

초음파를 이용한 용접부 핸드 스캔 검사기 개발

강 동 명

유한대학 금형설계과

(2005. 6. 1. 접수 / 2005. 8. 30. 채택)

Development of Ultrasonic Handy Scanner for Welding Inspection

Kang, Dong Myeong

Department of Die & Mould Design, Yuhan College

(Received June 1, 2005 / Accepted August 30, 2005)

Abstract : The ultrasonic handy scanner to be developed in this research is a nondestructive inspection equipment with various facility. The ultrasonic inspection is the technique area which apply range is increasing greatly with IT. The purpose of this research is development of a ultrasonic handy scan inspection device with the utility in a work spot. The ultrasonic handy scanner to be developed with portability in this research is able to carry out the spot inspection. It can contribute to the quality improvement, cost reduction and safety design.

Key Words : ultrasonic handy scanner, wireless ethernet module, GPD(gated peak detector), TOF(time of flight), A-scan, C-scan, PRF, damping, MSPS

1. 서 론

비파괴검사 가운데 대표적 분야인 초음파검사는 컴퓨터로 디지털 정보화가 용이하여 근래에 적용 범위가 보다 크게 증가하고 있는 기술영역이다. 초음파검사는 비파괴 검사의 대표적 분야인 방사선 투과검사(x-ray)와 와류 탐상 장치(Eddy-current)에 비하여 구조적, 기능적 한계를 극복한 독특한 장점이 있으며 피검물의 내부조직의 상태를 깊이별로 투시 할 수 있고 인체에 무해하여 적용상의 제한이 비교적 크지 않는 장점들이 있다.

그러나 초음파검사의 산업현장에서 실용화를 위해서는 검사장치의 이동성과 휴대성을 갖춘 핸드 스캔화가 구현되어야 한다. 기존의 초음파 포터블 검사기로는 검사한 데이터의 컴퓨터 저장 및 분석이 실시간으로 이루어지지 않아 실제 응용에 제한이 있다.

이에 대한 해결책 중 하나로 초음파 센서와 초음파 발생장치 사이에 무선 통신 모듈을 설치하면 검사위치에는 센서만으로 정보의 송수신은 가능하고 정보의 저장 및 분석 장치가 동일위치에 있어야 하

거나 물리적으로 유선 케이블 등으로 인터페이스 하지 않아도 된다.

본 연구의 목적은 초음파검사장치의 현장에서 실용화 할 수 있는 핸드 스캔 검사 장치를 개발하여 제품화 하는데 있으며, 시험방법은 초음파검사의 대표적 응용분야인 용접부 검사를 선택하였다.

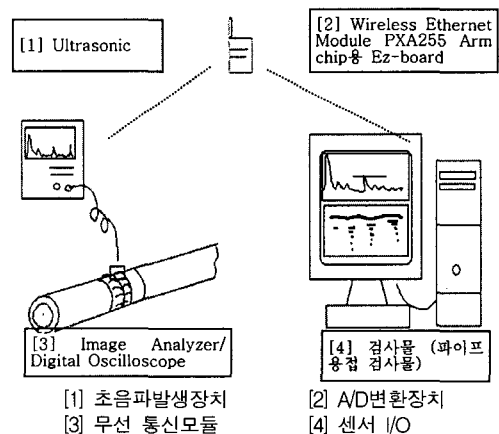


Fig. 1. Schematic diagram of apparatus.

Table 1. Ultrasonic system

구분	구성	사양
1) 초음파 발생장치	Bandwidth	25Mhz
	Output	RF(Radio Frequency) Analog1 (GPD) Analog2 (TOF)
	Interface	External trigger
	Resolution	100 Mega samples/Sec
2) A/D 변환기 (str*825)	Bit	8
	Buffer	256 K
	Trigger	External
3) Wireless module	type	External unit
	Protocol	Ethernet TCP/IP

2. 장치 구성도 및 실험 방법

장치의 구성도는 Fig. 1에 나타내었으며 초음파 탐상기는 초음파 신호를 취득하며 다음과 같은 시스템으로 구성되어 있으며 사양은 Table 1에 나타내었다.

