韓國精密工學會 2000年度 秋季學術大會論文集 pp.713~716 KSPE 00F161

용접부 자동 탐상을 위한 이동 로봇의 개발

장준우*(선문대원), 정경민(선문대), 김호철(선문대), 이정기(대한검사기술(주))

Development of a magnetic caterpillar based robot for autonomous scanning in the weldment

J. W. Chang*(Graduate School, Sunmoon Univ), K. M. Jeong(Sunmoon Univ),
H. C. Kim(Sunmoon Univ), J. K. Lee(Korea Inspection&Engineering Co.Ltd)

ABSTRACT

In this study, we present a mobile robot for ultrasonic scanning of weldment. Magnetic Caterpillar mechanism is selected in order to travel on the inclined surface and vertical wall. A motion control board and motor driver are developed to control four DC-servo motors. A virtual device driver is also developed for the purpose of communicating between the control board and a host PC with Dual port ram. To provide the mobile robot with stable and accurate movement, PID control algorithm is applied to the mobile robot control. And a vision system for detecting the weld-line are developed with laser slit beam as a light source. In the experiments, movement of the mobile robot is tested inclined on a surface and a vertical wall.

Key Words : Ultrasonic scanning(초음파 검사), Mobile robot(이동로봇), Virtual Device Driver(가상 장치 드라이버), Detection of weld-line(용접선 검출), Laser slit beam(레이저 슬릿빔)

1. 서론

가스배관, 교량, 저장탱크, 화학 설비와 같은 대형 산업 설비의 용접부위는 내구성 확보 및 파손과 같은 산업재해에 대한 예방을 위하여 건설 중과 사용 중에 방사선 투과시험, 초음파 탐상시험, 자분탐상시험, 액체침투탐상시험 등의 비파괴검사를 수행하여 내부 및 표면의 결함 유무를 판별하고 있다. 용접부에 대한 비파괴검사에서 방사선 투과검사는 투과 거리가 짧은 결함의 검출을 거의 하지 못하며, 폭이 작은 미세 균열의 경우에는 판독이 어려운 단점이 있다. 그리고 검사 결과인 film에 나타난 결함의 크기는 방사선 투과 방향으로 투영된 크기이므로 실제의 결함의 크기를 정확하게 판정할 수 없으며, 또한 복잡한 구조물의 경우에는 film이나 방사선원을 장착하기가 어렵고, 방사선 피폭의 위험성이 있기 때문에 작업의 제한을 갖는다.

그러나 초음파 탐상의 경우에는 결함의 상태가 어떠한 방향으로 있더라도 검출이 가능할 뿐만이 아니라, 균열의 검출 능력이 다른 검사법에 비해 높고, 방사선 피폭과 같은 인체의 유해한 요소가 전혀 없기 때문에 항시 어느 때라도 작업이 가능하다는 장점이 있다. 그러나 이러한 장점에도 불구하고, 현재 국내에서 실시하고 있는 초음파 탐상검사는 검사자가 수동식으로 검사하기 때문에 검사하는 순간에만 결함의 위치나 종류를 판독할 수 있으며, 방사선 투과 검사와 같이 film과 같은 검사의 객관적인 자료를 만들지 못하므로, 결함 판정의 오판여지가 있다. 또한 현재 우리 나라에서는 비파괴검사의 약 70~80% 정도가 방사선 투과검사이며, 초음파 탐상검사는 약 10% 내외이며, 그 외의 와전류 탐상 및 자분 탐상, 기타 방법 등이 약 10% 정도로 비파괴검사의 대부분은 방사선 투과검사에 의존하고 있는 실정이다. 이와 같이 우리 나라의 비파괴검사는 방사선투과검사에 의존하고 있으나 가까운 일본이나, 유럽 미국 등의 선진국에서는 초음파 검사와 방사선투과검사가 거의 같은 비율로 실시하고 있다. 선진국의 경우 초음파검사는 상당부분 자동화되어 영상화된 결과를 출력하는 장치가 오래전부터 개발되어 사용되었기 때문에 많은 부분 초음파 검사의 활용 영역을 확대해 왔다.

