

인터버스 순환시간 측정에 대한 연구

(The Study on the Cycling Time for Interbus)

박장환*

(Jang-Hwan Park)

요 약

자동차 산업에서 널리 사용되는 인터버스의 순환 시간에 대한 시험이 이 논문에서 평가되었다. 순환시간의 측정은 인터버스의 성능을 측정하는데 중요한 요소이다. 시험은 전자파가 존재하는 환경과 존재하지 않는 정상적인 환경에서 실행되었다. 이론적으로 계산되는 인터버스 순환시간과 실제의 장비들을 활용하여 시험한 값은 거의 차이가 없었다. 그 결과로서 인터버스는 결정론적이며 신뢰성 있는 시스템을 보여 주었다.

Abstract

The test on the cycle time of the Interbus, widely used in automobile industry, is evaluated in this paper. The measurement of cycle time is a very important factor for performance of Interbus. The test was performed by the under normal circumstances and circumstances with EMC. The theoretical cycle time which was derived from mathematical form and from real system with Interbus approach to nearly result. As a result, it is shown that Interbus is deterministic, rapid and reliable system.

Key Words : fieldbus, Interbus, cycle time

1. 서 론

종래의 0/4~20[mA], 0~10[V], 또는 0~3[bar]의 신호를 대체하는 필드버스는 케이블의 절감뿐만 아니라 지능성을 지니는 필드기기의 활용과 더불어 자동화의 구조를 변화시키고 있다. 필드버스가 국내에 도입된 지도 이미 여러 해가 지났으며 이제는 국내 산업 현장에도 실질적으로 설치되고 있다. 필드버스는

사용범위에 따라 크게 H1 버스와 H2 버스로 분류된다. H1 버스는 화학플랜트, 철강, 의약 등 주로 공정분야에서 많이 활용되는 필드버스로서 31.25[kbit/s]의 표준화된 속도로 운용되며 사용되는 필드버스로는 FF (Foundation Fieldbus) 그리고 프로피버스 PA(Profibus Process Automation)가 있다. 반면에 생산 분야에 널리 사용되고 있는 H2버스는 일반적으로 1[Mbit/s] 이상의 전송 속도를 갖는 필드버스로서 H1 버스의 상위네트워크로 사용되고 있으며, 대표적인 것으로는 HSE(High Speed Ethernet), 프로피버스 DP(Distributed Peripheral)가 있다. 이 밖에도 반도체와 단위 장비 네트워킹에

* 주저자 : 한경대학교 전자공학과 부교수
Tel : 031-670-5192, Fax : 031-670-5015
E-mail : jhpark@hankyong.ac.kr
접수일자 : 2004년 8월 10일
1차심사 : 2004년 8월 11일
심사완료 : 2004년 8월 30일

많이 활용되는 디바이스네트(DeviceNet)와 자동차 생산라인에 많이 사용되는 인터버스(Interbus)가 있다. 초기에 개발되었던 많은 종류의 필드버스가 시장의 원리에 따라 많이 정리되어 1999년 12월에 8개 필드버스의 세계표준화가 이루어진 후 각각의 응용 분야에 맞게 활용되고 있다. 필드버스는 학술적이기 보다는 필드에서 사용되는 산업솔루션으로 특히 개방형이 지향됨으로서 벤더독립이라는 장점을 찾아 볼 수 있다.

