

---

# 차량 네트워크를 이용한 자동 주차브레이크 시스템 구현

문용선\* · 문창현\*\* · 이명복\* · 정철호\* · 최형윤\*

## A Study on the Implementation of Automatic parking brake system using In-Vehicle network

Yong-seon Moon · Chang-hyun Moon · Myung-bok Lee · Cheol-ho Jeong · Hyeong-yoon Choi

---

이 논문은 2003년도 순천대학교 산학연 컨소시엄센터에서 연구비를 지원받았음

---

### 요 약

최근 차량의 안전에 관한 기술은 전자 및 제어분야의 기술이 접목되어 능동 안전 시스템이 개발되고 있다. ABC(Active Body Control), ABS(Antilock Brake System), ACC(Adaptive Cruise Control) 기술이 대표적이라 할 수 있다. 이러한 기술은 전자 제어 장치를 기반으로 하고 있으며, 차량 네트워크로 데이터를 실시간으로 공유한다. 따라서 본 논문에서는 기계식으로 구성되어 수동으로 작동되는 주차 브레이크 장치를 차량용 네트워크인 CAN를 이용하여 자동으로 작동될 수 있도록 제어 알고리즘 구현과 응용 어플리케이션을 구현한다. 또한 구현되는 제어시스템을 통해 기존의 차량내 전자제어시스템과 통합 운영할 수 있는 가능성을 확인한다.

### ABSTRACT

As per the recent technology related to safety of vehicles, Active safety system is being developed in combination with the technology of electronic system. For example, ABC(Active Body Control), ABS(Antilock Brake System), ACC(Adaptive Cruise Control) are representative of this system. This technology is based on an electronic system, and shares a lot of data through network-system in vehicles. Therefore, the control-algorithm and the practicable application are realized in this research in order that CAN, network system for vehicles can run the brake device, which is composed mechanically and hand-operated. Additionally the possibility is confirmed that this control-system can be compatible with the existing electronic system in vehicles.

### 키워드

CAN, DeviceNet, 주차 브레이크, 차량용 네트워크

### 1. 서 론

차량의 안전과 관련된 기술은 전자 제어분야의 기술을 접목하여 능동안전 시스템 개발이 활발히

---

\*순천대학교 전자공학과

접수일자 : 2004. 2. 12

\*\*창성기공 대표

진행되면서 더욱 발전되고 있다. 또한 이들 전자 제어장치들의 데이터 공유와 비용절감을 위해서 네트워크 기술을 이용하여 시스템의 신뢰성을 높이고 있다. 특히, 차량의 안전장치에서 브레이크 시스템은 차량 기술에서 많은 부분을 차지하고 있는데 오늘날 제동기술은 제동뿐만 아니라 가속 또는 일반 주행상태에서도 차량의 자세 제어를 위해 사용되고 있다.

차량과 운전자의 안전을 위해 사용되는 브레이크 시스템은 차량을 감속시키거나 정지시키는 기능을 하는 중요한 장치이다. 이러한 제동장치에는 크게 주 제동 브레이크와 주차 브레이크가 있는데 주 제동 브레이크는 차량의 주행속도를 낮추거나 경우에 따라서는 급정차시키는데 필요하고, 주차 브레이크는 주차 또는 정차상태를 유지하거나 또는 언덕길에서 주/정차한 차량이 저절로 굴러가지 않도록 하는 역할을 한다. 또한 주 제동 브레이크가 제 기능을 발휘할 수 없을 경우에는 보조 브레이크로서의 기능을 수행하고, 대부분 기계식이며 수동으로 조작하게 된다.[1]

본 논문에서는 수동으로 조작되는 주차 브레이크를 차량용 네트워크인 CAN(Control Area Network)를 이용하여 자동으로 조절될 수 있도록 자동 주차 브레이크 장치를 구현한다. 이것은 운전자의 부주의로부터 운전자의 생명과 차량의 안전을 위한 중요한 안전장치이다. 따라서, 자동 주차 브레이크 장치를 구현하기 위해 CAN의 응용계층은 DeviceNet을 사용하며, 구현된 자동 주차브레이크 장치의 제어 알고리즘을 구현하도록 한다. 구현되는 제어시스템과 알고리즘을 통해 기존의 차량내 전자제어시스템과 통합 운영할 수 있는 가능성을 확인한다.

