

수건 접는 로봇의 효율적 설계 및 개발

정용열† · 김지훈†† · 이준원†† · 조기훈†† · 박해철†† · 이영준†
† 한국교원대학교 · ††경기북과학고등학교

The Efficient Design and Development of the Towel Folding Robot

Ungyeol Jung† · Ji-Hoon Kim†† · Jun-Won Lee†† · Gi-Hoon Jo†† ·
Hye-Chul Park†† · Young-Jun Lee†

† Korea National University of Education · ††Gyeonggi Buk High School

요 약

목욕탕, 호텔과 같이 다량의 수건이 사용되는 곳은 빠르게 수건을 개기 위해서 수건을 접는 로봇을 사용한다. 그러나 기존의 수건을 접는 로봇은 사람이 수건을 일일이 일정한 형태로 정렬을 해주어야 하고 복잡한 구조로 인해 부피가 크다는 단점이 존재한다. 본 연구에서는 기존의 수건 접는 로봇보다 구조가 간단하고 부피가 작으며, 임의로 투입된 수건을 자동으로 정렬하는 로봇을 개발하였다. 특히 래과 피니언을 이용한 수직운동과 컨베이어 벨트의 수평운동을 이용한 수건 접기 방식을 통해 로봇의 부피를 획기적으로 줄일 수 있었다. 또한 영상처리 과정을 통해 수건의 각 꼭짓점의 좌표를 실시간으로 트래킹 하여 모든 수건 접기 과정을 자동화하였다. 본 연구의 결과로서 강체가 아닌 유동성을 가진 수건을 정렬하는 방법을 개발하였으므로 향후 연구를 통해 여러 가지 물체들을 정렬하는데 응용될 수 있을 것이라 기대된다.

1. 서 론

빨래 접기는 빨래의 전 과정 중 가장 많은 시간과 노력이 필요한 과정이다. 그럼에도 불구하고 빨래를 빨아주는 것과 말려주는 장치가 완벽히 자동화가 된 것과는 달리, 빨래 접는 기계는 사람들이 하나하나 정렬하여 넣어주어야만 빨래를 접을 수 있다는 단점이 존재한다[1]. 본 연구에서는 영상인식을 사용하여 무작위로 들어온 수건의 상태를 확인하고 정해진 형태로 정렬한 뒤 수직으로 움직이며 수건을 접어주는 장치를 고안하여 접기의 자동화와 모델의 간소화를 통해 기존의 수건 접기 기계보다 효율적인 수건 접기 로봇을 개발하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 이진화

이진화 영상이란 모든 픽셀을 흑과 백으로만 표현하는 영상을 말한다. 영상의 이진화는 어떤 경계값을 기준으로 낮은 값을 가지는 픽셀은 흑, 높은 값을 가지는 픽셀은 백으로 만드는 과정이다. 이진화된 영상은 영상안에 포함된 물체의 특징을 검출하는데 사용된다[2]. 본 연구에서는 OpenCV 라이브러리 함수 중 cvCvtColor()를 통해 카메라로 얻은 영상을 이진화하고자 하였다.

2.2 경계 추출

경계 추출이란 이진화된 영상에서 흑과 백의 경계값의 변화를 인식하고 윤곽선을 추출하는 과정을 말한다[2]. 본 연구에서는 cvCanny()를 이용하여 이진화된 영상의 경계를 추출하고자 하였다.

2.3 마커 추출

마커 추출이란 이진화 영상의 변화량이 큰 부분을 특징점으로 정의하고 이를 추출하는 과정을 말한다[2]. 본 연구에서는 cvGoodFeatures To Track() 함수를 이용하여 특징점, 즉 마커들을 추출한다. 이를 통해 마커들 중 꼭짓점을 표시하는 마커들을 선별하고자 하였다.

3. 연구 방법 및 내용

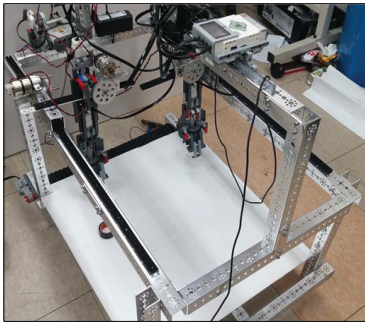
3.1 로봇의 실행 과정

수건을 접기 위해서는 수건이 일정한 형태로 투입되어야 한다. 따라서 수건을 정렬해주는 과정이 선행되어야 한다. 정렬 장치에서 수건이 정렬된 후 수건이 캐터필러를 통해 접기 장치로 이동하게 된다. 이후 접기 장치로 들어갈 때 빛 센서를 사용하여 수건의 길이를 측정한다. 이는 길이를 측정하는 이유는 수건의 중앙을 들어올리기 위함이다. 수건의 중앙을 들어 올린 후 천천히 내리면서 캐터필러를 앞뒤로 움직여 수건을

접어준다. 이렇게 접힌 수건을 캐터필러를 통해 밖으로 빼낸다.

