

제철 공정 자동화를 위한 MMI 시스템 개발

이대성, 김윤하, 주문갑
포항산업과학연구원, 박판주조연구팀

The development of the MMI system for automating steel-making process

DaeSung Lee, YoonHa Kim, MoonJab Joo

Strip Casting Project Team, Research Institute of Industrial Science & Technology

Abstract - MMI 시스템은 제철 공정에서 발생하는 다양한 데이터를 조업자에게 쉽고 빠르게 전달하기 위해, real time operating system에서 동작하는 제철 공정의 주된 제어 프로세스와 인터페이스 한다. 따라서 MMI 시스템은 제철 공정의 주된 제어 프로세스와 ethernet network을 통해 공유 데이터를 통신하도록 개발되고, MMI 시스템은 M/S window operating system과 DDE(Dynamic Data Exchange) 라이브러리 환경을 기반으로 개발된다. 수 개의 MMI client PC와 1 개의 MMI server로 구성되는 MMI 시스템은 MMI client들 사이의 공유 데이터가 동기화될 수 있도록 최적 packet 양을 도출하고, 신뢰성 높은 데이터 전송을 위한 특별한 데이터 핸들링 방법을 사용한다. MMI 시스템은 GUI(Graphic User Interface)를 사용하여 조업자에게 친숙한 window 화면을 제공하므로, MMI 시스템의 화면 수정, 첨가 및 삭제가 비용 부담 없이 용이하게 진행되므로, 기존 제철 공정에서 사용하던 OCP(Operating Control Panel)들이 MMI 시스템으로 대체되고 있다.

1. 서 론

단위 제철 공정은 수 개의 독립된 자동 제어 루프들로 구성된 MIMO 시스템이다. 자동 제어 루프들에는 레들(ladle) 및 턴디쉬(tundish)내 잔존 용강(molt steel)의 무게 제어, 몰드(mold)내의 용강 높이 제어, 구동롤(driven roll)사이의 롤갭(roll gap) 제어, 박판(strip) 온도 제어, 박판 위치 제어 및 코일링(coiling) 텐션 제어들과 같은 것이 존재한다. 그런데 일반적인 제철 공정은 고온 용강과 유해한 가스들을 처리하므로, 우발적 사고가 빈번한 공정이다. 그래서 조업자들의 축적된 경험과 know-how는 제철 공정을 개발하는데 필수적 요소이다. 따라서 MMI 시스템과 같은 새로운 공정 개발은 조업자들에게 완벽한 신뢰성을 심어주지 않고서는 진행되지 못한다.

그래서 단위 제철 공정의 기존 MMI 시스템 공정 개발은 각각의 제어 루프에 국한하여 적용되어 왔다. 그리고 MMI 시스템을 전체 자동 제어 루프에 적용하기 위해서는 많은 하드웨어 수정과 각각의 하드웨어에 대한 완벽한 지식을 요구하기 때문에, 단위 제철 공정의 전체 자동 제어 루프에 적용된 MMI 시스템 개발 사례는 찾기 힘들다.

따라서 본 논문에서는 수 개의 제어 루프를 갖는 새로운 단위 제철 공정인 스트립캐스팅 프로세스에 통합형 MMI 시스템을 적용하기 위해, 먼저 새로운 단위 제철 공정의 주된 제어 프로세스의 구조가 설계된다. 그리고 MMI client에 전달될 정보를 공급하고, MMI client로부터 조업자의 명령을 받는 MMI server가 개방형 시스템인 VMEbus 위에서 설계된다. 그리고 신뢰성 높고 빠른 데이터 통신을 위한 데이터 핸들링 방법을 제시하여, 통합형 MMI 시스템으로 구성된 스트립캐스팅 프로세스의 MMI 시스템을 소개한다.

