

배터리 교체형 전기자동차의 배터리 위치좌표 획득을 위한 영상처리기술 검증

論 文

11-2-5

Replaceable battery electric car's battery location coordinates image processing techniques for obtaining verification

김 응 필*, 정 원 재, 김 정 윤, 박 준 석, 김 태 희

Eung-Pil Kim, Won-Jae Jung, Jeoung-Youn Kim, Jun-Seok Park, and Tae-Hee Kim

Abstract

In this paper describe configuration about QCM system for image processing device. It presents that QCM's image processing board video from the camera recognized by the PLC's battery removable exact location coordinates to the robot image processing technology to deliver. In addition, QCM video image processing technology for improved data reliability is described. In this paper define the landmarks of battery for obtaining the location coordinates and verify battery the location coordinates acquisition process from field tests of the QCM/QTPE-BUS Battery Exchange System.

Keywords : QTPE-BUS(Quick Top Pick-up BUS), QTP(Quick Top Pick), QCM(Quick Change Machine), Image processing, Battery exchange

I. 서 론

최근 지구 온난화 등의 환경문제로 이산화탄소 배출량 규제 강화, 화석연료 고갈 및 고유가 문제 등에 대처하기 위해 전기자동차의 개발 및 보급이 증대되고 있다. 전기자동차의 개발과 함께 상용화 및 보급을 위해서는 전기자동차의 충전인프라 구축이 선행되어야 한다. 충전인프라의 구축 여부가 전기자동차의 보급 및 활성화에 필수적인 요소로 부각되고 있고, 결과적으로 충전인프라를 먼저 구축하는 국가가 경제적인 이득은 물론 시장 지배력을 확보할 것으로 예상된다. 그러나 인프라 구축 및 제도 정비가 신속하게 이루어지지 않아 전기자동차 보급 시기가 지연되고 있는 것이 현실이다[1-2].



그림 1. QCM/QTPE-BUS 배터리 교환 시스템
Fig 1. QCM/QTPE-BUS Battery Exchange System

현재 전기자동차 교통안전 융합체계 기술개발 연구단은 그림 1과 같이 기존 CNG버스 상부에 배터리를 탑재할 수 있는 전기버스(QTPE-BUS)를 개발하였다. 또한 전기버스 상부의 배터리를 고정하기 위한 고정부(QTP)가 장착된다. 배터리 교환 및 충전인프라로서 배터리 교환 스테이션(QCM)을 개발하여 승객이 승.하차 시 이루어지

접수일자 : 2012년 06월 02일

심사일자 : 2012년 06월 12일

최종완료 : 2012년 06월 24일

*교신저자, E-mail : warmsalang@nate.com

는 배터리 교환 시스템의 전기자동차 인프라 구축 개발이 진행되고 있다[3].

전기버스의 배터리는 40 KW 급 650 kg의 중량을 갖는다. 배터리의 안전한 교환은 배터리 교환 인프라에서 중요한 요소 중 하나이다.

본 논문은 배터리의 안전한 교환 기술 구현을 위해 영상처리장치 기반의 배터리 좌표 획득 알고리즘 및 기술을 개발하였다. 영상처리장치를 통해 배터리 위치좌표 획득 방법을 제안하고, 배터리 교환 방법의 타당성 검증을 위해 구현된 배터리 교환 시스템에 적용하였다.

II. 배터리 교환을 위한 영상처리 알고리즘 및 영상처리장치 설계

본 논문에서는 QCM 영상처리시스템에 대한 알고리즘에 대하여 설명하고, 영상처리 카메라를 통해 획득한 영상을 QCM의 영상처리장치가 획득한 배터리 영상을 PLC의 배터리 탈부착 로봇에게 정확한 위치 좌표를 전달하는 영상처리기술을 제안한다. 또한 배터리 위치좌표 획득을 위한 배터리의 랜드마크를 정의하여 QCM/QTPE-BUS 배터리 교환 시스템의 현장실험을 통한 배터리 위치좌표 획득 과정을 검증한다.

