

# 자동차 배선용 커넥터 부품의 품질 검사 시스템 개발에 관한 연구

(A Study on the Development of Quality Inspection System for  
Connector Components Used in Automotive Wiring)

류 정 탁<sup>1)\*</sup>, 김 필 석<sup>2)</sup>, 이 형 주<sup>3)</sup>

(Jeong-Tak Ryu, Pil-Seok Kim, and Hyeong-Ju Lee)

**요 약** 본 논문에서는 자동차 배선에 사용되는 커넥터의 조립 불량 상태를 식별하는 품질 검사 시스템을 개발하였다. 방수용 커넥터는 방수를 위하여 내부 Seal을 필수적으로 삽입하여야 하는데 생산 과정에서 누락되거나 이중 삽입되는 경우가 있다. 이를 구분하기 위하여 포토센서와 터치스위치를 사용하여 자동화 검사 지그를 설계하였다. 기존 육안검사의 경우 5인이 하루 8시간 검사하였을 때 6,400개의 커넥터를 검사하였으나 개발된 검사 지그를 사용할 때는 20,000개를 검사하므로 기존의 육안 검사와 비교하여 생산성이 크게 향상되었다.

**핵심주제어:** 자동차 내부 커넥터, 방수 Seal, 부품 불량 검출, 포토센서, 터치센서, 자동화 검사시스템, 생산성 증가

**Abstract** In this paper, a quality inspection system was developed to identify the defective assembly of connectors used in automobile wiring. For waterproof connectors, an internal seal must be inserted for waterproofing. However, there are cases where it is omitted or double-inserted during production. An automatic inspection jig was designed using photosensors and touch switches to classify good and bad connector components. In the case of the existing visual inspection, 6,400 connectors were inspected when 5 people inspected for 8 hours. However, when using the inspection jig developed under the same conditions, 20,000 pieces were inspected. In other words, the productivity is greatly improved compared to the conventional visual inspection.

**Keywords:** Automotive internal connector, Waterproof seal, Component defect Detection, Photo sensor, touch sensor, Automated inspection equipment, increase productivity

---

\* Corresponding Author: jryu@daegu.ac.kr

Manuscript received November 07, 2021 / revised  
December 25, 2021 / accepted December 27, 2021

1) 대구대학교 전자공학전공, 교신저자, 제1저자

2) 대구대학교 메카트로닉스공학과

3) 국립안동대학교 전자공학과

## 1. 서 론

IT기술과 신소재 기술이 급속하게 발전함에 따라 자동차 부품 연구 및 개발에서도 전장화가 급속하게 진행되고 있다(Vijay Laxmi Kalyani

et al., 2016; Joao P. Trovao 2019; Mahmoud Fathy et al., 2020; Sehajbir Singh et al., 2020). 이러한 전장화가 진행됨에 따라서 전선량이 늘어나게 되고 이로 인하여 전기적 접속구 역할을 하는 커넥터의 수량 역시 증가하고 있다. 차량에 적용되는 전선의 총 길이는 차량 1대 당 평균 약 1600 m 이상에 이르며, 커넥터는 차종에 따라 대략 400 ~ 700개 정도가 사용된다. 특히 최근에 와서는 자동차의 부품 40% 정도가 전자 장치를 사용하고 있기에 자동차를 바꿔 달린 정보기술기라고 부르고 있다. 커넥터와 전선의 양적인 증가를 억제하기 위해서 같은 기능을 하는 전장품을 하나로 묶거나 통신망(In-Vehicle Network, IVN)을 활용하는 연구도 진행되고 있다(Lee Seongsoo et al. 2018; Wufei Wu et al. 2020; Timo Häckel et al., 2020). 그러므로 전선과 전선을 연결하는 자동차용 커넥터는 매우 중요한 부품 중의 하나이다(Chunghun HA et al. 2017; Johnathan Swinger et al. 2000; Woojin Jeong et al. 2020). 자동차용 커넥터는 자동차 안에서 전선과 전선을 연결하거나, 전선과 전자장치를 연결하여 전기회로를 구성하는 접속구 역할을 하는 부품이기에 커넥터의 터미널과 터미널 간 접촉이 확실히 연결되어야 한다.

