순로구분기 기구부 제어를 위한 통신 시스템 설계에 관한 연구

A Study on the Design of Communication System to control Mechanical Part of a Sequence Sorter

백 문 기, 김 병 근, 김 두 식, 송 재 관, 남윤석

한국전자통신연구원 우정기술연구센터(전화:(042)860-1867, 팩스:(042)860-6508, E-mail : kevin@etri.re.kr)

Abstract : This paper describes the communication system of sequencing sorter. Generally sequencing sorter is a machine that sorts mails by delivery order. And designed sequencing sorter is composed of 5 physical modules. So, it is necessary to communicate with each module and to control this communication. A computer called Machine Management Computer, controls this. This paper is about the communication system with MMC and module controllers. This is PC-based, asynchronous full-duplex 4-wire serial systems. 3 protocol layers are presented and stop-and-wait flow control is adopted. Because designed sequencing sorter has to be operated high speed about 27,000 letters per hour, we analyzed the network traffic in the worst case. So, we could find that the communication system has to use above 115,200bps speed.

Keywords : sequence sorter, master/slave, field-bus, letters, polling

Ⅰ. 서론

국내의 우편물 접수 및 배달 체계는 우정사업본부의 우편물 처리 자동화 정책에 따라 1985년부터 2002년까지 건설된 22개의 집중국 시스템과 각 집중국에 설치된 서장구분기, 플랫구분기 등에 의해 많은 개선이 이루어졌다. 하지만 집배원들의 우편물 배달을 위한 순로구분 작업이 아직까지도 수작업에 의존하고 있다. 이 작업은 전체 우편물 처리 시간의 약 25%를 차지하고 있으며 우편물량의 증가에 따라 집배원들의 업무 부담을 가중 시키는 주요 원인으로써 시급한 개선이 요구되고 있다. 현재 독일, 미국, 일본 등의 우정기술 선진국들은 순로구분 자동화 시스템을 이미 구축하여 운용하고 있으며 우리나라에서도 개발이 진행 중에 있다[1,2].

본 논문은 이러한 우편배달 순로구분 시스템의 기계장치인 순로구분기의 개발과 관련하여 고속 우편물 이송 장치인 순로구분기 기구부와 운용시스템 간의 인터페이스를 위한 통신 시스템 설계 결과를 기술한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, 2장에서 순로구분 시스템의 역할, 기능, 그리고 구성에 대해서 간략하게 알아보고, 3장에서는 이러한 기능을 효과적으로 구현하기 위해서 필요한 장치들과 이러한 장치들에 대한 제반 요구 사항을 기술한다. 4장에서는 이러한 요구 사항을 바탕으로 제어시스템을 통신 프로토콜의 계층 구성과 통신 방식 등을 위주로 간략하게 소개하고, 끝으로 5장에서는 설계된 통신 시스템의 네트워크 트래픽 분석을 통해서 필요한 통신 속도를 추정하여 제시한다.

Ⅱ. 순로구분 시스템

1. 개요

순로구분 시스템은 집배원이 배달할 우편물을 자기 구역의 배달 경로에 맞추어 순서대로 정렬하는 작업을 자동화하기위한 장치이다. 시스템의 입력은 우편물과 순로 정보이고 출력은 바코드가 인쇄된 우편물 또는 순로대로 정렬된 우편물이다. 우편물을 이송하고 바코드를 인쇄하는 기계적인 장치를 기구부라고 할 때, 이러한 기구부의 제어를 위해 우편영상과 바코드, 순로 정보 등을 추출하고 전송하는 지능적인 장치를 운용시스템(MMS, Machine Management System)이라고 부른다.

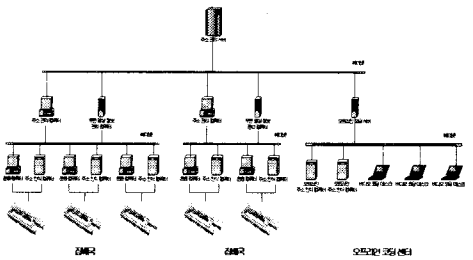

그림 1. 순로구분 시스템 구성도.

