

## 스터드 볼트 자동 교정 통합 모니터링 시스템에 관한 연구

윤성운<sup>a</sup>, 김재열<sup>b\*</sup>, 강형선<sup>c</sup>

## Development of Auto-Correction Monitoring System for Stud Bolts

Sung-Un Yun<sup>a</sup>, Jae-Yeol Kim<sup>b\*</sup>, Hyung-Seon Kang<sup>c</sup><sup>a</sup> Department of Mechanical Engineering, Chosun University, 309 Pilmun-daero, Dong-gu, Gwangju 501-759, Korea<sup>b</sup> Department of Mechanical System Engineering, Chosun University, 309 Pilmun-daero, Dong-gu, Gwangju 501-759, Korea<sup>c</sup> Department of Mechanical Design, Chosun College of Science & Technology, 309-1 Pilmun-daero, Dong-gu, Gwangju 501-744, Korea

## ARTICLE INFO

## Article history:

|          |    |          |      |
|----------|----|----------|------|
| Received | 10 | December | 2014 |
| Revised  | 14 | January  | 2015 |
| Accepted | 26 | January  | 2015 |

## Keywords:

Stud bolt  
Fraction defective  
Positioning  
Correction system  
Automation

## ABSTRACT

The automobile industry is ubiquitous and involved in the handling of metal, machines, electricity, electron, and chemistry including the products of many types of processes. In the process of installing engines as a part of the car assembly line, the measurement and correction of the position of the stud bolts consumes a great deal of time. Additionally, defective parts must be manually removed. In the process of engine installation, the speed of the operation, related to the economics of vehicle assembly, is dependent upon measuring the precise position of the stud bolt, reducing the length of correction time, and increasing the working rate. This paper deals with securing the economic feasibility of the manufacturing process, increasing the safety by removing risk factors in the working area, and improving and equalizing the quality by developing an automatic system for the process involving a stud bolt.

## 1. 서론

자동차 산업의 현 추세는 경량화, 비용절감, 조립공정 단순화를 요구하고 있으며, 따라서 자동차 조립의 대부분을 차지하고 있는 용접조립의 개선을 통한 품질 향상과 제조비용 절감이 우선시 되고 있다. 특히 자동차 부품의 스터드 용접은 다른 종류의 용접보다 자동화 개발이 현저히 떨어져 있으며 전기, 전자 등의 여러 복합기술이 접목된 고급기술의 필요성으로 외국의 선진 자동차 업계에서는 전문 용접기 제조업체와 로봇 업체의 3자 공동개발로 각 업체의 특정 부품에 맞는 기술 개발이 활발히 진행되어 제조비용절감과 고객으로부터의 신뢰성, 품질보증에 크게 기여 하고 있다<sup>[1]</sup>. 이러한 스터드 용접 자동화 기술 개발은 국내의 기존 용접기술인 수동

용접으로 인한 생산성 저하, 작업자의 작업기피, 불량품 수정, 검사원의 전량 타격 및 육안 식별 검사 등에 소요 되는 제조 경비를 절감하여 기업 경쟁력 강화를 주목적으로 하고 있다. 볼트의 최적 위치 선정은 차량에 있어서 진동과 소음을 감소시키는 중요한 요인이다<sup>[2]</sup>. 그러나 CCD카메라<sup>[3]</sup>, 비전시스템과 레이저다이오드-포토 센서<sup>[4]</sup>, 임계값 결정 영상처리 알고리즘 적용<sup>[5]</sup> 등 볼트의 불량률 검사에 대한 연구는 활발히 진행되고 있으나, 볼트의 위치 측정 및 교정 시스템에 관한 연구는 활발히 이루어지지 않고 있는 실정이다. 자동차 차체 조립라인 엔진 장착 공정에 있어서 스터드 볼트(stud bolt)의 위치 측정 및 교정 작업은 차체 조립라인에서 수동으로 이루어지고 있어 다수의 인력을 필요로 하며 1일 생산량이 500대임을 감안할 때 1일 기준으로 총 측정 및 교정량이 1,000개에

\* Corresponding author. Tel.: +82-62-230-7035

Fax: +82-62-230-7035

E-mail address: jykim@chosun.ac.kr (Jae-Yeol Kim).