현재는 자동화 설비 특히 단위자동화 및 기계제어 분야는 하드 PLC(Programmable Logic Controller)로부터 많은 부분이 점점 PC 기반제어(PC based Control)로 교체되고 있으며 이 PC 기반제어는 자동차 산업분야에서 많이 설치되어 있는 인터버스에서 시작이 되었다 해도 과언이 아니다. 하드 PLC의 응용 시에 인터버스는 호스트가 존재하지 않고 단지 컨트롤러 형태로 제공된다. 이러한 문제점들로 인해 인터버스는 PLC PC 카드를 기반으로 하는 PC기반 제어의 발전에 많은 역할을 하였다. 이 인터버스는 벤더독립의 개방형 필드버스로 여러 산업분야에 적용되고 있는 필드버스이다. 생산자동화로부터 공정 자동화까지 널리 적용되고 있으며 특히 자동차 산업에 강세를 나타내고 있다. 또한 운용상의 단순함과 더불어 적은 오버헤드로 인한 높은 프로토콜 효율성을 지니고 있다. 주요특징으로는 합산프로토콜을 사용하며, 다중 마스터가 아닌 오직 한 개의 마스터만이 요구되는 마스터/슬레이브 접근방식으로 최대 512개의 리모트버스 스테이션이 연결가능하고, 스테이션은 주소화가 요구되지 않으며, 데이터 교환은 강력한 결정론적(Deterministic)인 특성을 지니며, 정상운용속도는 500[kbit/s]로 운용되고 있다.

필드버스와 실시간 처리는 이론적인 측면에서는 가능하지만 실제로 적용 시에는 실시간 처리능력이 문제시 될 수 있다. 버스시스템에 의해 필드기기들의 연결 시에는 입·출력 기기들의 지연시간과 여기에 데이터의 전송에 요구되는 시간이 더해지게 된다. 순수한 버스전송시간외에도 버스시스템에 연결된 각각의 필드기기들 안에서 고려해 주어야 될 소프트

웨어 운용시간이 있다. 사실상 실시간의 제어는 분산제어의 응용에 따라 차이가 있을 것으로 생각된다. 센서/액츄에이터 레벨에서 사용되는 인터버스는 버스시스템에 연결된 모든 기기들의 입, 출력에 대한 순환적인 읽기/쓰기에 필요한 전송방식으로 마스터/슬레이브 방식을 사용한다. 마스터는 버스에 연결된 슬레이브들과 데이터 교환을 하며 슬레이브는 오직 마스터의 요청에 의해서만 응답이 허락되므로 두 개의 버스 스테이션이 동시에 접근하거나 상호간에 송신된 데이터의 파괴 등을 피할 수 있다[1-3].

본 논문에서는 인터버스의 순환시간을 측정한다. 순환시간은 인터버스 시스템에 연결된 모든 스테이션의 데이터를 읽고 넘겨주는데 걸리는 시간이다. 모든 버스시스템 안의 순환시간은 연결되는 모든 스테이션의 수, 데이터의 양, 각각의 스테이션의 처리 시간, 전송속도와 시스템의 크기에 종속된다. 인터버스는 결정론적이기 때문에 시간적인 예측이 가능하다. 즉 각각의 모든 사이클은 시간적으로 예측이 가능하며, 버스배열이 변경되지 않는 한 사이클은 항상 일정하다. 순환시간의 측정을 위해 인터버스 마스터와 디지털 입·출력을 갖는 슬레이브 모듈을 사용하였다. 순환 시간의 측정은 정상적인 환경과 전자파 간섭이 심한 환경에서 시행되었다. 특히 전자파 간섭이 존재하는 환경에서의 시험은 독일의 Phoenix Contact사를 직접 방문하여 당사의 협조로 전자파 실험실에서 실행하였다. 오실로스코프와 함수발생기를 사용하여 입·출력의 왜곡을 관찰하고 이에 관계되는 주파수를 고찰하였다.

