

열처리공정의 지능형 웹 모니터링 산업용 공정제어 시스템 개발 The Development of Industry Operation Control System using Intelligent Web Monitoring for the Heat Treatment Process

오재호 · 배효정 · 최기수 · 안두성
J. H. Oh, H. J. Bae, G. S. Choi and D. S. Ahn

Key Words : Operation Control System(공정제어시스템), Web Monitoring(웹 모니터링), Embedded System(임베디드 시스템), Heat Treatment(열처리)

Abstract : Because of advanced control technology, Shop floor control system of various kinds of equipment and machinery need a web based remote monitoring to control process efficiently. This paper presents the development of Operation Control System. Operation Control System(OCS) is based on intelligent web monitoring, so that OCS is improved the working condition for the line of heat treatment process and the product's quality. The developed OCS is consisted of Atmega128(MCU) based on embedded system, running the data logging of the line of heat treatment process. Web monitoring system is based on CS8900 ethernet controller and TCP/IP for remote monitoring responsibility between a server and clients and controlling the progress of entire system. The developed OCS is implemented on the line of heat treatment process and shows the improvement of environment condition, product's quality and efficiency of process line.

1. 서 론

제어 기술의 발달로 각종 설비 및 기기들의 제어가 기존 현장 제어에서 원격 관리의 추세로 변화하고 있다. 또한 인터넷 및 이동통신 기술의 발달로 제어용 통신 선로가 유무선 LAN(Local Area Network)으로 표준화 되고 있어 향후 각종 산업 설비의 제어는 LAN을 이용한 웹 및 모바일 환경으로의 변화를 필요로 하고 있다.

본 연구에서는 공장 자동화와 작업장 제어 시스템의 효율적 관리를 위한 원격관리를 기존의 열을 에너지원으로 사용하는 생산라인에서의 열처리 가공 현장¹⁾에 적용 시켰다. 기존의 위험하고 작업자가 기피하는(3D) 작업현장에서의 운전환경 개선과 공정에 따른 제품의 품질향상을 목표로 하였다.

원격지 제어 및 관리를 위하여 각 공정에 따른 출력 데이터들을 Atmega128 MCU(Micro Control

Unit)를 사용하여 특정한 목적만을 수행하도록 지능형 임베디드 시스템을 적용 하였다.

그리고, TCP/IP^{2) 4)}의 웹 환경을 이용하여 웹상에서 공정을 모니터링⁵⁾ 할 수 있도록 하여 고효율 시스템⁶⁾을 구현 하였다.

2. 시스템 구성

2.1 강선 및 선재의 공정

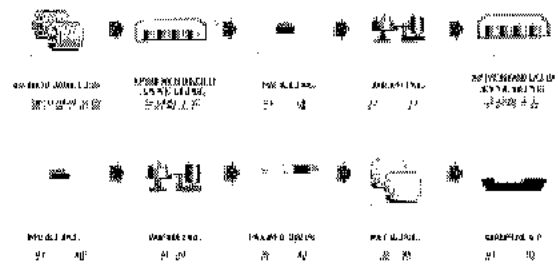


Fig. 1 Process line

열간 압조용 강선 및 선재의 공정을 위한 전체 조업도를 Fig. 1에서 나타내었다. 그림과 같이 많은 처리과정을 거치게 된다. 이러한 여러 공정을 요하는 시스템은 전체 시스템의 효율적인 관리가 요구

접수일 : 2005년 9월 23일
오재호(책임저자) : 부경대학교 대학원
E-mail : song9744@hanmail.net, Tel:051-620-1605
배효정 : 부경대학교 대학원
최기수 : (주)원 소프트
안두성 : 부경대학교 기계공학부

된다.

