

## 승용차용 전장시험 자동화 시스템 설계

### Design of an Automatic Test System for Electronic Equipments in Vehicles

이창훈\*, 김유남\*  
Chang-Hoon Lee, Yoo-Nam Kim

#### ABSTRACT

The performance analysis of an electronic equipment test is very complicate due to the variety of vehicles. In this study, automatic design system for the electronic equipment test has been carried out using the standard load patterns. For the test, standard signal patterns for each item are modeled. The test items can be decided by the user by means of these patterns. Also, engineering software modules are developed and proved to be very efficient for analyzing the test results statistically. Experiments are performed for the test system in the vehicle assembly line. By analyzing the test results, it is found that bad samples can be detected without failure. Also, the engineering software modules provide an analytical tool for the automation of the test process.

주요기술용어 : Electronic equipment test(전장시험), Measuring unit(MU:계측장치), Pattern modeling(패턴모델링), Restricted load(구속부하), Iterative load(반복부하), Standard load pattern(표준부하패턴)

#### 1. 서론

급변하는 시장 수요로 인한 제품 수명의 단축에 따라 소량, 다품종 생산이 절실히 요구되고 있다.<sup>1,5)</sup> 승용차 생산 공정에 혼류 생산 방식을 도입하는데 있어서의 문제점 중 하나는 완제품 검사 공정이다. 방대한 부품을 갖는 다양한 모델의 승용차를 작업자가 검사항목을 대조하면서 검사하기에는 효율성 면에서도, 제품의 신뢰성 면에서도 많은

문제가 발생할 수 있다.

본 논문에서는 소량, 다품종 생산이라는 생산 환경적 요구에 부응하고, 생산모델 및 선택사양의 다양화에 따른 시험상의 문제점을 해결하기 위한 전장시험(Electronic Equipment) 시스템을 설계, 구축하였다.<sup>2,3)</sup>

구축된 전장시험 시스템은 승용차 조립 생산라인의 전장 시험라인에서 각종 전장 부품의 전기적 부하를 계측하여, 조립시의 불량 및 각 전장 부품별 실부하 특성의 불량을 여부를 검출하여 양부를 판정하며, 각 차량의 데이터를 기반으로 차종별, 시험별, 일자별 통

\* 회원, 한라대학교 전기.전자.컴퓨터공학부

계 데이터를 산출하여 품질관리 및 품질향상을 도모하도록 설계되었다. 성능 평가를 위해 설계된 시스템을 실제 승용차 조립 라인에 적용하여 그 성능을 검증하였다.

## 2. 전장시험 시스템의 구성

전장시험은 차량 전장 부품의 성능을 판정하는 시험이다. 계측장치(MU: Measurement Unit)는 사용의 편의성을 위해 무선 시스템이어야 하며, 본 논문에서는 그림 1과 같이 핸드터미널(HT)과 MU사이를 무선 모뎀으로 연결하였고, MU와 서버 사이는 무선 LAN으로 접속하였다.<sup>4,6,7)</sup>

VAX 호스트는 현재 생산해야 할 제품의 정보를 관리하며, 시스템 서버에 생산정보를 제공하는 기능을 한다. 전장시험 시스템은 서버로 동작하는 시스템 서버, 데이터 셋업 및 데이터 뷰, 무선 LAN을 연결하는 무선 중계기, 측정 및 시험을 실행하는 MU, 차량에서 바코드를 읽어 들고 시험을 진행시키는 기능을 하는 무선 핸드 터미널로 구성된다.

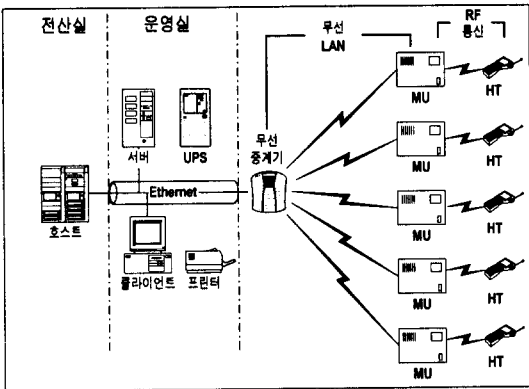


Fig. 1 Test system architecture

## 3. 부하신호의 패턴 모델링

본 논문에서 제시한 자동화 기법 중 가장 중요한 부분은 전장 부품의 입력 변화에 대한 출력 부하의 변화이다. 시험은 이 변화의 측정을 통해 전장 부품의 성능을 판단하게 된다. 부하의 변화를 분석하기 위해서는 입력 변화에 따른 출력 부