2. 필드버스와 인터버스

2.1 인터버스의 데이터구조와 전송원리

필드버스는 기존의 0/4~20[mA], 0~10[V]의 전 기신호와 1~3[bar]의 공압신호를 대체하는 산업솔루션으로 여러 분야에 걸쳐 많이 사용되고 있다. 필드버스는 다음과 같이 설명 할 수 있다. 필드버스는 자동화 설비 안에서 지능성을 지니는 필드기기들과 PLC 및 DCS(Distributed Control System)와의 연결을 통해서 필드기기들의 활용을 최적화시키고 케

인터버스 순환시간 측정에 대한 연구

이들의 획기적인 절감을 위해 사용되는 벤더독립의 산업솔루션으로 운용 및 보수, 유지를 단순화한다. 필드버스 개발과 도입의 첫 단계에서는 케이블의 절감이 주목적이었으나 현재는 지능성과 개방성이 더 중요시되고 있다. 여기서의 지능성이란 필드버스의 프로토콜 구현화에 필요한 다양한 기능들이 펌웨어(Firmware)안에 구현되어 분산제어의 기능을 수행할 수 있게 한 것임을 의미한다. 개방성은 벤더독립으로 상호운용성이 가능함으로써 서로 다른 벤더들의 제품을 통합운용이 가능하게 되어 과거와는 달리 한 벤더의 제품을 활용하는 것보다 많은 유연성을 제공하게 되었다. 현재는 산업용 이더네트의 응용이 많이 거론되고 있으나 실시간의 처리문제와 이와 동시에 상호운용성의 문제로 말미암아 계속 개발단계에 머물러 있으며 곧 수년 내로 산업에 집중적인 설치기 이루어져 많은 응용이 개발될 것으로 사료된다. 필드버스의 구성요소는 일반적으로 데이터를 전송하는 케이블, 언어와 프로토콜, ASIC등으로 구성되어 있다. 국내에서는 아직 공정플랜트에 적용빈도가 미약하지만 생산과 관계되는 분야에서는 널리 사용되고 있다. 인터버스는 독일의 피닉스컨택(PhoenixContact)사를 중심으로 약 450 여 개의 벤더들이 유저그룹을 형성하여 많은 활동을 하고 있다.

인터버스는 전형적인 마스터/슬레이브 전송방식으로 단 한 개의 마스터에 의해 데이터가 관리된다. 인터버스 라인에 연결되어 있는 각각의 모든 슬레이브는 내부의 쉬프트 레지스터로 데이터를 밀어내는 방식으로서 입·출력 데이터를 송·수신하고 있다. 인터버스는 링 구조와 라인 형식의 토폴로지로 구성되어 있으며 그 특유의 프로토콜의 단순함으로 인해 응용상의 장점을 제공한다. 인터버스에서 데이터 교환은 마스터/슬레이브 구조로 인해 마스터에 의해 두 개의 스테이션 사이에 데이터 교환이 이루어진다. 인터버스는 입-/출력 지향적인 합산프로토콜(Total Frame Protocol)을 응용하여 링 구조로 이루어진 전체 시스템에 연결되어 있는 모든 스테이션의 데이터를 포함하는 오직 하나의 메시지가 순환되도록 한다. 프레임 안의 데이터들은 물리적인 위치를 통해 한 개의 스테이션에게 유일하게 할당되므로 스테이션

에 대한 주소의 조정이 요구되지 않는다. 적산 프로토콜의 구축은 아래 그림 1과 같다.