달하여 과도한 교정 작업 수행은 인사사고의 위험성과 직결되고 있는 실정에 놓여있다. 또한 이 공정이 단순반복 작업이기 때문에 작업자들이 근골격계 질환을 호소하고 있으며, 열악한 작업환경으로 인해 이직율이 높아지고 있다. 공정의 질은 숙련도에 따라 좌우되기 때문에 불량률 또한 높아지게 된다. 이러한 열악한 환경의 작업으로 취급되고 있으면서도 불량률의 최소화로 품질이 유지되어야 하므로 자동화기술의 적용이 적극적으로 요구되고 있다. 위치측정이 작업자의 시각적인 판단에 따른 교정 작업이 이루어지고 있기 때문이며 현 스테드 볼트의 불량률은 일반적으로 2%정도로 숙련된 작업자의 수동 교정 작업 수행 이후에도 0.5%의 불량률을 가진다. 이는 교정 시간 역시 최소 30분 정도로 공정 시간에 많은 부분을 차지하고 있다.

본 논문에서는 엔진 프레임 고정용 스테드 볼트 자동 측정 및 교정 장치의 개발과 동시에 스테드 볼트 위치 측정 장치 및 교정 장치의 제어프로그램 개발 및 모니터링 시스템의 구축을 목표로 하고 있다. 공정 중 작업의 용이성뿐만 아니라 교정 후 불량률을 최소화하기 위해 절대적으로 개발되어야 할 부분이다. 또한 로봇 개발에 있어 타 조립라인과 유연하게 공정이 연결되는 것을 원칙으로 하며 각 자동차 기종에 따른 스테드 볼트 교정 장치를 사용자 코드의 입력에 따라 유연하게 작동될 수 있도록 설계를 수행하며 통합 모니터링 시스템의 개발을 통해 공정에 소요되는 기술 인력의 낭비를 최소화하고 작업장에 산재한 여러 위험요소에서 탈피할 수 있게 된다. 현재 4인으로 구성된 공정을 자동화시스템 구축에 따른 1인 공정체제로 하여 기술력을 높임으로써 인력대체 및 인건비 절감 효과가 있다. 또한 공정을 진행함에 있어 소요되는 시간을 혁신적으로 단축시켜 생산성을 향상시키며 불량률을 0.1%로 최소화하여 생산 제품의 품질을 향상시키는데 그 목적이 있다. 특히 스테드 볼트의 불량률에 따르는 작업자의 노동 강도 저하 및 작업환경개선을 도모하고 작업 중에 발생하는 여러 가지 유해요인으로부터 작업자를 보호하고 본 공정에서의 인력수급 문제와 생산성 향상 및 품질개선 등의 문제를 해결하여 제품의 경쟁력을 확보시키고 이와 같은 문제점들을 개선시켜 생산 공정 라인에서의 자동화가 이루어지도록 한다.

## 2. 스테드 볼트 위치 및 자동 교정 장치

### 2.1 스테드 볼트 위치 및 자동 교정 장치 설계

본 논문에서 설계한 스테드 볼트 위치 및 자동교정 장치는 3-D 모델링이 된 사체 모델을 근거로 2D 설계작업을 수행하였으며, 기구부의 간섭체크 및 메커니즘 작동여부는 3-D 모델링을 통하여 분석을 수행하였다. 간섭체크는 파트별 작동유무와 기구부 간섭여부를 분석하였으며, 약간의 파트구성에서 간섭체를 확인한 후 설계변경을 통하여 간섭부위를 완벽하게 제거하였다<sup>[6-8]</sup>. 다음 Fig. 1에

엔진 프레임 고정용 스테드 볼트의 자동 위치측정 및 교정 장치의 3-D 모델링을 나타내었으며, 기구부와 센싱부, 컨트롤러를 Fig. 2에 나타내었다. 또한, 엔진 프레임 고정용 스테드 볼트의 자동 위치측정 및 교정 장치의 PLC 제어부와 제어 판넬을 Fig. 3와 Fig. 4에 나타내었다.