1.2 정렬 장치의 하드웨어 설계

무작위로 놓여있는 수건을 펴는 것이 이 장치의 목적이다. 랙과 피니언을 사용하여 2차원으로 움직일 수 있고 상하로 움직일 수 있는 집게 두 개로 이루어져 있어 인식된 수건의 형태의 가장자리를 잡을 수 있고 롤러를 통해 수건을 펼 수 있다. 집게는 EV3 Medium Motor 와 Linear Actuator를 이용해 제작을 한다. 수건을 정렬하고 정렬이 다 된 후 수건을 접기 장치로 이동시키기 위해 캐터필러 또는 밴드 구조가 사용된다 [3].



[그림 1] 수건 정렬 장치



[그림 2] 집게

1.3 정렬 장치의 소프트웨어 설계

정렬 장치에서 수건의 꼭짓점을 추출하는 작업은 수건 정렬을 위한 필수 과정이다. 수건은 강체가 아니므로 꼭짓점의 위치가 항상 변하게 되는데 이 꼭짓점을 추출해내기 위해서는 영상처리 과정이 필요하기 때문이다[2].

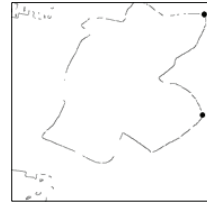


[그림 3] 수건의 초기 상태(예시)

영상처리 과정은 이진화 - 경계 추출[그림 4] - 마커 추출[그림 5] - 마커 필터링의 절차로 이루어진다. 이진화는 OpenCV 라이브러리 중 cvCvtColor() 함수를 통해 이루어지며, 카메라로 얻은 영상을 흑, 백 영상으로 전환하는 과정이다.



[그림 4] 경계 추출

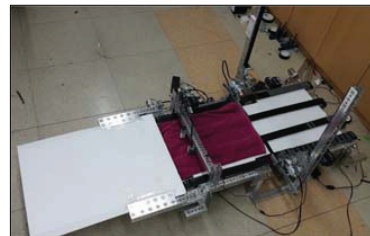


[그림 5] 마커 추출

경계 추출은 cvCanny() 함수를 이용하여 구현할 수 있으며, cvGoodFeaturesToTrack() 함수를 이용하면 특징적인 마커들을 추출할 수 있다. 이때 여러 마커들 중 꼭짓점을 표시하는 마커들을 선별해야 하는데, 꼭짓점 선별 알고리즘으로 내적을 이용하여 세 점 사이의 각을 측정하는 방법을 사용했다. 이 과정의 경우 모든 마커들의 사잇각을 측정하여 세 점 사이의 각이 90°와 가장 유사한 마커 3개를 선별한 뒤 세 점과 인접한 마커들과의 유사도를 비교, 분석하는 방식을 사용하였다.

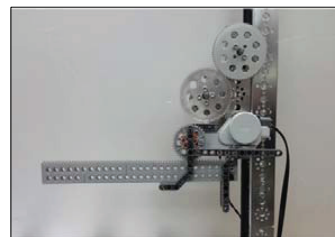
1.4 접기 장치의 하드웨어 설계

접기 장치는 캐터필러 4개를 사용하여 수건을 이동시키고, 수건 진입부에 달린 빛 센서를 통해 수건의 길이를 측정할 수 있도록 설계하였다.



[그림 6] 접기 장치

또한, 랙과 피니언을 사용하여 수건을 들어 올릴 수 있도록 하였는데, 이는 구조를 간소화시키는 효과를 가져왔다. 접기 장치의 양쪽 끝에 배치된 캐터필러는 수건을 장치 중앙으로 이동시키고, 이후 랙과 피니언을 이용해 수건을 들어 올리게 된다.



[그림 7] 랙과 피니언

1.5 접기 장치의 소프트웨어 설계

접기 장치의 핵심 알고리즘은 수건의 중심이 접기 장치의 중앙에 오게 하는 것이다. 길이가 다양한 수건들의 중심부를 접기 장치의 중심으로 오게 하려면 특별한 계산 알고리즘이 필요하다.