하의 전류 변화를 샘플링하고, 이를 분석하여 표준화된 형태의 패턴을 만들어야 한다 이 과정을 패턴 모델링(Pattern Modeling)이라 한다.

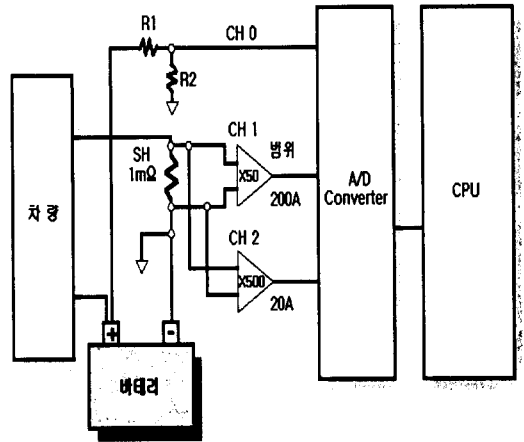


Fig. 2 Data sample circuit

### 3.1 부하전류 파형의 샘플링

부하전류 파형의 샘플링을 위해서 차량 배터리의 (-)단을 제거한 후, 그 양단에 셉트를 연결해서 차량의 전류 변화를 계속할 수 있도록 그림 2와 같은 시스템을 구성한다. MU를 차량에 연결하고, 데이터 샘플링 프로그램을 동작시킨 후 차량의 각 스위치를 조작하면서 차량의 부하전류 데이터를 계속하여 데이터베이스화 한다.

### 3.2 부하 패턴 모델링

차량으로부터 부하전류 데이터를 샘플링한 결과 그림 3에서 그림 6과 같은 원시 데이터를 얻었다. 이 파형들에 포함되는 노이즈를 제거하기 위해 필터를 통과시켜 얻은 파형을 분류해 보면 그림 7과 같이 몇 가지 형태로 분류가 된다.

그림 7에서 1번 패턴은 일반적인 부하형태로, 램프, 모터, 히터등 차량의 대부분 전장 부품들의 부하전류 형태이다. 2번 패턴은 파워 윈도우 모터의 자동 업/다운 시 부하 구속 상태에서 나타나는 부하전류 특성이다. 3번 패턴은 점멸등 또는 와이퍼 모터 동작 시에 나타나는 부하 전류 특성이다. 4번 패턴은 무선 록/언록 장치 동작 시 나타나는 특성이다.