본 연구에서는 초음파 검사에서 용접부 탐상을 위한 이동 로봇과, 이를 구동하는 구동 드라이버 및 제어 보드를 개발하고자 하였다. 또한 이동로봇의 응용프로그램을 Windows 95/98의 GUI(Graphic User Interface) 환경에서 운영할 수 있도록 개발하였으며, 이러한 환경에서 자동 구동을 할수 있도록 제어 보드에 대한 가상 장치 드라이버(VxD)를 개발하였다.

2. 본론

2.1 이동로봇의 구성

개발된 이동로봇은 초음파 자동탐상을 수행하는 이동로봇 본체, 이동로봇 제어기와 모터 드라이버, Windows 95/98을 OS로 하는 호스트 컴퓨터, 제어기 프로그램, 가상장치 드라이버 그리고 MFC로 작성된 윈도우즈 응용프로그램으로 구성된다.

Fig. 1은 현재 개발된 마그네틱 캐터필라를 이용한 이동로봇의 사진으로, 외형적으로 보면 이동로봇의 진행방향을 Index라고 하고, 탐촉자의 이송방향을 Scan이라고 할 때, Index방향의 구동을 담당하는 2개의 DC-Servo 모터, Scan방향의 구동을 담당하는 1개의 DC-Servo 모터 그리고 Probe의 Up/Down을 가능케 하는 1개의 DC-Servo 모터, 이렇게 총 4개의 Actuator로 이루어져 있다.(이동로봇에 사용된 DC-Servo 모터는 하모닉 드라이브 RH-8B-3006, RH-5A-5502와 스위스 미니모터 1624S를 사용하였다.)

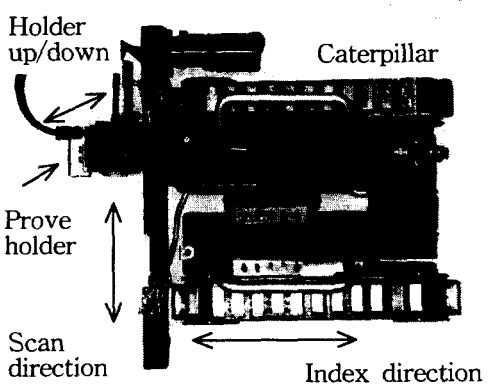

Fig. 1 magnetic caterpillar based robot

이동로봇 제어기(Fig. 2(a))와 모터 드라이버(Fig. 2(b))를 분리하여 설계 제작하였으며, 제어기는 ISA 버스 방식으로 퍼스널 컴퓨터의 ISA 슬롯에 삽입되어 호스트 컴퓨터와 양방향 포트 메모리(Dual-Port RAM)로 통신한다.

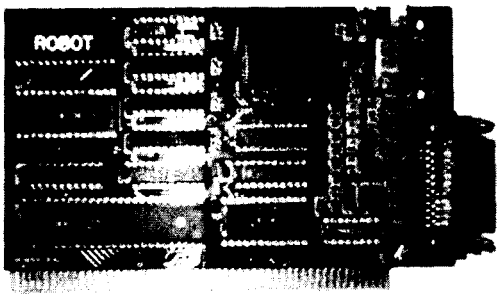

Fig. 2(a) controller board of robot

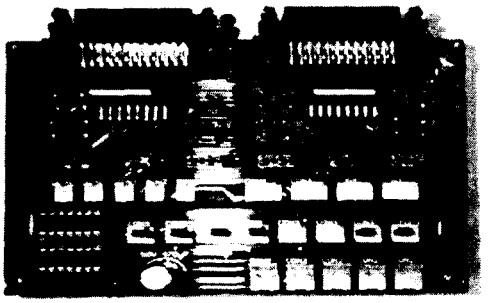

Fig. 2(b) motor driver board of robot

제어기의 CPU로서 인텔사의 16비트 마이크로 컨트롤러인 80C196KC-20MHZ를 사용하였으며 32K바이트의 데이터 저장용 SRAM과 프로그램 저장용 ROM을 가지고 있다. 호스트 컴퓨터와의 통신을 위해서 2K바이트의 양방향 포트 메모리(Dual-port RAM)을 사용하였으며 Host에서는 이 메모리를 ISA 버스를 통해 Memory-Mapped I/O로 고속 조작을 할 수 있게 되어있다. 또한 영상 처리 장치와의 통신을 위해 RS232C인터페이스가 내장되어 있다.