2. 통합형 MMI 시스템의 Server 설계

2.1 컴퓨터 제어 시스템의 구조 설계

제철 공정은 정밀 제어 신호와 분석용 신호, 저전력 신호와 고전력 신호 및 아날로그 신호와 디지털 신호로 구성된 다양한 신호를 가지고 있다. 따라서 제철 공정의 제어 시스템은 신호원에 따라 수 개 컴퓨터 기종으로 분류되지만, 각 컴퓨터 기종은 VMEbus 개방형 구조로 개발된 모델들이 사용된다. 한편 각각의 컴퓨터 시스템 들에는 안정성과 속도가 뛰어난 RISC 기반 프로세스로 사용되며, operating system으로는 VxWorks와 같은 real time operating system이 사용된다. 그리고 각각의 컴퓨터 시스템들은 그 역할에 따라 정밀 제어 프로세스와 시퀀스 제어 프로세스로 구분된다.

단위 제철 공정에는 수많은 제어 루프가 존재하므로, 표준 VMEbus 1 rack(= 20 slots)으로써 단위 제철 공정의 전체 제어를 감당할 수 없다. 그래서 여러 개의 VMEbus rack으로써 단위 제철 공정의 컴퓨터 시스템이 구성되고, 각각의 VMEbus rack에는 reflective 메모리 보드를 두어서, 서로 다른 rack에 존재하는 프로세스들 사이에 고속 데이터 공유가 실현된다. 그리고 특정 VMEbus rack에 존재하는 프로세스가 MMI server 작업을 실행하여 현장에 설치되는 MMI client와 데이터 공유를 할 수 있도록, 그림 1과 같은 단위 제철 공정의 통합형 MMI 시스템용 컴퓨터 제어 시스템이 설계된다.

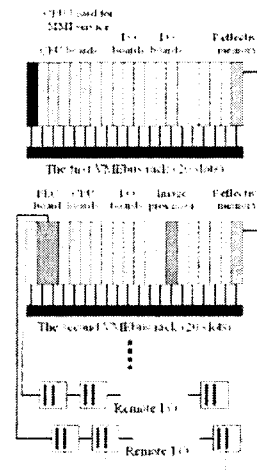


그림 1. 컴퓨터 제어 시스템의 구조

2.2 VMEbus에서의 메모리 분할 구조

제안된 컴퓨터 제어 시스템에서 MMI server가 단위 제철 공정의 전체 공유 데이터를 현장에 설치된 MMI client 시스템에 제공하기 위해, 서로 다른 VMEbus상

에 존재하는 각 프로세스 보드에서 수행하는 제어 루프들은 MMI server가 접근 가능한 메모리인 reflective 메모리에 각자의 공유 데이터들을 읽고 쓴다. 즉, MMI server는 reflective 메모리를 읽어 MMI client에서 필요한 공유 데이터들을 네트워크를 통해 보내주고, MMI client에서 발생한 조업자들의 명령을 네트워크를 통해 받아 reflective 메모리에 쓴다. 그러면 각각의 제어 루프들은 reflective 메모리를 읽어 MMI client의 명령을 인식한다.

따라서 MMI server가 단위 제철 공정의 모든 공유 데이터를 reflective 메모리를 통해 serving하기 위해서 첫째, 각각의 제어 루프별로 reflective 메모리가 구분되어야 한다. 둘째, 특정 VMEbus의 서로 다른 프로세스에서 동작하는 제어 루프들 사이의 데이터 공유를 위해, 각 프로세스의 local 메모리에 stack영역을 두어 제어 루프별로 메모리를 구분한다. 이와 같은 메모리 stack영역에는 각 프로세스에서 수행되는 제어 루프들의 제어 변수, PID 제어기의 gain, 제어 피드백 및 제어 입력들을 위한 데이터 공간으로 사용된다.