Fig. 1. A diagram of sequence sorting system.

위 그림 1은 본 과제에서 설계된 순로구분 시스템의 전체 구성도이다. 순로 정보는 우편물의 수취인 주소 정보를 이용하여 추출하게 되는데, 이는 MMS가 우편물의 수취인부 주소 영상을 획득하여 문자인식을 수행

하고 이를 바탕으로 우편 주소 데이터베이스를 검색하여 주소 정보를 해석하며 이 주소 정보와 미리 정의된 배달 순서 파일을 이용하여 순로 정보를 생성함으로써 이루어진다[2]. 이는 순로구분 시스템이 주소 및 순로 데이터베이스와 연동되어야 함을 의미한다.

2. 순로구분기의 주요 구성 요소

순로구분기는 그림 1에서 음영 처리된 집배국내에 설치된다. 그 구성요소로는 순로구분기 기구부, 운용컴퓨터, 주소인식컴퓨터, 우편영상정보관리컴퓨터, 주소관리컴퓨터 등이 있고 주소관리컴퓨터는 중앙의 주소관리서버에 연결된다. 그리고 모든 순로구분기는 네트워크를 통해 관리할 수 있어야 한다. 참고로 그림의 우측에 있는 오프라인코딩센터는 실시간으로 인식하지 못한 우편영상을 수작업 처리하기 위한 것이다.

순로구분기의 MMS가 설치되는 운용컴퓨터는 이러한 모든 컴퓨터들과의 통신 인터페이스를 통해서 앞에서 언급한 동작을 수행할 수 있도록 순로구분기의 전체 시스템을 제어한다. 본 논문에서 기술할 기구부 제어를 위한 통신 시스템은 이러한 여러 통신 인터페이스 중에서 MMS에서 순로구분기의 기구부를 제어 할 수 있도록 해주는 역할을 담당한다.

III. 순로구분기 요구사항 및 설계 내용

순로구분기는 기본적으로 다량의 우편물을 고속으로 이송시키고 각 우편물의 이송 중에 순로 정보를 추출하며 그 정보를 이용하여 우편물을 적절한 구분칸에 적재하는 장치로써 우편물이 연속적으로 공급되므로 제한된 시간 내에 제어가 완료되어야 한다.

순로구분기에서 사용되는 장치에는 주소영상의 획득을 위한 Line Scan 카메라, 형광 바코드를 인식하고 인쇄하기 위한 장치들, 우편물을 공급 및 이송시키는 모터와 벨트 시스템, 우편물의 경로를 바꿔주는 Diverter, 각종 위치센서, 스위치, 버튼, 램프 등이 있다. 이러한 장치들을 이용하여 아래에 열거한 기능들을 수행하여야 한다.

- 고속 우편물 이송 기능
- 바코드 인식 및 우편물 수취인부 주소 영상획득
- 실시간 주소인식 및 해석
- 바코드 인쇄 및 검증 기능
- 실시간 구분칸 제어 기능

설계된 기구부는 각 기능과 우편물의 이송경로에 따라 우편물 공급 모듈, 인식 모듈, 문자인식을 위한 지연 모듈, 바코드 인쇄 모듈, 우편물 적재 모듈 등의 5개 MC(Module Controller) 모듈로서 구성되어 있다. 그리고 각 모듈들은 MMS와의 통신 기능을 가져야만 한다. 한편 순로구분기가 처리해야 하는 우편물의 규격은 다음과 같다.