금속을 적당한 온도로 가열한 후 적당한 속도로 냉각시켜 확산 또는 변태에 의해 조직을 조정하거나, 내부응력을 제거하는 이외에 변태의 일부를 막고 적당한 조직을 만들어 목적하는 성질 및 상태를 얻기 위하여 열처리를 하게 된다. 이때 최종적으로 결정되는 재료의 인장강도, 단면감소율 등의 기계적 성질에 영향을 미치는 공정변수들은 열처리 온도, 합금강의 조성비율, 선재의 형상 등 실로 많은 인자들이 관여하게 된다. 따라서 공정에 따른 제품의 품질 향상을 위하여 열처리후의 요구되는 기계적 성질을 만족하는 중요공정변수들의 시간적 최적화가 필요하게 된다. 공정변수들의 최적화는 숙련공의 작업 노하우에 의한 값들을 이용하였다.

2.2 전체 조업관리 시스템 DATA 흐름도

생산라인에서는 열처리 및 산세처리가 되는 부분이며, 처리 공정에서는 데이터 연동을 위하여 로(furnace)마다, PLC(Programmable Logic Control)를 구성하여 각 공정의 처리 데이터를 임베디드 시스템으로 보내게 된다. 가공 재료가 로(furnace)내로 장입되기 전에 A/S 400 HOST 시스템에서는 그 재료의 물성치를 공정 제어 시스템인 SERVER 컴퓨터에 데이터를 먼저 보내게 된다. 이것은 자료의 연동을 위한 것이다. HOST 시스템에서 받은 생산 예정자료 및 재료의 물성치 데이터는 원격지에서 사용자에게 의하여 관리할 수 있도록 웹 모니터링이 가능하다.

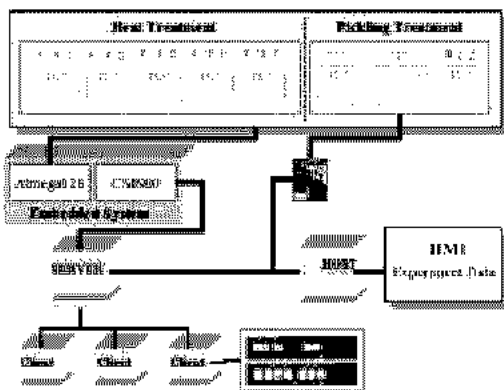


Fig. 2 Overall system configuration

2.3 공정제어 및 관리를 위한 시스템 구성

지능형 공정 제어 시스템에 있어 여러 공정의 효율적 자원 관리를 할 수 있도록 HMI(Human

Machine Interface)를 적용하여 각 공정을 관리 할 수 있도록 하였다. 각 공정에 따른 각 로(furnace)의 데이터 처리방식은 PLC(Programmable Logic Control)를 이용하여 순차적으로 처리 할 수 있도록 되어있다.

2.3.1 스테인리스 스틸(STS) 열처리

Fig. 3은 스테인리스 스틸의 열처리 공정을 나타낸다. 각 로(furnace)를 제어하는 PLC에서 획득한 조업데이터는 임베디드 시스템을 통하여 서버와 자동으로 연계되어 저장 관리 된다.

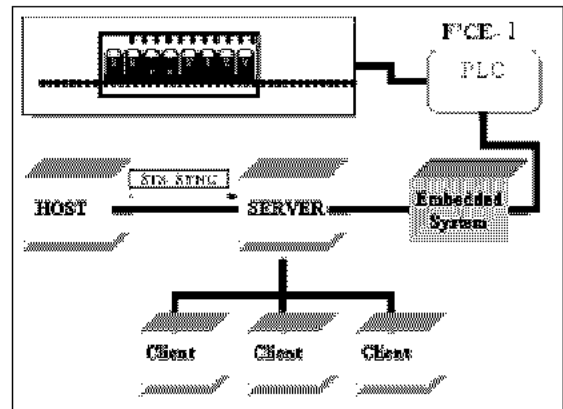


Fig. 3 Stainless steel wire heat treatment

호스트(HOST) 시스템에서는 제품의 열처리로 내 장입에 관한 실적처리 제품정보를 자동으로 서버 시스템에 송신하게 된다. 서버시스템을 통하여 각각의 클라이언트(Client)시스템에서는 각 로의 열처리 온도, 산소분압, 연소비등을 실시간 조회 및 현재 열처리로 내 제품상황을 실시간 조회 가능하다.