## II. 차량용 네트워크

차량용 네트워크 시스템(in-vehicle networking)의 적용은 주로 차량에 사용되는 배선을 줄이기 위한 목적에 있다. 현재 차량내의 통신은 전자부트 전동기(Electornic boot release), 전동 거울 조정장치, 파워 윈도우, 좌석 조절장치, 엔진관리, 인터넷, 디지털 TV 등 많은 전자제어시스템들이 존재한다. 이러한 전자제어시스템은 4가지의 클래스로 나누어져 구성되어 있으며, 다음 표 1과 같다.

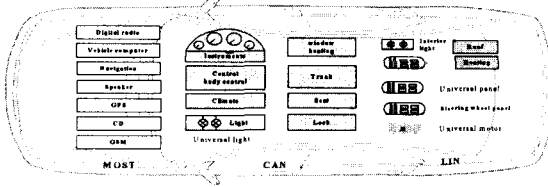
표 1. 차량의 전자제어시스템 분류  
Table 1. Classification of Electronic control system

분류	기능	전송속도
Class 1	전자 부트 작동기(electronic boot release), 전동 거울 조정장치, 비탐지, 섀시프, 기상 관리	10 kbit/s 미만
Class 2	파워 윈도우, 좌석 조절장치, 계기 같은 정보의 일반적인 전송	10 ~ 125 kbit/s
Class 3	파워 트레인, 안정성 제어(ABS, 전인 제어, 액티브 서스펜션), 엔진 관리, 변속 같은 실시간 제어 애플리케이션 등 정보의 빠른 응답 시간 또는 전송이 필요한 모든 애플리케이션	125 kbit/s 부터 최대 1Mbit/s
Class 4	인터넷, 디지털 TV, x-by-wire 같은 애플리케이션	1Mbit/s 이상

여러 클래스로 세분화 및 전자화 된 차량에는 다량의 Wiring harness 가 필수적으로 존재하게 되는데, 보통 사용되는 배선 장치는 많은 양의 케이블을 사용하게 된다. 차량내 케이블의 양은 차량의 무게뿐만 아니라 차량 부품에 과부하를 주게 된다. 이러한 문제점을 없애기 위해 차량용 네트워크를 이용하여 전자장비와 제어기들을 연결하기 시작했다. 다음 그림 1은 여러 가지 차량 내부 제어기들이 네트워크로 연결된 구조를 나타내는데 이러한 네트워크 시스템의 채용으로 차량내 분산 제어시스템의 구현이 가능하게 되었다. 이러한 네트워크는 빠른 데이터 처리속도, 열악한 환경에서의 신뢰성, 오류에 대한 대처능력 등을 보장할 수 있어야 한다.

현재 차량내의 실시간 네트워크를 가능하게 하는 기술로는 1988년 Bosch와 Intel에서 차량용 네트워크 시스템을 목적으로 개발한 CAN이 있다. CAN은 고성능, 저비용의 직렬통신 프로토콜로 물리계층과 데이터 링크 계층으로 구성되어 있다. 또한 높은 전송률을 기반으로 실시간성과 안전성, 확장성을 제공하여 차량을 위한 실시간 제어용 프로토콜로 현재 가장 많이 쓰이고 있으며, 공장자동화, 빌딩자동화, 항공기, 자동화기기 등에서도 이용되고 있다.

