Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers Vol. 18, No.6, pp. 121~127 November 2004 논문 18-6-17

빌딩자동제어시스템용 CAN 필드버스 모듈개발 및 적용기술에 관한 연구

(Application Technology and Development of CAN Fieldbus Modules for Building Automation and Control System)

홍원표* · 서영덕
(Won-Pyo Hong · Young-Duk Seo)

요 약

필드버스인 CAN은 시스템 적용에 있어서 매우 간단하고 저렴하게 구성할 수 있어 자동차제어용 네트워크 적용을 위하여 개발되었다. 그러나 특성이 매우 우수하고 저렴한 제어모듈 개발이 가능하여 제조 및 프로세스제어 환경으로 적용범위가 확대되는 등 산업현장에 광범위하게 적용되고 있다. 따라서 본 연구에서는 CAN 필드버스를 빌딩자동제어 시스템에 적용을 위하여 CAN지능형 제어모듈을 개발하고 이 모듈을 통하여 자동문 제어 및 모니터링할 수 있는 실험시스템을 제작하고 그 유효성을 평가하였다 또한 Key 패드 및 RF로 자동문을 개폐할 수 있도록 슬레이브 모듈에 접속하여 제어할 수 있는 기법도 제시하였다.

Abstract

The controller area network(CAN) was originally developed to support cheap and rather simple automative applications, However, because of the its performance and low cost, it is also being considered in automated manufacturing and process control environments to interconnect intelligent devices, such as modern sensors and actuators. This paper presents a new application technology of the developed CAN control modules for the automated doors in building automation system. Key pad and RF methods are used to open and close the automated door by the slave CAN module with CAN protocol. BAS application technology of CAN field bus modules is also presented firstly in our nation.

Key Words : CAN(Controller Area Network), Fieldbus, Master module, Slave module

1. 서 론

유빌딩자동제어시스템은 정보시스템의 영향을 받아서 1990년대부터 개발되어 산업 현장에서 사용되고 있는 필드버스 네트워크 시스템을 중요성을 인식함으로서 1990년대 후부터 제어시스템의 네트워크

* 주저자 : 한밭대학교 건축설비공학과 교수
Tel : 042-821-1179, Fax : 042-821-1175
E-mail : wphong@hanbat.ac.kr
접수일자 : 2004년 7월 15일
1차심사 : 2004년 7월 20일
심사완료 : 2004년 8월 3일

로 사용하고 있다. 빌딩시스템은 일반 프랜트 시스템과는 다르게 시스템 설계와 시공사가 다른 서브시스템이 다수 존재하며 이 시스템간의 통합을 위하여 게이트웨이가 역할을 담당하고 있다. 현재의 DDC(Direct Digital Control)는 지능형 빌딩의 제어 모듈로 일익을 담당하였으나 지능형 빌딩의 통합을 통한 관리 효율의 향상 및 고도의 서비스 제고를 위한 지능형 빌딩의 목적에 부합하기 위해서는 회사 전용프로토콜의 기반을 가진 기존 DDC시스템으로서는 한계를 가지고 있다. 따라서 미국 ASHRAE가 BACnet 프로토콜을 개발하여 BAS시스템의 상위(정보시스템) 시스템과의 통합 운전에 기여하고 있지만 디바이스 기반의 제어 시스템을 구축하는 데는 한계를 가지고 있다. 따라서 이를 극복하기 위한 방안의 하나로 보다 광범위한 빌딩제어 시스템에 적용을 위하여 LonWorks를 중심으로 한 여러 필드버스들이 빌딩시스템에 적용되고 있으며 이는 빌딩 분야 계장 기술자의 새로운 도전이기도 하다[1-3]. 특히 필드버스 시스템은 대부분이 개방된 시스템이고, 네트워크 구성이 용이하고 배선시스템이 매우 간단해져 유지관리 등에서 탁월한 장점이 있어 빌딩 등 산업 자동화에 매우 광범위하게 적용되고 있다. 빌딩시스템은 제어대상이 종류가 다양하고 중요성 측면에서도 매우 편차가 크기 때문에 현재의 LonWorks 네트워크 시스템은 현재 네트워크 구축 및 유지관리를 위한 다양한 S/W를 제공하지만 비교적 고가이기 때문에 개방형 네트워크 시스템의 광범위한 구축에 제한이 되고 있다. 따라서 빌딩의 제어를 위하여 제어 모듈 개발비용이 매우 저렴하고 시스템 구축이 용이할 뿐만 아니라 노이즈에 탁월한 특성을 가진 CAN 필드버스의 적용을 검토하는 것도 매우 중요한 의의를 갖는다고 볼 수 있다. 1980년대 BOSCH사에서 자동차에 시스템에 적용하고자 개발된 CAN(Controller Area Network)프로토콜은 고속의 통신 인터페이스를 제공하고 데이터 프레임의 오버헤드가 적기 때문에 빠른 응답 특성을 갖고 있다. 또한 식별자(identifier)를 이용한 충돌방지와 전송중재(arbitration)기능을 갖고 있어 실시간 제어 네트워크 프로토콜로서 피드백제어를 요구하는 시스템 환경에도 적합할 뿐만 아니라 모듈 개발에 매우 저렴한 비용으로 구축할 수 있는 장점을 가지고 있다. 따라서 다양한 서브시스템이 존재하고 입출력형태가 다양하고 다량의 제어모듈이 필요한 빌딩자동제어시스템에서도 매우 중요한 필드버스로 평가할 수 있다[3,4].

