

**G7 한국형 고속전철 자동제어를 위한 통합형 데이터 취득 장치의 설계방안**

조 필성, 김 정한, 박 동호, 김 찬호, 최 항섭  
 현대중공업 기술개발본부 기계전기연구소

**The Design of Integrated Data Acquisition Board(IDAB) to Achieve Automatic Control of Korea High Speed Railway(HSR 350X)**

Cho Pil Sung, Kim Jung Han, Park Dong Ho, Kim Chan Ho, Choe Hang Soeb  
 Electro Mechanical Research Institute, R&D Division Hyundai Heavy Industries, Co., Ltd.

**Abstract** - 한국형 고속전철차량의 자동제어 구현을 위해서 우선 다양한 종류의 장치들로부터 상태정보(Line Voltage 열차가선전압, Bogie Hunting, Preset Speed, PWM, Train Velocity, Brake Pressure, Reservoir Pressure)를 취득해야하며, Main Process Unit(MPU)에서의 고속 Data 처리를 위해서 취득한 Analog Data를 신속하게 Digital Data로 변환해야 한다. 또한 열차내의 특수한 조건(Noise, Vibration) 에서도 안정적인 데이터의 취득을 만족시켜야한다. 이와 같은 상황을 고려한 독자적인 통합형 데이터 취득 장치 -Integrated Data Acquisition Board(IDAB)의 설계방안을 제시하였다.

Sensor로부터 직류 전압 값을 입력받아서 Op AMP에서 전압범위를 조정해주고, Analog-to-Digital Converter에 의해서 Digital Data로 변환된 후에 내부 Buffer에 저장되는데 저장된 Data는 새로운 Data로 갱신될 때 까지 유지된다. 전압값 -12V일 때 -1.7G, +12V일 때 +1.7G의 값으로 입력된다.

**1. 서 론**

고속전철기술개발사업은 1996년 G7 선도기술개발사업으로 선정되었으며, 350km/h의 최고운행속도를 갖는 한국형 고속전철시스템 개발과 핵심기술 확보를 통한 선진국수준의 철도기술 자립을 목표로 하고 있다. 고속 전철용 차량자동제어시스템은 각각의 제어 대상 장치에 대하여 여러 가지 돌발적인 상황에 빠르게 대처 할 수 있어야 하며, 이런 빠른 대처를 위해서는 짧은 시간에 차량 내부에 탑재된 각종 전기 전자기기의 여러 가지 상태정보를 최단 시간 내에 획득 할 수 있어야 한다. 또한 차량상태정보를 수시로 감지하여 운전자에게 정확한 정보를 제공함으로써 차량이 운행하는데 최적의 상태를 유지하도록 해야 하며 보다 높은 신뢰성과 안전성의 확보가 요구되는 분야라고 할 수 있다. 열차의 중추적인 역할을 하는 차량자동제어시스템의 필요성은 필요불가결한 장치이다. 본 논문에서는 이와 같은 시스템에서 실시간으로 차량정보를 수집하기위한 방안 중에서 우선적으로 해결해야 될 Hardware적인 방안을 제시하였다.

**2.3 Preset Speed신호 입력부**

Preset Speed Setting값 신호와 Sensor로부터 입력된 열차속도 신호를 비교하여 PID 제어에 의해 Setting된 속도로 열차가 정속주행 할 수 있도록 연산된 견인력/제동력 명령치 신호를 출력하는 것이 목적이다. Preset Speed Setting Sensor로부터 0~13.2Vdc범위의 직류 전압을 입력받아서 Op AMP에서 전압범위를 조정해주고, Analog-to-Digital Converter에 의해서 Digital Data로 변환된 후에 내부 Buffer에 저장되는데 저장된 Data는 새로운 Data로 갱신될 때 까지 유지된다. Sensor로부터의 직류 전압 값은 30mVdc 간격마다 1Km/h의 속도를 나타낸다.

**2. 본 론**

**2.1 열차 가선전압(Line Voltage)신호 입력부**

열차는 기동전원으로 외부로부터 25KVac를 입력받는다. 이와 같이 높은 범위의 전압을 감지하기 위해서 전압 범위를 낮추어야 하는데, 0 ~ 128Vac(25KVac 일때 100Vac 인식 , 32KV 일 때 128Vac로 인식)범위로 감소시킨다. IDAB는 전압범위를 다시 한번 낮추어 준 다음 RMS to-DC Converter를 사용하여 직류로 바꾸어 준다. 직류로 변환된 전압은 Analog-to-Digital Converter에 의해서 Digital Data로 변환된 후에 내부 Buffer에 저장되는데 저장된 Data는 새로운 Data로 갱신될 때 까지 유지된다.