- 가로: 140 ~ 235 mm
- 세로: 90 ~ 130 mm
- 두께: 0.16 ~ 6 mm, 무게: 5 ~ 25g

본 논문에서 가정한 순로구분기의 우편물 처리량은 이중급지와 JAM 등을 고려하지 않았을 때, 시간당 약 27,000통(7.5통/s)으로써 이송되는 우편물 사이의 간격을 100mm로 가정했을 경우, 우편물이 이송되는 선속도는 약 2.5m/s이다. 그리고 이 속도는 1ms의 시간동안 우편물이 약 2.5mm 이동하는 속도에 해당한다. 따라서 하나의 센서를 기준으로 보았을 때, 하나의 우편물이 도착하여 다음 우편물이 도착할 때까지 소요되는 시간은 약 133ms(335mm)이다.

IV. 통신 시스템 설계

1. 설계 개념

PLC(Programmable Logic Controller) 기반의 장치들이 주류를 이루던 자동화 분야에서 필드버스(Field Bus)가 주요 PLC 업체를 중심으로 개발되면서 이를 기반으로 90년대 초반부터 PC가 사용되기 시작하였다. 이는 PC가 실시간 처리를 보장하지 못하는 등의 여러 가지 단점을 가지고 있음에도 불구하고 빠른 성능 개선과 다양한 네트워크 지원, 친숙한 사용자 인터페이스 등의 장점을 바탕으로 PC의 문제점을 개선한 H/W와 S/W의 개발이 지속적으로 이루어지면서 현재 관련 시장의 약 30% 이상을 차지하게 되었으며 계속 증가추세에 있다[3].

본 과제에서도 PC를 기반으로 하는 제어 시스템을 설계의 기본 목표로 정하였다. 이에 따라 PC에서 가장 일반적으로 사용되는 통신 방식인 RS232 포트를 통한 비동기식 직렬통신을 사용하는 통신 시스템을 설계하게 되었다. 아래의 항목들은 보다 구체적인 설계 목표들이다.

- MMS와 기구부 제어 간의 독립성 확보
- 통신 시스템의 계층화를 통한 확장성 확보
- 실시간 통신을 위한 프로토콜의 신뢰성 확보
- 통신선로의 신뢰성 확보

이상의 목표를 만족하기 위해서 설계된 사양은 다음과 같다.

- 기구부를 제어하는 CCP 모듈
- MMS와 CCP의 독립성을 확보하는 MCI 모듈
- 전이중 방식의 RS485 통신선로 - Multi-drop
- Polling 방식의 Master/Slave 통신 - 혼합형
- Stop and Wait 흐름 제어 - 실시간 확보
- 메시지 큐를 통한 스트림 형태의 데이터 교환

여기서 CCP(Central Control Program)는 기구부 제어에 종속적인 부분을 담당하게 되는데 여기에 MMS

와 CCP 간의 독립성을 확보하기 위해 MCI(Machine Control Interface) 모듈을 삽입하였다. MCI는 별도의 DLL로 구현되어 추후의 기구부 사양 변경에 대처하게 된다. 이 MCI 모듈 또한 전체 통신 시스템에서 하나의 계층으로 볼 수 있으며 CCP의 제어서비스 계층과 메시지 큐를 이용하여 통신하도록 설계되었다.

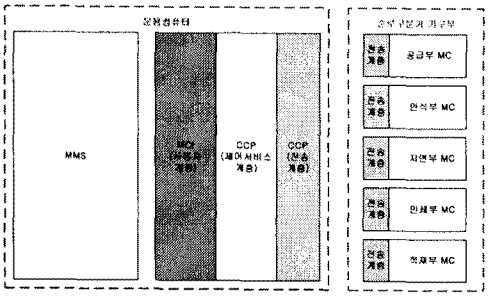

그림 2. 설계된 시스템의 계층도.
Fig. 2. A diagram of designed system layers.