본 논문은 이러한 장점을 가진 CAN 필드버스를 빌딩자동제어시스템에 국내 최초로 적용기반 구축을 위하여 건물 자동문 제어시스템에 적용하여 그 결과를 도출한 것이다. CAN 제어모듈을 저렴하게 PIC프로세서(integrated CAN controller)를 사용하여 개발하였으며 PC에서 RS-232통신을 이용하여 CAN 마스터 제어모듈에 명령하면 스레이브(slave) 제어 모듈에서 CAN 통신을 통하여 자동문의 스텝모타를 제어하도록 구성하였다. 자동문을 시큐리티 시스템 관점에서 이용할 수 있도록 무선 및 key pad의 디지털 번호로도 개폐할 수 있도록 실험시스템을 구축하고 CAN 제어모듈의 유용성을 실험을 통하여 규명하였다.

2. CAN 필드버스

2.1 특성

CAN(Controller Area Network)은 ISO의 공인된 직렬통신[4,5] 규약으로 자동차의 차상 네트워크를 목표로 1980년대 개발되었다. 그러나 CAN의 높은 데이터 처리 속도, 전기적 장해에 대한 강력한 면역성과 에러를 감지하고 교정하는 능력 등이 뛰어나 자동차뿐만 아니라 공장자동화, 엘리베이터제어시스템, 섬유제조기기, 항공 및 철도 등의 다양한 분야에 채택되고 있다.

CAN 통신 프로토콜은 디바이스 간의 정보교환방식을 ISO의 OSI모델에 의거하여 7개 층 중에서 하위 2개 층인 물리계층과 데이터 링크계층에 걸쳐 정의하였다. CAN은 프로토콜은 데이터 링크 계층에서의 미디어 접근을 위해 충돌을 감지하고 중재할 수 있는 CDMA/AMP(Carrier Sense Multiple Access/Arbitration on Message Priority)방식을 사용하고 있다. CAN은 identifier라 불리는 식별자가 각각의 메시지 종류에 따라 고유하게 부여되어 메시지의 버스접근 순위를 나타낸다(숫자가 낮을수록 높은 우선

순위). 이 식별자로 "non destructive-bitwise" 중재 방식을 사용하여 메시지 중 가장 높은 우선순위의 메시지가 시간지연 없이 전송함으로 실시간성을 요구하는 데이터 전송에 적합하다. CAN은 주소를 지정하지 않는 브로드캐스트 방식의 내용지향성 특성을 가지므로 시스템 구성의 유연성이 크다. 일차적으로 네트워크를 구성한 후에도 구조의 변경이나 새로운 노드 추가, 삭제가 매우 용이하다.