원격데이터 중계¹⁾는 다음과 같이 구성되며 그 사양은 Table 2에 나타내었다.

- 1) 무선 수신기
- 2) 데이터의 포맷
- 3) 무선 송신기

원격 초음파 진단기는 다음과 같이 구성하였으며 사양은 Table 3에 나타내었다.

- 1) 무선수신기
- 2) 데이터의 정렬/index/저장
- 3) 영상처리 (Image Processing)
- 4) 보고서 (Report)

Table 2. Wireless ethernet module

구분	구성	사양
1) PXA255	chipSet	Strong Arm
	rom	16Mbytes Flash Rom
	SDRAM	32Mbytes
	Ethernet	10-base T
	serial	RS232c
	USB	(1.1) version Client
	etc	16PinBoard to board connector
2) Daughter board	interface	PCMCIA
	Wireless	Ethernet AirStation 100MBPS

Table 3. Image A/D oscilloscope

구분	구성	사양
1) PC	cpu	Pentium IV 2.0 GHz
	type	Industrial
	etc	1024X768/windows 2000
2) Module	Wireless	Ethernet card

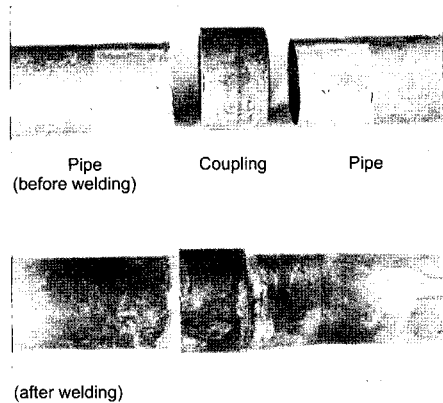


Fig. 2. Photographic appearance of welding specimen.

검사물은 파이프를 용접한 것으로 Fig. 2에 용접 전 과 후로 나누어 나타내었으며 용접전의 사진에는 파이프와 파이프 가운데 커플링이 있으며 이 커플링으로 파이프를 연결한 후에 용접을 하였다. 용접부의 내부는 초음파 센서를 통하여 스캔하게 되면 각 위치별 단층 상태²⁾를 읽어 올 수 있다. 측정 데이터는 무선 Ethernet을 통하여 TCP/IP³⁾의 프로토콜을 이용하고 Sonix 사의 str*825의 초음파 특정 데이터를 기초로 하여 송수신 된다. 수신측은 Strong Arm 사의 pxa255라는 일체형 칩 (one chip)을 사용하였고 OS는 Linux kernel 2.4와 GCC 2.1 / Glib 3.1을 사용하여 Embedded Linux 환경에서 구축하였다. 송수신 데이터의 원형은 초음파의 A-Scan 데이터 중 게이트 내의 피크(peak) 값과 깊이 값을 측정시간 데이터와 연결하여 초당 50회 이상 끊임없이 송수신⁴⁾ 할 수 있도록 구성하였다. Table 4와 Table 5에는 측정 데이터의 상세사양 및 측정조건을 나타내었는데 여기서 GPD (Gated Peak Detector)는 게이트내의 피크 수준(Peak level)이며, 결함의 데이터의 수신율을 의미하며, 일반적으로 A/D 보더 상에서는 0~255 사이의 수치 값⁵⁾ 또는 백분율(%)로 환산하여 수치화 하여 표시하기도 한다. TOF(Time Of Flight)는 게이트 내의 피크 위치(peak position)이며, 결함의 깊이 값⁶⁾을 의미하며 GPD와 함께 결함의 3차원 정보로 사용되기도 한다.

Table 4. Layout of measurement system

측정데이터	상세 사양	형 태	비 고
GPD	Gated peak detect	20Bytes	Binary
TOF	Time of flight	20Bytes	Binary
Time Stamp	Date: time	15Bytes	Text
Capsule	Header/Trailer	64Bytes	TCP/IP

Table 5. Measurement condition of ultrasonic

조 건	수 치	GPD and RF 100 MHz I/O
Gain	25 dB	
PRF	1500Hz	
Filter	HP/LP	

Table 6. Condition of AD transformation

조 건	수 치	RF output / external trigger
MPS	100 MHz	
Bit	8 Bit	
Trigger	External	
buffer	512Kbytes	

Table 7. TCP/IP communication module

조 건	수 치	Wireless Modem / PCMCIA
BPS	100 Bps	
Protocol	TCP/IP	
Hardware	Wireless	
Socket	Inet	

Table 6과 Table 7에는 디지털 변환 및 TCP/IP 송수신의 조건 및 수치를 나타내었다.

