

차량용 크래쉬패드 스티치 비전검사 자동화를 위한 스티치 검출 방법에 대한 연구

정쉬엔보, 장방웨이¹, 김진곤¹, 손동일², 최동혁², 최완규², 서재봉³, 강성민³, 윤현중^{1*}

¹대구가톨릭대학교 기계자동차공학부

²KBI동국실업(주), ³덕진(주)

e-mail: yoon@cu.ac.kr

Stitch Detection Methods for the Vision Inspection System of Vehicle's Crash Pads

X.B. Zheng¹, B. Zhang¹, J.G. Kim¹, D.I. Son², D.H. Choi²

W.G. Choi², J.B. Seo³, S.M. Kang³, H.J. Yoon^{1*}

¹School of Mechanical & Automotive Engineering, Daegu Catholic University

²KBI Dongkook Ind. Co. Ltd, ³Duckjin Co. Ltd,

요약

고급 차량의 경우 크래쉬패드(crash pad)에 스티치를 넣은 가죽을 감싸 고급감을 높이기도 한다. 최근 고급감은 높이면서 비용을 절감하기 위하여 미리 성형된 인조 가죽 스킨에 스티치를 넣은 후 크래쉬패드 코어에 압착하는 IMG-S(In Mold Grain-Pre Stitch) 공법이 개발 중에 있다. 본 논문은 IMG-S 공법으로 제작되는 인조 가죽 스킨의 스티치 품질을 검사하기 위한 자동 비전검사시스템 개발을 위하여 비전 센서를 이용한 스티치 검출 방법을 다루고 있다. 비전검사시스템은 스티치 공정설비에 설치되어 스티치 공정이 이루어지는 중에 실시간으로 품질 상태를 검사할 수 있다. 특히 외부 조명, 장비의 진동의 비정형 환경에 강건한 실시간 스티치 검출 방법을 제시한다.

Abstract

In many cases, a luxury vehicle's crash pad is wrapped in a leather skin with stitches to enhance emotional high-quality sensibility. Recently, IMG-S (In Mold Grain-Pre Stitch) operation is newly being developed, in which stitches are applied on the pre-formed artificial leather skin, so as to reduce costs by removing wrapping process. This paper presents the stitch detection method for a vision inspection system of the crash pad produced by IMG-S process. The vision inspection system is installed in the stitch machine so that it can detect defects of the stitches on crash pads in real time during stitching process. This paper proposes a machine vision algorithm robust to external lighting and vibration of the stitch machine.

Keywords : Machine Vision, Inspection, Crash Pad, Stitch, Vehicle

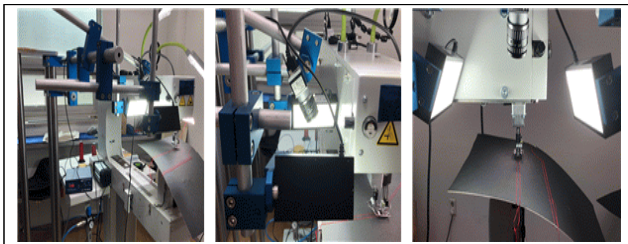
1. 서론

크래쉬패드는 운전석 및 조수석의 승객이 사고 등으로 인해 충돌할 경우 승객을 최대한 안전하게 보호하는 역할을 한다. 고급 차량의 경우 크래쉬패드에 감성적으로 고급스러움을 더하기 위하여 스티치를 넣은 가죽으로 크래쉬패드를 감싸기도 한다. 그러나 가죽에 스티치를 넣는 스티치 공정과 가죽 감싸기 공정은 수작업으로 진행되기 때문에 비용이 많이 소요된다는 단점이 있다. 최근 중형급의 차량에서도 내장의 고급화 추세에 따라 고급스러우면서도 공정 비용이 저렴한 IMG-S 공법이 개발되고 있다. IMG-S 기술은 인조 가죽 스킨을 미리 성형한 후 스킨 표면에 스티치 공법을 적용하고 스

킨과 크래쉬패드 코어를 압착하여 크래쉬패드를 제작하는 기술이다. 가죽 감싸기 공정이 필요 없어 공정 비용 절감 효과가 있으나 크래쉬패드 형상으로 성형된 굴곡이 있는 스킨에 스티치 작업을 해야 하므로 작업자의 높은 숙련도가 요구되며 불량률이 많이 발생한다는 문제가 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 IMG-S 공법에서 스킨에 스티치 작업을 할 때 실시간으로 스티치의 품질을 검사하는 머신비전 시스템 [1]을 개발 중에 있다. 머신비전 시스템의 카메라와 조명은 스티치 공정설비에 바로 부착되어, 스티치 공정을 진행하면서 실시간으로 스티치의 품질을 검사할 수 있다. 본 논문에서는 외부 조명, 스티치 설비의 진동 등의 외란에 강건한 스티치 검출 알고리즘을 제시하는 것을 목적으로 한다.