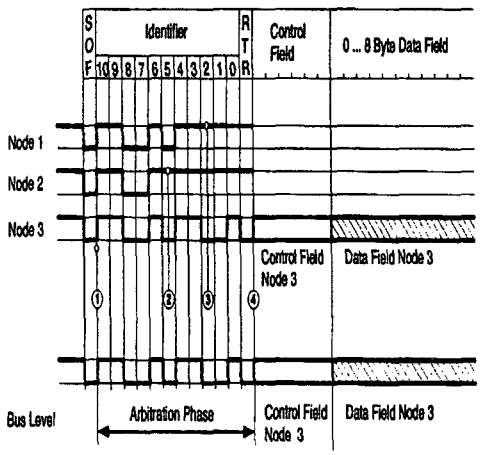

그림 1. CAN프로토콜 중재절차
Fig. 1. Example of an arbitration process according to the CAN protocol

CAN의 중요한 특징인 Non-destructive Bitwise 중재방식은 각 메시지 식별자의 이진수 값에 의하여 우선순위를 결정한다. 이 값은 시스템의 설계 단계에서 배정해야하는 데 그 값이 작을수록 높은 우선순위를 갖는다. 이것이 Wired-And 논리에 의하여 '0'이 Dominant 상태가 되고 '1'이 Recessive 상태가 된다. 예를 들면 여러 개의 메시지가 동시에 버스에 진입했을 때 식별자의 첫 번째 비트부터 레벨을 비교하여 Dominant 상태의 메시지만 남고 Recessive 상태인 메시지는 탈락한다. 이렇게 하여 가장 우선순위가 높은 하나의 메시지만 버스를 사용할 수 있다. 그러므로 버스를 사용하는 메시지는 모두 각각의 고유한 식별자를 가져야한다. 이러한 Non-Destructive Bitwise 중재방식의 장점은 크게 2가지로 요약할 수 있다. 첫째는 우선순위가 높은 메시지에 대하여 일정한 지연시간을 보장할 수 있다는 것이고, 둘째는 메시지 충돌에 의한 버스가 록킹될 가능성이 없다는 것이다. 이러한 점은 데이터 통신에서 널리 사용되고 있는 Ethernet이 메시지 충돌시에 메시지가 재전송될 때 이로 인하여 버스가 록킹될 수 있다는 점과 다르다. 그림 1은 CAN 프로토콜에 의한 중재방식의 절차에 대하여 설명한 것이다. 노드 1-3이 ①과 같은 시간에 버스 중재를 시작한다면 노드 2는 ② 시간에 버스에 접근하지 못하고 또한 노드 1은 ③의 시간에 버스에 접근하지 못하게 된다. 결과적으로 2노드는 전송을 하지 못하게 되고 수신을 계속할 수 있다. 노드 3은 중재를 계속하게 되며 중재 마지막단계 ④ 시간까지 버스접근이 가능하다. 오직 3 노드만이 버스를 통하여 데이터 프레임을 전공 할 수 있다. CAN 프로토콜의 두 가지 메시지 포맷은 버전 2.0A의 표준 CAN 형태와 버전 2.0B의 확장 CAN 형태인 데 두 종류 간의 차이는 식별자의 길이가 2.0A의 11비트에서 2.0B에서는 20비트로 늘었을 뿐 데이터 길이는 0에서 8바이트까지로 동일하다. 그림 2는 데이터 프레임 형식을 나타낸 것으로 이것은 다음과 같은 bit filelds로 구성되어 있다. 즉, Start-of-Flame(SOF), 중재 field, 제어 field, 데이터 field, CEC field, 인증 field, 마지막으로 End-of-Flame(EOF) 이며 이 데이터 필드는 선택할 수 있다. 표 1은 그림 2의 CAN 데이터 프레임을 요약한 것이다.

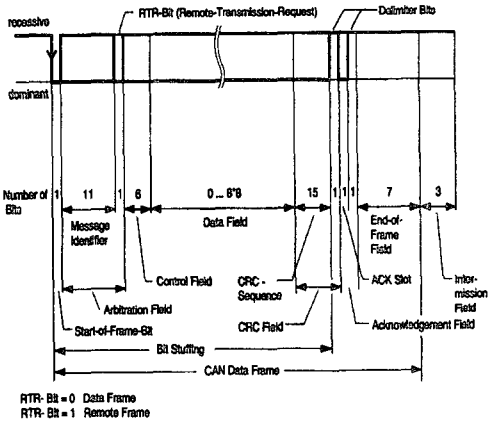

그림 2. CAN 데이터 프레임 형식
Fig. 2. Frame format of a Data and remote request frame

표 1. CAN의 메시지 형식
Table 1. Format of CAN message

필드명칭	비트수	기 능
Start-of-Frame	1	
Arbitration	11+1	Standard format identifier+RTR
	29+1	extended format identifier +RTR
Control	6	data length code
Data	0-64	0 to 8 byte user data
CRC	15+1	for CRC check
Acknowledge	2	ACK slot +ACK delimiter
End-of-frame	7	

