

## 바이모달트램용 분산형 차량감시제어장치 개발 및 적용

이강원\*, 조 현\*\*, 이후은\*\*, 목재균\*  
한국철도기술연구원\*, 케이씨에스\*\*

### Development and Application of Distributed Vehicle Control Unit in Bimodal Tram

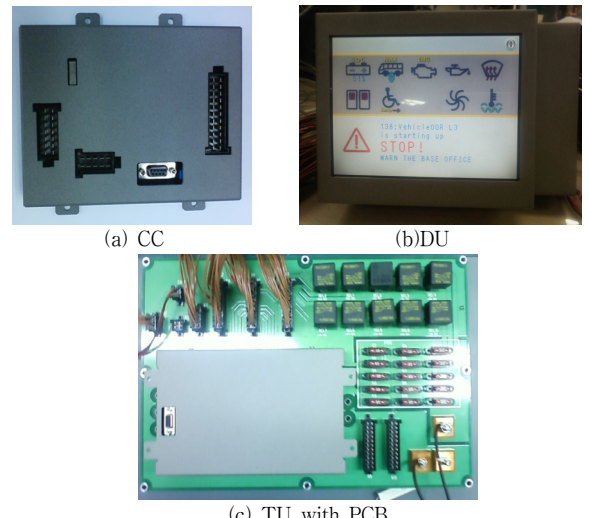
Kang-Won Lee\*, Hyun Cho\*\*, Hu-Un Lee\*\*, Jai-Kyun Mok\*  
Korean Railroad Research Institute\*, KCS\*\*

**Abstract** - VCU(Vehicle Control Unit) was developed to decrease the wire weight and make it easy to control the power of ECU in bimodal tram. VCU consists of CC(Central Computer), DU(Display Unit), TU(Terminal Unit) with PCB. CC is a main controller with programming and DU displays the status with graphic symbols and letters. TU with PCB inputs and output the voltage controlled by CC. They communicate with CAN(Controller Area Network). VCU had been verified with software reliability verification test and environmental hardware test. This paper has shown the test results and application to bimodal tram.

CC는 TU 및 DU와 CAN통신(standard, 250kbps, 100ms)에 의해 데이터를 주고 받게 되며 부가적으로 외부장치와의 CAN통신(J1939)버스를 장착하고 있다. TU의 전류용량을 증가(릴레이 및 휴즈)시키고 유지보수의 원활성을 위하여 별도의 PCB위에 장착된다. 그림2는 VCU를 구성하는 장치들에 대한 실물사진이다.

### 1. 서 론

바이모달 트램은 직렬형 하이브리드차량으로서 친환경적이고 교통약자의 승차편의성을 고려하여 개발된 신개념 대중교통수단이다. 바이모달 트램은 운영센터와의 통신, 전차량조향, 자동운전, 하이브리드추진등의 기능이 조합적으로 수행되므로 해당 기능을 수행하는 ECU 및 다양한 센서, 액츄에이터등과 같은 많은 전기전자부품등이 차량내에 설치되고 이들을 연결하는 배선등도 복잡하게 얽혀 있다. 이러한 다양한 전기전자 장치들에 대한 전원공급을 위해서는 많은 양의 와이어가 사용되어야 하고 적절한 타이밍과 제어를 위해서도 또한 많은 양의 타이머와 릴레이가 필요하다. 이와 더불어 운전자의 조작 및 운전자에게 필요한 정보표시등을 위해서는 별도의 장치가 요구된다. VCU는 바이모달 트램의 곳곳에 설치된 장치들에 대해 근접한 위치에서 전원공급이 가능하고 내부 프로그램작에 의해 전원들에 대한 타이밍 및 릴레이동작을 수행하고 별도의 디스플레이장치에 의해 운전자에게 필요한 정보를 표시한다. 이와 같이 VCU는 중앙컴퓨터인 CC라 불리는 장치가 메인으로 제어프로그램을 탑재하여 운영되고 바이모달 트램 각 부분에 단말장치인 TU를 배치하여 해당 부분에 위치한 장치들에게 필요한 입출력동작을 수행하게 된다. 이때 TU들과 CC는 CAN통신버스에 의해 연결되므로 와이어량이 최소가 된다. 또한 디스플레이장치인 DU는 운전석에 배치된 각종 스위치의 신호를 입력받아 CAN통신버스를 통하여 CC에 전달하고 필요한 제어로직에 따라 출력된 신호는 다시 DU상으로 전달되어 운전자에게 적절한 심볼과 문자를 표시하게 된다. 본 논문에서는 바이모달 트램을 위하여 개발된 VCU의 사양을 살펴보고 VCU의 차량내 구성과 VCU 제어프로그램에 대한 신뢰성검증결과 및 VCU에 대한 환경시험결과를 보여줄 것이다. 또한 차량내 실제로 장착되어 시험된 결과도 함께 보여주고자 한다.



