

사용자 계층에서 Foundation Fieldbus의 대역폭할당기법구현 및 실험적 검증

송 승 민, 홍 승 호

한양대학교 전자 전기 제어계측공학과

전화 : 031-400-4084 / 핸드폰 : 016-280-8176

Implementation of Bandwidth allocation scheme and Experimental performance Evaluation on application layer of Foundation Fieldbus

Sung Min Song, Seung Ho Hong

Dept. of Electronic, Electrical, Control and Instrumentation Engineering, Hanyang Univ

E-mail : fossil74@hanmail.net

Abstract

Fieldbus traffic consists of periodic, time-critical and time-available data. A bandwidth allocation scheme allocates periodic, time-critical and time-available data traffic to the bandwidth-limited network resource. This paper presents an implementation method of the bandwidth allocation scheme in the user layer of Foundation fieldbus. In this study, an experimental model of a Foundation Fieldbus network system is developed. Using the experimental model, validity of the bandwidth allocation scheme is examined. The results obtained from the experimental model show that the proposed scheme restricts the delay of both periodic and time-critical data to a pre-specified bound. The bandwidth allocation scheme also fully utilized the bandwidth resource of the network system.

I. 서론

필드버스는 자동화 및 분산제어 시스템의 필드에 설치된 각종 센서, 제어기 PLC, 구동기 등의 필드 장비에서 생성되는 데이터를 전송하는데 사용되는 양방향 디지털 직렬 통신망이다.

필드버스에 접속되는 자동화 및 제어 장비에서 생성되는 데이터는 전송지연 시간에 크게 제약을 받지 않는 비실시간데이터와 반드시 데이터 생성주기의 제한 시간 이내에 데이터 전송이 완료되어야 하는 주기적데이터로 구성된다. 필드버스에서는 이런 다양한 특성을 갖는 데이터들이 하나의 미디어를 공유하게 된다. 따라서 필드버스의 대역폭을 적절하게 관리하지 않으면, 데이터의 전송지연시간이 한계 값을 초과하게 되어 필드버스에 접속된 응용 시스템의 성능 요구사항을 만족시키지 못하는 경우가 발생하게 된다[1].

참고문헌[2]는 Foundation Fieldbus(FF)[3]의 비실시간 및 주기적데이터의 전송지연시간 요구사항을 만족하는 동시에 필드버스의 대역폭을 충분히 활용할 수 있는 대역폭 할당 기법의 기본 개념을 제시하였다. 대역폭 할당기법의 기본 개념은 필드버스의 대역폭을 생성주기의 제한시간 이내에 전송이 완료되어야 하는 주기적데이터를 우선적으로 할당하고, 남은 대역폭을 충분히 활용하여 비실시간데이터를 전송함으로써 필드버스의 대역폭의 활용도를 극대화시키는 것이다. 본 논문에서는 실제 필드에서 사용되는 장비를 가지고 실험 모델을 구성하여 FF의 사용자 계층에서 대역폭 할당 기법 구현방법을 제시하고, 실험을 통하여 대역폭 할당기법의 타당성을 검증해보고자 한다.

II. 실험 모델 구성

본 연구에서 FF의 사용자계층에서 대역폭 할당기법 적용을 하기 위하여, National Instrument 사 제품인 Fieldbus Device Starter Kit을 가지고 실험 모델을 구성하였다. 각각의 Fieldbus Device Starter Kit은 하드웨어적으로는 2개의 H1 (32.15kb/s) Fieldbus Round Card와 2개의 H1 (32.15kb/s) AT-FBUS Interface board 그리고 1개의 프로그래밍 daughter card로 구성되며, 소프트웨어적으로는 통신스택과 Configurator 그리고 모니터로 구성된다[4-6].

2.1 Foundation Fieldbus Starter Kit 구조

Starter Kit의 구조를 간략히 살펴보면, 하드웨어는 크게 두 분류로 나뉜다. 하나는 AT-FBUS보드이고, 다른 하나는 프로그래밍 daughter card이다. AT-FBUS 보드는 인텔 80386EX 마이크로 프로세서를 사용하여 필드버스 통신스택 소프트웨어를 수행할 수 있게 되어 있으며, 프로그래밍 daughter card는 모토콜라 68331 마이크로 프로세서를 사용하였다. 또한 128K x 16KB 플래시메모리를 사용하여 사용자가 원하는 기능블록을 코딩하여 다운로드 할 수 있게 구성되어 있다.