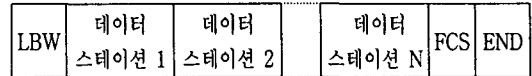


그림 1. 적산 프로토콜의 구축
Fig. 1. Construction of total frame

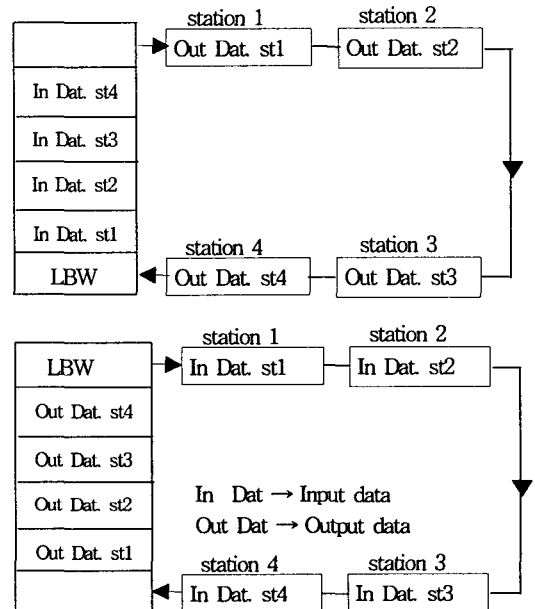


그림 2. 인터버스의 데이터 전송
Fig. 2. Data transfer of interbus

LBW(Loopbackword)는 모든 사이클에 대해 마스터로부터 발생되는 16비트로 정해진 비트 패턴으로 각각의 사이클의 시작 시에 마스터로부터 송신되고 데이터 전송의 모니터링에 사용된다. 데이터필드는 각각의 버스기기의 데이터를 포함하며 FCS(Frame Check Sequence)는 전송에러를 인식할 수 있는 16비트 CRC 값을 포함한다. 위에서 이미 간단히 언급한 바와 같이 각각의 모든 인터버스의 스테이션은 버스기기에 종속되는 길이를 갖는 정해진 쉬프트 레지스터가 구현화 되어있다. 버스 마스터로부터 스테이션, 즉 슬레이브로 전송되는 데이터는 마스터 안에 있는 송신쉬프트레지스터로부터 전송 준비되고 있다(출력데이터). 또한 각각의 모든 스테이션은 마스터에 송신되는 데이터를 즉 입력데이터를

내부레지스터(데이터 쉬프트 레지스터)안에 저장한다. 먼저 LBW가 밀어내기 클럭에서 발생하고 그 다음에 출력데이터(스테이션 4부터, 스테이션 1까지) 송신레지스터를 통해 전송된다. 링 안의 마지막 순번의 스테이션 4에 대한 출력데이터는 직접적으로 LBW뒤에 전송된다. 마스터로 전송되는 입력데이터는 LBW전에 밀려난다. LBW가 다시 마스터에 도착하게 되면 한 사이클이 끝나고 한 사이클 안에는 또한 출력데이터가 슬레이브에 그리고 입력데이터가 마스터로 전송된다. 이를 그림 2에 나타내었으며 또한 적산 프레임 안에서 스테이션 데이터의 위치는 링 안에서 스테이션의 물리적인 위치를 통해 유일하게 정해짐을 알 수 있다.

2.2 인터버스의 순환시간

인터버스의 전송시간 또는 순환시간은 전송되는 데이터의 수에 전적으로 종속된다. 각각의 모든 비트에 대해 정해진 전송속도에서는 정해진 전송시간이 필요하다. 인터버스 안에서의 합산 프로토콜 (Total Frame)은 항상 동일한 길이이므로 주어진 시스템 안에서 순환시간은 항상 일정하다. 순환시간의 계산을 위해 일반적으로 비트 전송시간, 버스지연시간, 소프트웨어 운용시간이 요구된다. 비트 전송시간은 한 비트에 대한 운용시간과 전송되는 비트의 수를 곱한 값으로 구성된다. 합산프로토콜로 유저데이터가 인터버스 링 안에 연결되어 있는 스테이션의 레지스터 데이터 길이와 프레임 정보로 전송된다. 이 프레임 정보는 2 바이트 LBW와 4 바이트 FCS로 구성되어 6 바이트의 길이를 갖는다. 데이터 메시지 (8비트마다 5 비트 헤드)의 구조를 고려하면 다음과 같은 식이 주어진다. 순환시간 T_c 는 쉬프트레지스터를 통해 이동되어 져야만 하는 유저데이터의 양에 종속되며 다음의 식으로 나타낸다[4].

$$T_c = [1.15 \times 13 \times (8+n) + 3 \times m] \times t_{bit} + t_{physik} + t_{software}$$

$t_{bit} = 500[\text{kbit/s}]$ 에서 $2[\mu\text{s}]$
 t_{phy} =케이블에 의해 진행되는 시간
 $t_{software}$ =인터버스 마스터의 펌웨어로 네 번째 개 발된 인터버스 칩(G4)에서는 $450[\mu\text{s}]$, G3에서는 $700[\mu\text{s}]$

n =유저 바이트의 수로 레지스터의 길이
 m =리모트버스 스테이션의 수

3. 시험환경과 시험방법

시험환경은 인터버스 마스터로 원격필드제어기 (Remote Field Controller) 타입 RFC 430 ETH를 응용하고 슬레이브로는 리모트버스 스테이션 타입 IB IL 24 DI, DO 16의 규격은 다음과 같다.