2.2 CAN 인터페이스 구조

CAN 인터페이스는 구현 특징상 일반적으로 3가지 형태로 구분할 수 있다. 이러한 형태로는 독립 CAN컨트롤러(stand alone CAN controller), 통합 CAN컨트롤러(integrated CAN controller), 그리고 단일칩 CAN컨트롤러(single-chip CAN controller)로 구분된다. 다음 그림 3은 각각의 컨트롤별 형태를 나타낸다. 통합CAN 컨트롤러 (b)는 마이크로 컨트롤러와 CAN 컨트롤러가 하나의 회로에 구성되어 있기 때문에 독립 CAN 컨트롤러 (a)에 비해 가격이 싸고 공간요구가 적다는 장점이 있지만 CPU에 의존적이므로 재사용성에 있어서 다소 떨어지는 단점이 있다. 그러나 단일 칩 컨트롤러와 비교해 볼 때 재사용에 있어서 더욱 융통성이 있어서 현재 많이 사용되고 있는 CAN 인터페이스 구조이다.

2.3 CAN 통신 응용계층 모델링

그림 4는 통합 CAN 컨트롤러를 이용한 CAN 인터페이스의 구조로 구성된 CAN 기반 제어시스 템의 통신 응용계층의 모델을 나타낸다. 두 노드간에 발생하는 지연시간은 계산지연시간과 통신지연 시간으로 구분할 수 있다. 계산지연시간은 로컬노드에서의 CAN 컨트롤러, 또는 트랜시버와 같은 하드웨어의 수행으로 인한 하드웨어적인 지연요소와 메시지의 입출력, 또는 제어프로세스의 처리를 위한 소프트웨어의 지연요소로 구성된다. 또한 통신지연시간은 메시지가 다른 노드에서 전송되기 위하여 매체를 점유하기 위하여 지연되는 매체 접근 지연요소와 메시지가 네트워크 매체를 통해 전송되는 전송지연 요소로 이루어진다. 그림 4에서 보면 독립 CAN 노드로부터 전송된 메시지는 트랜시버를 통하여 CAN 컨트롤러에 전달된다. 수신된 메시지는 수신된 메시지는 우선 통신관리(communication management) 서비스에 의하여 메모리에 저장되고 식별자를 이용한 메시지 필터링을 통해 응용프로그램에 전달된다. 그리고 응용관리자에 의하여 제어프로세스가 수행된다. 반대로 송신 메시지의 처리는 응용프로그램의 CAN API 프로세스에 의하여 메시지를 필터링한 후 통신관리 서비스에 의하여 트랜시버에 전달되고 네트워크 매체를 통하여 다른 노드에 전달된다. 오른쪽의 독립CAN 노드에는 센서나 액추에이터가 하드커플링되어 있음으로 플랜트를 제어하기 위한 정보교환이 이루어진다.