커넥터는 사용 목적에 따라 바디 전장계 커넥터, 새시 전장계 커넥터, 파워트레인 전장계 커넥터, 세이프티(safety) 전장계 커넥터, 인포메이션(drive information) 전장계 커넥터 등으로 구분한다. 또한 커넥터의 실장 위치에 따라서는 비방수용 커넥터와 방수용 커넥터(waterproof connectors)로 구분한다. 방수용 커넥터는 커넥터와 커넥터가 결합 시 물이나 습기가 침투하지 않도록 고무로 된 내부실(inner seal)이 사용되고, 터미널과 전선 사이에 고무나 실리콘으로 된 와이어 실(wire seal)을 삽입하여 사용한다.

방수용 커넥터를 생산하는 과정에서 내부 Seal이 누락되거나 중복 삽입되는 경우가 발생한다. 이러한 불량품이 자동차 조립에 사용된다면 고장의 주요 원인이 되거나 사고의 원인이 될 수 있다.

본 연구에서는 자동차용 배선 커넥터를 생산하는 과정에서 내부 Seal에 의해 발생할 수 있

는 불량 커넥터 부품을 자동으로 분류하는 시스템을 설계하였다. 개발된 시스템은 포토센서와 터치센서(스위치)를 사용하여 구성하였으며 양품일 경우 점마킹을 할 수 있도록 설계 되었다. 포토센서와 터치센서는 내부 Seal의 존재 유무를 판별하기 위하여 사용되고 이를 제어하기 위하여 3개의 릴레이 타이머가 사용 되었다.

## 2. 시스템 구성 및 설계

### 2.1 생산 부품 분석

Fig. 1은 자동차부품을 생산하는 Z사의 커넥터 부품이다. 커넥터의 사이즈는 25 mm(W) × 23 mm(D) × 33 mm(H)이다. 정상부품의 경우 Fig. 1(c)와 같이 내부 Seal이 1개 삽입된다. 그러나 생산 과정에서 Fig. 1(a)와 같이 내부 Seal 삽입을 누락시키거나 Fig. 1(b)와 같이 2개 이상 이중 삽입되는 경우가 발생한다. 만약 내부 Seal이 누락 되거나 이중 삽입이 되면 방수 커넥터로서의 정상적인 역할을 하지 못하므로 큰 위험에 노출된다. 삽입되는 방수용 Seal의 사이즈는 15.5 mm(W) × 11.8 mm(D) × 2 mm(T)이다.

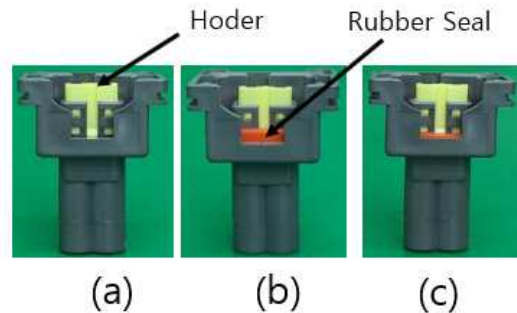


Fig. 1 Waterproof automotive connection parts. (a) Products without waterproof seal, (b) Products with double-inserted waterproof seal, and (c) normal product, Connect Size : 25mm(W) × 23mm(D) × 33mm(H)

Z사의 경우 정상부품과 불량 부품을 분류하기 위하여 Fig. 2와 같이 자체 설계 된 지그를 사용하고 있다. 지그의 크기는 Fig. 2 (a)와 같이

70 mm × 57 mm 사이즈로 매우 작은 형태의 금속판으로 되어 있다. 그리고 모든 공정을 수작업과 육안 검사로 진행되고 있다.