**2.4 Brake Pressure신호(BP) 입력부**

열차의 Brake압력을 감지하는 것이 목적이다. Brake 압력 Sensor로부터 4~20mA의 직류전류를 입력받아서 Current-to-Voltage Converter에서 일정범위의 직류전압으로 바꾸어 준다. Analog-to-Digital Converter에 의해서 Digital Data로 변환된 후에 내부 Buffer에 저장되는데 저장된 Data는 새로운 Data로 갱신될 때 까지 유지된다.

**2.5 Reservoir Pressure(RP)신호 입력부**

Main Reservoir Pipe의 압력 값을 직접 감지하여 열차 상태 Monitor에 현시하고, 운행 중 RP압력의 이상저하 시 안전을 위하여 비상제동을 제어하는 것을 목적으로한다. Main Reservoir Pipe의 압력 Sensor로부터 4~20mA의 직류전류를 입력받아서 Current-to-Voltage Converter에서 일정범위의 직류전압으로 바꾸어 준다. Analog-to-Digital Converter에 의해서 Digital Data로 변환된 후에 내부 Buffer에 저장되는데 저장된 Data는 새로운 Data로 갱신될 때 까지 유지된다.

**2.5 PWM(Pulse Width Modulation)신호 입력부**

열차는 견인력/제동력 명령신호를 PWM 파형신호로 출력한다. 열차로부터 입력되는 PWM 신호의 특성을 정리하면, 전압 Level(DC 72V), 주파수(100Hz), Duty Ratio (견인시 → 4%-96%, 상용제동시 → 4%-96%, 비상제동시 → 100%), 최대 출력 전류(0.9A ± 90mA) Wave Form(구형파), Display 현시 범위(19KV 30KV:0.5KV 단위)과 같이 정리할 수 있다. 그림1은 PWM Duty Ratio에 따른 열차상태를 나타내고 있다.

**2.2 대차 진동(Bogie Hunting)신호 입력부**

각 대차에 취부된 좌우진동 가속도 Sensor의 신호를 감지하여 규정치 이상으로 진동이 발생하는 경우에, 270km/h 이하속도 주행요구 Massage를 표시한다.

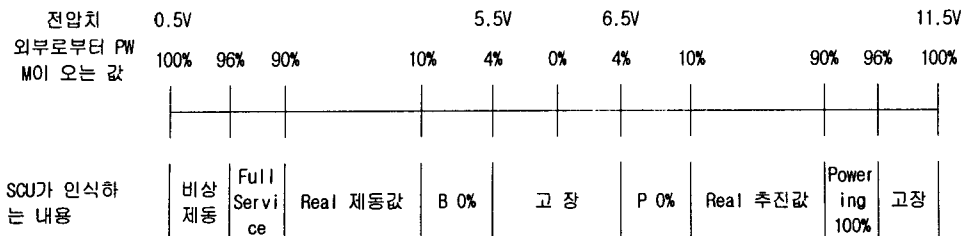


그림1.PWM Duty Ratio

IDAB는 열차로부터 PWM신호를 입력받아 우선Photo Isolator에 의해서 외부로부터 절연을 하고, 탑재 되어있는 FPGA(Field-Programming Gate Array)에 의해서 Setting된 기준 주파수에 대한 PWM값을 Digital Data로 변환한다. 변환된 Digital Data는 Buffer에 저장이 되고, MPU(Main Process Unit)로부터 Data요청이 있을 때 값을 반환한다.

### 2.7 열차속도(Train Velocity)신호 입력부

동력대차 및 부수대차의 Speed Measurement Module로부터 인가되는 V1, V2 신호를 비교하여 큰 값을 현재 열차속도로 검지한다. 단, V1/V2 신호 비교시, 70Hz 이하 또는 4490Hz 이상으로 인가되는 신호는 고장으로 인식하여 제외시킨다. 열차속도 입력형태를 자세히 살펴보면, 속도 측정 범위(0~440 km/h: 정밀도-1.3km/h ± 0.35% 이내), Pulse 형태(전압:Max 24V, 전류:40mA, Open Collector Type), Pulse 신호 범위(80+10V km/h Hz, 50/50 Duty Ratio), 속도신호(70~4490 Hz), 열차속도 신호 전송주기( 20ms 이내)와 같다.

IDAB는 열차로부터 속도신호(Pulse신호)를 입력받아 우선Photo Isolator에 의해서 외부로부터 절연을 하고, 탑재 되어있는 FPGA(Field-Programming Gate Array)에 의해서 Setting된 기준 시간당 Pulse를 Counter해서 Digital Data로 변환한다. 변환된 Digital Data는 Buffer에 저장이 되고, MPU(Main Process Unit)로부터 Data 요청이 있을 때 값을 반환한다.