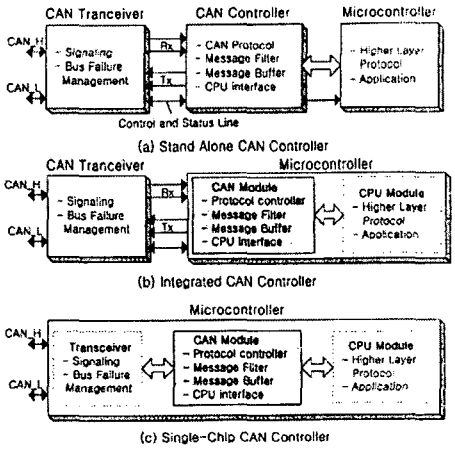

그림 3. CAN 인터페이스 구조
Fig. 3. Configuration of CAN interface

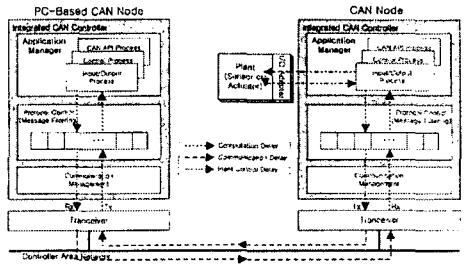

그림 4. CAN 통신 응용계층 모델
Fig. 4. An application layer model of CAN communication

3. 제어모듈 설계 및 제작

본 연구에서는 통합 CAN 제어기(integrated CAN controller)로 PIC18F458인 저렴하고 CAN통신을 통하여 1[Mbps]까지 지원하는 Microchip사 제품을 사용하였다. 표 2는 이 칩의 사양을 나타낸 것이다. 이 칩의 내제되어 있는 CAN 버스 모듈은 프로토콜 엔진과 메시지 버퍼링과 제어 부분으로 구성되어 있다. CAN 프로토콜 엔진은 CAN 버스를 통하여 메시지를 전송 및 수신하기 위한 모든 기능들을 다룬다. 메시지들은 적절한 데이터 레지스타를 로딩함으로써 보내지게 된다. CAN버스에 발견된 모든 메시지는 에러를 체크하며 그 다음 2개의 수신레지스터중의 받아서 보관해야하는 지는 필터를 통하여 담당하게 된다. 그림 5는 CAN 엔진과 버퍼의 불럭 다이어그램을 표시한 것이다. 이 칩은 또한 3전송과 2 수신 버퍼, 2개의 응답 마스크 및 6개의 수용필터를 가지고 있다.

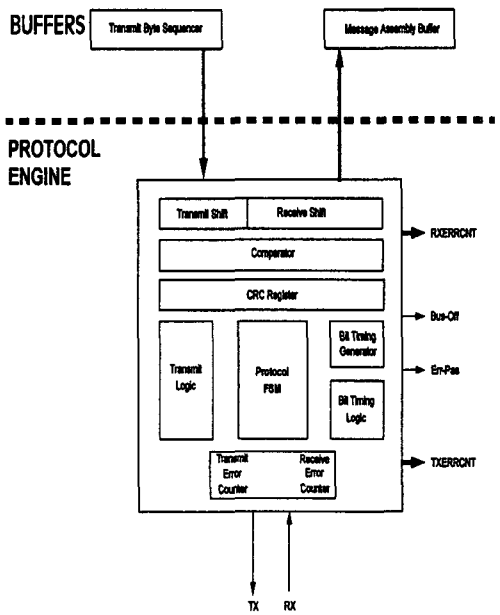

그림 5. CAN 프로토콜 엔진 및 버퍼
Fig. 5. Buffer and engine CAN protocol

그림 6은 CAN제어 마스터 제어모듈이다. 이 제어모듈은 모니터링 PC와는 RS-232c로 통신하며 그림 7의 스레이브 모듈과는 TP를 통하여 CAN 통신을 하며 자동문을 제어하도록 제작하였다. 스레이브 제어모듈은 마스터 모듈의 명령을 받아 포토센서, 키패드, RF무선 시스템, DC모타를 제어할 수 있도록 구성하였다. 특히 RF를 이용하여 도어의 개방, 실내등의 개폐 및 경고상태의 제거를 수행할 수 있도록 하였다. 또한 모니터링 시스템에서는 CAN 통신을 통한 조명등의 개폐, 경고상태의 제거 및 도어의 개폐의 체크를 할 수 있다.

표 2. PIC18F458 디바이스 사양
Table 2. Specification of PIC18F458

Feature	PIC18F458
operating frequency	DC-40[MHz]
Internal program Memory	32K
Data Memory([Byte])	1536
Data EEPROM Memory ([Byte])	256
Interrupt Sources	21
I/O ports	A, B ,C, D, E
Timer	4
PWM module	1
Serial Communication	MSSP, CAN, USART
10 bit A/D Converter	8Input Channel
CAN module	Yes
Instruction Set	75Instructions