그리고 일반적인 제철 공정에서 시퀀스 제어 프로세스로서 PLC프로세스가 사용된다. PLC프로세스는 VMEbus상의 공유 메모리를 접근하는 방식으로써 master 또는 slave 모드가 존재한다. 전자 모드는 PLC프로세스의 local 메모리를 특정 VMEbus address에 할당하여 공유 메모리로 사용하는 방식이고, 후자는 PLC프로세스가 VMEbus에 존재하는 다른 메모리를 공유 메모리로 사용하는 방식이다. 한편 MMI server와 PLC 프로세스는 그림.1에서처럼 서로 다른 VMEbus rack에 존재하므로, 결국 MMI server는 PLC프로세스의 공유 영역을 접근하기 위해 reflective 메모리를 사용할 수밖에 없다. 셋째, PLC프로세스는 slave 공유 메모리 모드를 사용하고, reflective 메모리에 PLC프로세스의 공유 영역을 두어, MMI server가 PLC프로세스의 공유 영역을 접근하도록 reflective 메모리를 분할한다. 앞서 설명된 세 가지의 메모리 분할 방식이 그림.3에 나타나 있다..

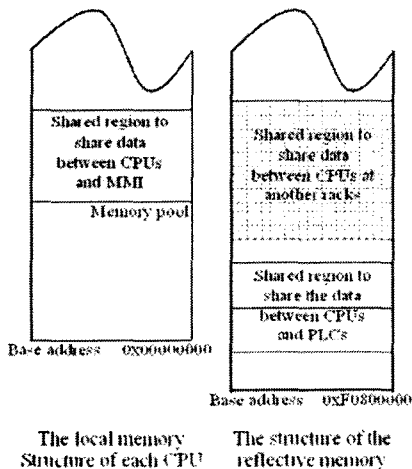


그림.2. VMEbus 시스템들의 메모리 할당 구조

2.3 MMI 시스템의 구조

제철 공정에서 조업자가 필요한 장소에 퍼스널 컴퓨터로 구성된 MMI 시스템 client들이 존재한다. 각 퍼스널 컴퓨터는 현장의 분진 및 자기 유도 장애를 극복할 수 있는 산업용 컴퓨터 형태로 구성된다. 각 MMI 시스템 client는 특정 VMEbus rack에 존재하는 MMI server로부터 필요한 데이터들을 ethernet UDP/IP protocol 네트워크를 통해 공급받고, 조업자들이 수행하

는 명령을 다시 MMI server로 네트워크를 통해 전송한다. 한편 ethernet을 통해 MMI server와 MMI client 시스템이 필요한 데이터를 통신할 때, TCP/IP protocol을 사용하면 acknowledge 신호처리로 인해 데이터 통신 속도가 늦어지므로 제철 공정과 같은 방대한 양의 데이터들을 server와 client가 통신하기 위해서 UDP/IP protocol을 사용한다.

그리고 각 MMI client 시스템들이 특정 시각에 갖는 공유 데이터들이 같아지도록 동기화하기 위해 MMI server의 데이터 전송 속도가 최적화 되어야 한다. 이는 네트워크 backbone에 연결된 node 수(= MMI client 수 + MMI server 수)에 따라 실험을 통해, 1024byte socket buffer에 데이터(= 10byte 크기 = ID 2byte+data 4byte+checksum 4byte) 100개를 담아 각 MMI client들에게 1Hz 전송 주기로 최적화 되었다. 그리고 MMI server와 MMI client 사이에 공유 데이터 update시간을 최소화하기 위해, 각 데이터들이 변경되었을 때만 그 데이터들을 전송하는 exception 데이터 핸들링 기법을 사용한다.

한편 MMI client들은 MMI server로부터 전송되는 방대한 양의 데이터들을 1개의 MMI page에 표현할 수 없고, 조업자들도 각자에게 필요한 데이터에만 관심을 가지므로, MMI server로부터 전송되는 데이터들을 표현하기 위해 page단위로 구분하고 page단위로 MMI server에게 데이터를 요청한다. 그래서 조업자는 필요할 때 page를 천이 하여 필요한 데이터를 MMI client로부터 확인한다.