1. 배터리 교환을 위한 영상처리 알고리즘

QCM 영상처리시스템은 QTPE-BUS 배터리 교환을 위해 그림 2의 영상처리 순서와 같이 진행한다. 1차적으로 배터리 탈착을 위해 QTPE-BUS의 상단에 부착된 배터리 랜드마크 위치를 영상처리로 판독하여 위치좌표 데이터를 획득하고, 중계서버 역할을 하는 QCM Agent로 전송한다. PLC는 획득된 위치 좌표를 배터리 탈착 로봇에 전송하여 위치를 알려주게 되며 배터리 분리 작업을 진행한다.

2차적으로 배터리 장착을 위해 배터리 고정부(QTP)상단의 랜드마크 위치를 영상처리로 판독하여 QCM Agent로 위치 데이터를 전송한다. QCM Agent는 데이터 수집 후 QCM PLC로 위치 데이터를 전송하여 배터리 장착 작업이 진행된다.

그림 3은 QTPE-BUS/배터리 위치좌표를 획득하는 메시지 흐름도이다.

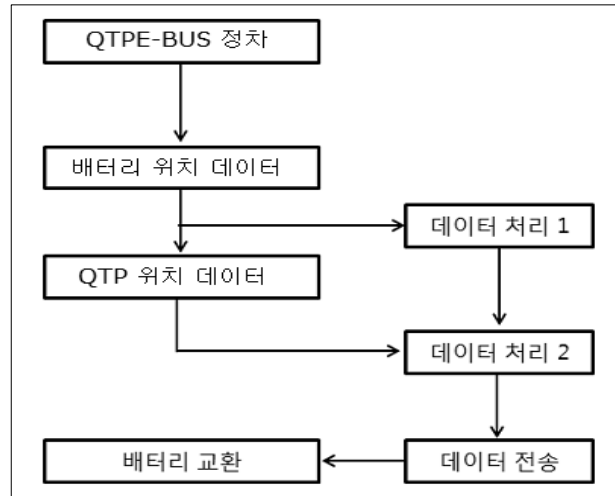


그림 2. QCM 영상처리 기법
Fig 2. QCM image processing techniques

정확한 배터리 위치좌표를 획득하기 위하여 QCM PLC기준의 좌표계와 영상처리장치 기준의 좌표계 0점을 동일하게 조절하는 과정이 필요하다. 두 기준점 좌표의 0점을 배터리 교환이 이루어지도록 좌표계를 분석하는 과정을 캘리브레이션 과정이라 제안한다.

즉, QCM 최초 설치 시 QCM PLC와 영상처리장치간 서로의 기준점 위치좌표를 알고 있어야 하므로 최초 한번은 배터리의 초기 위치를 확보해야 한다. 배터리 탈부착 QCM 로봇이 배터리 교환 가능 위치를 잡은 후, 영상처리장치가 그 위치에서의 배터리 영상을 획득하여, QCM 로봇의