그림 2는 이러한 시스템의 계층을 나타낸다. CCP는 제어서비스 계층과 전송 계층으로 구성되어 있다. 제어서비스 계층은 순로구분기 기구부의 각 모듈 제어를 담당하는 MC들과 논리적인 연결을 가지고 데이터를 교환하며 전송 계층은 각 MC가 가지고 있는 전송 계층과 논리적으로 연결되어 메시지를 교환한다. CCP의 제어서비스 계층은 CCP와 MC가 교환하는 데이터를 의미 있는 정보로 만들어서 MCI를 통해서 MMS에 전달하거나 다시 MC에 전달해 주는 역할을 수행하는데 PC 기반 제어의 단점인 비실시간 특성을 보완하기 위해서 Windows 기반의 실시간 확장 커널 상에서 구현되도록 설계하였다.

2. 통신 매체와 프로토콜

본 시스템은 운용 컴퓨터와 순로구분기 기구부와의 사이에 통신선로의 신뢰성을 확보하기 위해서 RS485를 사용하도록 설계되었다. RS485는 4선식인 전이중 통신 방식이나 2선식인 반이중 통신 방식으로 사용이 가능한데, 전용통신 보드를 사용하지 않는 PC의 경우 통신 속도에 한계가 있기 때문에 단순한 프로토콜을 사용하여 메시지 처리 시간을 줄여야 하므로 보다 단순한 프로토콜의 사용이 용이한 전이중 방식을 채용하였다. 따라서 CCP와 각 MC들은 Multi-drop 방식으로 연결되게 된다. 이러한 방식으로 시스템을 구성하면 슬레이브간의 통신이 불가능하고 여러 개의 슬레이브가 동시에 데이터를 보낼 수도 없다. 만약 슬레이브 간의 통신이 필요하다면 마스터의 개입이 반드시 필요하게 된다[4].

그리고 이러한 경우에 적합한 메시지 교환 방식으로는 프랑스의 필드버스 표준인 FIP와 Modbus 등에서도 사용하고 있는 폴링이 있다. 폴링방식에는 Roll-call polling과 Hub polling 방식의 두 가지가 있다. Hub 폴링은 슬레이브 사이에 제어권이 넘어가는 반이중 선로에서 사용되는 방식이므로 본 과제에서는 순차 폴링이라고도 불리는 Roll-call 방식을 사용한다[5].

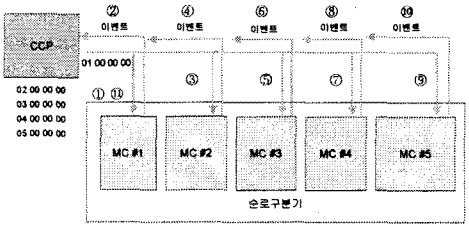

그림 3. 폴링 방식의 메시지 교환.
Fig. 3. Message exchange by polling method.

위의 그림 3은 4선식 전이중 선로를 통해서 마스터인 CCP의 요구 메시지(①)에 슬레이브 MC가 응답하는(②) 모습을 보여준다. 메시지의 헤더에는 슬레이브 주소가 들어 있으며 이를 바탕으로 응답할 MC가 결정된다. 만약 동시에 여러 개의 MC가 응답을 하게 되면 메시지의 충돌이 일어난다. 본 시스템에서는 제한된 속도에서 최소한의 프로토콜로 실시간 동작을 수행해야하므로 메시지 충돌은 하드웨어적인 방식으로 대응하도록 설계되었다.

마스터와 슬레이브 간의 메시지 흐름 제어에 사용된 방식은 수정된 정지대기(Stop-and-Wait) 흐름제어 방식으로써 실시간 처리에 적합하고 간단하다는 장점이 있지만 전송효율이 낮은 단점을 갖는다. 그리고 만약 전송로에 문제가 있어서 계속 에러가 발생한다면 하나의 메시지에서 멈춰서 있게 될 것이다. 따라서 에러가 발생하거나 시간초과 된 메시지는 전송 메시지 큐의 맨 끝에 삽입하는 수정된 정지대기 방식을 사용한다. 또한 에러검출은 모든 메시지 데이터의 바이트 합에 대해 1의 보수를 취하여 메시지 끝에 삽입하는 방식을 사용하였고 길이는 1바이트를 사용한다[4].