그리고 공유 데이터들은 조업자들에게 친숙한 GUI (Graphic User Interface)를 사용하여 표현되고, GUI와 공유 데이터의 연결은 windows OS의 DDE (Dynamic Data Exchange) library를 사용한다. 그리고 MMI client의 page에는 CCTV 카메라 이미지를 함께 두어, 조업자들에게 유용한 정보를 제공한다. 이와 같은 MMI 시스템의 구조가 그림.3에 나타나 있다.

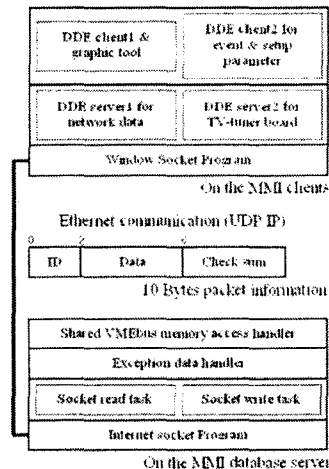


그림.3. MMI 시스템의 데이터 공유 구조

2.4 데이터 핸들링 방식

MMI server로부터 MMI client로 전송되는 데이터는 대부분 피드백이므로 데이터 통신 속도가 1초 단위로 update되면서 packet의 checksum 동작에 의해 데이터의 신뢰성이 보장된다. 그러나 MMI client에서 MMI server로 전송되는 bit command와 target reference의 1번의 fault는 1번의 잘못된 동작을 수행하므로, 그 데이터들은 높은 신뢰성이 보장되어야 한다. 그래서 bit command와 같은 MMI client의 버튼 동작을 MMI client가 MMI server에 전송하기 위해

one shoot 데이터 핸들링 방식을 채택한다. One shoot 데이터 핸들링 방식은 MMI client에서 조업자가 버튼을 누르는 동안만 bit command가 전송되고, MMI server에서는 rising edge만을 검출하여 조업자의 command를 인식하는 방식이다. 그리고 target reference를 변경할 때에는 TCP/IP에서 수행하는 acknowledge 신호처리를 사용하여 조업자의 명령에 제어 시스템이 정확히 인지할 수 있도록 구성한다. 그래서 MMI client를 통한 조업자의 명령에 제어 시스템이 충실히 따르는 MMI 시스템이 된다.

3. 응용

Energy saving, 비용 절감 및 환경 친화적인 신 단 위 제철 공정인 스트립캐스팅 프로세스에 연구된 MMI 시스템이 적용되었다. 스트립캐스팅 프로세스에서 개발된 MMI client의 GUI 어플리케이션은 약 90여 page로 구성되었다. 먼저 MMI client 시스템에서 스트립캐스팅 프로세스의 전체 제어 루프들의 데이터를 사용하는 예로써 그림.4에 전체 컴퓨터 프로세스의 감시 화면이 나타나 있다.

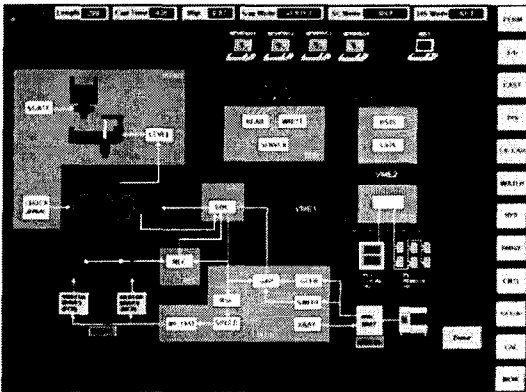


그림.4. 전체 컴퓨터 프로세스의 감시 화면

그리고 MMI server와 공유 데이터 통신을 위해 사용하는 DDE server, CCTV의 이미지를 위한 overlay TV-tuner 보드 드라이버를 사용하는 DDE server와 GUI를 사용한 어플리케이션이 동작하는 MMI client의 page가 그림.5에 나타나 있다.