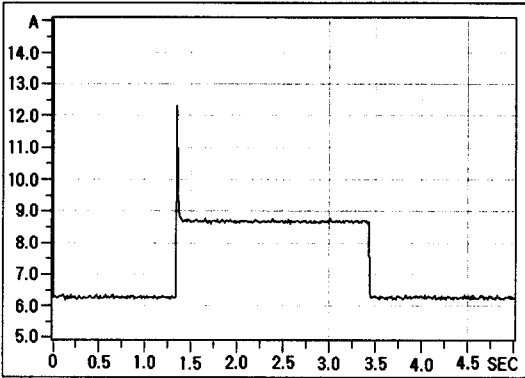


Fig. 3 Graph for normal load

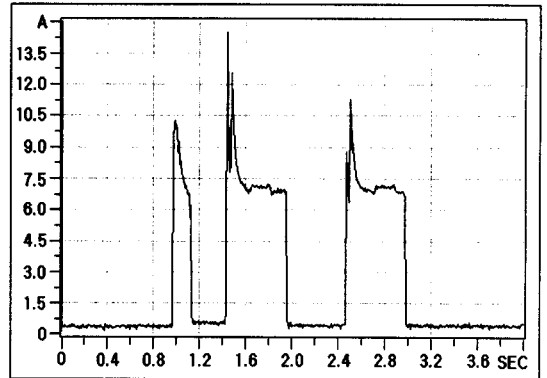


Fig. 6 Graph for iterative load after actuating

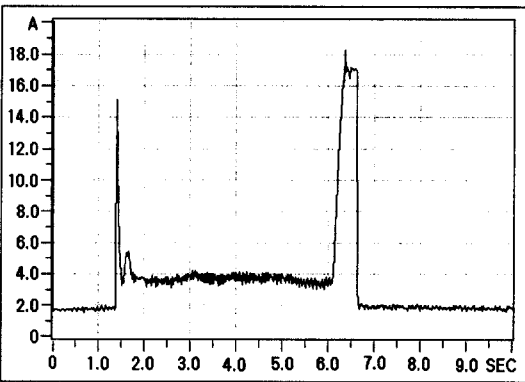


Fig. 4 Graph for restricted load

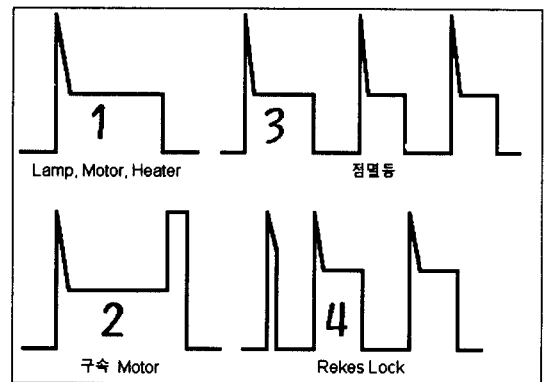


Fig. 7 Classified pattern of pulse

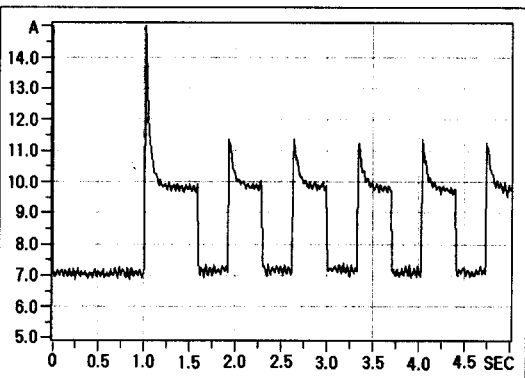


Fig. 5 Graph for iterative load

### 3.3 코드화를 위한 파라메터 설정

차량 시험을 자동화 하기 위해서는 시험 대상 부하들을 일정한 형태의 규격화된 패턴으로 모델

링 하여야 한다. 이를 통해 규격이 바뀌더라도 소스 프로그램의 수정 작업 없이 단지 파라메터 값의 변경을 통해 자동 시험이 가능하게 된다.

#### 3.3.1. 일반부하의 형태

일반부하 형태는 그림 8과 같은 패턴의 전류파형으로 나타난다. 이와 같은 패턴은 램프, 모터, 히터 등의 부하들을 On/Off 할 때 나타나는 가장 일반적인 패턴이다.

그림 8과 같은 일반부하 패턴은 스위치 조작 전에 구한 전류 값을 기본으로 하고, 그 기본 값에 대한 전류 변화를 설정 데이터로 반영하여 오차 상하한치를 설정한다. 동작전류는 시작 값이 검출되면 그 시점부터 안정화 시간 경과 후 측정 시간 동안 데이터를 받아들여 평균값을 구하고, 그 값과 오차 범위 상하한 값을 비교하여 양부

판정을 한다. 시험은 종료값이 검출시 종료된다.