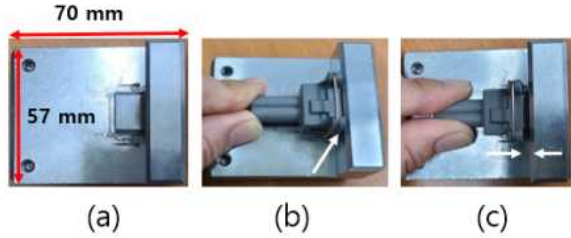


Fig. 2 Manual inspection equipment (a) Inspection equipment appearance; (b) Normal product connector insertion into inspection equipment; (c) Insert the double seal connector into the inspection equipment (2 mm gap occurs)

만약 기존 지그를 이용하여 정상 부품을 검사할 경우 Fig. 2(b)의 흰색 화살표에 표시된 것과 같이 오른쪽 지그 벽면과 부품이 접촉하게 된다. 그러나 내부 Seal이 이중 삽입된 부품일 경우 Fig. 2 (c)와 같이 2 mm의 간격이 생긴다. 이는 내부 Seal의 두께가 2 mm이기 때문이다. 그러나 내부 Seal이 누락된 경우에는 Fig. 2(b)와 같이 지그 벽면과 부품이 밀착이 되므로 정상부품과의 차이를 구분할 수 없다. 이로 인하여 2차로 육안 검사를 하여 3종류의 부품 상태를 분류하고 있다. 육안 검사의 경우 근로자의 육체적 상태 및 심리적 상태에 따라서 부품의 분류가 정상적으로 이루어지지 못하는 경우가 다수 발생하였다. 또한 생산 효율적인 관점에서 시간당 검사 효율이 떨어지는 경향이 있다.

## 2.2 자동 검사 지그 설계

커넥트 부품의 불량 검출 자동화 시스템을 개발하기 위하여 본 연구에서는 다양한 상황을 고려하여 검토하였다. 앞서 설명한 것과 같이 자동차 커넥터 내부 Seal 조립시 발생할 수 있는 불량의 원인은 2가지가 있다. 첫 번째는 내부 Seal이 삽입되지 않는 경우와 두 번째는 이중 삽입되는 경우이다. 이런 경우 내부 Seal의 삽입 상태에 따라서 커넥터 내부에 존재하는 홀더

의 높이가 달라진다.

Fig. 3은 검사 장비의 기초 설계 도면이다. 검사 장치에는 터치센서(Metrol CS), 포토센서(Optex FA BGS Type), 마킹시스템, 부품과 접촉되어 움직이는 샤프트 등으로 구성되어 있다. 터치센서는 커넥터 부품이 검사를 위하여 지그 위에 안착 되었는지와 내부 Seal이 이중 삽입되었는지를 검사한다. 포토센서는 내부 Seal의 존재 유무에 따라서 샤프트가 움직여 누락 혹은 삽입 상태를 확인하는 역할을 한다.

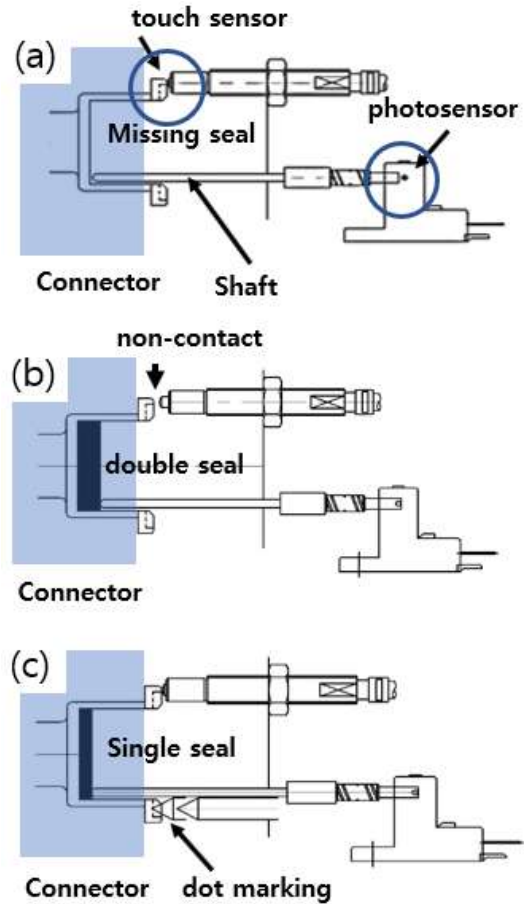


Fig. 3 Design drawings of inspection equipment. (a) The product with missing seal is inserted into the inspection equipment. (b) The product with a double seal is inserted into the inspection equipment. (c) The normal product is inserted into the inspection equipment.