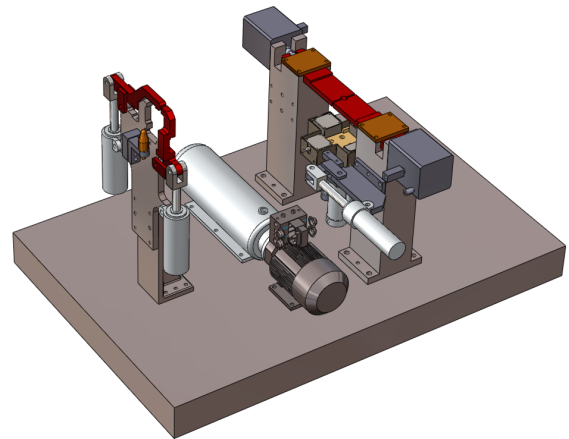


Fig. 1 3D-modelling of positioning and correction system

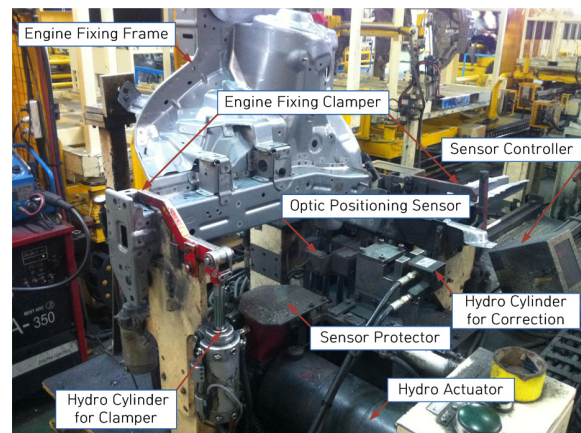


Fig. 2 Positioning and correction system of stud bolt



Fig. 3 Human machine interface for positioning and correcting system of stud bolt

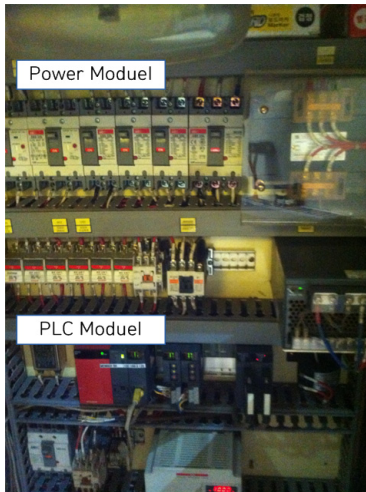


Fig. 4 PLC module

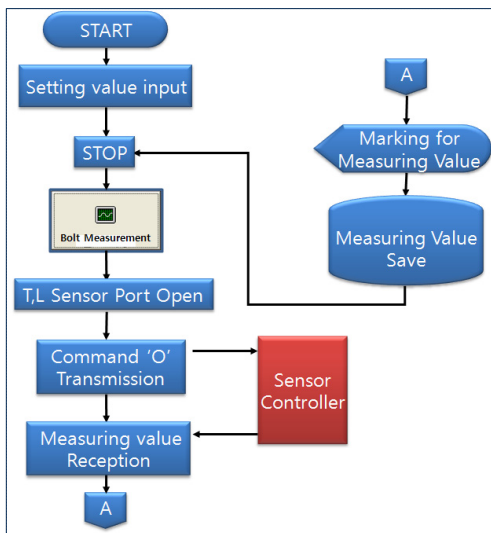


Fig. 5 Positioning software flowchart of stud bolt

### 3. 스테드 볼트 자동 교정 통합 모니터링 시스템

#### 3.1 위치 측정 프로그램

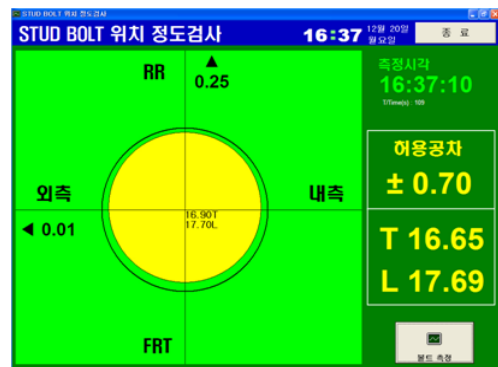
엔진프레임을 고정하는데 사용되는 스테드 볼트의 위치측정 자동화를 위한 제어 프로그램을 개발하였으며, 프로그램 실행 이후 해당하는 설정 값을 입력한 후 볼트의 측정을 수행하였다. 그리고 T/L 센서 포트를 동기화시키고 센서 제어기에 명령을 주기 위해 Fig. 5의 Command ‘O’를 송신하면 볼트 위치에 따른 측정값이 수신 되어 정량적인 결과 값이 최종 측정값으로 표시 된다.

각 자동차 기종에 따른 스테드 볼트의 위치측정 자동화 장치에 사용자가 직접 사양에 따른 작업코드(설정값, 측정값 등)를 입력하여 타 조립-공정 라인과 연결되는 것을 원칙으로 하였으며, 이와 같은 작업코드의 입력방법은 Table 1에 나타내었다.