80C196KC는 24비트의 엔코더 펄스 카운터(LS7166)를 이용하여 현재 모터의 위치를 알아내고 속도/위치 제어 알고리즘을 통해 제어 입력을 생성한다.

모터의 제어를 위한 샘플링 타임은 현재 2msec이며 속도 제어 모드와 사다리꼴 형태의 속도 지령을 이용하는 위치 제어모드로 동작할 수 있다.

생성된 제어 입력은 80C196KC에 내장된 3개의 PWM(Pulse Width Modulation)출력과 인텔사의 프로그램 가능 카운터(8254)로 생성된 PWM 출력을 통해 H -bridge에 전달되어 4개의 Actuator를 구동하게 된다. 사용된 H-bridge는 46V/4A의 정격 출력을 가지고 있다. Windows 95/98 환경에서 호스트 컴퓨터에 있는 D0000~DFFFFH의 어드레스 공간에 할당된 양방향 포트 메모리(Dual-port

RAM)을 조작하기 위한 가상 장치 드라이버 (Virtual Device Driver)를 개발하여 사용하였다.

2.2 이동로봇의 기능

이동 로봇의 기구 설계에 있어서 가장 먼저 고려되어야 할 것은 이동 메커니즘이다. 용접부 검사를 위한 이동 로봇은 수평면 뿐만 아니라 때로는 수직 벽면, 천장 등에서도 이동이 가능하여야 한다. 이와 같이 90° 나 180° 의 자세로 이동하기 위해서는 이동 면 방향으로의 인력이 필요하다. 이를 위해 일반적으로 자석 등을 이용한 자력이나 진공 흡착 컵 등을 이용한 진공 흡인력 등이 사용될 수 있다. 진공 흡착 컵을 이용하는 방식은 이동 면이 거칠지 않을 경우 이동 면의 재질에 관계없이 흡인력을 얻을 수 있다는 장점이 있으나, 이동 로봇의 외부에 설치된 진공 펌프와 공기 튜브가 연결되어야 할 뿐만 아니라 구조가 복잡해지는 문제가 있다. 이에 반해서 자석의 자력을 이용한 방식은 자화가 가능한 재질이라면 간단한 구조로 흡인력을 얻을 수 있다. 특히 용접부재의 재질이 대부분 강재여서 자력을 통해 비교적 큰 흡인력을 얻을 수 있기 때문에 본 연구에서는 희토류 영구자석을 타이밍 벨트에 고정하여 캐터필라를 제작하였다.

개발된 이동로봇은 실제 초음파 탐상작업에서 필요로 하는 다음과 같은 기능을 가지고 있다.

① 작업자가 초음파 검사장비를 검사위치에 부착할 필요 없이 호스트 컴퓨터에서 검사장비를 탑재한 이동로봇을 검사위치로 이동시킬 수 있다.

② 경사면이나 수직벽면은 물론, 교량의 하면, 수평으로 설치된 파이프 등에서도 이동이 가능하다.

③ 전,후,좌,우의 위치이동명령 뿐만 아니라 탐촉자의 위치, 속도의 정밀한 제어가 가능하다.

Fig 3. 은 110° 의 경사를 이동로봇이 주행하면서, 우측으로 방향전환을 하는 모습이다.