그림 1. 차량용 네트워크  
Fig. 1. In-Vehicle Network



차량에 사용되는 기술은 CAN 뿐만 아니라 그림 1에서와 같이 마스터/슬레이브, 타임 트리거 프로토콜을 사용하여 Car seats, door locks, door mirrors 등과 같은 On-Off 장치 제어에 사용되는 LIN(Local Interconnect network)과 차량의 멀티미디어 전송과 PC 네트워크에 사용되는 MOST(Media-oriented systems transport) 등 여러 기술이 차량에 구현되어 있다.[2-3]

### III. CAN 과 DeviceNet

#### 1. CAN 기술

CAN은 CSMA/NBA(Carrier Sense Multiple Access with Non-destructive Bitwise Arbitration)라는 메시지 전송 방식을 채택하고 있으며, 11비트의 식별자(identifier)를 가지고 있어, 식별자를 통하여 우선 순위가 높은 메시지가 전송되도록 한다. 이러한 식별자에 의한 비트 중재 방식(identifier-based bitwise arbitration)은 CSMA/CD(Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) 방식과는 달리 네트워크의 부하를 상당히 증가하여도 효율적인 통신이 가능하다. [4-6]

CAN의 메시지 구조는 4종류이며, 표 2와 같다.

표 2. CAN 메시지 구조  
Table 2. CAN Frame Types

Frame Types	Means
Data Frame	Moves data from a transmitter to the receivers
Remote Frame	Requests transmission of the Data Frame associated with the specified identifier.
Error Frame	Signifies that a node has detected a bus/network error.
Overload Frame	Provides a delay between the transmission of frames to control the flow of data

CAN은 에러를 검출하고, 발견하면 모든 노드에 게 알린다. 이러한 에러 처리 방법에는 모니터링(Monitoring), 스템프 규칙 체크(Stuff rule check), 프레임 체크(Frame check), 15비트 CRC(Cyclic Redundancy Check), 응답 체크(Acknowledge check)의 에러검출 방식이 있다.

CAN의 응용 계층(Application Layer)은 CANopen, CAL(CAN Application Layer), DeviceNet 등이 있으며, 특히 DeviceNet은 ODVA 협회에서 적합시험(Conformance Test)를 거쳐 다른 제품을 서비스와의 완전한 호환성을 유지한다. [7]

#### 2. CAN의 응용 계층인 DeviceNet

DeviceNet은 CAN의 응용 계층의 한 종류이며, 산업 표준(IEC 62026)으로 제정되어 있다. 또한 연결 기반(connection-based) 네트워크이며, 높은 유연성과 안정성을 제공해 준다. DeviceNet은 CAN 식별자 필드를 사용한다. 다음 표 2는 CAN 식별자 필드를 사용하는 DeviceNet의 그룹을 나타내고 있다.[8]

DeviceNet의 메시지는 Explicit 메시지 형식과 I/O 메시지 형식이 있는데, Explicit 메시지는 2개의 기간에 다목적 1 대 1 통신 경로를 제공하며, 노드 구성과 문제 진단을 실행하기 위해서 사용되는 전형적인 요구/응답 지향 네트워크 통신을 제공한다. I/O 메시지는 시간 중시, 제어지향의 데이터에 사용하며, 1개의 송신 측과 1개 이상의 수신 측간의 전용, 특수 용도의 통신 경로를 제공한다.

그림 2. DeviceNet에서의 CAN 식별자 필드  
Fig. 2 DeviceNet's Use of the CAN Identifier Field

IDENTIFIER										HEX	IDENTITY	
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	RANGE	USAGE
0	Group 1 Message ID			Source MAC ID						000-3FF	Message Group1	
1	0	MAC ID				Group 2 Message ID				400-5FF	Message Group2	
1	1	Group 3 Message ID		Source MAC ID						600-7BF	Message Group3	
1	1	1	1	1	Group 4 Message ID (0-2F)						7C0-7EF	Message Group4
1	1	1	1	1	1	1	X	X	X	X	7F0-7FF	Invalid CAN Identifiers
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0		

또한 DeviceNet은 메시지 그룹 2의 선결정 마스터/슬레이브 연결셋을 정의하고 있다. 이는 어플리케이션 연결에 필요한 수많은 단계가 생략되며

적은 네트워크와 장비 자원을 사용하여 통신환경을 쉽게 구축할 수가 있다. 선결정 마스터/슬레이브 연결셋의 식별자 영역은 그림 3과 같으며, 그룹 1의 식별자 영역은 생략되었다.