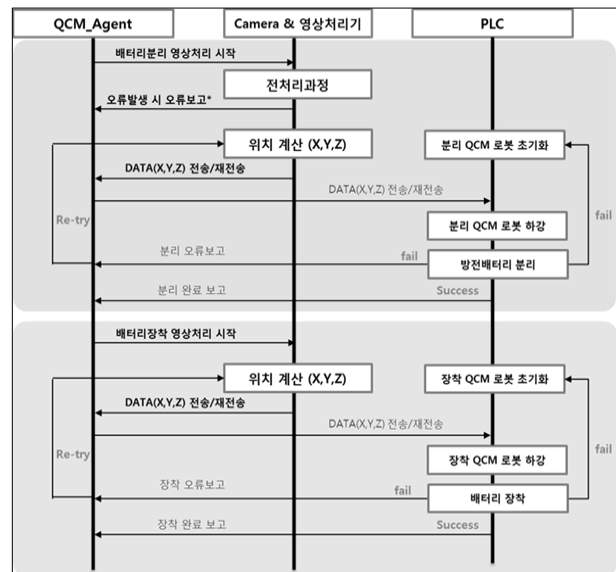


그림 3. QCM 영상처리장치 메시지 흐름도
Fig 3. The message flow of QCM image processing device

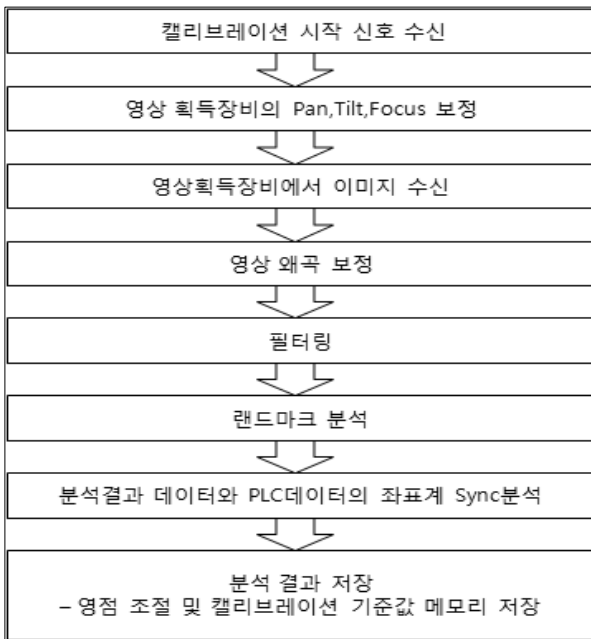


그림 4. 캘리브레이션 과정의 영상처리 기법
Fig 5. Calibration of the process of image processing techniques

X, Y, Z 좌표 값과 영상처리장치의 배터리 X, Y, Z 좌표 값을 캘리브레이션 하게 된다.

캘리브레이션 과정을 통해 배터리의 X, Y, Z축에 대한 위치 값을 계산한다. 이렇게 획득된 X, Y, Z 위치 값과 1 pixel 당 cm 값, 1 cm 당 pixel 값을 내부 메모리에 저장하여 인스펙션과정에서 사용하게 된다.

그림 4는 캘리브레이션 과정의 영상처리 순서도이다.

캘리브레이션 과정으로 초기 두 기준점 좌표의 0점을 분석한 후부터는 버스가 진입완료 했을 때마다 인스펙션과정을 통하여 배터리 교환을 계속할 수 있게 된다.

배터리 및 QTP 상부의 랜드마크를 통해 배터리 위치좌표를 획득할 수 있다. 위치확인용 영상획득 카메라의 위치, 랜드마크의 모양 및 색상은 배터리 위치좌표 획득 성공률을 결정하는 요소이다.

배터리 위치를 판단하기 위해 배터리 상단에 랜드마크를 부착시킨다. 배터리 상단의 랜드마크는 빨간색이며 카메라로 획득한 영상 이미지에서 빨간색 계열을 표현하는 대상들을 floodfill 알고리즘을 통해 구하게 된다. 영상처리장치는 이러한 대상들 중 랜드마크의 형태 및 크기와 유사한 대상 후보군들을 선정하고, 가장 적합한 대상을 랜드마크라고 인식하게 된다.

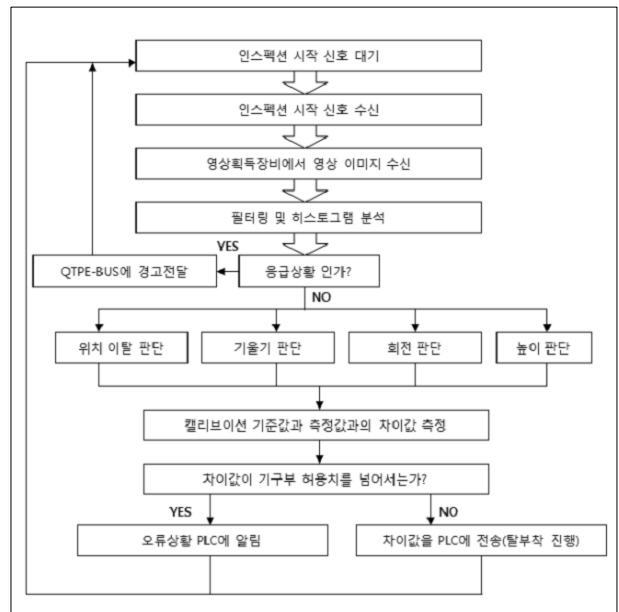


그림 5. 인스펙션 과정의 영상처리 기법
Fig 5. Inspection of the process of image processing techniques

영상처리를 위한 전처리 과정에서는 필터링과정을 통해 잡음을 제거하게 된다. 인식된 배터리 랜드마크 위치에 대한 X, Y, Z 좌표 값과 캘리브레이션 과정에서 구하여 메모리에 저장된 각 X, Y, Z 좌표 값과의 상대값을 mm 단위로 변환 후, 배터리의 탈부착을 위한 위치값을 QCM PLC에 전달하여 로봇의 배터리 교체 과정이 이루어지게 된다.