본 과제에서 설계된 통신 시스템의 특징은 MC들이 수동적인 슬레이브가 아니라 실시간 제어 책임을 갖는 독립된 처리 모드를 갖는다는 것이다. 따라서 분산 제어 방식과 중앙집중식을 혼합한 형태라고 볼 수 있다.

3. 메시지 구성

순로구분기의 CCP가 MC로부터 받아야 하는 메시지들은 인입된 우편물의 태그번호, 바코드 인식결과, 영상획득 시간, 우편물의 이동 이벤트, 바코드 인쇄 결과, JAM 발생여부 등이고 반대로 CCP가 MC에게 전송해 주어야 하는 메시지들은 인입되는 우편물의 태그번호, 우편물의 목적지 구분칸, 인쇄할 바코드 데이터 등이다. 설계된 시스템은 이러한 메시지들을 처리하기 위해서 폴링방식을 사용하므로 데이터 용량이 많아진다. 따라서 최대한 메시지의 크기를 줄여야 한다.

설계된 메시지는 MC의 주소를 갖는 헤더(1B), 데이

터 타입(1B), 데이터(1~4B), Checksum(1B) 등으로 구성되어 있으며 각각 4바이트와 7바이트의 고정된 메시지 크기를 가진다. 특히 7바이트 메시지는 바코드 정보를 송/수신하는 메시지와 실시간 처리가 필요하지 않은 기타 메시지들을 처리하기 위해서 사용된다.

V. 네트워크 트래픽 분석

설계된 시스템의 통신 속도를 결정하기 위해서 Worst-case 시의 네트워크 트래픽을 분석해 본다. 아래의 그림 4는 순로구분기가 동작하여 이벤트가 발생한 상황을 묘사하고 있는데, 여기서는 최대 발생할 수 있는 이벤트의 수를 6개로 가정하였다.

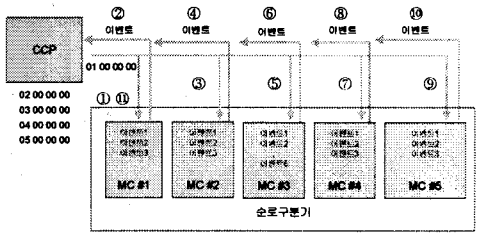

그림 4. 네트워크 트래픽 분석을 위한 개념도.
Fig. 4. A diagram of network traffic analysis.

그림에서 세 번째 MC 모듈에 6개의 이벤트가 있다. 설계된 시스템에서는 MC들을 순차적으로 호출하는 방식을 사용하므로 5번의 이벤트 문의 메시지가 호출되면 모든 MC에 한번씩 이벤트를 보고할 기회가 주어진다. 이것을 한 사이클이라고 할 때, 세 번째 모듈의 6개 이벤트를 모두 처리하기 위해서는 6번의 사이클이 필요하다.

그리고 6번의 사이클이 처리되는 동안 생길 수 있는 새로운 우편물에 의한 이벤트 발생을 생각해 보면, 최악의 트래픽이 발생한 모듈의 경우, 처음에는 모든 우편물들이 센서 근처에 있으므로 다음 우편물이 도착 가능한 시간 이내에는 추가 이벤트가 거의 발생하지 않는다. 만약 발생하더라도 하나의 모듈 내에서는 최대 6개를 넘을 수 없을 것이다. 따라서 3장에서 언급한 요구사항에 의해 133ms의 제한 시간 내에 6번의 사이클에 해당하는 메시지가 처리될 수 있다면 원활한 제어가 가능할 것이다.