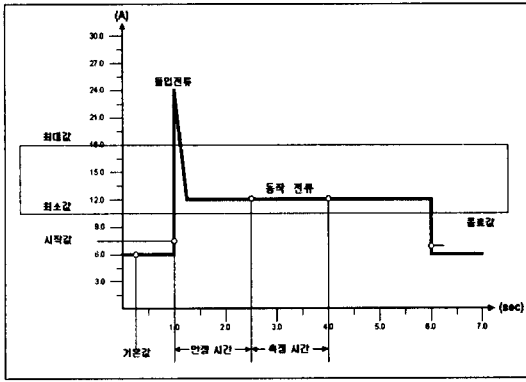


Fig. 8 Current pulse and parameters of normal load

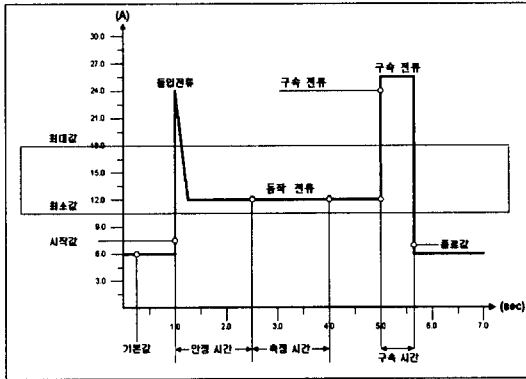


Fig. 9 Current pulse and parameters of restricted load of motor

### 3.3.2. 모터 구속 부하의 형태

그림 9는 모터 구속부하(Restricted Load) 형태로, 파워 윈도우의 자동 업/다운 스위치의 특성 파형이다. 이와 같은 형태의 부하에서는 일반부하에서의 동작전류 양부 판정과 구속전류 검출에 의한 구속시간을 계측 판단하는 파라미터를 추가 설정한다. 그 방법으로 일반부하 형태에 의한 기준으로 동작전류를 판정한 후, 설정된 구속 전류 값이 검출되면 그 시점에서 종료값이 검출될 때까지의 시간을 측정하는 방식을 사용한다.

### 3.3.3 반복부하 형태

그림 10은 반복부하(Iterative Load) 형태로 일반부하 형태의 특성 파형이 일정 주기를 통해

반복적으로 발생한다. 이와 같은 부하 형태에서는 일반부하에서의 동작전류와, 1주기 동안의 시간을 계측, 판단해야한다.

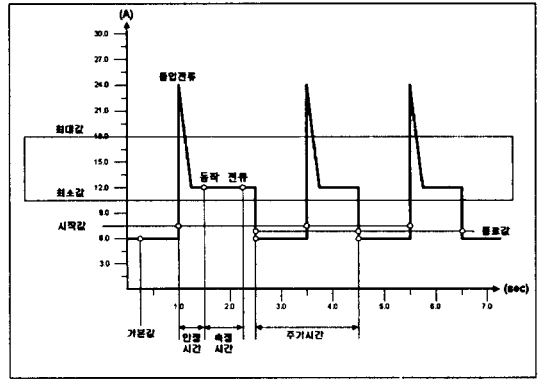


Fig. 10 Current pulse and parameters of iterative load

### 3.3.4 액추에이터 동작 후 반복부하

그림 11은 액추에이터 동작 후 일반부하 동작 또는 반복부하가 동작하는 형태로서, 액추에이터 동작 파라미터와 일반부하 또는 반복부하 조건의 파라미터로 결정된다.

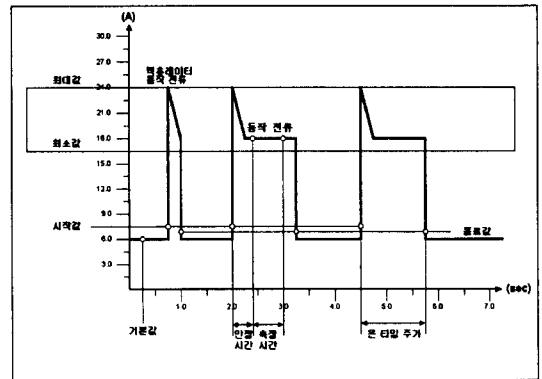


Fig. 11 Current pulse and parameters of iterative load after operating actuator

### 3.3.5 표준 부하 패턴

지금까지의 부하 패턴을 분석해 보면, 모든 패턴의 형태가 전류의 크기와 시간이 연속적이거나 반복적인 형태로 나타난다. 따라서 이 패턴들의 공통 부분을 취합하고, 상태 판단시 패턴 형태를

구분할 수 있는 조건을 부여하면, 그림 12와 같이 1개의 표준화된 패턴(Standard Load Pattern)을 도출할 수 있다. 본 연구에서는 그림 12에 나타난 패턴을 모델링 패턴으로 사용한다. 사용된 파라미터들은 다음과 같다.