그림 5는 인스펙션 과정의 영상처리 순서도이다.

2. QCM 영상처리장치 구현

QTPE-BUS 배터리 교환 시 배터리의 정확한 위치 좌표를 획득하기 위해 그림 6과 같이 QCM 영상처리장치를 구현하였다. Linux ver.2.6.29-6기반의 S/W 개발 환경으로 제작한 영상처리 장치는 최대 833 MHz 클럭의 SAMSUNG S5PC100 CPU를 적용하였다. Local server와 버스 구조 방식의 근거리 통신망(LAN)의

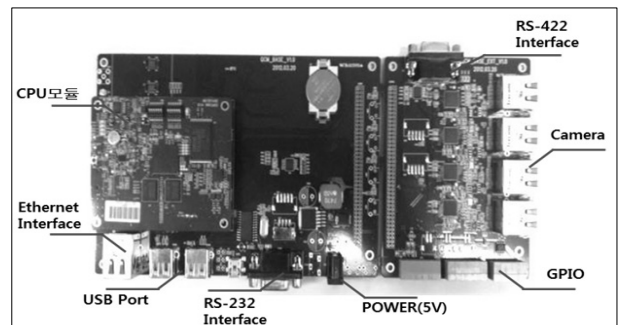


그림 6. QCM 영상처리 컨트롤러 시스템
Fig 6. QCM image processing controller system

표 1. QCM 영상처리 컨트롤러 시스템 사양
Table 1. QCM image processing controller system specification

구분	Value
CPU	SAMSUNG SSPC100 Up to 833MHz
Memory	512MB
Serial	RS-422 : 1port RS-232 : 1port
USB Host	USB Host : 2port Full Speed (12Mbps)
Ethernet	SMC 9220 10/100Mbps
WIFI	IEEE 802.11n
Camera Interface	4port
GPIO	Input : 4port Output : 4port
Operation Condition	-40~85°C
Power	5V~12V

프로토콜인 Ethernet을 적용하였고, QCM PLC와는 ANSI/TIA/EIA-574-90 규격의 RS-232 프로토콜 및 RS-422 프로토콜을 적용하였다. 또한, QTPE-BUS와 IEEE.802.11기반 WIFI 통신 프로토콜을 적용하였고, 영상감지 카메라와는 HUB를 통한 접속 방식을 적용하는 방식으로 영상처리장치를 구현하였다.

표 1은 QCM 영상처리장치의 사양을 나타낸 것이다.

III. 영상처리기법을 통한 배터리 위치좌표 획득 검증

표 2는 영상처리 카메라 사양 및 실험 결과이다. 랜드마크의 종류는 빨강색의 +모양, 정사각형 모양의 가로, 세로 24 cm × 24 cm를 표준 값으로 정하였다. 랜드마크의 위치는 배터리의 그림 7과 같이 위치하여 실험하였다. 카메라의 해상도는 가로, 세로 704 × 480으로 41만화소이며 화각 30°로 설정한 카메라를 사용하였다. 그림 7은 배터리에 사용되는 랜드마크 모양 및 부착 위치를 나타낸 그림이다.