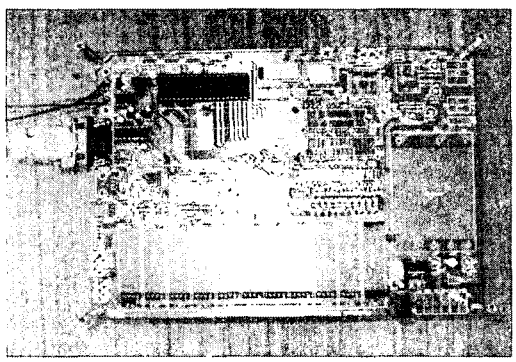

그림 6. CAN 마스터 제어모듈
Fig. 6. CAM master control module

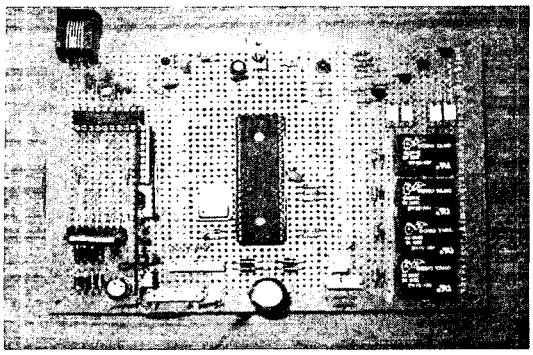

그림 7. CAN 스레이브 제어모듈
Fig. 7. CAN slave control module

4. CAN 통신 자동문 실험시스템 구성

그림 8은 CAN 통신을 빌딩자동제어시스템에 적용하기 위하여 자동문을 설계 제작한 실험시스템의 블럭다이어그램이다. 이 실험시스템은 크게 모니터링 시스템, CAN 마스터 제어모듈 및 스레브제어 모듈로 구성되어 있다. 가격이 저렴한 Key Pad와 RF 모듈을 이용하여 자동문을 개폐할 수 있도록 구성하였다.

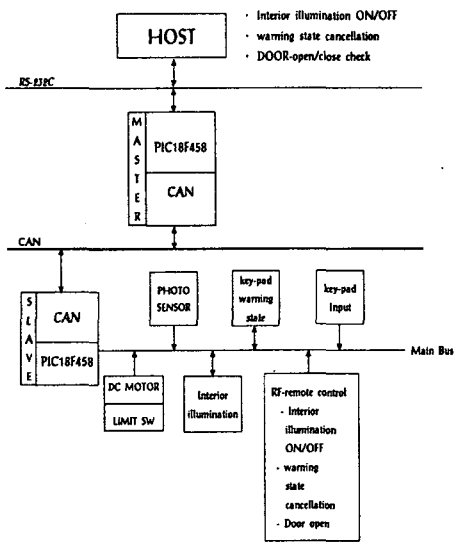

그림 8. CAN 제어모듈에 의한 자동문 실험시스템 블럭 다이아 그램
Fig. 8. Block diagram of experimental system

표 3. 실험시스템 사양
Table 3. Specification of experimental system

구 성	품 명	개 수	기 타
외 형	아크릴 t10		
전 원	Transformer	1	
	SMPS(5[V]/15[V])	1	
자동문	DONGYANG(릴레이)	4	회로
	DC MOTOR	2	
	LIMIT SW	4	
센서	BM200-DDT	1	PHOTO SENSOR
키패드	3X4 KEY_PAD SW	1	
리모컨	3-KEY RF REMOCON MODULE	1	
CHIP	MICROCHIP 18F458	2	MAIN CHIP
	MAX-232	1	RS-232 통신
	MCP-2551	1	CAN통신
LED	고휘도 LED	7	실내등

그림 9는 CAN 통신에 의한 자동문실험시스템을 전경을 나타낸 것이다. 표 3은 이 실험에 사용된 기기의 사양이다. 그림 10은 CAN 통신에 의하여 자동문이 열린 상태를 보여주고 있는 전경이다. 실험을 통하여 자동문의 개폐 및 CAN 통신을 통한 모니터링은 매우 안정적으로 동작됨을 확인 하였으며 RF 무선을 통한 시스템 동작에도 매우 좋은 특성을 나태내고 있음을 확인하였다.