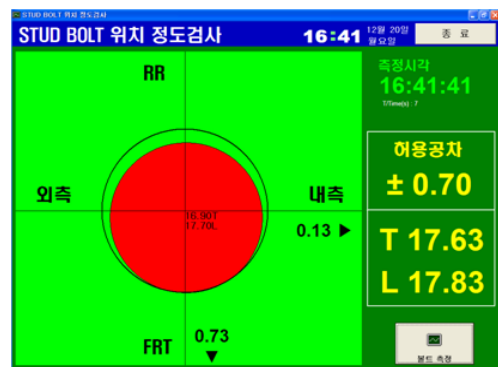
Fig. 6은 허용공차범위에 따른 스테드 볼트의 측정상태를 비교

Table 1 Code input method

| Item      | Content  |
|-----------|--|
| CFName    | CF position LH/RH                                |
| CFPointT  | T center point(1690=16.90)                       |
| CFPointL  | L center point(1770=17.70)                       |
| CFRange   | Tolerance rang (70= ±0.70)                       |
| CFTM      | RR   |
| CFTP      | FRT  |
| CFLP      | Inner  |
| CFLM      | External   |
| CFPortT=1 | RS232C ports connected to the T direction sensor |
| CFPortL=2 | RS232C ports connected to the L direction sensor |
| CFStop    | Break away of tolerance                          |



(a) Within the tolerance range



(b) Outside the tolerance range

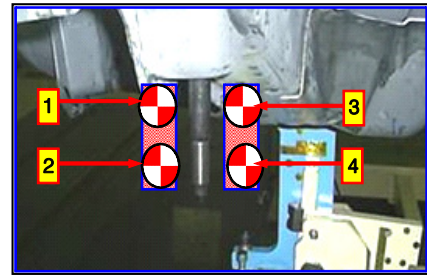
Fig. 6 Normal/Defective comparison of stud bolt

하여 나타낸 것이며, 스테드 볼트의 위치 측정을 수행할 때 허용공차범위 ±0.70(CFRange=70)을 벗어날 경우, Fig. 6(b)와 같이 현 볼트의 위치방향에 적색으로 표시가 된다.

#### 3.2 자동 교정 프로그램

엔진 프레임 고정용 스테드 볼트 교정 장치의 구동을 위해 위치 측정 자동화 프로그램과 볼트 교정 장치 제어용 ladder diagram 회로와 PLC(programmable logic controller) 제어 프로그램을

연동시켜 볼트의 교정 자동화 프로그램을 개발하였다. 전체 제어 프로그램의 sequence는 직진도 검사(볼트 위치 자동측정) → 베이스 슬라이드 후 진단 → 자동 기동 → 공정 원위치 → 1차 클램프 잠김/풀림 → 직진도 센서 상승 → LH 교정기 전/후진 → LH 교정기 후진 → CAM 동작 순으로 볼트의 위치를 자동으로 측정하고 볼트 교정 장치의 sequence 제어가 이루어지도록 하였으며, 센서가 볼트의 위치 측정 및 불량여부를 감지하면 이에 따른 불량 공차를 계산하여 볼트의 교정공정 작업을 수행할 수 있도록 설계하였다.



(a)

### 3.3 자동교정 통합 모니터링 시스템

RS232, RS485, TCP-IP, ZigBee 4종류의 통신 프로토콜 응용 프로그램을 자체적으로 개발하여 본 논문에서 제안한 통합모니터링 시스템을 구현하였다. 엔드디바이스 1~3을 구동하기 위하여 임베디드에 사용한 MCU(micro controller unit)는 ATmega128을 사용하였고 임베디드 응용 프로그램은 IAR사의 EWAVRb 컴파일러를 사용하였다. 통신 프로토콜 설정 후 스크립트 및 차트 응용 프로그램을 개발하였으며, 통합모니터링 시스템을 구현하기 위하여 HMI 시스템에서는 OPTO사의 HMI S/W 솔루션을 사용하여