실험기기	규격
RFC 430 ETH	인터버스 마스터, 두개의 와이어 리모트버스, 4[Mbyte]의 데이터블록, 16개의 제어 태스크
IB IL 24 DI, DO 16	16개의 디지털 입, 출력 모듈, 인터버스의 로컬버스 타입, 24[V] 입, 출력 DC 전압
QUINT 5 Ampere	인터버스 전원 공급기, 입력전압 230[V] AC, 약 0.8[A]의 전류 소모

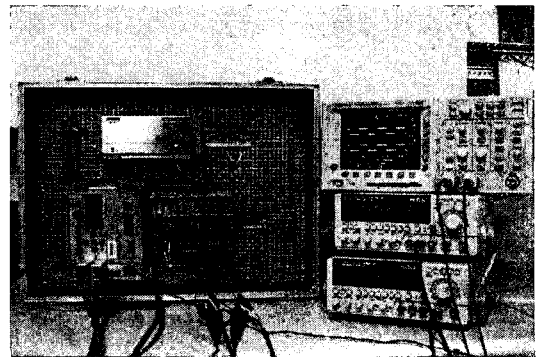


그림 3. 순환시간 시험을 위한 시스템의 구축
 Fig. 3. The construction of system for the test of cycle time

그리고 프로그램 환경은 PCWORX 2.01을 응용했다[5]. 이를 그림 3에 나타내었다. 이 시험을 위해 케이블은 구리선으로 구성된 인터버스 리모트버스 케이블을 사용하고 전송속도는 산업에서 표준으로 사용되는 $500[\text{kbit/s}]$ 로 하여 운용하였다. 선행처리과

인터버스 순환시간 측정에 대한 연구

제(Preprocess Task)의 내부에서는 입력신호를 출력신호에 연결하여 연속적인 선행처리를 사용하였다. 인터버스 입력 데이터를 읽기 위해 버스 사이클의 종료 후에는 선행처리 과제가 시작된다. 과제는 새로운 입력데이터로 동작하고 출력데이터를 쓰기를 한다. 새로운 출력데이터로 다음의 버스 사이클을 시작하기 위하여 인터버스 마스터는 인터럽트로 시작된다. 주파수 발생기를 통해 클럭신호를 입력에 인가하여 오실로스코프로부터 입력과 출력신호 사이에 왜곡을 관측한다.

시험 구축 시에 가장 빠른 순환시간(T_c)은 0.86[ms]로 설정한다. 여기서 인터버스 순환시간 0.86[ms]를 기준으로 하고 이론적인 순환시간의 계산 값을 계산한다. 즉 이론적인 값과 실제적인 값 사이의 오차의 크기를 비교한다. 제시된 순환시간 0.86[ms]는 시험을 위해 설정된 값으로 인터버스 시스템을 운용하는 툴 PCWORX안의 자동설정값에 주어진 최소값, 즉 이론적인 값보다 반듯이 큰 값을 미리 입력 한다. ID 사이클에 의해 배열된 필드기기들만을 기준으로 해서 순환시간이 설정되기 때문에 최소의 값이 자동설정 되기 때문이다. 여러 번의 간단한 시도를 통해 위에 제시한 순환시간을 0.814[ms]로 설정되었을 때 거의 최상의 시험결과가 나왔으며 계산된 값과 거의 일치하는 것임을 알 수 있다. 실제로 계산 시에 이 경우는 케이블의 길이는 무시할 수 있다.