- o Th1 : 부하의 동작시작
- o Th2 : 부하의 오프상태
- o Th3 : 부하의 구속여부
- o DT : 데이터가 안정되기까지의 시간
- o MT : 전류를 측정하는 시간
- o OC : 부하의 동작전류
- o HT : 구속 전류 유지시간
- o CT : 주기시간
- o OT : 부하가 On 되어 있는 시간

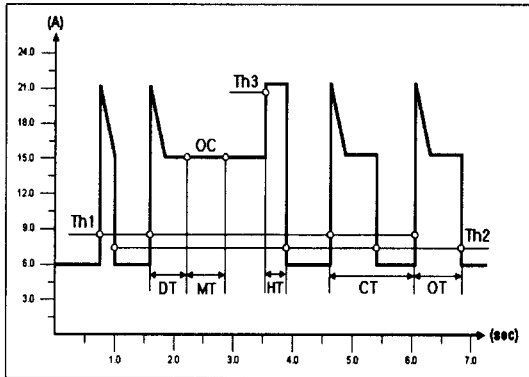


Fig. 12 Standard load pattern

#### 4. 소프트웨어 모듈의 구현

본 논문에서는 사용자가 간편하게 시험을 정의하고, 시험 결과의 통계치를 분석할 수 있도록 하는 소프트웨어 모듈들이 구현되었다. 구현된 소프트웨어의 모듈들은 다음과 같다.

##### 4.1 시스템 서버용 소프트웨어

FTP 명령을 이용하여 차량 정보 파일을 호스트 컴퓨터에서 서버로 전송 받는다. 차량 정보 파일은 차량 정보 데이터 구조체들의 집합으로 구성되며, 당일 생산되는 차량 수만큼의 데이터 구조체가 생성된다.

##### 4.2 셋업용 소프트웨어

시험 항목, 파라미터 설정, 차종별 시험 스케줄 작성 등의 내용을 사용자가 직접 설정, 입력할 수 있도록 하는 소프트웨어이다.

##### 4.2.1 시험 항목 설정

시험 항목 설정은 다음 그림 13과 같은 주 화면의 툴바 메뉴에서 추가 버튼을 마우스로 클릭하면 그림 14와 같은 시험 항목 설정 화면이 나타난다. 이 화면의 각 항목들은 3.3.5에서 도출된 표준부하 패턴에 사용된 파라미터 들이다.

항목	단위	0.000	0.000	12.000	14.000
초기 전압	V	0.000	0.000	12.000	14.000
압전류	A	0.000	0.000	0.000	0.200
불안 시험	A	4.000	0.000	0.000	0.000
연동 P/W ONLY	A	0.000	0.000	0.000	0.000
연동 P/W & S/R	A	0.000	0.000	0.000	0.000
불안 시험	A	4.000	0.000	0.000	0.000
연동 P/W ONLY	A	0.000	0.000	0.000	0.000
연동 P/W & S/R	A	0.000	0.000	0.000	0.000
일반 부하	A	0.500	0.000	1.000	2.000
제한 검사	A	0.000	0.000	0.000	0.000
제한 검사	A	0.000	0.000	0.000	0.000
제한 검사	A	0.000	0.000	0.000	0.000
제한 검사	A	0.000	0.000	0.000	0.000
Relax Lock	A	0.500	0.500	3.000	6.000
정밀도	A	3.000	3.000	6.000	9.000

Fig. 13 Main page of setup software

Fig. 14 Setup page for registering test parameters

사용자는 시험 항목별 특성들을 시험 시작전에 입력하기만 하면 되고, 특성값 변동시 소프트웨어의 수정 없이 입력 데이터 값만의 변경으로도 대응이 가능한 구조로 설계되어 있다. 화면의 각 항목 입력은 3장에서 샘플링하여 분석된 데이터에 의해서 입력한다. 설정된 파라미터 변경 시에

는 기존의 데이터와의 일관성을 유지해야 기존 통계 데이터와의 호환성에 문제가 발생하지 않는다. 또한 최대, 최소값을 변환하면 불량률 데이터가 기존 데이터와 다른 값을 갖게 될 수 있다.