2. 비전검사시스템 및 개발환경

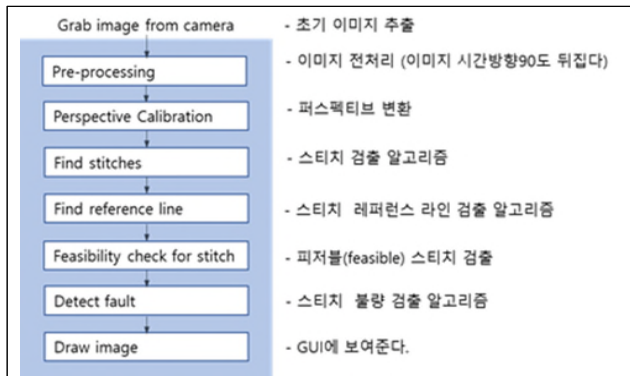
스티치 검사를 위한 비전 센서 및 조명은 그림 1에 보여 지듯이 스티치 공정설비에 부착되었다. 비전 센서인 카메라는 스티치 공정설비의 스티치 바늘을 기준으로 스킨의 출구쪽에 설치되어 스킨에 스티치 작업을 한 직후의 영상을 실시간으로 추출할 수 있도록 하였다. 그러나 스티치 공정설비의 간섭으로 비전 센서는 수직방향으로 설치되지 못하고 수직방향에서 사선 방향으로 설치되었다. 조명은 외부조명의 영향을 최소화 하고 그림자에 의한 간섭을 최소화하기 위하여 두 개의 조명을 설치하였다. 카메라는 Basler사의 모노타입 카메라인 acA1600-20um을, 렌즈는 Tokina사의 FA1602D를 사용하였다. 머신 비전 검사 알고리즘 구현을 위한 소프트웨어는 Microsoft Visual Studio C++를 사용하였으며, 카메라로부터 영상 취득을 위하여 Basler Pylon SDK ver. 5.0을, 취득 영상의 처리를 위하여 OpenCV ver. 3.4.1[2]을 사용하였다.



[그림 1] 머신 비전 품질검사 시스템 설치 사진

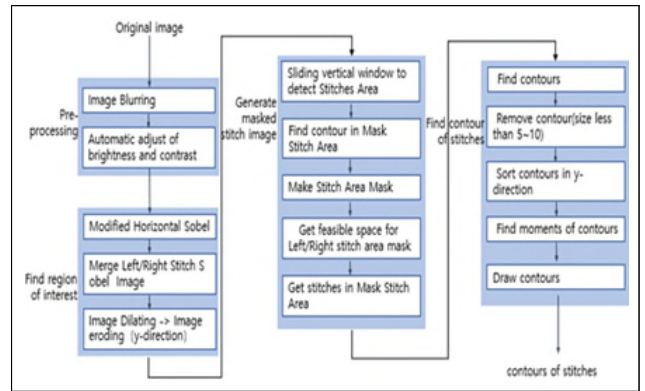
3. 스티치 검출 방법

그림 2는 개발된 머신비전 알고리즘의 개략적인 흐름을 보여준다. 크게 보면 이미지 전처리, 스티치 및 레퍼런스 라인 검출, 피저블(feasible) 스티치 판별, 스티치의 양/불량을 결정과정으로 구성되어 있다.



[그림 2] 머신 비전 알고리즘

이미지 전처리 과정에서는 카메라를 통해 취득된 영상에서 이미지를 추출하고 이미지의 관심 영역[3]을 설정한다. 본 논문의 대상물의 경우 1인치에 6개의 스티치가 들어가며 영상의 관심영역 범위를 2인치로 설정하였다. 또한 외부 조명 효과를 최소화 하기 위하여 자동으로 영상의 명암과 대비를 조정하도록 하였다. 전 장에서 언급했듯이 스티치 설비에 카메라 설치 시 공간적 제약으로 대상물의 수직 방향으로 카메라 설치가 불가하여 수직 기준 35도로 기울여 설치되었다. 이로 인한 이미지 왜곡 문제를 해결하기 위해 퍼스펙티브 캘리브레이션을 적용하였다[4]. 먼저 사전에 제작된 교정지를 이용하여 카메라 영상의 왜곡 캘리브레이션을 수행하고, 이후에는 저장된 퍼스펙티브 변환 파라미터 값을 이용하여 자동으로 수행된다.