Fig. 3(a)는 내부 Seal이 누락된 부품이 검사 지그에 안착되었을 때를 나타내는 것으로 부품이 안착되었음을 터치센서로 먼저 감지를 한다. 다음으로 내부 Seal이 존재하면 샤프트가 2 mm 후방으로 움직여 포토센서에서 신호가 감지된다. 이때 내부 Seal이 없으면 샤프트가 움직이지 않기 때문에 Fig. 3(a)와 같이 포토센서가 노출되어 신호를 감지하지 않게 된다. 즉 접촉센서 신호의 감지와 포토센서 신호의 미감지는 내부 Seal의 누락을 의미하여 불량으로 판정하게 된다. 한편 Fig. 3(b)는 내부 Seal이 이중 삽입된 경우로서 하단의 샤프트가 2 mm이상 움직이지 못하므로 검사 커넥터와 터치센서의 접촉이 이루어지지 않게 되어 불량으로 판정하게 된다. 정상부품의 경우 Fig. 3(c)와 같이 터치센서는 정상적으로 동작하고 포토센서도 정상적으로 동작하게 되므로 정상부품으로 판정하게 된다. Table 1은 커넥터 부품들의 상태에 따른 각 센서들의 동작 상태를 나타낸 것이다.

Table 1 Operating status of sensors according to product status

Component type	Touch sensor	Photo sensor
Good product	correct signal	correct signal
missing inner seal	correct signal	no signal
Double insertion of inner seal	no signal	correct signal

Fig. 4는 본 연구에서 개발된 자동화 검사 시스템이다. Fig. 4(a)의 오른쪽 하단에 부착된 실린더는 부품의 검사 결과에 따라 양품과 불량품의 부품을 구분하기 위한 마킹 타각용으로 사용된다. Fig. 4(b) 박스 속에는 3개의 릴레이 타이머와 1개의 전원 시스템이 있다. 각 타이머는 개별 센서들과 연결되어 있으며 검사 동작 시간을 설정하기 위하여 사용되었다. 본 연구에서는 각각의 릴레이 타이머의 동작 시간은 0.2 초로 설정하였다.

검사 지그 시스템의 동작은 다음과 같다. 검사 지그 시스템에 전원이 공급되고 검사를 위해 커넥터 부품이 검사 지그에 안착이 되면 0.2 초간 타이머가 동작을 하여 터치센서의 검사 결과를 기다린다. 터치센서가 동작하지 않으면 적색 램프가 켜지면서 부저가 울려 불량임을 알린다. 그러나 터치센서가 정상 감지되면 포토센서 감지를 위한 타이머가 0.2 초간 동작을 하고 포토센서의 동작 결과를 기다린다. 그 결과에 따라 점 마킹이 동작하거나 불량인 경우 적색 점등과 함께 부저가 울린다.