Fig. 3에는 실제 초음파 검사작업을 사진으로 보였다.

본 연구의 실험 구현을 위한 소프트웨어 적인 응용기술은 다음과 같다.

1) 초음파 시그널의 고속 저장

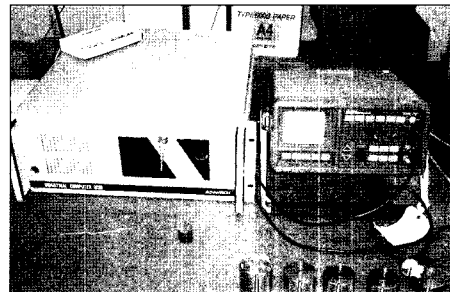
초음파 계측기의 RF 출력과 외부 트리거(External trigger)를 용접부의 포지션 움직임에 동기화하여 실시간으로 A/D 변환하는 기술이다. 100 MHz의 속도로 8Bit 데이터를 저장하며, 주 장비와는 Ultra DMA Bus Transferring 기법을 사용하였다. 포지션의 값을 지수(index)로 하여 매우 다량의 데이터가 분석 테이블로 옮겨지는 것이다.

2) PXA255 칩셋(chipset)의 중계기 구현

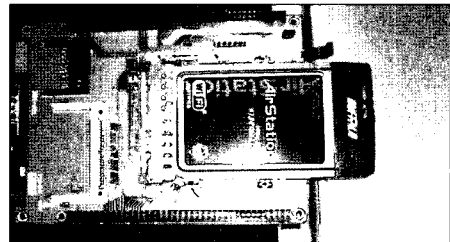
1980년대 후반 시작된 오픈 소스(open source)에 의하여 탄생한 Linux kernel을 사용하였다. 버전은

2.4이며 strong Arm칩의 크로스 컴파일(cross compiler) 환경을 갖춘 GCC 1.2 언어를 이용하여 구현하였으며 신뢰성이 보장된 TCP/IP 스택을 이용하여 고속 무선 송수신 서버를 구축하였다.

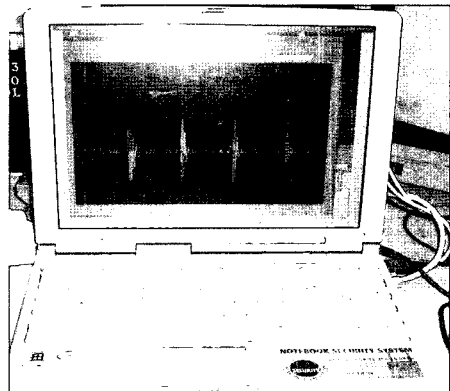
Fig. 4에는 용접부 단층 데이터의 예를 보였는데 A-Scan 데이터의 표면파(surface wave)의 위치가 하나의 피크와 골을 이루고 피크 수준(peak level)이 일정하다면 이것은 용접부의 표면 마무리가 양호하다는 의미⁷⁾이다. 반면에 표면의 피크가 여러 개가 나열되어 있으면서 피크 수준이 비교적 낮다면 표면파의 수신 데이터가 빔의 산란에 의하여 난반사가 일어나고 있다는 의미로 판정할 수 있으며 이는 용접의 불량을 의미한다.



[1] Ultrasonic



[2] Wireless ethernet module



[3] Digital oscilloscope

Fig. 3. Ultrasonic handy scanner.

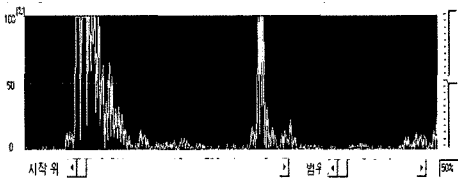


Fig. 4. Result of ultrasonic test in case of good welding.