#### 4.2.2 신규차종 등록

새로운 차종을 시험하기 위해서는 그 차종을 표현하는 차량 정보 데이터를 입력해야 한다. 입력된 데이터는 차종 코드로 생성되며, 이 코드는 데이터 분석 소프트웨어와 차종별 시험 스케줄 작성 시에 활용된다. 차종 등록은 차량 정보 데이터 구조체의 차종 코드(차량 메이커마다 차이가 있지만 여기서는 엔진 배기량 코드와 외장코드의 조합으로 결정한다.)를 그대로 정의하여 등록한다. 그림 15에 차종 등록 화면을 나타내고 있다.

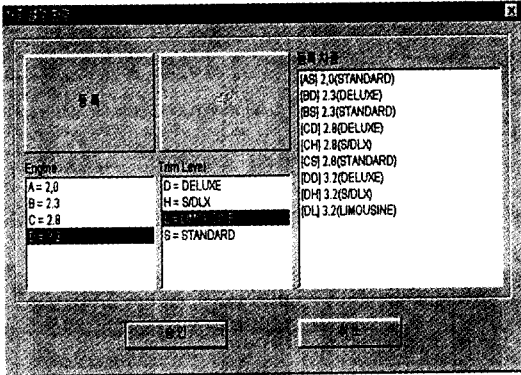


Fig. 15 Page for defining new vehicle model

#### 4.3 전장부품 계측 장치(MU)와 핸드 터미널 소프트웨어 구현

두 소프트웨어 모듈은 상호 연관되어 동작하여야 하므로, 미리 정해진 순서에 의해 실행하도록 소프트웨어를 구현하였다. 그림 16은 시험진행 흐름도이다. 항목 시작 단계에서 시험항목 설정용 소프트웨어에 의해 구축된 데이터베이스를 검색하여, 각 시험항목에 해당하는 설정 데이터 값을 읽어 들이게 된다. 등록된 안정화 시간이 경과한 후에 부하 전류값을 측정하게 되고, 이 값이 정의된 범위 내에 있는지 여부를 판정하게 된다. 이와 같은 과정을 통해 시험 자동화가 구현 가능하게 되며, 시험 결과의 정확도는 표준부하 패턴

의 정확성과 일치된다고 할 수 있다.

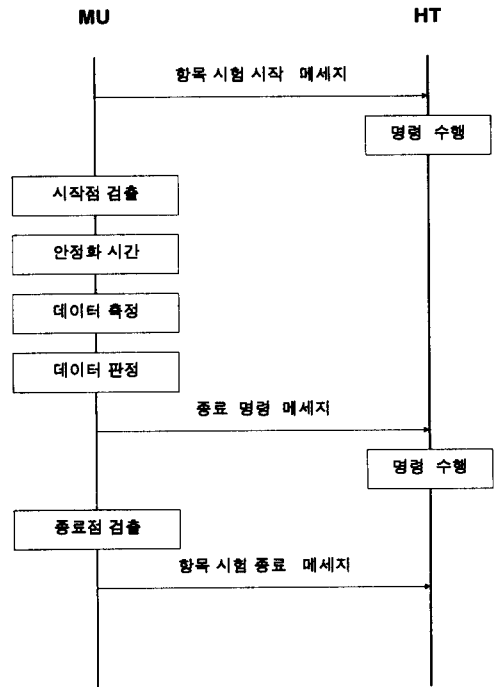


Fig. 16 Test flow between two terminals under normal load

#### 4.4 데이터 분석 소프트웨어

데이터 분석 소프트웨어는 MU에서 측정한 차량 데이터를 기준으로 일간, 월간, 연간 생산대비 불량률 데이터를 일정 기간의 불량 빈도 그래프와 시험 항목별 데이터 분포도 등의 각종 통계 데이터를 산출하여 사용자에게 다양한 데이터 통계를 추출하도록 구성되었다. 생산대비 불량률 데이터에서는 사용자에게 생산 기간별 불량률에 대한 정보를 제공하여 사용자가 생산량 및 생산 일정 조정과 불량률을 줄이기 위한 정책 결정 등의 주요 정보로 활용된다.