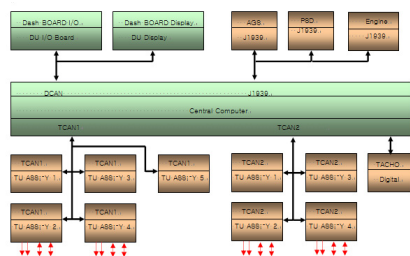
〈그림 2〉 VCU 구성장치들의 실물사진

다음으로 VCU를 구성하는 각 장치들의 적용사양을 살펴보면, 우선 CC는 32Bit의 Renesas M32R CPU와 1 Mbyte의 Flash memory를 장착하고 있고 CAN통신포드가 총 6개, RS232포드 및 RS485포트를 가지고 있어 확장성이 좋다. 또한 제어소프트웨어를 탑재하고 있어 DU 및 TU를 제어한다. DU는 32Bit의 Renesas SH3 Risc CPU와 16Mbyte의 외부 Flash memory를 장착하고 있고 6.4 inch의 640x480 TFTLCD를 구동하고 외부 카메라(Composite Video 320x240)를 직접 연결할 수 있는 단자가 설치되어 있다. TU는 CC와 동일한 CPU 및 메모리를 사용하고 디지털입력 24포트, 아날로그포트 6포트, 하이사이드출력 24포트, 로우사이드출력 8포트를 각각 보유하고 있어 외부 장치와의 전기적인 인터페이스를 담당한다.

### 2. 본 론

#### 2.1 VCU의 구성 및 사양

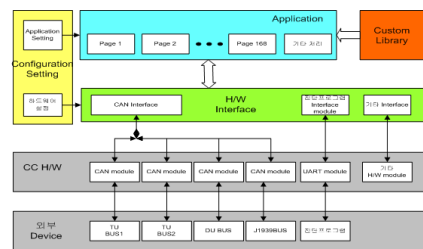
바이모달 트램에는 VCU로서 DU와 CC가 각각 하나씩 장착되고 2량 또는 3량의 차량배치에 따라 TU가 8~11개가 해당개소에 설치된다. 그림 1은 VCU의 구성을 각 구성장치들을 블록으로 표시하여 보여주고 있다.



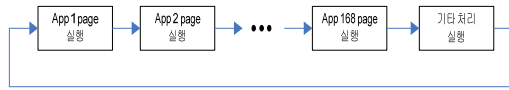
〈그림 1〉 VCU의 전체 구성도

#### 2.2 VCU 제어프로그램 및 신뢰성 검증

VCU 제어프로그램은 CC에 탑재되며 C언어로 작성되었고 윈도우 XP 환경에서 동작한다. 그림 3은 VCU 제어프로그램의 구성을 나타낸다. Start up 코드는 Assembly언어에 의하여 작성되었다. Application은 PLC구조를 바탕으로 작성되었고 기능은 page별로 구분되었다.