본 논문에서 대역폭할당기법을 적용하여 실험하기 위해서, 현재 한 개의 Configurator 보드와 다른 한 개의 모니터링 보드 그리고 두개의 Fieldbus Round Card로 구성되어있는 Starter Kit을 아래 그림 1의 허브 구성도와 같이 연결하였다. 즉 실험모델을 구성하기 위하여 총 8개의 Fieldbus Round Card을 연결하여야 한다. 따라서 기존허브에 Spur Block을 추가시켜 Fieldbus Round Card 총 8개를 연결하여 실험모델을 구성하였다.

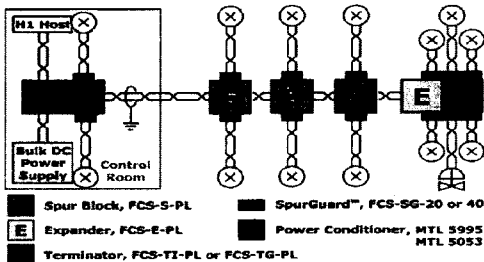


그림 1. 허브 연결 구성도

2.2 데이터 발생과 스케줄링 방법

사용자계층에서 각 노드마다 데이터를 발생시키기 위해서는 아래 그림 2에서 볼 수 있듯이 각각의 Fieldbus Round Card에 기능블록을 탑재하였다. 또한 Configuration 틀에서 각각의 기능블록을 wire 통해 블록간의 연결을 해야만 주기적데이터가 발생하게 된다. 현재 대역폭 할당기법 실험을 위해서 각각의 Fieldbus Round Card에 AI블록과 AO블록을 코딩하여 라운드카드에 탑재하였다.

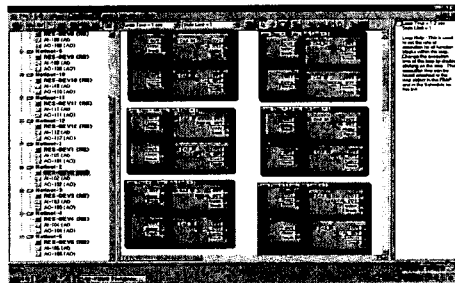


그림 2. 데이터발생을 위한 Configuration

프로토콜 규격서에는 스케줄 데이터의 전송을 위한 스케줄의 시작 시간(starting time)과 주기(period of cyclic sequence)가 정해진 경우에 LAS가 CD DLPDU를 통하여 이들을 전송하는 방식에 대하여서만 명시되어 있을 뿐이며, 주기적으로 생성되는 데이터의 성능 요구사항을 만족시키기 위하여 LAS에서 각 노드에 대한 스케줄의 시작시간과 주기를 어떻게 설정하여야 하는가에 대해서는 기술되어 있지 않다. 즉, 스케줄의 시작 시간과 주기의 결정은 필드버스 통신망의 설계자가 알아서 설정하여야 할 통신망 파라미터로 주어져 있다. 본 논문에서는 참고문헌[2]의 대역폭 할당기법을 적용하여 스케줄의 시작시간(starting time)과 주기 (period of cyclic sequence)는 멀티루프 기능을 사용하여서 아래 그림 3과 같이 설정하였다.

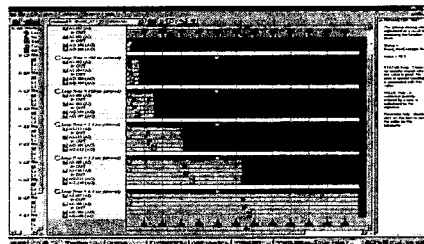


그림 3. 스케줄의 시작시간과 주기설정

III. 실험 및 결과

본 장에서는 대역폭 할당 기법의 타당성을 실험 모델을 통하여 검증한 결과를 기술한다. 실험모델은 그림 4 에서와 같이 8개의 노드와 한 개의 모니터링 노드 그리고 LAS Scheduler를 가지고있는 마스터노드로 구성된다.