MAC ID	Group 2 Message ID			Group 2 Messages
	0	0	0	
Source MAC ID	0	0	0	Master's I/O bit-Strobe Command Message
Source MAC ID	0	0	1	Reserved for Master's Use-Use is TBD
Destination MAC ID	0	1	0	Master's Change of State of Cyclic Acknowledge Message
Source MAC ID	0	1	1	Slave's Explicit/Unconnected Response Messages
Destination MAC ID	1	0	0	Master's Explicit Request Messages
Destination MAC ID	1	0	1	Master's I/O Poll Command/Change of State/Cyclic Message
Destination MAC ID	1	1	0	Group 2 Only Unconnected Explicit Request Messages(reserved)
Destination MAC ID	1	1	1	Duplicate MAC ID check Messages

그림 3. 선결정 마스터/슬레이브 연결셋 식별자영역  
Fig. 3 Predefined Master/Slave Connection Set Identifier Fields

#### IV. 자동 주차 브레이크 장치 설계 및 구현

##### 1. 주차브레이크 특성

주차브레이크는 1/5(약 11.3°)의 구배인 건조한 포장 노면에서 빈상태의 차량을 완전히 정지할 수 있는 성능을 가져야한다 그러므로, 차량에 대해 필요한 제동력 B는 식 (1)과 같다.

$$B = \frac{1}{5} W \text{ -----(1)}$$

여기서, W 차량중량량  
차량에 필요한 제동토크 T는 식(2)로 나타낸다.

$$T = Br_w = W r_w \times \sin 11.3 \text{ ----- (2)}$$

여기서, r<sub>w</sub>타이어의 유효반경  
식 (2)의 필요 제동토크 값보다 주차브레이크의

제동토크가 크면 된다. 핸드 브레이크 레버를 끄는 힘을 P로 하면, 후 차륜 브레이크의 경우 브레이크 입력 F는

$$F = P k \eta \text{ -----(3)}$$

여기서, k전체레버비, η기계효율  
P는 30kgf를 넘어서는 안 된다. 또한, 주차 브레이크의 제동토크는 식(4)와 같다.

$$T_B = T_L + T_S \text{ -----(4)}$$

여기서, T<sub>L</sub> 리딩슈의 제동토크, T<sub>S</sub>트레일링슈의 제동토크

##### 2. 주차 브레이크 자동조절 장치 설계

수동으로 조작되는 주차 브레이크를 차량용 네트워크인 CAN(Control Area Network)를 이용하여 자동으로 조절될 수 있도록 주차 브레이크 자동조절 장치는 그림 2와 같이 구성하였다.

APBC(Automatic Paring Brake Controller)와 버스커플러(Bus Coupler)는 DeviceNet 메시지 그룹 2의 선결정 마스터/슬레이브 연결셋(Predefined Master/Slave Connection Set)의 Poll 방식을 사용하며, 케이블의 길이는 10m 이하이다. PBAC의 인터페이스 카드는 SST의 5136-DNP-PCI, 버스커플러는 Beckhoff의 BK5220을 사용하였다. 또한, 주차브레이크의 성능을 갖출 수 있는 액추에이터는 위치제어형 AC 서보모터를 사용하였으며, 표 2, 3에서 AC 서보모터의 성능과 설정값을 나타내었다.

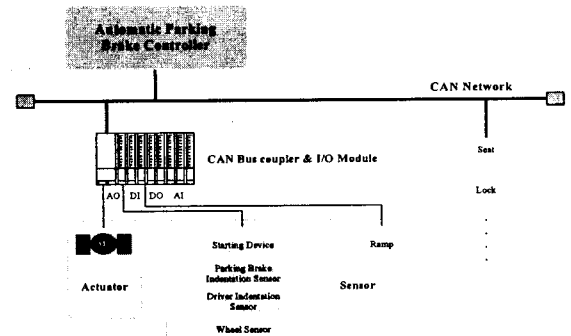


그림 4. 자동 주차 브레이크 시스템  
Fig. 4 Automatic parking brake system

표 2. AC 서보모터의 성능  
Table. 2. Performance of AC Servo Motor

정격 정압[V]	220
정격 출력[W]	100
정격 TORQUE[kgf · cm]	3.25
순시최대 TORQUE[kgf · cm]	9.7
정격회전속도[RPM]	3000
최대회전속도[RPM]	5000
정격 전류 A(rms)	0.9
순시최대 전류 A(rms)	2.7
TORQUE 정수 $k_t$ kgf · cm/A(rms)±10%	3.9