그림3, 그림5는 IDAB에 탑재 되어있는 FPGA가 PWM 신호와 열차속도(Pulse)신호를 열차의 Sensor로부터 입력받아 각각의 신호를 처리하기위한 Program적인 흐름을 나타내고 있다.

그림2는 IDAB전체의 동작원리와 Data의 흐름을 나타내고 있다. 우선 열차의 각종 Sensor로부터 신호를 입력받는다. 입력된 신호는 각 신호의 종류에 맞게 Filtering작업을 한다. 각각 최적으로 가공된 신호들은 Analog-to-Digital Converter에 의해서 Digital Data로 변환되고 Buffer에 저장된다. 동작순서에 의하여 MPU(Main Process Unit)로부터의 Data요청이 IDAB의 PLD에 입력되면, PLD는 Address Decoding동작을 통하여 각 Chip에 순차적으로 Chip Select 신호와 Read Active 신호를 보낸다. 신호를 입력받은 각각의 Chip들은 Buffer에 저장된 Data를 MPU로 전송한다.

### 2.8 보호 장치

차량의 외란으로부터 장치를 보호하고, 차량자동제어에 필요한 신뢰성 있는 Data를 취득하기 위해서는 최적의 보호소자 선정이 가장 중요하다. IDAB에서는 Varistor, Transient Voltage Suppressor, Photo Isolator등을 적용하여, 외부의 Noise로부터 장치를 보호하고 신뢰성 있는 Data를 수집할 수 있도록 설계하였다.

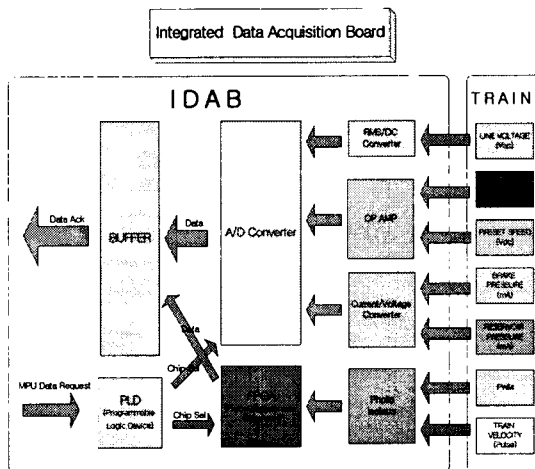


그림 2. IDAB Block Diagram

표 1. Each Input Data Specification

NO	Input Spec	Digital High Value	Digital Low Value	Actual Val
1	Line Voltage	0x00	0x718	0 ~ 128 Vac
2	Bogie Hunting	0xBEF	0x40F	(-)12 ~ 12 Vdc
3	Preset Speed	0x05	0x36A	0 ~ 13.2 Vdc
4	Brake Pressure	0x151	0x698	4 ~ 20 mA
5	Reservoir Pressure	0x151	0x698	4 ~ 20 mA
6	Train Velocity	0x00	0x64	72Vdc, 100Hz PWM
7	P W M	0x46	0x118A	24Vdc, 70 ~ 4490Hz

표1은 각각의 장치별 Input Data Specification을 정리한 것이다. 교류전압, 직류전압, 직류전류, Pulse, PWM의 신호들이 입력되며, 각 신호들은 적절한 범위의 Digital Data로 변환된다. Analog-to-Digital Converter에 입력되는 신호들은 12 bit Digital Data로 변환되고, FPGA로 입력되는 Pulse, PWM신호 중에서 Pulse신호는 8 bit Digital신호로, 높은 분해능을 요구하는 PWM신호는 16 bit Digital신호로 변환된다. 변환된 신호들은 Chip Select Signal(MPU의 Data요청신호)에 의해서 MPU에 전송된다.