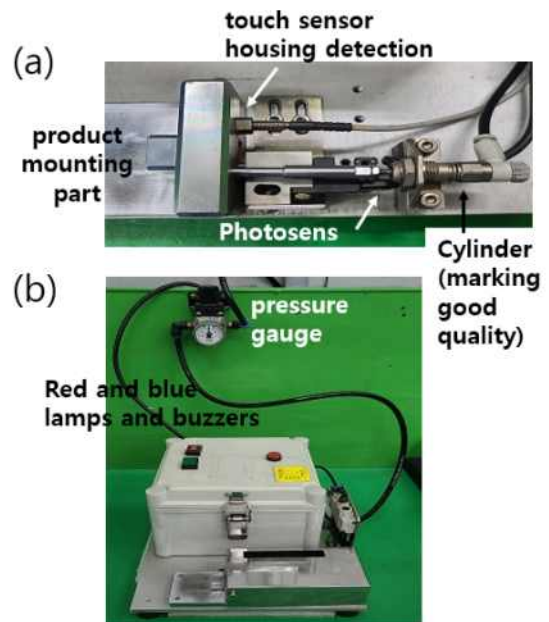


Fig. 4 Developed inspection equipment

만약 내부 Seal이 누락된 부품이 검사 지그에 안착하였을 경우 커넥터 부품이 터치센서와 접촉이 되어 터치센서의 신호가 감지되지만, 내부 Seal 검출 마이크로 포토센서가 동작이 되지 않으므로 Fig. 4(b)에 있는 적색 점등이 켜지면서 부저가 울려 불량임을 알려 준다. 그러나 이중 Seal이 조립된 부품이 검사 지그에 안착되면 커넥터 부품이 터치센서에 접촉되지 않으며 내부 Seal 검출 마이크로 포토센서가 정상동작 되어 적색 점등이 켜지면서 부저가 울린다. 한편 정상 조립 부품이 검사 지그에 안착되면 커넥터

는 터치센서에 접촉되고 Seal 검출 마이크로 포토센서가 정상 동작되어 양품을 알리는 초록 점등이 켜진다. 그리고 양품과 불량을 구분하기 위하여 점 마킹을 타각한다.

### 3. 시스템 성능평가 및 고찰

개발된 시스템의 성능평가는 100개의 조립된 커넥터를 사용하여 각 센서들이 정상적으로 동작하는지 점검하였다. 또한 정상 조립품일 경우 점 마킹이 정상적으로 동작하는지도 확인하였다. 그 결과 정상 조립품, 내부 Seal 누락 조립품, Seal이 이중 삽입된 조립품을 정상적으로 구분하였음을 확인할 수 있었다.

기존 육안 검사의 경우 5명의 투입인원이 8시간 검사 했을 때 6,400개의 조립 커넥터를 검사하였다. 그러나 개발된 자동 검사 지그 시스템을 사용하여 2명이 8시간 검사하였음에도 불구하고 8,000개의 조립 커넥터를 검사할 수 있어 생산 효율이 크게 증가하게 되었다.

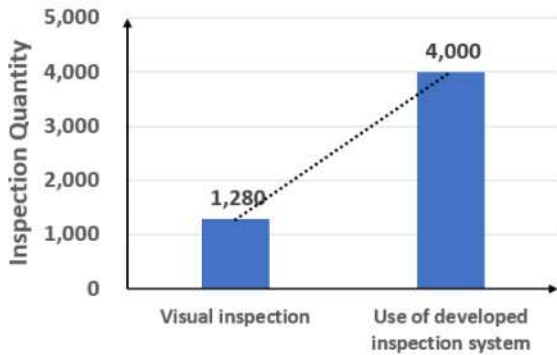


Fig. 5 8-hour assembly inspection per person Quantity (a) Results of the existing visual inspection (b) Results of using the developed automated inspection jig system

Fig. 5는 1인이 하루 8시간 근무를 할 경우 검사 할 수 있는 수량을 도표로 나타낸 것이다. 기존 육안 검사의 경우 1인이 8시간 동안 1,280개의 조립품을 검사할 수 있었으나 개발된 자동 검사 시스템을 활용할 경우 4,000개의 조립품을

검사하게 되므로 3배 이상의 효율을 증가 시킬 수 있었다.

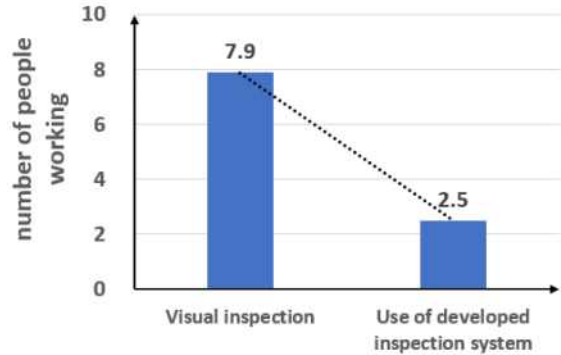


Fig. 6 Number of people required to inspect 10,000 assembled products in 8 hours (a) Results of the existing visual inspection (b) Results of using the developed automated inspection jig system

Fig. 6은 하루 8시간 근무 조건에서 10,000개의 조립 커넥터 부품을 검사하기 위하여 필요한 인원수를 계산한 것이다. 기존 육안의 경우 8명의 인원이 필요하였으나 개발된 자동 검사 시스템을 사용하게 되면 3명의 인원만을 투입하여도 검사 목표량을 달성할 수 있게 된다.