2.3.2 냉간 압조용 강선(CHQ) 열처리

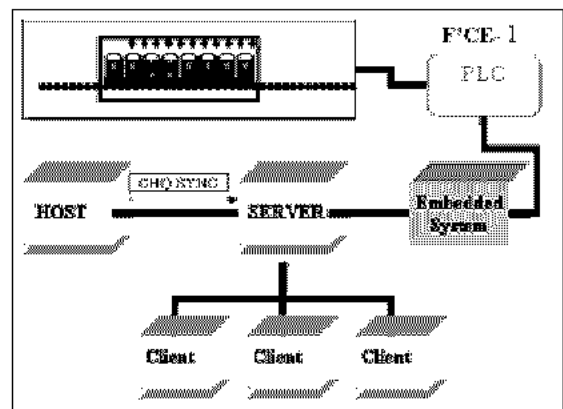


Fig. 4 Cold heading quality wire heat treatment

Fig. 4는 냉간 압조용 강선을 나타내는CHQ(Cold Heading Quality) 와이어를 처리하는 공정으로 PLC는 현재 열처리로의 온도,분위기(PF,CO) 및 열처리 시간을 임베디드 시스템으로 보내게 된다. 서버 시스템을 통하여 현재 열처리로의 온도,분위기(PF,CO) 및 열처리 시간을 실시간 조회 가능하여 현재 열처리로(furnace)내 제품상황을 실시간 조회 가능하다.

2.3.3 STS 산세처리

Fig. 5는 Stainless Steel 산세처리 공정으로써 PLC는 현재 처리로(furnace)의 산농도, 침적시간, 온도를 서버 시스템으로 보내도록 하여 현재 산 tank별 제품상황 및 제품별 산세 data를 조회 가능하도록 하였다.

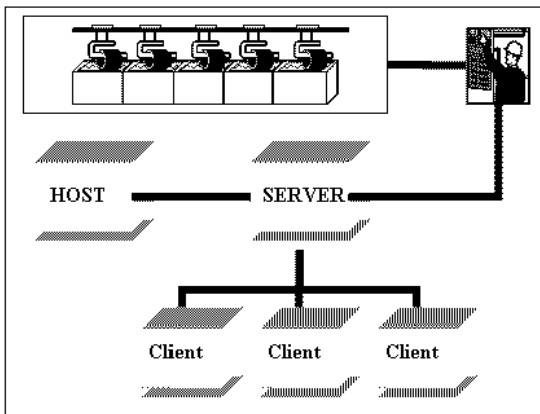


Fig. 5 Stainless steel pickling treatment

Cleanox 각 tank 별 분석된 산농도, Fe+3, Fe+2 농도, 산 투입 지시 량을 실시간으로 조회 가능하도록 하였다.

2.3.4 공정처리 인디케이터

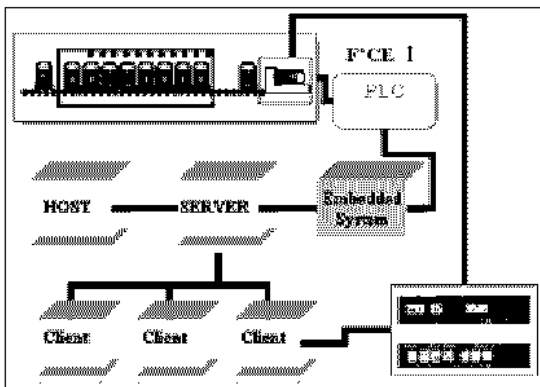


Fig. 6 Indication of process line

Fig. 6은 클라이언트 시스템에서 서버 시스템으로부터 Discharging dump에 존재하는 제품정보를 송신 받아 Tag 번호, 사이즈, 강종, Tag 번호 수순으로 제품정보를 전광판을 통해서 표시된다.

공정처리 인디케이터는 마지막 로의 현재의 제품정보를 송신함으로써, 작업자의 처리 공정의 확인 유무를 알 수 있도록 하였다.