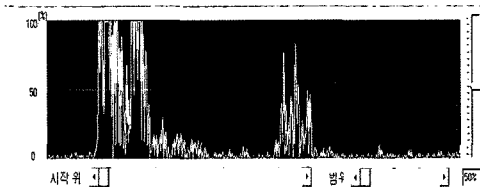


Fig. 5. Result of ultrasonic test in case of bad welding.

A-Scan의 2차 에코(second echo)는 용접조직의 내부의 상황이며 표면의 산란여부에 따라 2차 에코 또한 불규칙한 깊이와 피크 수준을 나타낸다. 용접부의 불량은 표면과 내부 조직모두에서 한꺼번에 발생하며, 초음파의 단면조직을 투시하여 위치를 정확히 분별하여 낼 수 있다. 피크 수준과 깊이의 판독은 일반적으로 GPD(Gated Peak Detector)와 TOF(Time Of Flight)의 기법을 사용하여 취득한다.

Fig. 6을 X축과 Y축으로 나누어 부연 설명하면 다음과 같다.

[y축 정보]

y축은 초음파의 이동경로의 궤적이며 용접점사물의 조직내부의 한 포인트에 대한 깊이 정보이다. GPD로 표현된 깊이별 피크 값은 해당하는 그레이 수준(grey level)을 255 단계로 나누고 흑백 및 색상표를 참조하여 플로트 한다.

[x축 정보]

위 그림데이터의 x축은 센서가 이동하는 거리에 비례한 시간 축 정보이다. 센서가 움직이며 실시간으로 추적하게 되는 서로 다른 용접부 내부의 상태를 한 장의 화면으로 압축 도시 하도록 구현하였다.

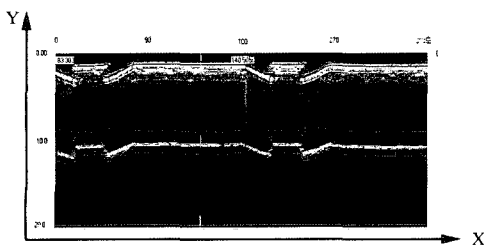


Fig. 6. Time of flight diffraction in welding border.

개발된 초음파 장치와 기존의 장치와 비교하면 다음과 같다.

1) 측정 장치의 이동성

기존장치는 초음파발생장치와 데스크 탑과 분석기가 모두 하나의 세트로 구성되어 이루어져 있으므로 부피가 커서, 현장 등의 직접 적용은 불가능하다. 개발된 시제품은 원격송수신 모듈이 측정 장치와 분석 장치가 분리되어 있어 이동이 가능하며 데이터의 원활한 소통이 가능하다.

2) 데이터의 저장

기존장치는 탐상기의 램이 허용하는 범위 안에서 의 제한된 메모리를 가지고 있지만 개발된 시제품은 수신 후 PC에 저장하는 것이 가능하여 측정과 동시에 용량에 제한 없이 데이터의 저장이 가능하다.

3) 데이터의 형식

용량과 관계있는 것으로 기존장치는 측정 수치 중 대표 피크 값을 저장하는데 반하여 개발된 장치는 RF 데이터(A-scan) 전체의 저장이 가능하다.

4) 결함의 판독

4-1) 피크(peak)

게이트(gate) 내의 초기 값(threshold) 이상의 피크가 발견되었을 때 탐상기내의 경고음(alarm buzzer) 또는 빛(light)에 의한 재래식방법인데 비하여 개발된 시제품은 수치 값을 정확히 전달하여 단순한 On/Off 정보이상의 전달이 가능하다.

4-2) 표면 추적

종래에는 구현이 어려운 기능으로, A-Scan 송수신이 가능⁸⁾하므로 실현될 수 있다.

4-3) 용접 라인 추적

용접위치의 데이터가 인덱스 값에 물려 전달되므로 개발된 시제품은 데이터는 라인위치의 식별이 가능하다. 기존장치는 현재 상태만을 보고 함으로 이러한 개념이 존재하지 않는다.