Program Flow Chart(PWM)

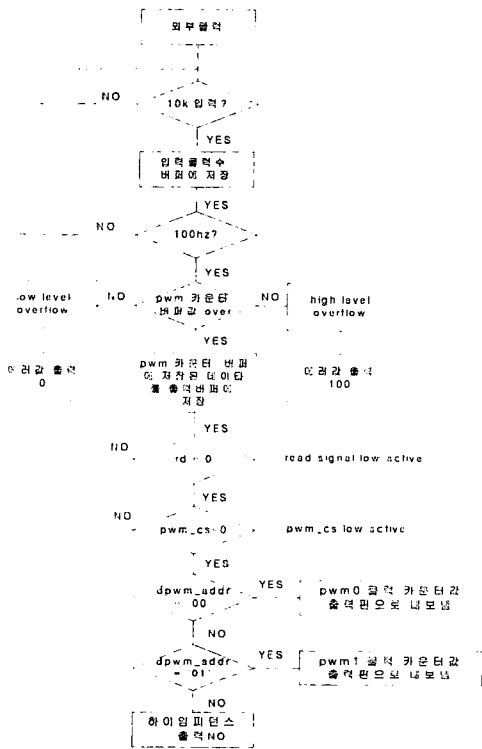


그림 3. Program Flow Chart(PWM)

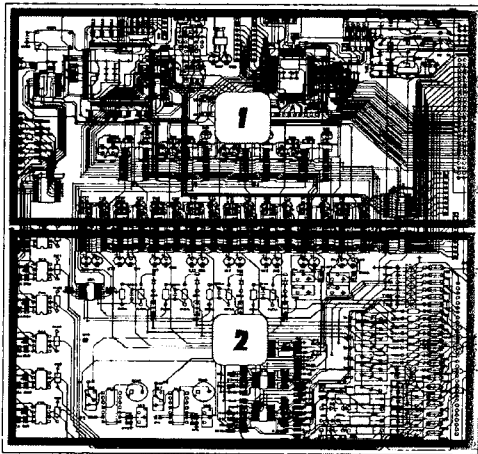


그림 4. IDAB Outline and Chip Arrangement

그림 4에서는 IDAB의 외형도를 나타내었다. 1이라고 표시된 부분에는 Digital 신호를 처리하기 위한 소자들을 배치해 놓았고, 2라고 표시해놓은 부분에는 Analog 신호를 처리하기 위한 소자들을 배치해 놓았다. 2부분에서 Analog신호를 입력받아서 Digital 신호로 변환시킨 다음 1부분에서는 MPU의 요청에 따라서 Data를 전송하도록 설계하였다. Digital신호처리 부분과 Analog신호처리부분을 분리하여 안정적인

Program Flow Chart(Pulse Counter)

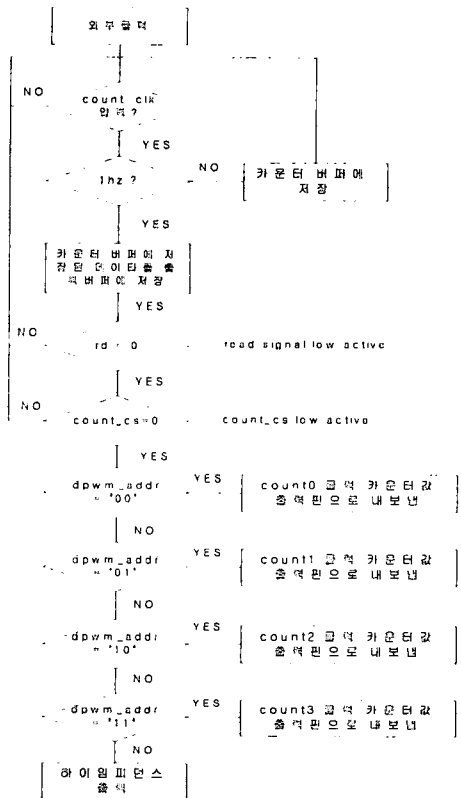


그림 5. Program Flow Chart(Pulse Counter)

Data의 흐름을 유도하였다.

### 3. 결 론

독자적인 고속전철시스템 기술 확보는 수입 대체효과 및 해외진출을 위한 기반을 구축함으로써 관련 부품산업 전반에 걸친 기술력 향상에 기여할 것이다. 이와 같은 목적을 기반으로 설계된 IDAB(Integrated Data Acquisition Board)는 차량내의 각종 Sensor로부터 각각 다른 종류의 신호들을 입력받아서 실시간으로 Data를 처리하는 것을 가능하게 할 것이다. 따라서 차량상태정보를 수시로 감지하여 운전자에게 정확한 정보를 제공하고, 열차의 중추적인 역할을 하는 차량자동제어시스템을 가능하게 할 것이다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 최항섭, "고속전철용 진단처리 및 열차제어 검증 시뮬레이터 개발", 대한전기학회, 2001.07.
- [2] 한국전기연구원, "추진제어 시험철차서", 2002. 02.
- [3] 현대중공업, "차량진단처리 및 열차제어시스템 개발 1 단계보고서", 98-2-2-1, 313, 1999.10
- [4] 현대중공업, "차량진단처리 및 열차제어시스템 개발 5 차년도 보고서", 01-2-2-1, 193, 2001.10