3. 임베디드 시스템 설계

3.1 임베디드 시스템의 구성

임베디드 시스템은 특정한 목적만을 수행 할 수 있도록 하드웨어와 소프트웨어를 동시에 가지고 있는 시스템이다. 여기서 하드웨어는 제어하고자 하는 시스템의 성능에 맞는 컨트롤러를 사용하며, 소프트웨어는 제어하고자 하는 시스템에 관한 제어 알고리즘을 말한다. 본 연구에 사용된 컨트롤러는 고성능이면서 저소비, 저전력형의 8비트 마이크로 컨트롤러이며, 진보된 RISC 구조를 사용하여 16MHz에서 16MIPS의 명령을 처리할 수 있는 Atmel사의 Atmega128 MCU(Micro Controller Unit)를 사용하였다.

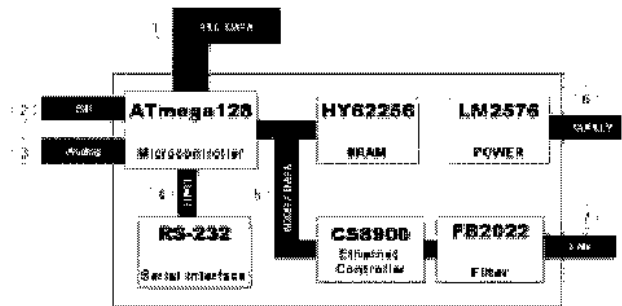


Fig. 7 Embedded system configuration

Fig. 7에서 ①은 각 로(furnace)에서 발생하는 PLC의 공정처리 데이터의 임베디드 시스템의 MCU의 데이터 입력 포트를 통한 입력을 나타낸다. ②은 새로운 시스템의 설치 및 변경에 따른 제어 알고리즘의 교체가 필요할 시 MCU에 자체 내장 되어 있는 ISP(In System Programmable)포트를 이용한 제어 프로그램 교체로 이용된다. ③은 외부 아날로그 입력 신호로 사용된다. ④은 UART(Universal Asynchronous Receiver and Transmitter)로써 시스템 디버깅에 유용한 시리얼 통신을 위한 포트이다. ⑤은 PLC를 통하여 획득한

데이터를 일시적으로 SRAM에 보존하여 공정을 위한 처리 과정에서 내부 알고리즘 적용시 사용된다. PLC를 통하여 들어온 데이터를 웹에 연동하기 위해 사용하는 어드레스 및 데이터 버스를 나타낸다. ⑥은 자체 임베디드 시스템의 전원 공급을 나타낸다. 임베디드 시스템 보드의 사용 전력의 효율성을 높이기 위하여 스위칭 레귤레이터를 사용하였다. ⑦은 외부 LAN을 위한 포트 사용된다.

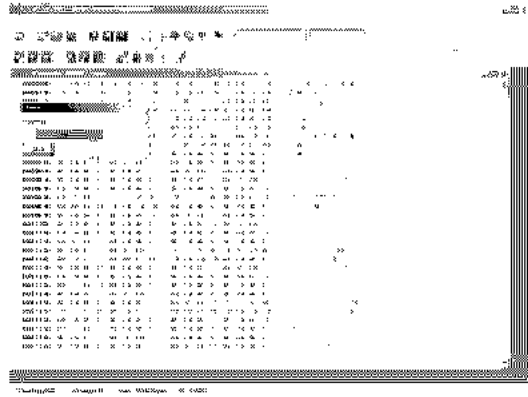


Fig. 8 In System programmable

Fig. 8은 Atmega 128에 내장된 ISP 기능을 활용하여 알고리즘 교체를 위한 프로그램 작업 화면을 나타낸다.

3.2 이더넷 컨트롤러를 통한 DATA 수집 및 분석

Fig. 9는 이더넷 컨트롤러인 CS8900의 아키텍처를 나타낸다. 이더넷(Ethernet)은 네트워크 통신에서 보편적인 통신 방법이지만, RS-232 통신 인터페이스보다는 상당히 복잡하다.