표 3. AC 서보모터의 설정값  
Table. 3. Set Value of AC Servo Motor

위치 루프 비례게인	5
전자기어비 분자[PULSE]	2048
전자기어비 분모[PULSE]	2048

AC 서보모터는 주차브레이크의 제 1주차 케이블 상에서 Rack 과 Pinion 구조로 드럼브레이크의 브레이크 입력 힘을 전달하기 위해 설계되었다.

표 3에서 나타낸 것과 같이 1회전에 필요한 2048의 펄스를 출력하기 위해 버스 커플러에 연결되어 사용되는 펄스출력모듈은 Beckhoff의 KL2521를 사용하였다. 펄스출력모듈의 출력 주파수는 버스커플러를 통해 전달되는 Process Data에 대한 식(4)로 결정된다.]]

$$F_o = F_b \times ProcessData / 32767 \quad \text{---(4)}$$

여기서,  $F_b$ 는 기본 주파수(base frequency)로써, 50kHz이다. 그림 5는 주차 브레이크 자동조절장치의 블록선도로써, PBAC의 제어 알고리즘을 통해 CAN 신호를 출력하고 이에 대한 펄스를 펄스 생성모듈에서 출력하게 된다.

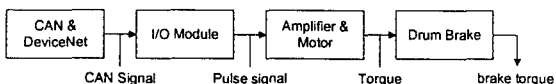


그림 5. 주차브레이크 자동조절장치의 블록선도  
Fig. 5. Block Diagram of Automatic parking brake system

### 3. 제어 알고리즘 구현

주차 브레이크 자동조절 장치를 제어하기 위한 제어알고리즘은 그림 5와 같다. 제어 알고리즘에서 판단되는 상황들은 그림 2와 같이 버스커플러에 구성된 각 입출력 센서를 통해 감지된다.

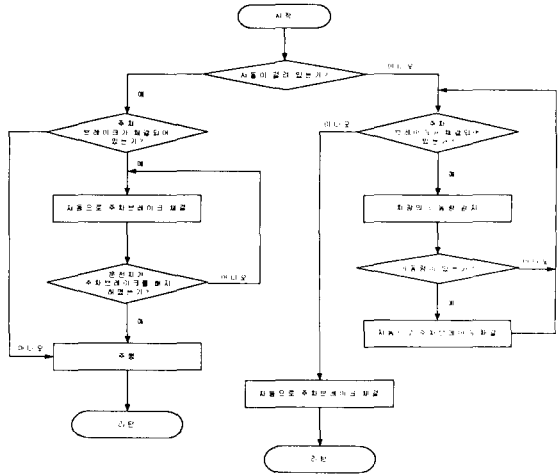


그림 5. 제어 알고리즘  
Fig. 5. Control algorithm

제어알고리즘 주목적은 운전자가 출발할 때 주차 브레이크를 해지하지 않고 출발하고자 할 때 반드시 주차 브레이크를 해지하여 출발하도록 하고, 주차 상태일 때는 PBAC에서 차량의 움직임을 감지하여 이동량 발생시 AC 서보모터를 동작시켜 주차 브레이크를 체결하는 것이다. 특히 차량의 이동량을 감지하는 센서를 통해 PBAC에서 실행되는 알고리즘은 그림 6과 같으며, 윈도우 어플리케이션 작성에 사용된 DLL(Dynamic Linked Library)는 SST 5136-DNP의 DeviceNet Scanner Module 이다.

```

IF(DeviceNet Network OnLine) THEN
Loop
{
  GetDeviceStatus();
  IF (Device Status == Active) THEN
    IF (Wheel Sensor Event == Active) THEN
      IF (ReadDeviceEvent() != FALSE) THEN
        IF (BrakeOperation() !=FALSE) THEN
          TerminateThread();
        ELSE
          Alarm ();
        }
}