따라서 설계된 통신 시스템의 통신 속도는 순로구분기가 처리하려는 우편물 길이와 간격, 처리량 등에 따라서 적절하게 선택되어야 한다. 아래의 표 1, 2는 이러한 변수들 간을 관계를 보여주는데, 표 1은 235mm의 우편물 길이와 100mm의 우편물 간격을 고려할 때 처리량에 따른 선속도와 제한 시간을 나타내었고, 표 2는 본 과제에서 설계된 메시지의 길이와 발생 가능한 이벤트의 수, MC의 개수 등을 고려하였을 때, 6개의 사이클 동안 처리해야 하는 최대 네트워크 트래픽 용량인 약 420바이트의 데이터에 대한 전송 시간을 나타내었다. (자세한 사항은 지면 관계상 생략함)

표 1. 우편물 처리량에 따른 제한 시간

처리량 [통/h]	우편물의 선속도 [m/s]	제한 시간 [ms]
27,000	2.5	133
36,000	3.35	100
46,000	4.3	78

표 2. 통신 속도에 따른 Worst Case 소요 시간

통신 속도[bps]	1 바이트 전송시간 [ms]	420 바이트 전송 시간 [ms]
9,600	1.04	438
38,400	0.26	109
76,800	0.13	55
115,200	0.086	36

위의 표 2는 메시지의 송/수신 시간만을 계산하였지만, 실제로는 메시지의 처리 시간도 고려해야 한다. 일반적인 기준으로는 전송시간에 약 20%가 소요된다고 하므로 27,000통의 처리량에서는 대략 115,200bps 이상의 통신 속도가 필요함을 알 수 있다[6].

VI. 결론

본 논문에서 소개한 순로구분기의 통신 시스템 방식은 전이중 방식의 RS485 매체를 이용한 비동기식 직렬 통신이다. 그리고 4, 7바이트의 고정 크기 메시지가 설계되었으며 통신 속도는 115,200bps를 채용하였다. 하지만 이 속도는 우편물 처리량이 27,000통 이하일 경우에만 사용될 수 있다.

하지만 차후에 순로구분기의 처리량이 증가하거나 처리 가능한 우편물의 크기가 커진다면, 현재의 시스템으로는 정확한 제어를 수행할 수 없을 것으로 예상된다. 따라서 향후 연구과제로서 전용칩을 사용하여 직렬 통신의 속도를 높이거나 TCP/IP 등의 고속 네트워크를 고려하여야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

[1] 송재관, 임길택, 김두식, 정선화, 남윤석, "우편물 이미지 획득 시스템 개발", 한국정보처리학회 추계 학술발표논문집, 제8권 제2호, 2001.

[2] 김호연, 임길택, 김두식, 남윤석, "서장 우편물 자동처리를 위한 우편영상 인식 시스템", 한국정보처리학회 논문지, 기획특집 영상정보처리 및 이해, 2003.

[3] 박장환, *필드버스 입문*, 도서출판 동서, 서울, pp. 11-21, 57-112, 2000.

[4] 김지관, *통신 프로토콜*, 정보통신연구원, 서울, pp. 19-33, 2000.

[5] P. Raja, L. Ruiz, "Efficiency Issues Of Polling Protocols for Fieldbus Networks", Proceedings of IEEE Singapore International Conference on, Volume:2, 6-11 Sept, 1993.

[6] 한국전자통신연구원 프로토콜기술연구실, "*정보통신 프로토콜 공학*", ETRI, pp.235-236, 1998

(약 0.1%) 정도의 차이를 나타내고 있으며 정착 시간에서 약 1ms의 차이를 보이고 있으나 거의 동일한 응답을 나타내고 있는 것으로 볼 수 있다. 정상 상태에서는 모두 기준 속도인 3000[rpm]의 정격 속도로 안정적인 응답을 보이고 있다.