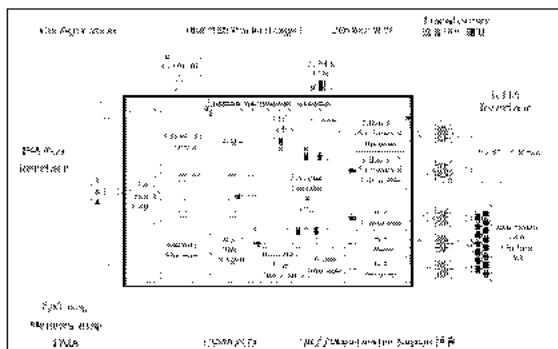


Fig. 9 Ethernet controller architecture

TCP/IP 프로토콜 스택은 몇 개의 프로토콜 계층으로 캡슐화 되어있다. 이 프로토콜 계층은 그 위에 있는 계층을 그냥 데이터 블록 또는 페이로드

(payload)로 생각한다. 각 계층이 알고 있는 것은 그것뿐이다. 이더넷에 있어서 데이터 블록 즉, 페이로드는 IP 또는 ARP다. IP용 페이로드는 ICMP, UDP 또는 TCP 등이다.

UDP와 TCP는 TFTP, HTTP, TFP 등을 수반한다. FTP는 TCP를 사용하고, TCP 는 IP를 사용한다. 그리고 IP는 이더넷을 사용한다. 임베디드 시스템을 IP 네트워크에 연결하려면 이더넷 디바이스를 인터페이스하고 패킷 처리기를 코딩해야 한다.

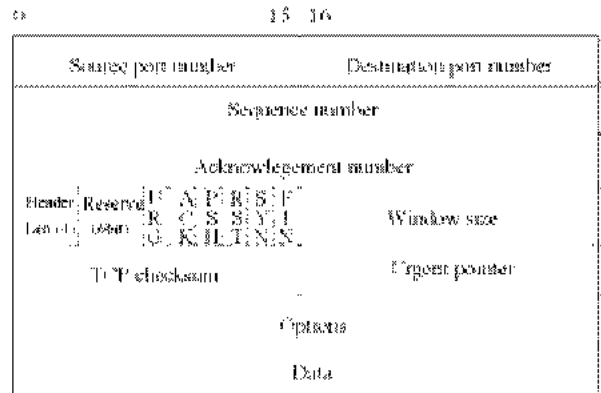


Fig. 10 TCP header format

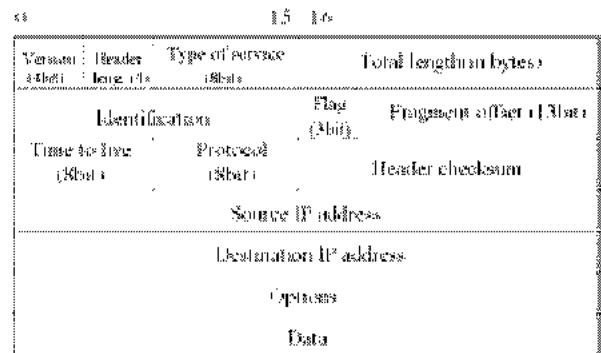


Fig. 11 IP header format

```

Struct ip_header {
    uchar ip_ver; /*version and header length*/
    uchar ip_tos; /*type of service*/
    ushort ip_len; /*length of packet*/
    ushort ip_id; /*identification*/
    ushort ip_offset; /*fragment offset field*/
    uchar ip_ttl; /*time to live*/
    uchar ip_proto; /*protocol*/
    ushort ip_csum; /*checksum*/
    ulong ip_source; /*source IP address*/
    ulong ip_dest; /*destination IP address*/
};
    
```

Fig. 12 Define of IP header Structure

IP는 항상 페이로드가 있다. IP의 목적은 데이터를 한 곳에서 다른 곳으로 옮기는 것이다. 페이로

드에는 패킷이 목적지에 도착할 때까지 거처온 장치의 수를 알려주는 정보와 패킷의 크기가 들어있다. 다른 종류의 네트워크 장치는 패킷의 이 부분을 다른 용도로 사용한다. 본 연구에서는 프로토콜, 패킷 길이, 체크섬, 출발지 어드레스, 목적지 어드레스에만 주안점을 두었다.