표 2. 영상처리 카메라 사양 및 실험 결과
Table 2. Image processing camera specification and test results

구분	Parameter	Value
영상처리 카메라	화소	41만 화소
	해상도	704 × 480 pixel
	화각 범위	30° 미만
	위치판독 대상 간 거리	163cm
	처리 속도	1초 이내
	배터리 위치 판독 정확도	98±2 %

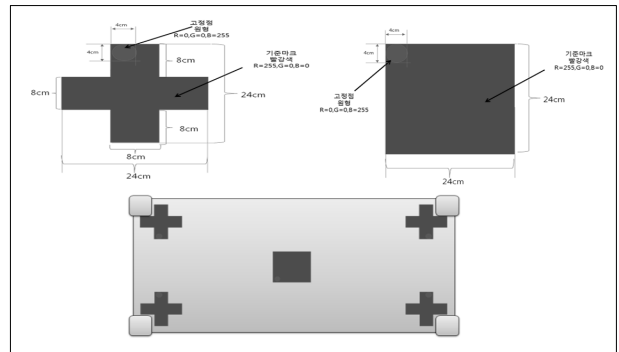


그림 7. 배터리 랜드마크 모양 및 위치
Fig 7. Battery landmark shape and position

실제 현장 테스트를 위해 QCM 내부 천정으로 부터 QTPE-BUS 상단의 배터리 랜드마크까지의 거리가 약 163 cm이므로 영상처리장치를 QCM 내부 천정에 배치하였다. 그림 8은 카메라 설치 위치를 보여주는 도면이다.

QCM에 QTPE-BUS가 정착시 버스 상단의 배터리에 부착된 랜드마크를 인식하여 X, Y, Z 좌표 값을 획득하고, QCM PLC가 배터리를 탈착하게 된다. 배터리 탈착 후에는 배터리 장착을 위해, QTPE-BUS상단 배터리 고정부인 QTP의 랜드마크 좌표 값을 다시 인식하여 QCM PLC 로봇이 배터리를 장착하게 된다.

배터리 교환 시 QCM PLC 로봇의 허용오차는 10 cm로 설계되어 영상처리장치가 배터리 위치 판독을 10 cm의 허용오차 범위 안에 들어오게 인식해야 한다. 현장 실험 결과 X, Y, Z의 값이 최대 2 pixel의 오차가 발생 되어 QCM 기구부의 허용 오차 범위 안에 들어감을 알 수 있다. 기울기와 높이 판단은 인식된 랜드마크 모양과 크기

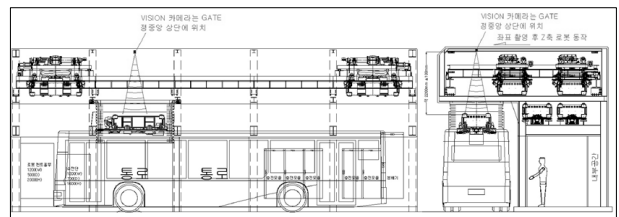


그림 8. QCM 영상처리 카메라 설치 위치
Fig 8. QCM image processing camera's installed position

에 의해 계산하여 기울기와 높이의 오차가 5 pixel 내에 위치하여 그림 9의 그래프의 결과와 같이 QCM PLC의 허용오차 범위 안으로 들어감을 알 수 있다.

실제 운영 시에는 안개, 황사 등에 의해 시야 확보에 어려움이 발생하는 경우와 영상처리 카메라

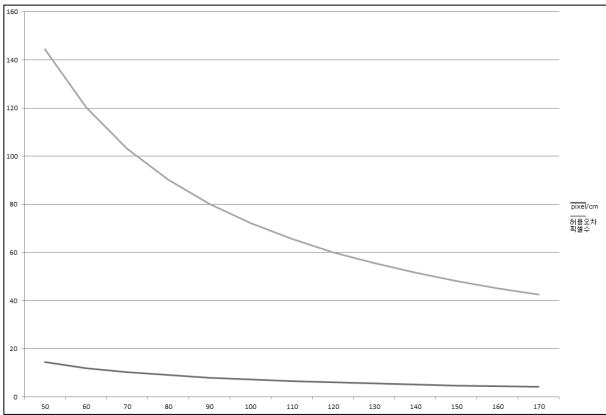


그림 9. 거리에 따른 픽셀 계산 그래프
Fig 9. Calculated according to the distance graph pixels

이루어질 수 있었다. 하지만 650 kg의 무거운 배터리를 교환하려면 안전성을 고려해 본 논문을 통한 정확도 98±2 %보다 좀 더 정확한 위치 판독이 필요하다. 향후 레이저 스캔 시스템을 적용하게 된다면 배터리 탈부착 위치 오차율을 줄이고 보다 더 정밀한 배터리 위치 인식이 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 교통체계효율화사업의 연구비 지원(10PTSI-B056303-01)에 의해 작성되었음.

