동작하는 로봇 청소기의 단점을 보완하기 위해 불특정한 공간에 대한 청소가 가능하도록 손가락 개수 인식 기능을 기반으로 하는 청소기 방향 제어 방법을 개발하였다. 청소기의 주 제어장치는 라즈베리파이를 활용하였다. 라즈베리파이 기능 중 Open CV를 사용해 HSV H가 0~25, S가 50~255, V도 40~255로 수치화 하여 색상 추적으로 손 인식을 가능케 하였고, 손가락 윤곽선을 그리고 그 사이에 공간을 만들어서 손가락 넓이와 각도에 수치화된 값을 적용함으로써 손만 인식하게 하여 손가락 개수를 읽을 수 있도록 하였다. 또한 초음파 센서를 사용해 장애물이 있을 경우 오른쪽으로 방향을 회전할 수 있도록 하였으며 손가락 개수가 하나인 경우 전진, 둘은 우회전, 셋은 좌회전, 넷은 후진, 다섯은 정지이고 명령을 주지 않았을 때는 전진하며 장애물이 있을 경우 초음파센서로 인해 오른쪽으로 방향을 틀어 방해물을 피한 뒤 계속 청소작업을 진행할 수 있도록 하였다.

본 논문에서 제안된 방향제어 방법론은 사람의 움직임의 최소를 시켰고 청소작업의 편리성과 효율성을 훨씬 더 증가시켰다. 그러나 실험을 통해서 손가락 인식 거리가 110cm가 넘는 경우 인식이 급격하게 저하됨을 확인할 수 있었다. 따라서 차후에는 보다 고성능의 카메라를 채용하여 인식거리를 3m이상으로 확장하는 연구와, 음성 인식 시스템을 추가하여 직접적으로 움직이지 않고 간접적으로 음성만으로 로봇 청소기를 제어함으로써 더욱더 편리하고 효율성이 높여진 청소기 개발 연구가 추진될 필요가 있다.

References

[1] S. Kim "A Study on the Effect of Cleaning Condition on Cleaning," Master Thesis,

Kangwon University, 2005.

- [2] W. Jang, J. Lee, and G. Ryu, "Development of Navigation Sensor for Robot Cleaning," *Robots and Humans*, vol. 12, no. 2, 2015, pp. 26-32.
- [3] Y. Kim, "Gesture Recognition System for Robot", Master Thesis, *Daegu University*, 2008.
- [4] J. Byun, "A Study of The 4th Industrial Revolution's Impact on Cultural Industry," *Culture Industry Research*, vol. 17, no. 3, 2017, pp. 109-118.
- [5] W. Jung, "A Study on Multi-Legged Robot Control Method and Real-Time Autonomous Walking using Hand Posture Recognition," Master Thesis, *Dongmyung University*, 2010.
- [6] D. Lee, D. Shin, and D. Shin, "Research on the Finger Counting Method for Gesture Recognition," *J. of Internet Computing and Services*, vol. 17, no. 2, 2016, pp. 29-37.
- [7] F. Gasparini and R. Schettini, "Skin Segmentation Using Multiple Thresholding," *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, vol. 6061, Internet Imaging VII, San Jose, California, USA. Jan. 2006.
- [8] S. Chae and K. Jun, "HSV Color Model based Hand Contour Detector Robust to Noise," *Journal of Korea Multimedia Society*, vol. 18, no. 10, 2015, pp. 1149-1156.
- [9] P. Nayana and K. Sanjeev "Implentation of Hand Gesture Recognition Technique for HCI Using Open CV," *International Journal of Recent Development in Engineering and Technology*, vol. 2, no. 5, 2014, pp. 17-21.
- [10] K. Manikandan, A. Patidar, P. Walia, and A. Roy "Hand Gesture Detection and Conversion to Speech and Text," *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, vol. 120, no. 6, 2018, pp 1347-1362.
- [11] J. Park, J. Shin, S. Ahn, H. Lim, and Y. Ko "Design and Making of a Buck Converter For Smart Phone Wireless Charging," *J. of the*

Korea Institute of Electronic Communication Sciences, vol. 12, no. 4, 2017, pp. 607-614.

- [12] J. Choe, I. Choy, and W. Cho "Study on the Development of Multi-Agents Position Tracking System Using Ultrasonic Transducers," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 5, 2017, pp.725-731.

저자 소개



유향준(Hyang-Joon Yoo)

2014년 3월~ 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중
※ 주 관심분야 : 반도체 응용



목승수(Seung-Su Mok)

2014년 3월~ 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중
※ 주 관심분야 : 논리 회로



김준서(Jun-Seo Kim)

2014년 3월~ 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중
※ 주 관심분야 : 센서 응용



백지아(Ji-A Baek)

2016년 3월~ 남서울대학교 전자공학과 4학년 재학 중
※ 주 관심분야 : 반도체 응용



고윤석(Yun-Seok Ko)

1984년 2월 광운대 공대 전기공학과 졸업(공학사).
1986년 2월 광운대 대학원 전기공학과 졸업(석사).

1996년 2월 광운대 대학원 전기공학과 졸업(공학박사).
1986년~1996년 한국전기연구소 선임연구원.
1996년~1997년 포스코 경영연구소 연구위원.
1997년~현재 남서울대학교 전자공학과 교수.
2012년~2013년 University of Utah 방문교수
※ 관심분야 : 전력시스템 자동화, 배전자동화, 스마트그리드, 주택자동화, 인공지능, 로봇제어