제품번호	TAG	간종	SIZE	중량	공성
05A112312	101	302ST	8.0	1571	ASP
05A112313	102	302ST	8.0	1481	ASP
05A112314	103	302ST	8.0	1461	ASP
05A112315	104	302ST	8.0	1485	ASP
05A112316	105	302ST	8.0	1471	ASP
05A112317	106	302ST	8.0	1473	ASP
05A112318	107	302ST	8.0	1479	ASP
05A112319	108	302ST	8.0	1472	ASP
05A112320	109	302ST	8.0	1471	ASP

Fig. 13 Output data of process line

Fig. 13은 각 공정의 PLC를 통한 데이터의 임베디드 시스템에서 통합 정리한 출력 데이터 구성을 보여 주고 있다. 이 데이터는 임베디드 시스템의 이더넷 컨트롤러를 통하여 TCP/IP에서 정한 포맷의 형태로 네트워크에 데이터를 보내게 된다.

4. 웹 모니터링 개발

4.1 공정의 DATA 연동

PLC data 와 제품정보를 자동으로 연동하기 위해서는 Fig. 14에서처럼 제품이 로내 장입되기 전까지 열처리 실적처리가 완료되어야 열처리로 입측 신호를 받아 OCS에서 연동을 할 수 있다.

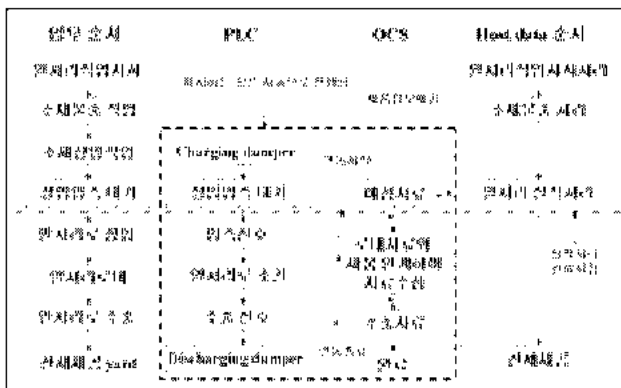


Fig. 14 Data synchronous flow chart

STS 제품 중 특수강 열처리로(furnace)에서 작업되는 제품은 열처리 실적 처리시 실적처리화면에

있는 장입순번을 정확하게 입력하고 열처리로를 선택하여 실적처리하면 자동으로 연결된다.

긴급 제품이 열처리로(furnace)에 투입되기 전에 표준작업 절차를 준수하면서 열처리 실적처리를 하게된다. OCS의 장입 예정 자료 화면에서 마지막 장입순번 행에 긴급 제품번호가 나타나며, 장입되는 재료의 순번을 바꾸고자 할 경우 STS열처리 장입 예정 자료 순번변경 메뉴에서 결정지를 수 있도록 하였다.

4.2 품질관리와 웹 모니터링

CHQ 및 STS 열처리로(furnace)별로 생산된 제품의 물리적 성분 값 및 STS 및 CHQ 제품에 대한 소재정보, 열처리정보, 산세정보, 물성치값을 조회할 수 있다. Fig. 12는 물리적 성분 데이터를 이용하여 SERVER 컴퓨터에서 품질관리를 위한 데이터 흐름도를 나타낸다.

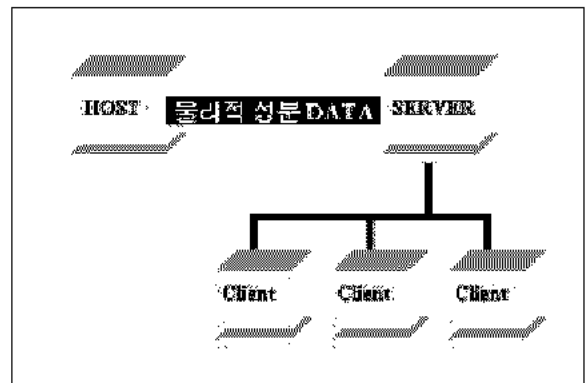


Fig. 15 Quality control

각 공정의 처리 되어진 데이터는 SERVER를 통하여 각각의 클라이언트에서 조회가 가능 할 수 있도록 웹 모니터링이 가능하도록 하였다.