4-4) Trend graph

C-scan 등에서 사용되는 피크 수준(peak level)의 프로파일이나 trend graph 등이 개발된 시제품을 통한 데이터 저장 장치에서 구현⁹⁾ 가능하다.

4-5) 상태 저장

기존장치는 측정 이후의 데이터는 용량의 한계로 저장되지 않는다. 최종 검사조건의 유지만이 가능한 반면 개발된 시제품은 지난 조건의 저장이 가능하다.

상기 항목을 요약하여 Table 8에 나타내었다.

Table 8. Comparison of apparatuses

No	항 목	기존 장치	개발 장치
1	측정장치의 이동성	불가능	원격 송수신 가능
2	데이터의 저장	탐상기에 저장 후 pc로 저장	실시간 저장
3	데이터의 형식	파크수준 깊이	A-Scan 파형
결함의 판독			
4	1) 피크	Alarm Buzzer	GPD table 작성
	2)표면추적	불가능	elastic gate
	3) 용접라인 추적	불가능	B-Scan에 의한 단층화면 투시
	4) Trend Graph	포인터 관리	용접 라인 경로 저장
	5) 상태 저장	현재측정상태	측정 히스토리 저장

4. 결 론

본 연구에서 개발된 초음파 핸디 스캐너는 매우 복잡한 장비구성의 결과에 따른 정밀진단 장치이다.

종래엔 이러한 일련의 구성이 매우 방대하고 복잡한 설비의 모습으로 존재 하였으나 오늘날 신기술의 접목으로 원격통신장치와 같은 모습으로 변모하고 있으며 본 연구의 결론을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 초음파 검사의 핸디 스캔화로 이동성과 휴대성이 가능하여 현장 적용이 가능하다.
즉, 현장의 용접 가공 라인, 장치산업의 파이프, 저장 탱크 및 대형구조물의 직접 검사가 용이하다.
- 2) 초음파시그널의 실시간 취득과 고속 무선 송수신 모듈의 적용과 같은 신기술의 구현으로 측정

하는 동시에 초음파의 데이터가 원격에 위치한 분석/저장 장치에 실시간으로 전달이 가능하여 검사의 효율성이 높다.

3) 핸디 스캔 초음파 검사장치의 국산화로 부품 개발의 원가절감과 품질개선 및 안전 설계에 기여할 수 있다.

감사의 글 : 본 연구는 유한대학부설 산업과학기술연구소 지원으로 수행되었으며 관계자 분들께 감사드립니다.

참고문헌

- 1) 박재호, "Embedded Linux", 한빛 미디어, pp. 348 ~ 349, 2004.
- 2) 李義種, "초음파 탐상검사", 골드 기술사, pp. 137 ~ 138, 1982.
- 3) Craig Hunt, "TCP/IP 2'nd Edition", TCP/IP network management (O'reilly), pp. 94 ~95, 2002.
- 4) 李廷鎭, "이방성 재료에서 램파의 전파 특성", 한국과학 기술원, pp. 3 ~5, 107 ~110, 1999.
- 5) Harry I. Ringermacher, "Ultrasonics for the Evaluation of Composites and Coatings", Materials Evaluation, Vol. 53, No. 12, p. 1356, 1995.
- 6) Alex A. Bagarry III, "Ultrasonic Crak Growth Monitoring Using the Pulse Crack Tip Diffraction", Materials Evaluation, Vol. 57, No. 1, pp. 36 ~37, 1999.
- 7) 한준노, 정동석, 이종우 공저, "금속 재료", 원창출판사, pp. 147 ~148, 2000.
- 8) Daniel J. Cotter, Thomas E. Michaels, Jennifer E. Michaels, "Squitter, Roller Probe, and Air-Coupled Ultrasonic Transducer Techniques for Low Frequency Inspection of Advanced Composites Materials", Methods and Instrumentation Ultrasonic: Probes and coupling - 15th WCNDT Vol. 4, No. 2, p. 342, 2000.
- 9) David Lines, "Integrated ultrasonic arrays for rapid manual inspection and mapping", Industrial Pub., p. 112, 2002.