Fig. 7 Text of the monitoring data

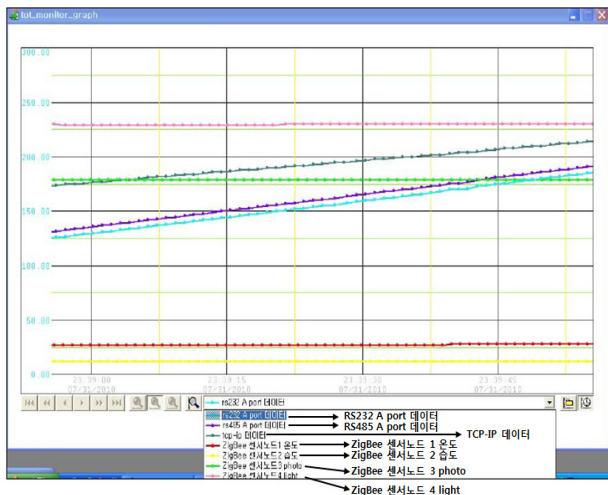


Fig. 8 Graph of monitoring data

| NO      | 구분<br>관리P | LH     |        |        |        | RH     |        |        |        |
|---------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|         |           | 1      | 2      | 3      | 4      | 1      | 2      | 3      | 4      |
|         | 공차        | ±0.7   | ±0.7   | ±0.7   | ±0.7   | ±0.7   | ±0.7   | ±0.7   | ±0.7   |
| 1       |           | -0.2   | -0.3   | -0.6   | -0.7   | 0.0    | -0.1   | -0.6   | -0.7   |
| 2       |           | 0.0    | -0.1   | -0.6   | -0.7   | -0.6   | -0.7   | -0.1   | -0.3   |
| 3       |           | -0.6   | -0.7   | -0.1   | -0.3   | -0.6   | -0.7   | -0.1   | -0.3   |
| 4       |           | -0.5   | -0.6   | -0.4   | -0.5   | -0.5   | -0.6   | -0.4   | -0.5   |
| 5       |           | -0.3   | -0.5   | -0.7   | -0.4   | 0.0    | 0.1    | -0.3   | 0.1    |
| 6       |           | 0.0    | -0.1   | -0.6   | -0.7   | -0.6   | -0.7   | -0.1   | -0.3   |
| 7       |           | -0.6   | -0.7   | -0.1   | -0.3   | -0.6   | -0.7   | -0.1   | -0.3   |
| 8       |           | -0.5   | -0.6   | -0.4   | -0.5   | -0.5   | -0.6   | -0.4   | -0.5   |
| 9       |           | -0.2   | -0.3   | -0.5   | -0.6   | -0.7   | -0.7   | -0.3   | -0.5   |
| 10      |           | -0.2   | -0.3   | -0.6   | -0.7   | 0.0    | -0.1   | -0.6   | -0.7   |
| 11      |           | 0.0    | -0.1   | -0.6   | -0.7   | -0.6   | -0.7   | -0.1   | -0.3   |
| 12      |           | -0.6   | -0.7   | -0.1   | -0.3   | -0.6   | -0.7   | -0.1   | -0.3   |
| 13      |           | -0.5   | -0.6   | -0.4   | -0.5   | -0.5   | -0.6   | -0.4   | -0.5   |
| 14      |           | -0.6   | -0.7   | -0.7   | -0.7   | -0.4   | -0.5   | -0.4   | -0.5   |
| 15      |           | -0.2   | 0.2    | 0.5    | -0.1   | -0.4   | -0.6   | -0.6   | -0.7   |
| 16      |           | -0.6   | -0.7   | -0.5   | -0.7   | -0.7   | -0.7   | -0.6   | -0.5   |
| 17      |           | -0.2   | -0.3   | -0.6   | -0.7   | 0.0    | -0.1   | -0.6   | -0.7   |
| 18      |           | 0.0    | -0.1   | -0.6   | -0.7   | -0.6   | -0.7   | -0.1   | -0.3   |
| 19      |           | -0.6   | -0.7   | -0.1   | -0.3   | -0.6   | -0.7   | -0.1   | -0.3   |
| 20      |           | -0.5   | -0.6   | -0.4   | -0.5   | -0.5   | -0.6   | -0.4   | -0.5   |
| 21      |           | -0.7   | -0.7   | -0.7   | -0.7   | -0.7   | -0.7   | -0.7   | -0.7   |
| 22      |           | -0.7   | -0.7   | -0.6   | -0.7   | -0.7   | -0.7   | -0.6   | -0.7   |
| 23      |           | -0.7   | -0.7   | -0.6   | -0.7   | -0.7   | -0.7   | -0.6   | -0.7   |
| 24      |           | -0.6   | -0.7   | -0.1   | -0.3   | -0.6   | -0.7   | -0.1   | -0.3   |
| 25      |           | -0.5   | -0.5   | -0.3   | -0.5   | -0.5   | -0.5   | -0.3   | -0.5   |
| 26      |           | -0.5   | -0.7   | -0.7   | -0.7   | -0.6   | -0.7   | -0.1   | -0.3   |
| 27      |           | -0.4   | -0.6   | -0.3   | -0.6   | -0.5   | -0.6   | -0.4   | -0.5   |
| 28      |           | -0.7   | -0.7   | -0.5   | -0.7   | -0.7   | -0.7   | -0.7   | -0.7   |
| 29      |           | -0.6   | -0.7   | -0.2   | -0.4   | -0.7   | -0.7   | -0.6   | -0.7   |
| 30      |           | -0.2   | -0.3   | -0.6   | -0.7   | 0.0    | -0.1   | -0.6   | -0.7   |
| 31      |           | 0.0    | -0.1   | -0.6   | -0.7   | -0.6   | -0.7   | -0.1   | -0.3   |
| 32      |           | -0.6   | -0.7   | -0.1   | -0.3   | -0.6   | -0.7   | -0.1   | -0.3   |
| 33      |           | -0.6   | -0.7   | -0.1   | -0.3   | -0.6   | -0.7   | -0.1   | -0.3   |
| 34      |           | -0.6   | 0.0    | -0.2   | 0.1    | -0.3   | -0.2   | -0.3   | 0.1    |
| 35      |           | -0.6   | -0.7   | -0.7   | -0.7   | -0.4   | -0.5   | -0.4   | -0.5   |
| 36      |           | -0.4   | -0.5   | -0.4   | -0.5   | -0.5   | -0.6   | -0.7   | -0.7   |
| 37      |           | -0.5   | -0.6   | -0.7   | -0.7   | -0.2   | -0.3   | -0.6   | -0.7   |