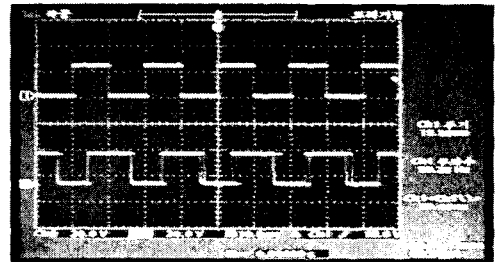
$$T_c = [1.15 \times 13 \times (8+n) + 3 \times m] t_{bit} \times 2 [\mu s] + 450 [\mu s]$$

$$= \text{약 } 0.755 [\text{ms}]$$

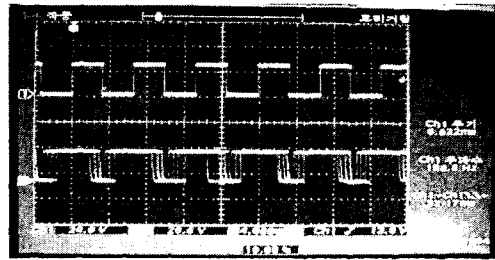
여기서 입, 출력 신호사이에 전송되는 최대주파수는 $f_{max} = 1 / (2 \times 0.814) = 614 [\text{Hz}]$ 이다. 이 최대 주파수는 단지 이론적인 값이다. 인터버스의 순환시간에 따른 주파수의 값 50[Hz], 150[Hz], 200[Hz]에 대한 값을 비교하여 이를 그림 4에 나타내었다. 최대주파수의 값에 접근 할수록 입, 출력 파형이 왜곡이 심해짐을 알 수 있다.

버스트 시험은 전기적 과도현상시험(EFT; Electrical Fast Transients/Burst)으로 IEC 61000-4-4에 규정되어 있다. 특히 전자파 적합성, 즉 전자파의 간섭이 있는 열악한 환경에서 필드기기의 성능이 저

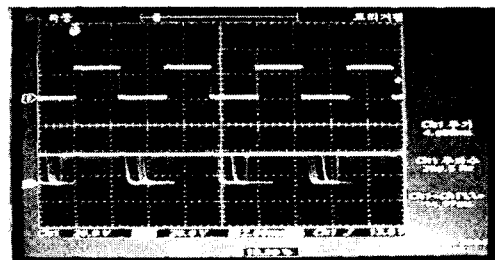
하됨이 없는 상태가 얼마나 유지가 될 수 있는가를 나타내는 지속성의 제시와 시스템의 능력을 의미하는 내성(Immunity)과 관계가 있다. 버스트 시험을 시행하기 위해 구리선으로 된 리모트버스 케이블은 시험 기기에서 전압버스트는 1000[V]에서 4500[V]까지 IEC 61000-4-4에 따라 인가하였다. 시험을 위한 구축은 전자파적합성(EMC) 실험실에서 이루어졌으며 버스트 발생기와 EMC 캐비닛으로 구성되어 이를 그림 5에 나타내었다. 그림 6에서 보는 바와 같이 입출력 신호에 대한 왜곡현상이 거의 없음을 알 수 있다.



(a)



(b)



(c)

그림 4. 주파수 값에 의한 입력, 출력의 왜곡비교
(a) 50[Hz], (b) 150[Hz], (c) 200[Hz]
Fig. 4. The comparison for skew of input and output according to frequency
(a) 50[Hz], (b) 150[Hz], (c) 200[Hz]