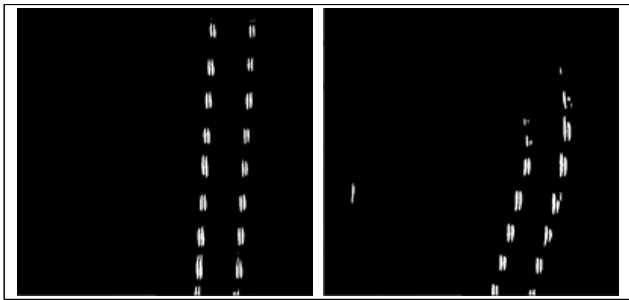
[그림 3] 스티치 검출 알고리즘

스티치 검출 프로세스는 크게 스티치 영역을 특정하기 위한 마스크를 생성하는 부분과 마스크 내에서 스티치의 컨투어를 찾는 부분으로 나뉘며 그림 3과 같은 절차를 통해 이루어진다.

스티치 검출을 위해서 제일 먼저 영상을 블러(blur)처리를 한다. 스티치 검출에서 블러링은 꽤 중요한 역할을 하는데, 스티치의 형태는 유지하면서 스티치의 경계를 일부러 흐릿하게 만들 정도로 블러링 커널을 크게 잡는다. 스티치 머신의 진동으로 영상이 흔들리거나 크래쉬페드의 굴곡으로 인해 포커싱이 제대로 맞지 않아 영상이 흐릿한 경우가 있는데, 블러링은 이러한 외부 요인에 강건하게 이미지를 처리할 수 있도록 도와준다.

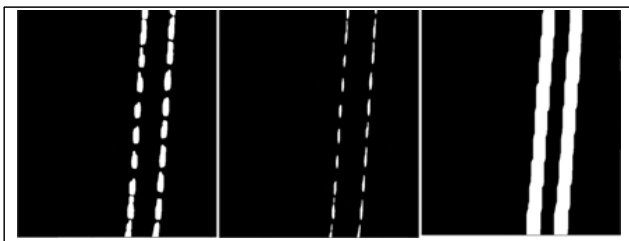
스티치 검출에서 가장 중요한 부분 중 하나는 스티치 아닌 부분이 흠집, 빛의 반사, 그림자 등 다양한 이유로 스티치로 검출되는 것을 방지하는 것이다. 이를 위하여 스티치가 있는 영역만 정교하게 마스크로 만들어 실제 스티치만 검출하는 기술이 요구된다. 블러링된 이미지에서 소벨(sobel) 미분을 이용하여 스티치의 경계를 추출한다. 소벨 미분은 일반적으로 이미지에서 경계값을 검출하는데 사용되며, 본

연구에서는 스티치의 경계선을 검출하는데 이용되었다. 본 연구에서는 횡방향의 소벨 미분값만 사용하여 횡 방향의 경계값만 검출하였으며, 좌에서 우방향과 우에서 좌방향으로 두 번의 소벨 미분을 적용하여 스티치의 좌, 우의 경계를 모두 검출하였다. 소벨을 적용한 예는 그림 4와 같다. 이때 노이즈의 경계도 함께 검출될 수 있으며, 이는 이후 스티치 마스크를 구하는 과정에서 제거된다.