### 5. 시험 및 결과고찰

#### 5.1 시험환경 구성

본 논문에서 설계된 자동검사 시스템의 성능을 평가하기 위해, 승용차 조립라인을 대상으로 시

험을 실시하였다. 검사의 모든 과정은 승용차 배터리에서 검출되는 전류 패턴에 의해 판정되므로 이를 측정하기 위해 다음과 같은 순서에 의해 검사를 진행하였다.

- (1) 교정(시험 진행 전 1회만 수행)
- (2) 승용차 배터리 단자에 전류 패턴 검출장치 연결
- (3) 차량 바코드를 MU로 전송(무선핸드터미널)
- (4) 해당 바코드에 대응하는 시험항목 검색(전장 부품 계측장치)
- (5) 검사항목별 작업지시(전장부품 계측장치)
- (6) 검사결과 저장(시스템 파일서버)

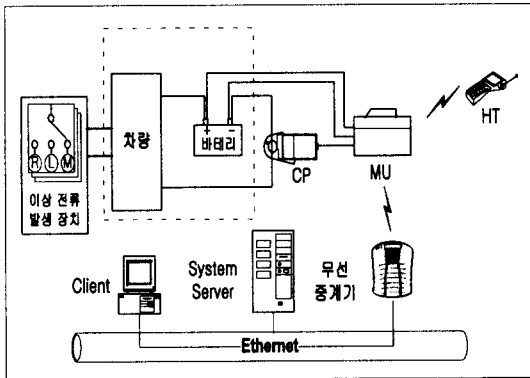


Fig. 17 Test environment

## 5.2 시험 및 결과

그림 17과 같은 시험 환경에서 8개 항목의 시험이 요구되는 바코드를 가진 20대의 차량 샘플에 대해 시험 결과를 측정하였다. 검사차량이 검사대로 진입하면 무선핸드터미널(HT)을 통해 진입된 차량의 바코드가 MU로 전송된다. MU에서는 차량 배터리로부터 전류신호를 받아서, 데이터 베이스에 저장된 부하별 전류패턴을 기반으로 시험진행을 지시한다.

표 1은 시험에 사용한 불량 데이터를 보여주고 있다. 표 1에서 차량 샘플 1의 경우, 첫 번째 항목인 헤드램프와 8번째 항목인 브레이크에서 이상전류 인가장치를 동작하여 이상전류를 발생시키도록 구성하였다. 이와 같은 방법으로 헤드 램

프의 경우 20대의 차량 샘플 중 총 8대의 차량 샘플에서 이상전류가 발생하도록 한 것이다.

표 2에는 표 1의 데이터에 대한 측정 결과를 나타내고 있다. 결과에서 알 수 있듯이 인위적으로 생성시킨 불량 항목들을 정확히 측정하고 있음을 확인할 수 있었다.

Table 1 Bad samples for each test items

시험항목	불량샘플
1) 헤드 램프	샘플 1,3,4,6,12,15,17,20
2) 왼쪽 점멸등	샘플 6,11
3) 운전석 파워윈도우 올림	샘플 5,10,15,20
4) 운전석 파워윈도우 내림	샘플 10,20
5) 조수석 파워윈도우 올림	샘플 2,6,10,12,15,17
6) 조수석 파워윈도우 내림	샘플 3,9,15,20
7) 이그니션 온	샘플 17
8) 브레이크 등	샘플 1,6,11,16

## 6. 결론

본 논문에서는 생산모델 다양화에 따라 승용차 혼류 생산에서 수시로 발생하는 시험 규격의 변경 또는 추가 등 시험상의 문제점을 해결하기 위한 전장시험 자동화 시스템을 설계, 구현한 후 승용차 조립라인을 대상으로 성능을 평가하였다.