[참고 문헌]

- [1] 손홍관, “전기자동차 충전인프라 구축현황,” 전기저널 통권, 제397호, 2010.
- [2] 국토연구원, “저탄소 녹색성장을 위한 교통정책 방향,” 국토정책, 제202호, 2008.
- [3] 고재윤, 최웅철, 허승진, 정재일, “대중교통에 활용하기 위한 배터리 교체형 전기버스의 개조에 대한 고찰,” 한국자동차공학회, pp. 2649-2654, 2011.

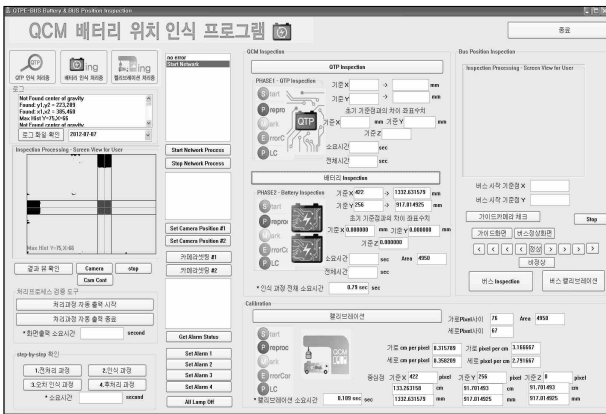


그림 10. 배터리 위치 인식 프로그램
Fig 10. Battery location recognition program

라 렌즈 오염에 따른 영상 확보의 어려움이 발생할 수 있다. 본 연구에서는 여러 환경 요소를 설정하여 가시거리 확보 문제 극복을 위한 잡음 필터링을 통해 배터리 좌표 획득 정확도가 98±2%가 되었다. 영상인식에 처리되는 시간은 평균 0.85초로 1초 미만의 빠른 속도로 처리됨을 알 수 있다.

그림 10은 배터리 위치 인식 프로그램이며, 표 3은 투과율에 따른 랜드마크 위치 획득률을 보여준다.

VI. 결 론

본 논문은 영상처리를 통한 배터리 좌표인식을 통해 QCM/QTPE-BUS의 배터리 교환 시스템 인프라의 구현을 조금 더 용이하게 할 수 있도록 제안하였다. 이와 같은 영상처리 기술을 이용하여 배터리 탈부착 로봇의 배터리 교환이 정교하게

Biography



김응필

2012년 국민대학교 전자공학과 졸업
2012년~현재 국민대학교 전자공학과(석사과정)

<관심분야> 무선전력전송 시스템, RFIC
<e-mail> warmsalang@nate.com



정원재

2010년 국민대학교 전자공학과 졸업
2010년~현재 국민대학교 전자공학과(석사과정)

<관심분야> 무선전력전송 시스템, RFIC
<e-mail> jungwon@kookmin.ac.kr



김정운

1994년 국민대학교 전자공학과 졸업
1995년 국민대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
1999년 국민대학교 컴퓨터공학과(박사수료)
2010년~현재 (주)라지애플 대표이사

<관심분야> 영상처리, 신뢰성공학, 비전시스템
<e-mail> jasonkim@largeapp.com



김태희

1980년 홍익대학교 도시계획 공학사
1984년 홍익대학교 도시계획 공학박사
1986년 홍익대학교 교통계획 공학박사
2006년 한국건설교통기술평가원 실장
2011년 한국건설교통기술평가원 본부장
2012년~현재 주식회사 삼보기술단 부사장

<e-mail> theekim@kictep.re.kr



박준석

1991년 국민대학교 전자공학과 졸업
1993년 국민대학교 전자공학과(공학석사)
1996년 국민대학교 전자공학과(공학박사)
1998년 ~ 2003년 순천향대학교 정보기술공학부 조교수
2003년~현재 국민대학교 교수

<관심분야> IT 융합기술, Mobile, 무선전력전송
<e-mail> jspark@kookmin.ac.kr