| 38      |           | -0.2   | -0.3   | -0.6   | -0.7   | 0.0    | -0.1   | -0.6   | -0.7   |
| 39      |           | 0.0    | -0.1   | -0.6   | -0.7   | -0.6   | -0.7   | -0.1   | -0.3   |
| 40      |           | -0.6   | -0.7   | -0.1   | -0.3   | -0.6   | -0.7   | -0.1   | -0.3   |
| 41      |           | -0.5   | -0.6   | -0.4   | -0.5   | -0.5   | -0.6   | -0.4   | -0.5   |
| 42      |           | -0.7   | -0.5   | -0.7   | -0.7   | -0.4   | -0.6   | -0.7   | -0.7   |
| 43      |           | -0.5   | -0.7   | -0.7   | -0.7   | -0.6   | -0.7   | -0.1   | -0.3   |
| 44      |           | -0.4   | -0.6   | -0.3   | -0.6   | -0.5   | -0.6   | -0.4   | -0.5   |
| 45      |           | -0.7   | -0.7   | -0.5   | -0.7   | -0.7   | -0.7   | -0.7   | -0.7   |
| 46      |           | -0.6   | -0.7   | -0.2   | -0.4   | -0.7   | -0.7   | -0.6   | -0.7   |
| 47      |           | -0.4   | -0.6   | -0.3   | -0.6   | -0.5   | -0.6   | -0.4   | -0.5   |
| 48      |           | -0.7   | -0.7   | -0.5   | -0.7   | -0.7   | -0.7   | -0.7   | -0.7   |
| 49      |           | -0.6   | -0.7   | -0.2   | -0.4   | -0.7   | -0.7   | -0.6   | -0.7   |
| 50      |           | -0.7   | -0.7   | -0.3   | -0.4   | -0.7   | -0.7   | -0.6   | -0.7   |
| 51      |           | -0.7   | -0.7   | -0.6   | -0.7   | 0.0    | -0.1   | -0.6   | -0.7   |
| 52      |           | 0.0    | -0.1   | -0.6   | -0.7   | -0.6   | -0.7   | -0.1   | -0.3   |
| 53      |           | -0.7   | -0.7   | -0.7   | -0.7   | -0.5   | -0.7   | -0.7   | -0.7   |
| 54      |           | -0.3   | -0.5   | -0.4   | -0.5   | -0.7   | -0.7   | -0.1   | -0.3   |
| 55      |           | -0.2   | -0.3   | -0.5   | -0.6   | -0.7   | -0.7   | -0.3   | -0.5   |
| 56      |           | -0.2   | -0.3   | -0.6   | -0.7   | 0.0    | -0.1   | -0.6   | -0.7   |
| 57      |           | 0.0    | -0.1   | -0.6   | -0.7   | -0.6   | -0.7   | -0.1   | -0.3   |
| 58      |           | -0.6   | -0.7   | -0.5   | -0.7   | -0.7   | -0.7   | -0.5   | -0.6   |
| 59      |           | -0.6   | -0.7   | -0.7   | -0.7   | -0.7   | -0.7   | -0.5   | -0.7   |
| 60      |           | -0.1   | -0.3   | -0.7   | -0.7   | -0.6   | -0.7   | -0.3   | -0.3   |
| 61      |           | -0.4   | -0.5   | -0.4   | -0.5   | -0.5   | -0.6   | -0.7   | -0.7   |
| 62      |           | -0.5   | -0.6   | -0.7   | -0.7   | -0.2   | -0.3   | -0.6   | -0.7   |
| 63      |           | -0.2   | -0.3   | -0.6   | -0.7   | 0.0    | -0.1   | -0.6   | -0.7   |
| 64      |           | -0.6   | -0.7   | -0.5   | -0.7   | -0.7   | -0.7   | -0.6   | -0.5   |
| 65      |           | -0.2   | -0.3   | -0.6   | -0.7   | 0.0    | -0.1   | -0.6   | -0.7   |
| 66      |           | 0.0    | -0.1   | -0.6   | -0.7   | -0.6   | -0.7   | -0.1   | -0.3   |
| 67      |           | -0.6   | -0.7   | -0.1   | -0.3   | -0.6   | -0.7   | -0.1   | -0.3   |
| 68      |           | -0.5   | -0.6   | -0.4   | -0.5   | -0.5   | -0.6   | -0.4   | -0.5   |
| 69      |           | -0.7   | -0.7   | -0.7   | -0.7   | -0.7   | -0.7   | -0.7   | -0.7   |
| 70      |           | -0.7   | -0.7   | -0.6   | -0.7   | -0.7   | -0.7   | -0.6   | -0.7   |
| 71      |           | -0.7   | -0.7   | -0.6   | -0.7   | -0.7   | -0.7   | -0.6   | -0.7   |
| 72      |           | -0.6   | -0.7   | -0.1   | -0.3   | -0.6   | -0.7   | -0.1   | -0.3   |
| 73      |           | -0.5   | -0.5   | -0.3   | -0.5   | -0.5   | -0.5   | -0.3   | -0.5   |
| 74      |           | -0.2   | -0.3   | -0.6   | -0.7   | 0.0    | -0.1   | -0.6   | -0.7   |
| 75      |           | 0.0    | -0.1   | -0.6   | -0.7   | -0.6   | -0.7   | -0.1   | -0.3   |
| 합격수     |           | 75     | 75     | 75     | 75     | 75     | 75     | 75     | 75     |
| POINT 수 |           | 75     | 75     | 75     | 75     | 75     | 75     | 75     | 75     |
| 합격률(%)  |           | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% |