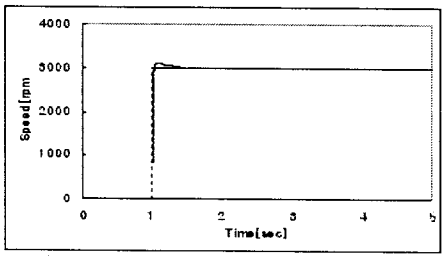

그림 3.2 무부하시 센서가 있는 경우의 속도 응답
Fig. 3.2 Speed Response with no load and sensor

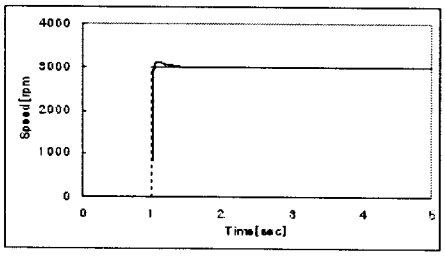

그림 3.3 무부하시 센서가 없는 경우의 속도 응답
Fig. 3.3 Speed Response with no load and no sensor

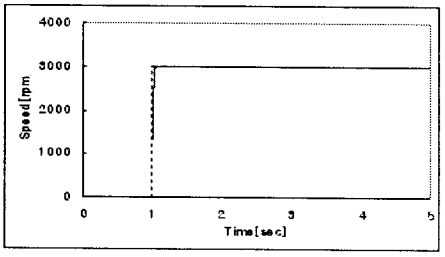

그림 3.4 부하 인가시 센서가 있는 경우의 속도 응답
Fig. 3.4 Speed Response with load and sensor

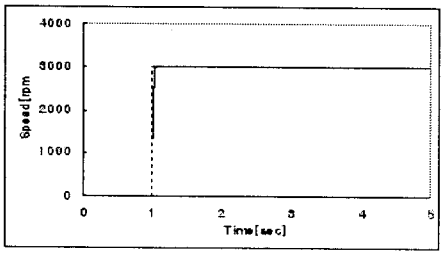

그림 3.5 부하 인가시 센서가 없는 경우의 속도 응답
Fig. 3.5 Speed Response with load and no sensor

5. 결론

본 논문에서는 영구 자석 교류전동기의 속도 제어시 센서를 사용함으로 인해 발생하는 여러 가지 문제점을 해결하기 위해서 속도 센서를 사용하지 않고 속도를 추정하는 방식에 대해 제안하였고, 제안한 방식으로 추정한 속도를 이용하여 영구 자석 교류전동기의 속도 제어를 수행하였다.

실험 결과에서 알 수 있듯이 기준 입력으로 정격 속도 3000[rpm]을 인가하였을 때, 속도 센서를 부착하지 않은 경우에도 속도 센서를 부착한 경우와 거의 동일한 응답 특성을 나타내는 것을 알 수 있다.

향후 연구과제로는 저속 영역과 가변속 구간 등에 있어서 속도 추정 성능을 검증하고, 추정한 속도를 이용하여 전 속도 영역에서 영구 자석 교류 전동기의 속도 제어를 수행해야 할 것이다.

참고 문헌

[1] B. K. Bose, "Technology Trends in Microcomputer Control of Electrical Machines IEEE Trans. Ind Elect., vol.35, No.1, pp. 160-177, 1988.

[2] K. Kenzo, O. Tsutomu and S. Takashi, "Application Trends in AC Motor Drives", IEEE IECON'92, pp. 31-36, 1992.

[3] J. Holtz, "Speed Estimation and Sensorless Control of AC Drives", Conf. Proc. of IECON, pp. 649-654, 1993.

[4]C. Ilas, A. Bettini, L. Ferraris, G. Griva, and F. Profumo, "Comparison of Different schemes without shaft sensor for field oriented control drives", Conf. Proc. of IECON, pp. 1579-1588, 1994.

[5] Li Ying; Ertugrul, N., "A novel position sensorless control for permanent magnet AC motors", Power Electronics and Motion Control Conference, 2000. Proceedings. PIEMC 2000. The Third International , Volume: 1 , 2000, Page(s): 169 -174 vol.1

[6] Consoli, A.; Scarcella, G.; Testa, A., "Sensorless control of AC motors at zero speed", Industrial Electronics, 1999. ISIE '99. Proceedings of the IEEE International Symposium on , Volume: 1 , 1999, Page(s): 373 -379 vol.1