```

그림 6. 차량의 이동량 감지를 위한 알고리즘  
Fig. 6. Algorithm for transfer amount perception of vehicles

4. 실험결과

본 논문에서는 차량용 네트워크를 이용하여 자동 주차 브레이크 장치를 구현하는데 목적이 있으며, 성능을 검정하기 위해 알고리즘 수행에 따른 CAN 네트워크상에서의 CAN 메시지 카운트 상태를 측정하였다.

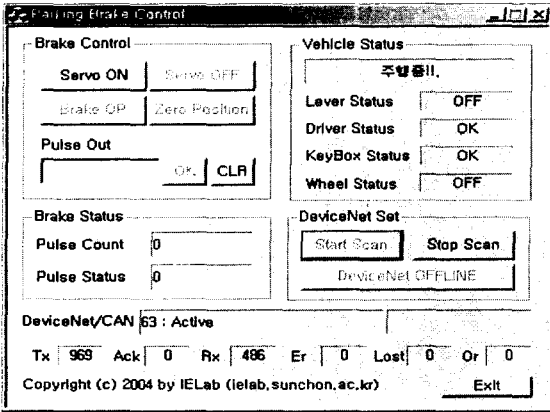


그림 7. 알고리즘 수행을 위한 윈도우 어플리케이션  
Fig. 7. Windows application for algorithm execution

그림 7은 제어 알고리즘 수행을 위한 윈도우 어플리케이션이며, 차량의 상태와 CAN 및 DeviceNet 네트워크 상태를 모니터링 하고 있다. 본 실험을 위해 DeviceNet의 전송속도는 500kbps, PBAC인 마스터의 Mac ID는 0, 슬레이브인 버스 커플러의 Mac ID는 63이며, 출력 데이터 12Byte, 입력 데이터 5Byte, CAN 카운트를 측정하기 위한 시간 간격은 2ms 이다.

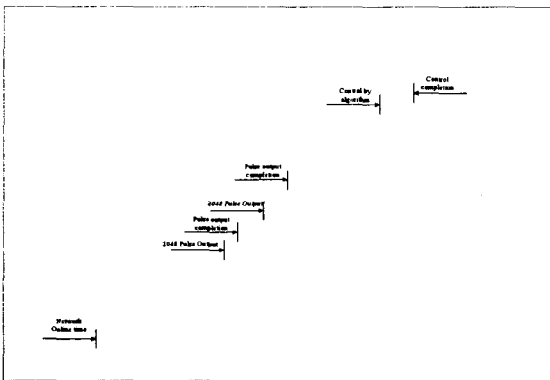


그림 8. CAN 카운트 측정값  
Fig. 8. CAN Counters measurement value

그림 8은 CAN 카운트 값을 측정한 그래프로, CAN 전송, CAN Acknowledgement 에러, CAN 수신, CAN 통신 에러, CAN 소실된 메시지, CAN 큐 오버런 카운트를 측정한 것이다. 그림 8에서 보는 것과 같이 DeviceNet Scanner Module에서 버스 커플러의 상태를 확인하기 위한 메시지 전송 및 수신을 나타내면 CAN 전송 카운트 값이 수신 카운트보다 2배로 나타났다.

네트워크 온라인 상태로 진입과 슬레이브의 스캔 리스트 추가 및 마스터에서 스캔을 시작하기까지 4.6s이며, 네트워크 장비의 스캔시간은 24ms로 측정되었다. 그래프상에서 불규칙하게 증가하는 것은 알고리즘 수행에 필요한 제어값을 전달할 때 나타났다.

그림 6의 제어 알고리즘 수행에 있어 식(4)에서 Process Data를 2048, 모터가 1 회전하는데 필요한 2048 펄스를 출력하는데 걸리는 시간은 평균 3.3ms가 소요되었다. 이시간은 네트워크 장비의 스캔시간만큼의 펄스가 초과하여 출력되기 때문에 1 회전에 대한 정확한 위치에 도달하기 위한 추가적인 펄스출력시간까지 포함된 것이다. 실제 2048 펄스를 출력하는 시간은 평균 0.7s 이다.