### 4. 결론

본 연구에서는 자동차 내부에 사용되는 배선용 커넥터의 조립 과정에서 발생할 수 있는 불량품을 구별하기 위한 검사 지그를 설계하였다. 자동차 방수용 커넥터에 삽입되는 내부 Seal는 자동차 배선 연결에서 매우 중요한 역할을 한다. 기존 육안 검사의 경우 8시간 5인이 투입되어 6,400개의 부품을 검사하였으나 개발된 자동 검사 지그 시스템을 사용하게 되었을 때 20,000개의 부품을 검사할 수 있었다. 기존 육안 검사의 경우 1인당 1개 검사하는데 소요되는 시간은 사람마다 차이가 있지만 대략 20 - 30초가 소요되었으나, 본 연구에서 개발된 자동 검사 지그를 사용하였을 때 2 - 3초가 소요 되었다.

## References

Chunghun HA, Hong-Bae Jun and Changsoo OK (2017). Probabilistic evaluation approach for electrical connector mating: An empirical study on automotive electronic connectors, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, Vol.11, No.5, 2017, 1-17.

Joao P. Trovao (2019). Trends in Automotive Electronics [Automotive Electronics], IEEE Vehicular Technology Magazine Vol. 14, Issue 4, 100-109.

Johnathan Swingler, John W. McBride, and Christian Maul (2000), Degradation of Road Tested Automotive Connectors IEEE Transactions On Components And Packaging Technologies, Vol. 23 (1), 157-163.

Lee Seongsoo,(2018). In-Vehicle Network Technologies, Journal of IKEEE, Vol. 22 Issue 2, .518-521.

Mahmoud Fathy, Nada Ashraf, Omar Ismail, Sarah Fouad, Lobna Shaheen, AlaaHamdy (2020). Design and implementation of self-driving car, Procedia Computer Science Vol. 175 165-172.

Sehajbir Singh and Baljit Singh Saini (2020). Autonomous cars: Recent developments, challenges, and possible solutions, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1022 (2021) 012028.

Timo Häckel, Anja Schmidt, Philipp Meyer, Franz Korf, Thomas C. Schmidt (2020) Strategies for Integrating Control Flows in Software-Defined In-Vehicle Networks and Their Impact on Network Security, 2020 IEEE Vehicular Networking Conference (VNC) 16-18 Dec. 2020, DOI: 10.1109/VNC 51378.2020.9318372.

Vijay Laxmi Kalyani, Miti Bhatnagar, Lavina Shivnani, Era Verma (2016). Significance of

Electronics and Luxury Car Sophistication through ECU: A Progressive Study of Evolution in Automobile Industry, Journal of Management Engineering and Information Technology (JMEIT) Vol.3 (5) 2394 - 8124.

Wufei Wu, Renfa Li, Guoqi Xie, Jiyao An, Yang Bai, Jia Zhou, and Keqin Li (2020). A Survey of Intrusion Detection for In-Vehicle Networks, IEEE Transactions on intelligent transportation Systems, Vol. 21, No. 3, 919-933.



**류 정 탁 (Jeong-Tak Ryu)**

- 정회원
- 1999년 : 오사카대학교 전자공학과 공학박사
- 2000년 3월 ~ 현재 : 대구대학교 전자전기공학부 교수
- 관심분야 : 나노기술 및 센서 시스템



**김 필 석 (Pil-Seok Kim)**

- 학생회원
- 2021년 : 대구대학교 메카트로닉스공학과 재학
- 관심분야 : 공장 자동화 및 검사 지그 설계



**이 형 주 (Hyeong-Ju Lee)**

- 정회원
- 1994년 : 미) 뉴저지 공대 전기공학과 공학박사
- 1996년 3월 ~ 현재 : 국립안동대학교 전자공학과 교수
- 관심분야 : 반도체 및 센서