(b)

Fig. 9 Performance test of positioning and correction system

각각 4종류의 통신 프로토콜 응용 프로그램을 개발하여 인터페이스 하였다. 각 엔드디바이스에서 HMI 시스템으로 데이터를 전송한 조건으로는 엔드디바이스 1~3은 0부터 255까지의 데이터를 반복하여 전송하는 시스템을 구성하였으며, 센서노드 1~4에서 감지한 4종류의 온도, 습도, 감광, 조도 데이터는 ZigBee 무선 통신으로 싱크노드로 전송하였다. 또한, 싱크노드는 RS232 통신으로 HMI 시스템으로 전송하고, 엔드디바이스 1~3의 속도는 9,600 bps, 싱크노드의 RS232는 38,400 bps로 설정하였다. 통합모니터링 시스템을 실행 하여 위 4가지 통신프로토콜로 수신하여 데이터를 텍스트 형태는 Fig. 7에 나타내었으며, Fig. 8은 데이터를 그래프 형태로 나타낸 것을 보여주고 있다.

Fig. 7의 하단부에는 그래프의 색상에 대한 데이터 종류의 구분이 범례로 표시되어 있다. 각 엔드디바이스에서 다양한 통신 프로토콜로 전송한 데이터를 HMI 시스템의 통신모듈에서 해당하는 통신프로토콜로 데이터를 정확하게 수신하여 Fig. 7과 같이 텍스트로 표시함과 동시에 Fig. 8과 같이 그래프 형태로 실시간 모니터링 하여 사용자가 편리하게 볼 수 있도록 구현하였다. 본 논문에서는 다양한 통신프로토콜을 이용한 통합모니터링 시스템은 HMI 장비를 사용하여 통신프로토콜을 인터페이스 하는 소프트웨어를 개발하여 RS232/ RS485/ TCP-IP/ ZigBee 통신프로토콜을 수행할 수 있도록 구현하였다.