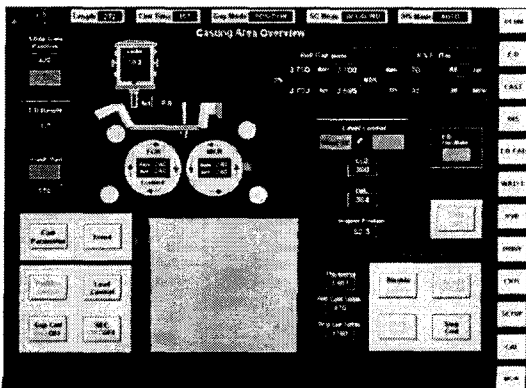


그림.5 두 개의 DDE server를 사용하는 GUI 화면

그리고 스트립캐스팅 프로세스의 상태 변화를 감시 및 PID 제어기의 gain tuning을 위한 on-line trend 화

면을 포함하는 MMI client의 page가 그림.6에 나타나 다.

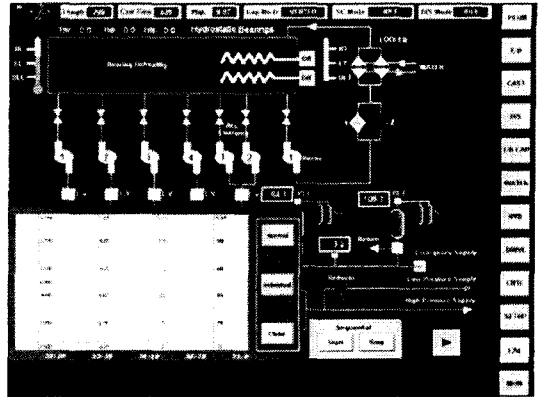


그림.6. On-line trend화면

4. 결 론

공장 자동화를 제철 공정에서 완성하기 위해 MMI 시스템 개발은 필수적인 요소이다. 그러나 제철 공정의 특성상 새로운 MMI 시스템을 사용하기 위해 조업자들의 경험과 know-how를 바탕으로 한, 신뢰성 높은 MMI 시스템이 요구된다. 본 논문에서 연구된 통합형 MMI 시스템은 신뢰성 보장을 위해 checksum동작과 one shoot 데이터 핸들링 방식을 사용하였고, ethernet 네트워크를 통한 고속 데이터 통신과 서로 다른 MMI client들의 데이터 동기화를 위해 exception 데이터 핸들링 방식과 통신 양 최적화를 연구하였다. 그리고 조업자들에게 친숙한 GUI 시스템을 개발하기 위해 다수의 DDE server를 갖는 MMI 시스템이 개발되었다. 이와 같은 결과로 인해 기존 제철 공정에서 사용하던 OCP (Operating Control Panel) 및 LCP(Local Control Panel)들은 MMI 시스템으로 대체되고 있다. 기존에는 조업자와 통신해야 할 데이터가 추가, 변경 또는 삭제될 때, OCP와 LCP에서 케이블 수정 작업, panel 수정 작업과 램프/버튼의 수정 작업을 요구하여 경제적 측면에서 많은 비용을 요구하였다. 그러나 새로운 통합형 MMI 시스템 개발에 의해 이와 같은 고 비용 수정 작업이 비용 부담 없는 소프트웨어화면 수정으로 간편하게 해결되게 되었다.

[참 고 문 헌]

- [1] S.H.Chang, S.S.Choi, J.K.Park, G.Y.Heo and H.G.Kim, "Development of an advanced human-machine interface for next generation nuclear power plants", Reliability Engineering & System safety, Volume 64, Issue 1, pp 109-126, April 1999
- [2] MoonG.Joo, D.S.Lee and Y.H.Kim, "An introduction to the MMI system of Strip Casting Process", Proc. of the 18th KACC, pp 2778-2780, 2000
- [3] Wind River Systems, "VxWorks Network Programmer's Guide, 5.4", 1999
- [4] Wind River Systems, "VxWorks Programmer's Guide, 5.4", 1999