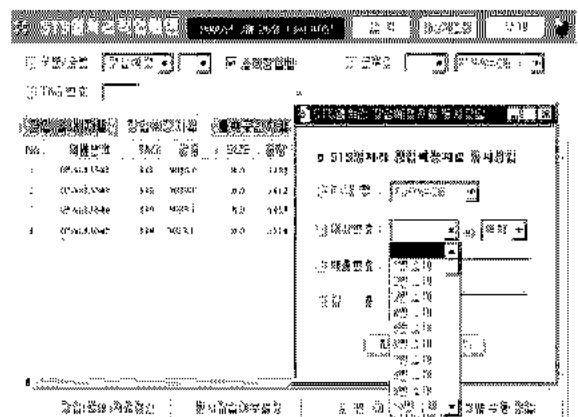


Fig. 16 Web monitoring

Fig. 16은 웹상에서의 모니터링을 위한 화면 구성을 보여 준다. HOST 컴퓨터에서 처리 되어진 물리적 성분의 데이터를 SERVER 컴퓨터를 통하여 클라이언트 컴퓨터에서 SERVER에 등록되어 있는 STS, CHQ의 제품규격 및 강종별 물성 치를 조회할 수 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 지능형 웹 모니터링 산업용 공정 제어 시스템을 위하여 MCU(Micro Control Unit)를 사용하여 특정한 목적만을 수행할 수 있는 지능형 임베디드 시스템의 개발과 TCP/IP의 웹 환경을 이용하여 전체 공정을 웹 모니터링 할 수 있는 HMI(Human Machine Interface)를 개발 하였다. 그 결과 3D 업종인 열처리 공정에 따른 근무환경의 개선을 가져 왔으며, 안정적인 열처리공정의 제어로 제품의 기계적 품질의 향상을 가져왔다. 그리고 원격지 제품의 관리 및 제어를 통해 공정상의 전체 시스템 효율이 증대 되었다.

본 연구 결과에 따른 임베디드 시스템에 무선 통신을 적용한 인터페이스 프로토콜을 추가한다면, 언제 어디서나, 공정을 관리 및 제어 하여 시스템 효율을 극대화 시킬 수 있는 유비쿼터스 열처리 공정 관리 시스템을 개발 할 수 있을 것이다.

후 기

이 연구는 2004년도 산학협동재단의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. Fragomeni, J.W, 1999, "An iterative approach to determine composition and heat treatment from the mechanical yield strength of an aluminum-lithium alloy", Intelligent Processing and Manufacturing of Materials, Vol. 1, pp. 577~583.
2. Kyok Kim and Hongki Sung and Hoonbock Lee, 1997, "Performance Analysis of the TCP/IP Protocol Under UNIX Operating Systems for High Performance Computing and Communications", HPC Asia, pp. 499~504.
3. Manzoni, P and Ghosal, D and Serazzi, G, 1994, "A Simulation Study of the Impact of Mobility on TCP/IP", Network Protocols, pp. 196~203.
4. Regnier, G and Makineni, S and Illikkal, I and Iyer, R and Minturn, D and Huggahalli, R and Newell, D and Cline, L and Foong, 2004, "A TCP Onloading for Data Center Servers", Computer Vol. 37, Issue 11, pp. 48~58.
5. Ho, S and Loucks, W.M and Singh, A, 1998, "Monitoring the Performance of a Web Service" IEEE Canadian Conference on Vol. 1, pp. 109~112.
6. Mahfouf, M and Tenner, J and Linkens, D.A and Abbod, M.F, 2000, "Optimal Design of Alloy Steels Using Evolutionary Computing" Knowledge-Based Intelligent Engineering Systems and Allied Technologies, Vol. 1, pp 357~360.