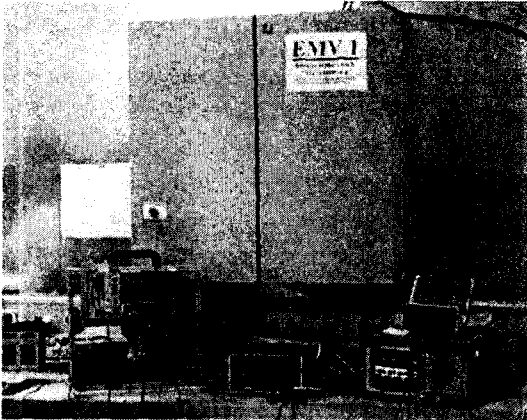


그림 5. 전자파 환경에서의 시험장비 구축
Fig. 5. The construction of test equipment with EMC

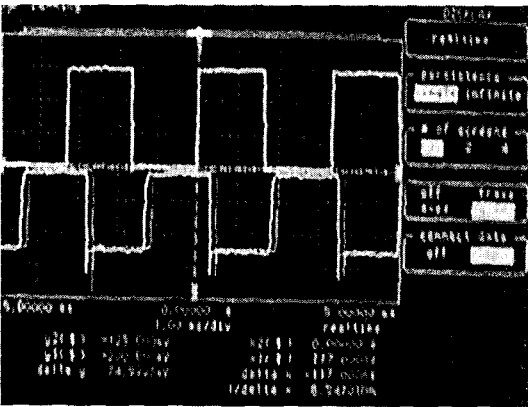


그림 6. 전자파 환경에서의 입·출력의 왜곡 시험
Fig. 6. The test for skew of input and output with EMC

4. 결 론

인터버스는 모든 공정에 다양하게 사용되지만 주로 디스크리트 부분에서 강세를 보이고 있다. 기계 제어 분야에서 많이 사용되고 있으며 특히 자동차 산업에서 강세를 나타내고 있다. 인터버스의 주된 장점은 단순한 이론 및 운용, 높은 프로토콜 효율성 등에 있다. 순환시간은 필드버스의 성능측정에 중요한 요소로서 특히 인터버스의 성능측정에 중요한 역할을 한다. 본 논문에서는 인터버스의 성능측정을 위하여 일반적인 실험실 환경과 전자파가 존재하는 환경의 두 가지로 나누어 순환시간에 대한 적합성

시험을 시행하였다. 일반적인 환경에서의 순환시간의 시험은 이론적인 값에 거의 근접하며 전자파 장애가 있는 환경에서는 IEC 61000-4-4에 근거하여 시행한 측정에서 신호의 변형이 없었음을 제시하였으며 정상적인 환경에 대하여 도달할 수 있는 이론적인 최대 주파수도 나타났다. 측정을 통해서 인터버스는 결정론적이며 신뢰성 있는 산업용 솔루션임을 보여준다. 그리고 인터버스의 응용시에는 다른 필드버스에서와 마찬가지로 단선에 특히 주의해야 한다. 본 논문에서는 필드버스의 순환시간의 시험을 위해 단순한 알고리즘을 제시하였고 이는 많은 자동화 기기들의 순환시간을 시험하는데 활용이 가능하다.

References

- (1) Reinhard Langmann. "INTERBUS Technologie zur Automation", Carl Hanser Verlag München Wien 1999.
- (2) B. ReiBenweber, "Feldbussysteme", R. Oldenbourg Verlag, 1998.
- (3) W. Kriesel, T. Heimbold and D. Telschow, "Bustechnologien fuer die Automation", Hüthig Verlag Heidelberg 1999.
- (4) Alexander BÜsing, Holger Meyer, "INTERBUS-Praxisbuch Projektierung, Programmierung, Anwendung, Diagnose" Hüthig Verlag Heidelberg 2002.
- (5) Phoenix Contact : "PCWORX. Manuel".

◇ 저자소개 ◇

박장환 (朴奘煥)

1957년 11월 10일생. 1980년 동국대학교 전자공학과 졸업. 1982년 동국대학교 대학원 전자공학과 졸업. 1993년 오스트리아 Graz 공과대학 전기전자공학 졸업(박사). 자동화/제어 전공. 현재 환경대학교 전자공학과 부교수.