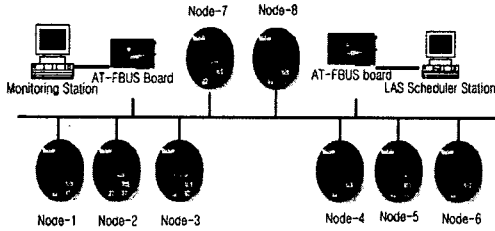


그림 4. 실험 모델 구성도

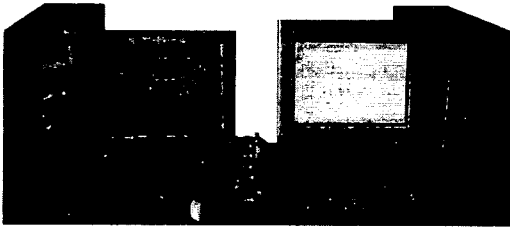


그림 5. 실험 모델의 사진

다음 표 1에서는 본 실험에 사용된 네트워크 트래픽의 조건이 나타나 있다. 전송속도는 32.15Kbps이며, 스케줄데이터의 길이는 39 바이트로 고정되었으며, 비실시간데이터의 최대 길이는 180 바이트이다. 실제 전송되는 데이터의 전송시간은 실험으로 측정한 결과 주기적데이터는 9.69ms이고, 비실시간데이터 44.79ms의 전송시간을 가진다.

표 5. 네트워크 트래픽 조건

파라미터	값
전송속도	32.15Kbps
스케줄데이터의 길이	39byte
스케줄데이터의 전송시간	9.69ms
비실시간데이터의길이	180byte
비실시간데이터의 전송시간	44.79ms
토른오버헤드	5ms
R	40ms

실험 모델에서 주기적데이터의 최대 허용지연시간 $\phi_1=200\text{msec}$ 으로 설정되었으며, 8개의 노드에서 생성

되는 스케줄 데이터의 최대 허용지연시간은 $\phi=[250, 250, 500, 500, 1000, 1000, 2000, 2000]\text{msec}$ 로 주어지는 것으로 하였다. 이러한 트래픽 조건에 대하여 [2]에서 제시한 대역폭 할당기법 알고리즘의 Step 1을 적용하여 스케줄 데이터의 스케줄 주기를 구하면 다음과 같다.

$$S_i = [200, 200, 400, 400, 800, 800, 1600, 1600]\text{msec.}$$

또한 Step 2 로부터 각 노드에서 스케줄 데이터의 첫 번째 스케줄 시작시간 s_i 를 구하면 다음과 같다.

$$s_i = [0, 50, 100, 150, 300, 350, 700, 750]\text{msec}$$

위에서 구한 결과에 따라 첫 번째 T_{Np} 주기동안에 8개의 노드에서 생성되는 스케줄 데이터의 생성순간이 그림 6에 나타나있다. 그림에서 보는 바와 같이 각각의 T_1 슬롯 내에서 생성되는 스케줄 데이터의 개수는 $\gamma=4$ 개를 초과하지 않으며, 이러한 데이터 생성패턴은 T_{Np} 의 주기로 반복된다.

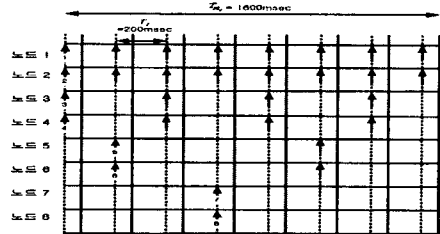


그림 6. 스케줄 데이터의 생성패턴

아래 표 2는 대역폭 할당기법을 적용한 분산, 집중 형태와 NI필드장비의 유틸리티저설정, 그리고 사용자 랜덤설정을 비교 분석한 표이다. 대역폭 할당기법을 적용하면, 분산, 집중인 경우 주기적데이터 비실시간데이터 모두 최대허용지연시간인 $\phi_1=200$ 을 만족함을 실험을 통해 알 수 있었다. 또한 주기적데이터의 평균지연시간도 대역폭 할당기법을 통한 집중인 경우가 비교 대상 중 지연시간이 31.5msec 가장 짧았으며, 비실시간데이터의 평균지연시간도 대역폭 할당기법을 통한 분산의 경우가 지연시간 73.2msec로 가장 짧았다.

표 2. 분산, 집중, NI유틸, 랜덤의 성능비교

단위 (msec)	분산	집중	NI유틸	사용자랜덤
주기적데이터 (Scheduling Data)	max 165	max 67	max 152	max 226
	min 0.2	min 0.2	min 0.2	min 0.2
	avg 77.5	avg 31.5	avg 41.7	avg 63.2
비실시간데이터 (Time-Available Data)	max 150.2	max 160.1	max 205	max 208
	min 15	min 36	min 36	min 44
	avg 73.2	avg 108	avg 121.5	avg 128.4

IV. 결론

본 연구에서는 FF에서 대역폭 할당기법을 통한 네트워크 설계 기법에 대한 타당성을 실제 필드에서 사용되고 있는 장비를 가지고 검증하였다. 또한 FF 프로토콜 자체에서 제공하는 스케줄 리스트 및 네트워크 파라미터에 적절한 값을 설정함으로써 대역폭 할당 기법이 기존의 FF 시스템에 바로 적용됨을 실제 장비를 통하여 확인 할 수 있었다.