본 연구에서는 수건이 접기 장치로 진입하면 빛 센서를 통해 이를 인식하고, 수건이 인식된 시간과 캐터필러의 속도를 통해 수건의 전체 길이를 알아내는 계산 알고리즘을 개발하였다. 이를 통해 수건의 길이의 절반 값과 접기 장치의 빛 센서부에서 중심부까지 거리의 차만큼 캐터필러를 움직이면 수건은 접기 장치의 중심에 위치하게 된다. 이후에 랙과 피니언 구조의 수직 운동과 캐터필러의 수평 운동을 조합함으로써 수건을 접는데 성공할 수 있었다.

4. 연구결과

본 연구에서는 임의의 상태로 투입된 수건을 일정하게 정렬하는 과정 및 접기 과정을 수행하는 로봇을 개발하였다. 본 연구에서 개발한 로봇의 크기는 <표 1>과 같으며, 선행 연구에서 개발한 로봇(FABTFM, Fully Automatic Bath Towel Folding Machine)의 크기는 <표 2>와 같다[4].

<표 1> 개발한 로봇의 크기

단위(M)	정렬장치	접기장치
길이	1.6	0.86
너비	0.68	0.49
높이	0.70	0.80

<표 2> 선행 연구에서 개발한 로봇의 부피

단위(M)	전체
길이	3.1
너비	1.315
높이	1.4

따라서 본 연구에서 개발한 로봇은 선행 연구에서 개발한 로봇의 크기에 비해 작으며, 이에 따라 공간 효율성을 증진시킬 수 있을 것이라 기대한다.

5. 결론 및 제언

이미 수건을 접어주는 상용화된 장치가 존재한다. 그러나 본 연구에서 개발한 로봇과 본질적으로 다른 메커니즘을 활용한다[5]. 특히, 임의의 상태로 투입된 수건을 정렬하는 ‘수용기’와 유사한 기능에 대한 특허는 존재하지 않았다. 대부분의 접기장치만을 고려하고 있

으므로 사람이 직접 수건을 직사각형에 가까운 형태로 만들어 로봇에게 투입하는 형식이었다. 본 연구에서 개발한 로봇은 선행 연구에 비해 더 작은 자유도에 기반을 두고 있으므로 부피 감소와 가격 절감이 기대된다.

또한, 선행 연구를 통해 상용화된 로봇은 인간의 투입이 가정된 반자동화 방식을 채택하였다[6]. 그럼에도 불구하고 호텔과 찜질방 등 숙박업소나 세탁업소, 미용실 등에서 니즈가 작지 않다[7]. 이에 반해 본 로봇은 완전 자동화 방식이므로 세탁 과정의 효율성을 높일 것으로 기대된다.

본 연구에서 만들어진 로봇은 특별한 소모품이 없으므로 유지보수 가격이 적다는 장점이 있다. 본 로봇 제작에 따른 비용구조는 제작 과정에서만 발생한다. 단, 본 로봇은 선행 연구에 비해 하드웨어적으로 많은 양의 모터가 필요한데, 이것은 수건을 접기 위해서 필요한 최소 자유도를 가지더라도 어쩔 수 없이 발생하는 필수적인 비용이다. 또한 수건 꼭짓점의 위치 파악을 위해 카메라가 필요하며, 마지막으로 접기 과정에서 발생하는 마찰에 의해 캐터필러가 마모되는 문제를 피할 수 없는 단점이 있다. 이와 관련하여 제품의 사용 횟수와 마모도 사이의 관계를 분석하는 후속 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] 조준상, 김상원 (2014). 수건 접이 장치. 국내 특허, 10-2014-0076933.
- [2] G. B. Garcia et al..(2015). *Learning Image Processing with OpenCV*. Birmingham: UK, PACKT.
- [3] 정웅열, 김제현, 김한나, 오재영, 유재훈 (2015). 무작위로 투입된 도미노의 자동 정렬에 관한 연구. 한국컴퓨터교육학회 동계학술발표대회논문집, 19(2), 179-184
- [4] Fully Automatic Bath Towel Folding Machine (2017). <http://tzgx001.en.made-in-china.com>.
- [5] J. L. Scheu, J. B. Wilson (1957). Towel folding machine. 국외 특허 US3003760 A.
- [6] Steiner George A (1927). Towel folding machine. 국외 특허, US1618391 A.
- [7]倪祥, 蔡沈剛, 蔡輝, 費石繁, 陸軼峰, 陳宏 (2012). Automatic adjusting device for folding thickness of towel in towel folding machine. 국외 특허, CN202430554 U.