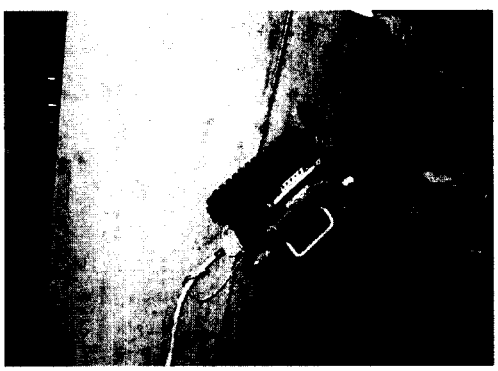

Fig. 3 Climbing on steel plate 110° degree inclined

본 연구에서 제작한 이동로봇의 제어보드와 모터 드라이버는 고정형 2축 X-Y 자동주사장치와 4축 자동 탐상 이동로봇 둘다 사용가능하며, 개발된 응용프로그램으로 두 장치 각각의 제어가 가능하다.

2.3 이동로봇의 응용프로그램 구현 / 실험

자동탐상 이동로봇 프로그램에서는 PC의 응용프로그램에서 발생한 사건에 해당하는 명령과 필요한 변수들을 양방향 포트 메모리에 기록하고, 마이크로 프로세서에서는 기록된 값을 읽어서 이송시스템의 제어변수로 사용한다. 필요에 따라서는 양방향 포트 메모리에 읽어온 값을 에코 한다.

이와 같이 PC와 마이크로프로세서가 같은 메모리 공간을 공유하는데 상호간의 인터페이스 역할을 하는 독립된 형태의 디바이스 드라이버가 필요하다. PC의 운영체제가 DOS인 경우에는 하드웨어 조작은 디바이스 드라이버와 같이 독립된 형태가 아니라 응용 프로그램 내에 포함시킬 수 있으며 I/O 포트, 메모리, 하드웨어 인터럽트 등 PC의 하드웨어 자원에 대한 조작이 쉽다.

사용되는 PC운영 환경을 32비트 운영체제인 Windows 95혹은 98로 할 때 이들 운영체제는 인텔사의 80386 프로세서 이상에 적용되는 중앙처리장치의 보호모드를 사용하여 실행되므로 실행 특권레벨이 낮은(Ring3) 일반 프로그램에서는 PC의 하드웨어 자원에 대한 조작에 제약이 있다. 기존에 사용되지 않는 I/O 포트에 대한 조작은 비교적 용이하지만 메모리의 조작, 인터럽트의 처리는 불가능하다. 따라서 특권 벨이 높은(Ring0) 디바이스 드라이버가 필요하며, 이와 같은 디바이스 드라이버는 VxD 형태를 가지게 된다. VxD는 Windows 95 또는 Windows 98 모두에서 사용이 가능하기 때문에 본 연구에서는 VxD형태의 디바이스 드라이버를 작성하였다.

호스트 컴퓨터 측 소프트웨어에서는 양방향 포트 메모리를 통해 제어기에게 다음과 같은 지령을 전송한다.

① Initialize() : 컨트롤러를 초기화 한다.

② Home(int vel) : 속도 vel로 모터를 홈 위치로 이동시킨다.

③Index(int vel, int pos) : 속도 vel로 위치 pos까지 index모터를 이동시킨다.

④ Scan(int division,int vel,int pos) : 속도 vel로 위치 pos까지 scan 모터를 이동시키되 일정한 간격 division이 지날 때마다 호스트에게 이를 알려준다.

⑤ Move(int ivel, int ipos, int svel, int spos) : index모터와 scan모터를 각각 ivel,svel의 속도로 ipos,spos까지 이동시킨다.
⑥Status(int * pSpos, int * pIpos, int *pLS) ; index모터와 scan모터의 현재 위치 및 리미트 스위치 상태등을 알려준다.
⑦ MotorStop() : 현재 구동중인 모터를 정지 시킨다.

또한 호스트 컴퓨터측의 소프트웨어 조작없이 작업자가 수동으로 모터를 구동할 수도 있도록 되어 있다. Fig. 4는 작성된 윈도우즈 프로그램의 실행 화면을 보여준다.