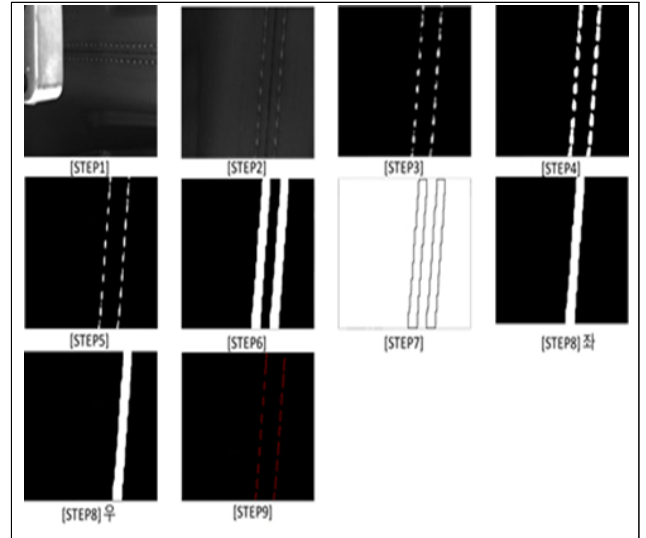
[그림 4] 소벨 적용 예

소벨 미분으로 검출된 스티치의 경계를 이용하여 두 줄의 스티치 영역을 대표하는 스티치 마스크를 만든다. 소벨 미분으로 검출된 스티치 경계에 팽창 및 침식을 이용하여 스티치 근처의 노이즈를 제거하면서 스티치 영역을 점차적으로 확장해 나간다. 특히 중방향으로 팽창을 하여 최종적으로 두 개의 스티치 영역을 구성하도록 한다. 그런 다음 컨투어링으로 두 개의 스티치 영역을 검출하는데, 이 때 노이즈로 이루어진 상대적으로 크기가 작은 영역들을 제거할 수 있다. 그림 5는 스티치 마스크를 생성하는 과정을 보여준다.



[그림 5] 스티치 마스크 생성 과정 예

스티치 마스크 생성 후 전처리된 영상 이미지와 스티치 마스크를 결합하여 노이즈가 제거된 스티치만 검출이 가능하다. 노이즈가 정교하게 걸러진 상태에서 스티치는 컨투어링을 함으로써 간단히 검출이 가능하게 된다. 검출된 스티치 중 중복으로 검출된 경우나 잘못 검출된 경우를 제거하여 최종적인 스티치를 찾을 수 있다. 그림 6은 이와 같은 스티치 검출 과정을 보여준다.



[그림 6] 전체 스티치 검출 과정

4. 실험 결과

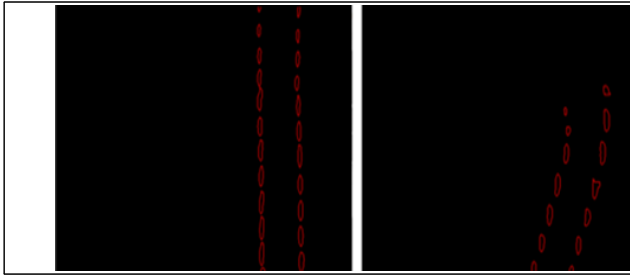
제안된 스티치 검출 알고리즘의 성능을 테스트 하기 위하여, 실제 스티치 공정설비에서 취득한 비디오 영상 20여 개를 가지고 테스트를 해 보았다. 각 영상은 스킨 1개에 스티치 공정을 수행하는 약 1분 가량의 영상으로 이미지 처리 시간을 고려하여 초당 5프레임으로 저장되었다.

그림 7은 직선 및 곡선의 스티치들을 성공적으로 검출한 사례를 보여준다. 전 장에서 설명되었듯이 비전검사를 위하여 별도의 조명과 환경을 조성하여 구성되는 일반적으로 비전검사시스템과 달리 본 연구에서는 스티치 공정 장비에서 실시간으로 검사를 진행하기 때문에 취득된 영상이 조명 및 진동 등의 영향을 받는다.

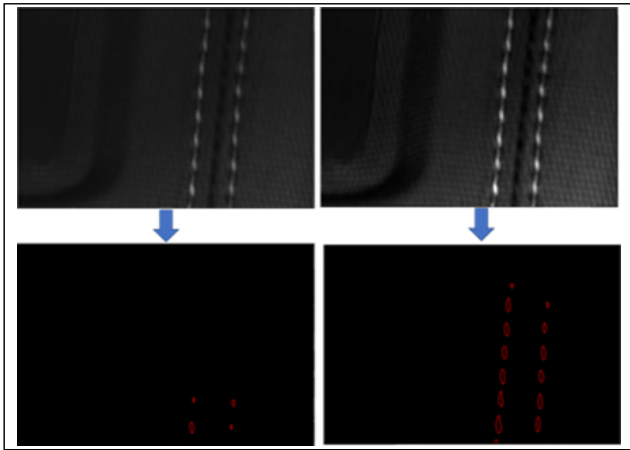
먼저 외부 조명의 영향을 최소화하기 위하여 하드웨어적으로는 스티치 공정 설비에 별도의 듀얼 LED 조명을 부착하였으며, 소프트웨어적으로는 취득 영상의 명암과 대비를 자동으로 조절할 수 있는 기능을 추가 하였다. 영상의 명암값과 대비값은 수차례 수행된 실험을 통해 스티치가 가장 안정적으로 검출될 수 있는 값으로 조절될 수 있도록 하였다. 그림 8에서 보면 좌상단이 원본 이미지로 상대적으로 어두워 스티치 검출이 제대로 되지 않았다. 우상단의 이미지는 원본 이미지의 명암 및 대비를 자동으로 조절한 이미지로, 스티치 검출이 적절히 됨을 볼 수 있다.