V. 결 론

본 논문에서는 차량용 네트워크를 이용하여 주차 브레이크 자동 조절 장치를 구현하였다. 차량용 네트워크를 CAN를 사용하고, 어플리케이션 계층은 DeviceNet를 이용하였다. 또한, 제어 알고리즘 구현을 위한 APBC의 윈도우 어플리케이션을 구현하였다. 드럼 브레이크의 입력 힘을 전달하기 위해 구성된 AC 서보모터의 1회전에 필요한 2048 펄스를 출력함에 있어, 수행시간은 평균 3.3ms가 소요되었으며, 에러 카운트는 발생하지 않았다.

본 논문에서는 단일 마스터와 슬레이브 장치를 이용하여 네트워크를 구성하였지만, 현재 차량의 주요 제어 네트워크는 CAN를 사용하고 있어, 주차 브레이크 장치를 CAN 네트워크로 통합할 수 있다. 이는 사고가 발생했을 때 운전자 안전을 위한 장치가 아닌 사고 자체를 줄이기 위한 현재의 능동 안전시스템 구현이 가능해지게 될 것이다.

**감사의 글**

본 연구는 2003년도 산학연 컨소시엄센터의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사 드립니다.

**참고문헌**

- [1] 광상국, 박순석, 이형복, 배명호, 김의도, "자동차 새시", 원창출판사, 2000
- [2] Gabriel Leen, Donal Heffernan, "Expanding Automotive Electronic Systems", IEEE 2002
- [3] Next-Generation Car Network, [http://www.altera.co.kr/solutions /auto/layout/aut-typical\\_car\\_network.html](http://www.altera.co.kr/solutions/auto/layout/aut-typical_car_network.html)
- [4] Bosch, "CAN specification Version 2.0", Robert Bosch GmbH, 1991
- [5] Steve Corrigan, "Introduction to the Controller Area Network", Texas Instruments, Application Report SLOA101-August 2002
- [6] 김기웅, 윤종운, 이석, 실시간 분산제어시스템을 위한 CAN의 실시간 특성평가, Proceedings of the 14th, KACC, October, 1999
- [7] Richard McLaughlin and Kiah Hion Tang, DeviceNet Conformance Test And Experiences
- [8] DeviceNet Specifications Volume I, II Release 2.0, Open DeviceNet, Vendor Association, Inc.

**저자소개**



**문용선(Yong-Seon Moon)**

1983년 조선대학교 전자공학과 졸업. 공학사.  
1985년 동대학원 공학석사  
1989년 조선대학교 전자공학과 졸업 공학박사.

1992년~현재 순천대학교 전자공학과 교수.

※ 관심분야 : 제어 및 지능로봇공학



**문창현(Chang-hyun Moon)**

1982년 경남공업전문대학 기계설계과 졸업.  
2003년 한려대학교 신소재공학과 졸업. 공학사.  
현재 창성기공 대표.

※ 관심분야 : 기계동력전달장치 및 신소재



**이명복(Myung-Bok Lee)**

2002년 순천대학교 전자공학과 졸업. 공학사.  
2002년 ~ 현재 순천대학교 전자공학과 재학

※ 관심분야 : 실시간 네트워크 및 개방형 제어시스템



**정철호(Cheol-Ho Jeong)**

1982년 서울산업대학교 전자공학과 졸업.  
2001년~현재 순천대학교 전자공학과 박사과정.  
1987년~현재 (주)포스콘 근무.

※ 관심분야 : 실시간 네트워크 및 개방형 제어시스템



**최형운(Hyeong-yoon Choi)**

1986년 조선대학교 전자공학과 졸업. 공학사.  
1990년 동대학원 공학석사.  
2002년 ~현재 순천대학교 전자공학과 박사과정.  
1986년 ~현재 금당고등학교 교사

※ 관심분야 : 제어 및 지능로봇공학