### 3.4 Field Application Test

위치 측정 및 교정 시스템의 불량률 측정결과를 Fig. 9에 나타내었다. Fig. 9(a)는 스테드 볼트의 공차 포인트를 75개로 나누어 4번을 측정된 모습을 나타내고 있으며, 공정 개선 및 시스템 점검을 통해 좌 후드(left hood)와 우 후드(right hood) 모두 허용공차 범위 내에 만족하고 있음을 확인하였으며, 스테드 볼트의 위치/교정 합격률이 100%임을 Fig. 9(b)를 통해 나타내었다.

## 4. 결론

본 논문에서는 수동 작업으로 수행되고 있는 엔진프레임 고정용 스테드 볼트의 위치 측정 및 교정 작업에 대한 자동화를 목적으로 하여 부품을 이송하기 위한 제어로봇의 크기와 작업 반경 등을 고려하여 수행한 최적 설계를 수행하였다. 이를 바탕으로 볼트의 위치를 자동으로 측정하고 교정이 가능한 제어 프로그램을 개발하였으며, 최종적으로 스테드 볼트 자동 교정 장치를 제작하였다. 스테드 볼트의 자동 위치 측정 장치는 최대 공정과 부합하는 이송 상태와 정확한 위치를 고려하여 설계가 이루어진 것으로 각 로봇의 이동량과 이송 부품의 작업회수 등의 디스플레이를 통한 모니터링이

가능하도록 설계 제작하였다. 또한, 자동 교정 장치 제작을 완료함으로써 각 차종에 따라 교정공정에 대한 작업조건의 조절이 가능해졌으며, 사용자 인터페이스 기능을 추가시켜 사용자가 작업을 직접 입력할 수 있도록 하였으며, 현재 작업 상황을 디스플레이하여 로봇 관리자의 확인이 즉시 가능하므로 수동으로 교정 작업을 했을 때 소요됐던 공정시간이 30분에서 1분으로 단축되었다. 기존의 수동 교정 작업의 경우와 비교해서 작업자 1명이 투입되어도 즉시 모니터링과 측정 및 교정 불량률의 파악이 가능하기 때문에 고액의 인건비 절감을 할 수 있을 것으로 기대한다.

## 후기

이 논문은 2013년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

## References

- [1] Ha, C., Song, B. S., Song, S. U., 2003, Auto Welding System Development for the Improvement of The Stud Bolt Welding System, Proceedings of KSPE Autumn Conference, 185-190.
- [2] Park, W. J., Choi, S. Y., Kim, S. M., Choi, J. H., 2012, A Study on Optimal Bolt Position of Pt Mount Bracket Considering Dynamic Behavior between Powertrain and Body, Proceedings of the Korean Society of Automotive Engineers, 775-779.
- [3] Loh, B. G., Kim, D. H., Park, T. K., 2004, Development of an Inspection Machine for Automotive Oil-seals using Machine Vision, Transactions of the KSAE of Korean, 12:3 184-191.
- [4] Yoon, J. Y., Lee, Y. C., Pang, D. Y., Lee, S. C., 2006, Surface Inspection System of Bearing Inner/Outer Race using Machine Vision, Korean Society of Precision Engineering 2006 Spring Conference, 309-310.
- [5] Cho, I. S., Lee, J. H., Oh, S. J., 2008, Development of The Flexible User-friendly Real-time Machine Vision Inspection System, Journal of the Institute Of Electronics Engineers of Korea, 45:3 42-50.
- [6] Anderson, N. S., Meinheit, D. F., 2000, Design Criteria for Deaded Stud Groups in Shear: Part 1- Shear Capacity and Back Edge Effects, PCI JOURNAL, 45:5 36-75.
- [7] Elyria, O., 1988, Stud Welding Applications, Connections, Nelson Stud Welding, Inc.
- [8] Alcombright, D. S., Bedwell, W. T., 1999, HyperMesh Version 7.0, Fastener Delivery System, Proceedings of the Aerospace Automated Fastening Conference and Exposition, 125-128.