본 논문에서는 토큰-패싱 방식으로 전송되는 비주기적데이터는 TIME-AVAILABLE 데이터만을 포함하였다. 왜냐하면 비주기적데이터에 대한 우선순위가능을 NI 장비에서 지원하지 않게 때문에 실험대상에서 제외되었다. 본 연구의 후속 연구로 토큰-패싱 방식에서 URGENT, NORMAL 포함하여 데이터 지연시간에 대한 요구사항 만족에 대하여 연구할 예정이다.

참고문헌

- [1] S. H. Hong, "Bandwidth Allocation Scheme in the Cyclic-Service Fieldbus Networks," IEEE/ASME Trans. on Mechatronics, in press.
- [2] S. H. Hong, Y. C. Kim "Implementation of a Bandwidth Allocation Scheme in a Token-Passing Fieldbus Network", IEEE Trans. on Instrument and Measurement. Vol.51, No 2,pp.246-251, 2002 .4.
- [3] IEC 61158-4: Fieldbus Standard for Use in Industrial Control Systems: Data Link Protocol Specification, IEC, 2000.
- [4] NI-FBUS Configurator User Manual(August 1998 Edition /Part Number 321423B-01)
- [5] MC68331-Based Fieldbus Round Card User Manual (January 1998 Edition /Part Number 321866A-01)
- [6] NI-FBUS Communications Manager User Manual for windows 95 and Windows NT (July1997 Edition /Part Number 321287B-01)

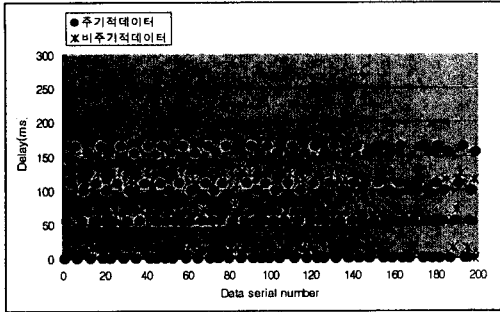


그림 7. 주기적데이터의 분산 지연시간측정

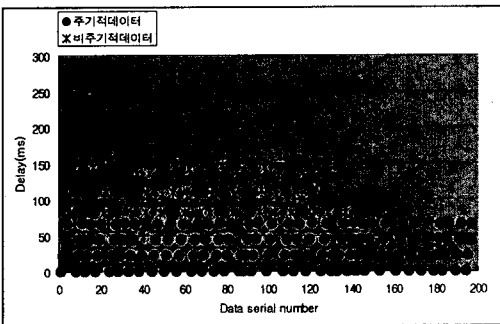


그림 8. 주기적데이터의 집중 지연시간측정

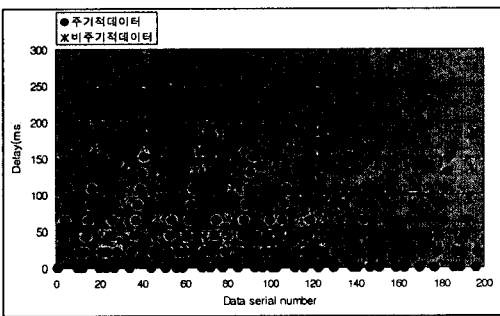


그림 9. NI장비 옵티마이저설정 지연시간측정

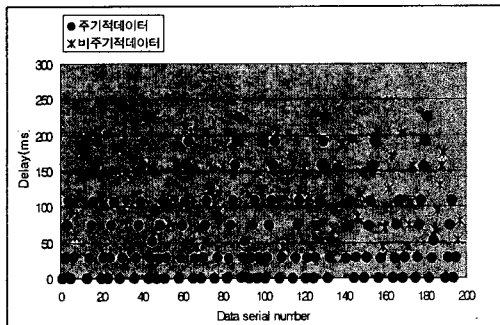


그림 10. 사용자 랜덤설정 지연시간 측정