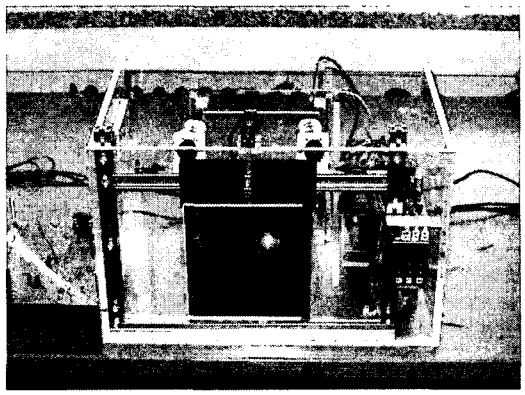

그림 9. CAN 통신 자동문 실험 시스템 전경
Fig. 9. Overview of experimental system

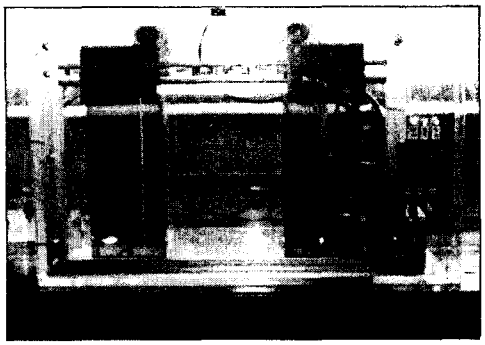

그림 10. 자동문의 열린 상태
Fig. 10. Open state of experimental system

5. 결 론

지능형 빌딩은 BAS의 서브시스템의 통합하여 최적의 관리시스템을 운영하고 고도한 서비스를 달성하는 것이 매우 중요한 역할이 기술적으로 부과되어 있다. 현재 필드버스를 이용하여 디바이스 기반 제어 및 모니터링 시스템을 구축하여 다른 벤더의 제품도 상호운용성이 보장도록 해야만 하는 것이 앞으로 BAS 시스템의 최소한의 요건이다. 따라서 개방된 필드버스인 CAN 제어모듈을 개발하고 빌딩의 자동문에 적용을 가상하여 여러 제어인자를 도출, 실험 시스템을 구축하여 실험한 결과 CAN 필드버스의 매우 저렴하고 높은 신뢰성을 가진 시스템임을 확인하였으며 RF 무선 모듈과의 인터페이스, key pad와의 연계 시스템 구축에서도 매우 저렴하게 구축할 수 있다는 것을 확인하였다. 따라서 CAN 시스템도 경제성과 신뢰성 관점에서 빌딩시스템에 도입해도 다른 필드버스에 경쟁할 수 있는 네트워크로 판명되었다. 앞으로 다양한 피드백시스템에 적용하기 위한 저렴한 모듈을 개발하고 통신의 신뢰성 평가를 수행하여 빌딩시스템에서의 적용가능성의 구체적인 자료를 제공할 예정이다.

이 프로젝트는 기초전력공동공학연구소의 "지능형전동기 구동시스템 개발" 프로젝트의 일환으로 수행되었으며, 연구를 지원한 연구소에 감사를 드립니다.

References

[1] D. Loy, "Open Control Networks", Kluwer Acadmic Publishers, 2001.
[2] V.Boad, "Networking and Integration of Facilities Automation Systems", CRC Press, 1999.
[3] M.J. Coffin, "Direct Control for Building HVAC System", John Wiley & Sons, Inc. pp.161-209, 1991.
[4] K.Etschberger, "Controller Area Network", IXXAT Press, 2001.
[5] W. Lawrenz, "CAN System Engineering", Springer-Verlag New York, Inc. 1997.
[6] J.M Jeon, "Analysis of Response Characteristics of CAN-Based Feedback Control System Considering Message Time Delays", Trans. KIEE. 51D, No. 5,May, 2002.
[7] C.K. Choi, "A Study of the Design and Performance Analysis of an Application Layer of CAN for High Speed Railway", Proceeding of the 12th KACC, pp.883-886Oct., 1977.
[8] Microchip Technology Co., PIC18F458 Data sheet, 2003.

◇ 저자소개 ◇

홍원표 (洪元杓)
1956년 5월 15일생. 1978년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 1989년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1979~1980년 한전전력연구원 선임연구원. 현재 한발대학교 건축설비공학과 교수. 당학회 편수이사, 설비공학회 에너지분과 위원회 위원.

서영덕 (徐咏德)
1959년 5월 29일생. 2002년 한발대학교 건축설비공학과 졸업. 현재 한발대학교 산업대학원 재학. 1986년 1월~2003년 1월 국방과학연구소 설비부 근무.