또 하나의 해결해야 하는 기술 이슈 중 하나는 스티치 설비의 진동으로 인해 취득 영상이 흔들릴 수 있다는 점이다. 또한 스티치 공정 중에 스킨의 들뜸으로 카메라의 초점이 맞지 않아 취득 영상이 흐릿하게 취득되는 경우도 빈번히 있다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 취득 영상을 줌

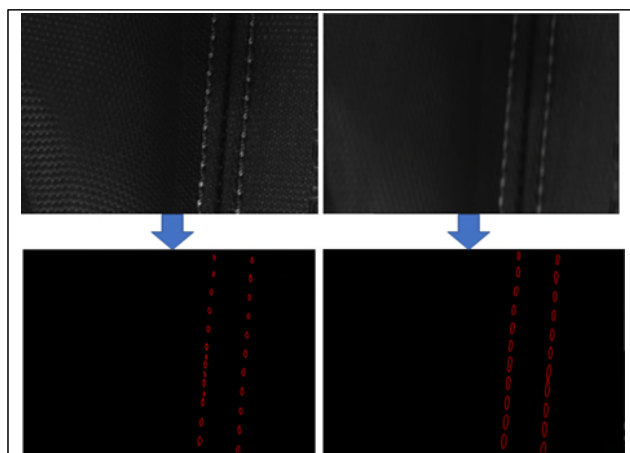
더 선명하게하기 보다, 취득 영상에 블러링을 더하여 오히려 더욱 흐릿하게 한 후 스티치를 검출할 수 있는 알고리즘을 개발하였다. 그림 9에서 좌상단의 이미지는 초점이 잘 맞는 이미지이며, 우상단의 이미지는 초점이 잘 맞지 않은 이미지이다. 두 경우 모두 스티치가 적절히 검출되는 것을 알 수 있다.



[그림 7] 직선 및 곡선 스티치 검출 예



[그림 8] 환경에 따른 스티치 검출 이미지



[그림 9] 초점이 잘 맞는 경우와 잘 맞지 않은 경우 스티치 검출 예

본 논문에서는 차량용 크래쉬패드의 스티치의 머신비전 검사시스템을 위한 스티치 검출 방법 및 알고리즘을 제시하였다. 스티치 머신비전 검사시스템은 스티치 공정에 비전 센서가 부착되어 실시간으로 검사를 진행하는 것을 목표로 하고 있으며, 외부 조명의 간섭 문제, 스티치 설비의 진동 문제 등의 해결해야 할 문제를 가지고 있었다. 본 논문에서는 실시간 머신비전 검사시스템의 구현을 위하여 이와 같은 문제점을 최대한 해결할 수 있는 스티치 검출 방법을 제시하였다. 스티치 공정 현장에서 취득한 영상으로 테스트한 결과 안정적으로 스티치 검출이 가능함을 알 수 있었다.

감사의 글

본 논문은 산업통상자원부가 지원한 경제협력권사업육성 사업으로 지원을 받아 수행된 연구 결과임(과제번호: P0002148)

참고문헌

- [1] 인봉수, “머신비전 시스템 개요” 한국포장협회, 제160권, pp. 52-63, 2006년.
- [2] S. W. Kang, S. Y. Lee, and J. W. Park, “File Image Processing Using OpenCV”, 한국콘텐츠학회, 제 1권 1호, pp. 79-82, 5월, 2009년.
- [3] 이찬호, 정대균 “차선 인식을 위한 적응적 도로 관심영역 결정 알고리즘”, 전자공학회논문지, 제 51권 1호, pp. 116-125, 2014년.
- [4] 김진호, “카메라기반의 왜곡이 보정된 흑백 문서 영상 생성”, 한국콘텐츠학회, 제 15권 11호, pp. 18-26, 2015년.

5. 결론