설계된 시스템의 성능 검증을 위해 승용차 조립라인을 대상으로 시험을 실시한 결과, 제품의 시험규격 변경 시, 시험 프로그램 및 운영 프로그램의 재작성 또는 소스 코드 변경 없이 시험 코드의 생성만으로 변경에 대응할 수 있었고, 이에 따른 시간단축 및 비용절감이 가능하였다.

또한 실험 결과에 대한 통계 데이터를 이력화 함으로서 불량발생 빈도를 최소화 할 수 있었고, 환경설정, 시험규격 코드 생성, 검사 이력관리, 검

Table 2 Test results

샘플 번호	시험 항목							
	헤드램프 (4.0 ~ 7.0A)	왼쪽 점멸등 (1.0 ~ 2.0A)	운전석 파워 윈도우 올림 (3.0 ~ 6.0A)	운전석 파워 윈도우 내림 (1.5 ~ 3.5A)	조수석 파워 윈도우 올림 (4.0 ~ 6.5A)	조수석 파워 윈도우 내림 (2.0 ~ 4.5A)	이그니션 온 (1.0 ~ 2.5A)	브레이크 등 (6.5 ~ 9.0A)
1	7.273	1.205	4.013	2.853	5.426	2.958	1.289	9.227
2	5.152	1.668	5.681	3.291	6.741	3.533	1.754	7.648
3	3.698	1.095	4.145	2.419	5.582	4.708	1.573	7.212
4	7.049	1.587	5.299	2.767	4.159	3.356	1.949	7.554
5	5.892	1.755	6.321	2.235	5.090	2.884	2.466	8.173
6	7.329	2.124	4.779	1.579	3.956	4.254	1.254	9.339
7	5.205	1.960	3.904	2.768	6.217	2.316	2.325	8.950
8	4.566	1.350	5.325	2.374	4.338	3.251	2.136	7.043
9	6.914	1.502	4.486	2.360	4.748	4.761	1.326	8.482
10	3.948	1.736	2.178	1.396	6.682	3.073	1.984	7.759
11	5.795	0.857	4.880	2.959	5.095	3.090	2.292	6.357
12	7.183	1.292	4.496	1.851	6.622	3.587	1.263	8.360
13	4.616	1.451	3.612	2.613	5.876	2.781	1.836	7.489
14	5.046	1.108	4.817	1.840	4.614	2.638	2.388	7.693
15	3.880	1.466	6.223	2.398	6.594	1.859	1.320	6.601
16	6.415	1.350	4.852	2.051	5.341	3.733	2.254	9.467
17	7.332	1.806	4.466	2.597	3.579	3.423	2.787	8.210
18	4.794	1.297	3.510	1.823	4.635	2.295	2.466	7.836
19	5.566	1.756	5.420	2.300	5.464	4.463	1.581	7.119
20	3.661	2.140	2.451	3.735	4.203	4.578	1.953	8.786

(주) 회색 배경은 불량 데이터임

사결과 표시용 소프트웨어 개발을 통해 검사업무의 체계적 관리가 자동화 될 수 있다는 결과를 얻을 수 있었다.

이와 같은 결과를 기반으로, 추후에는 전사적인 통합 자동화 시스템에 연결될 수 있도록 상용 데이터 베이스와 호환 가능한 데이터 구조를 갖는 문제에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

1) G. Nager, K.H. Kapp, M. Schreiber, and U. Wever, "Structuring and Configuration of CIM Systems for Brance-Specific Medium-Sized enterprices, J. of Intelligent

Manufacturing, Vol.6, pp.191-pp.201, 1995.  
 2) J. Boyce. "Windows NT Workstation 4.0", Que, pp.430, 1996.  
 3) P. Sanna, "Using Windows NT 2nd", Que, pp.482, 1997.  
 4) A.S Tanenbaum, "Computer Networks 3rd Ed.", Prentice Hall International Editions, pp.276, 1996.  
 5) 황규승, 박영섭, 박광태, "생산관리", 홍문사, pp.374, 1998.  
 6) 조성준, "알기 쉬운 무선 LAN", Ohm사, pp.39-160, 1996.  
 7) 정진욱, 변옥환, "근거리 통신망", Ohm사, pp.55-57, 1995.