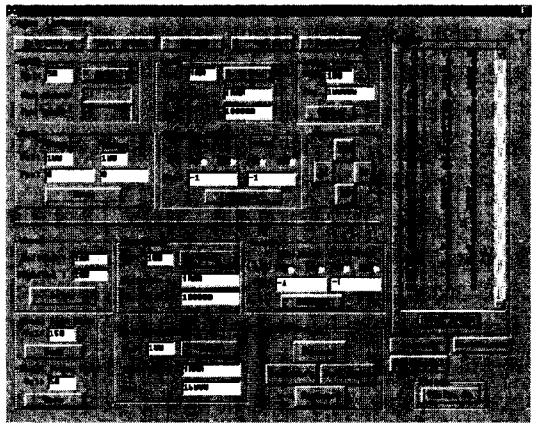

Fig. 4 Robot operation program

2.3 용접선 검출

이동 로봇에서 용접선을 검출하여 이를 추적하기 위한 비전 시스템이 간단히 구현되었다. 레이저 슬릿광을 이용하여 돌출된 용접선에 의한 슬릿광 이미지의 변형을 이용하고 있다. Fig.5는 영상처리에 의해 검출된 용접선을 직선으로 표시하고 있다.

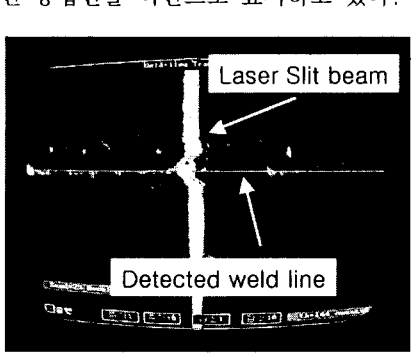

Fig. 5 Detection of weld line using laser slit beam

3. 결론

용접부 자동 탐상을 위한 마그네틱 케터필라 기반의 이동로봇을 개발하였다. 제작된 이동로봇은 Windows 95/98의 운영체제를 탑재한 호스트 컴퓨터에서 운영되도록 프로그램이 개발되었으며, Intel의 80c196kc 마이크로 컨트롤러를 사용하여 제어보드와 모터 드라이버를 제작하였다. 제작된 제어보드와 모터 드라이버는 4축의 DC 서보모터로 구동되는 메니플레이터와 이동로봇에 이용 가능하다. 호스트 컴퓨터와 제어보드의 통신을 양방향 포트 메모리(Dual-Port RAM)으로 하면서, 가상 장치 드라이버(VxD)도 동시에 개발하였다. 용접선 자동 탐상을 위한 목적으로 개발되었지만, 사람이 도달하기 힘든 덕트, 교량, 구조물의 청소 등 다른 용도에서도 본 이동로봇은 이용 가능하다. 항상 전원과 신호선을 이동로봇이 지니고 있어야 하기 때문에, 로봇의 이동에 많은 걸림돌이 있지만, 이는 제어보드, 모터 드라이버와 전원을 이동로봇에 탑재한다면, 현재와 같은 많은 케이블을 이동로봇과 호스트 컴퓨터에서 제거 할수 있을 것으로 보인다. 용접부 탐상 현장에서 본 로봇이 활용될 경우, 인력을 이용하여 검사하는 것보다 검사결과에 객관성을 보증할 수 있고, 검사시간이 줄어들며, 검사방법을 익히는 숙련시간이 파격적으로 단축되어 경제적인 효과를 얻으리라 보인다.

후기

본 연구는 1998년 9월부터 2000년 8월까지 산업자원부에서 지원하는 산업기반 기술개발사업에 의해 수행되었다.

참고문헌

1. 이정기,임성진, 장준우, 정경민, 조현, 송성진, 김영환, "맛대기 용접부 결함 탐상용 초음파 자동 스캐닝 장치," 2000년 접합부 초음파 비파괴 평가 워크샵, pp. 87-93, 2000.
2. 오상훈, "레이저 슬릿 빔을 이용한 용접선 자동 추적용 이동로봇의 개발," 선문대학교 공학석사 학위논문, 1999.
3. K. Hazzah, "Writing Windows VxDs and Device Drivers," R&D Books, Second Edition, 1997.
4. T. Schafer, M. Chevalier, "Distributed Motor Control Using the 80C196KB," Intel Application Note, Vol. 39, 1993.
5. 차영배, "Micro Controller 80196 기초에서 응용까지," 다다미디어, 1997.