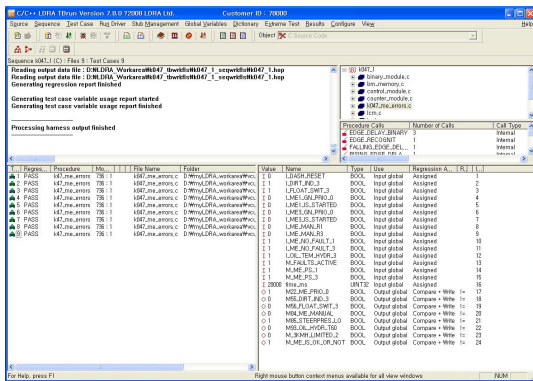


〈그림 3〉 VCU 제어프로그램의 구성도



〈그림 4〉 Application의 동작 sequence

VCU 제어프로그램의 동작에 대한 신뢰성은 LDRA사의 Tbrun 프로그램을 사용하여 검증하였다. 이 검증은 제어 프로그램 단위 시험 (Unit test)으로서 프로그램 구조상 단위간의 인수 전달이 거의 없는 특징으로 인하여 프로그램 단위(Unit)별 신뢰성을 검증함으로써 전체 프로그램의 신뢰성을 검증하는 방식이다. 검증의 진행은 우선 제어 프로그램의 한 페이지 함수의 내용은 거의 한 개의 함수로 구성되어 있으므로 한 페이지 단위로 시험을 수행하고 테스트를 위하여 필요한 부분을 수정하여 Tbrun에 loading한다. 그리고 함수를 테스트하기 위한 test case 생성하여 Tbrun에 입력하고 입력된 test case에 대하여 예상된 출력 값을 제대로 출력하는 지를 확인한다. 시험 도중 소프트웨어 상의 fault가 발견된 부분은 소프트웨어의 수정 후, 해당 test case를 처음부터 다시 입력하여 테스트를 진행하게 된다. 시험은 VCU 제어 프로그램의 144개 함수에 대하여 실시되었으며, 모든 함수는 입력된 모든 test case에 대하여 시험을 통과함을 확인하였다. 그림 5는 LDRA사 Tbrun프로그램의 실행화면의 일례를 보여준다.



〈그림 5〉 신뢰성 검증화면

## 2.2 VCU 환경시험실시 및 결과고찰

VCU에 대한 환경시험기준은 KS R 9156(철도 차량용 전자기의 시험통칙)에 따라 실시되었다. 표 1과 2는 온도사이클시험조건과 고온고습 시험조건을 각각 나타내고 있다.

〈표 1〉 KS R 9156에 따른 온도사이클 시험조건

시험 항목	시험 조건		유지시간 (hrs)
	온.습도 조건		
온도 사이클 시험	40 +/- 1℃		0.5
	40℃ -> -25℃ +/- 1℃		1.0
	-25℃ +/- 1℃		0.5
	-25℃ -> 40 +/- 1℃		1.0

〈표 2〉 KS R 9156에 따른 고온고습시험조건

시험 항목	시험 조건		
	온도(℃)	상대습도(%)	지속시간 (hours)
고온고습시험	40 +/- 1	90 +/- 3	10

진동시험은 KS R 9144(철도차량부품의 진동시험 방법)에 따라서 표 3의 시험조건하에서 실시되었다.

〈표 3〉 KS R 9144의 진동시험조건

진동 방향	진동수(Hz)	가속도(G)	진동시간	
			공진상태가 아닌 경우	공진상태인 경우
좌 우	공진진동수	0.7	2	0.5
	10			1.5
전 후	공진진동수	0.7	2	0.5

상 하	10	0.7	2	1.5
	공진진동수			0.5
	10			1.5

VCU에 대한 EMC(ElectroMagnetic Compatibility)시험은 EN55011, EN 61000-4-2/3/4/5/6 기준에 의거하여 실시되었고 세부 시험항목은 표 4와 같다.

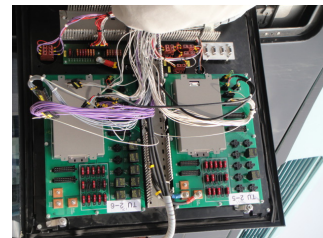
〈표 4〉 EMC시험 세부항목 및 적용기준

- EMI : EN55011
- Radiated Emission : Class A
- Conducted Emission : Class A
- EMS : EN61000-4
- EN61000-4-2 : 정전기 내성(Air 8KV, Contact 4KV)
- EN61000-4-3 : 전차파 방사 내성
- EN61000-4-4 : EFT/버스트 내성(1KV)
- EN61000-4-5 : 서지 내성 시험 : 1 /2K
- EN61000-4-6 : 전도 내성 시험

이와같이 차량의 다양한 주행환경하에서 VCU의 적용가능성을 살펴보기 위하여 공인기준에서 따른 환경시험을 실시하였고 시험결과는 모든 환경시험기준을 만족시키는 것으로 확인되었다. 그림 6은 차량에 실제 장착 시험한 사진을 보여준다. 차량에 장착하여 주행시험까지 실시한 결과는 VCU가 초기 설계시 요구된 성능을 만족시킴을 확인할 수 있었다.



(a) 운전석 취부상태



(b) 차량 후부 장착상태



(c) 차량주행상태

〈그림 6〉 차량 실장 시험

## 3. 결 론

바이모달 트램에 적용하기 위하여 개발된 VCU는 배선의 복잡도 및 배선량을 감소시키고 차량기능의 확장에 대한 유연성을 극대화 시킬 수 있으며 프로그램 구조가 PLC를 기초로 하여 작성되었으므로 프로그램의 수정 및 추가가 편리하여 사용자는 프로그램개발자와 원활한 소통이 가능하다. 또한 VCU는 바이모달 트램외에도 기존 대형버스 및 철도차량등에도 적용이 가능하므로 매우 유용한 장치가 될 것으로 기대된다.

### [감사의 글]

본 논문은 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행하는 2010년도 교통체계효율화 사업의 지원으로 이루어 졌음에 감사드립니다.