

## 비파괴검사를 위한 지능형 교육 시스템 개발

김진구\*, 고성남\*, 김민구\*\*, 심윤주\*\*

\* 중앙검사(주)

\*\* 아주대학교 컴퓨터공학과

**요 약** 비파괴검사를 이해하고 습득하기 위해 필수적인 실습 위주의 교육 환경을 대체할 수 있는 수단으로, 가상적인 실습 환경을 제공하는 지능형 교육 시스템을 설계하고, 이를 구현하였다. 용접부 및 다양한 제품을 검사하는데 필수적인 비파괴검사는 그 전문기술을 이해하기 위해 다양한 현장 경험을 필요로 할 뿐만 아니라, 기술지식의 지속적인 유지를 위해 반복적인 교육과 훈련을 필요로 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 개인용 컴퓨터를 이용하여 개별학습이 가능한 지능형 교육 시스템을 개발하였으며, 가상 실습 환경의 구축과 개별학습을 효율적으로 지원하기 위해 학습 결과를 자기진단할 수 있는 평가 시스템의 연구가 필요하다.

### 1. 서 론

비파괴검사는 모든 재료가 완전무결할 수 없으므로 대형화, 고압화되어 있는 구조물의 안전성을 보장하기 위한 수단으로 이용되고 있다. 다양한 비파괴검사 방법중 가장 널리 활용되고 있는 방사선투과검사는 방사선의 위험때문에 안전 관리에 역점을 둔 전문성을 요구하고 있다. 또한, 초음파탐상검사는 탐상에 따른 신호해석이 까다로워 검사자의 능력 및 자질에 따라 그 검사 결과에 커다란 영향을 미친다<sup>1)</sup>. 이와 같이, 다른 비파괴검사 방법들에서도 문제가 되는 검사의 안전성 및 신뢰성을 확보하기 위해서는 반복적인 교육 및 훈련을 필요로 한다. 본 연구에서는 실습을 필요로 하는 교육환경에서 가상적인 실습 환경을 이용한 지능형 개별학습 시스템을 설계하고 구현하였다. 본 시스템은 개인용 컴퓨터를 이용하여 개별학습이 가능한 비파괴검사 교육용 프로그램으로, multimedia toolbook을 기본도구로 사용하고, 3D studio, adobe photoshop, corel

draw 등의 멀티미디어 편집 도구를 사용하여 개발하였다. 특히, 본 연구의 핵심인 모의 실습 과정에서는 다양한 검사 조건에 따른 방사선투과사진의 구현을 위해 Boland C<sup>++</sup>를 이용하여 실시간 이미지 처리가 가능한 모핑기법을 사용하였으며<sup>2-6)</sup>, 방대한 초음파 신호 데이터를 실시간 신호처리가 가능하도록 통계분석적 기법을 이용함으로써, 보다 현실감 있는 실습을 통해 학습자의 빠른 습득과 장비의 효율적인 사용이 가능하도록 하였다<sup>7,8)</sup>.

### 2. 시스템의 구조

본 시스템은 해상도 640 × 480의 Windows 95 환경에서 동작하도록 설계되었으며, 그 구조를 살펴보면 Fig. 1과 같다. 각 검사 방법은 공통적으로 하이퍼텍스트 기능을 활용한 book-style의 이론 학습과 비디오를 통해 검사 기법에 대한 현장 체험이 가능한 기초 실습으로 구성되어 있으며, 방사선투과검사와 초음파탐상

검사의 경우에는 위 학습 방법을 포함하여 검사 기법의 검사 조건에 자율성을 부여하여 가상 실습이 가능하도록 구성된 모의 실습으로 이루어진다. 이와 더불어, 방사선투과검사에는 판독 실력을 향상시키기 위한 판독 과정이 추가된다. 본 시스템의 주목적은 가상 모의 실습으로, 다른 과정에 대해서는 개략적으로 간단히 언급하기로 한다.

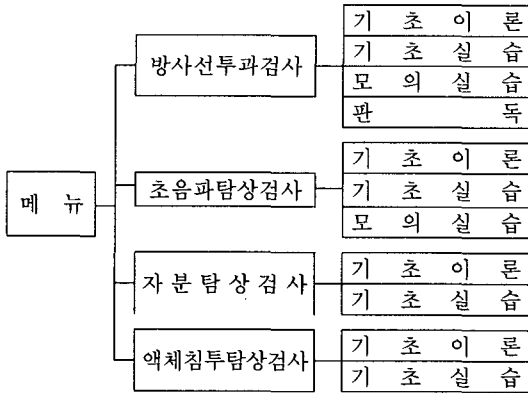


Fig. 1. Architecture of the system

### 3. 각 과정별 구성

#### 3.1. 이론 학습

이론 학습은 한 개의 씬(scene)으로 구성되어 있고, 애니메이션과 정지화상의 시각적인 효과와 강사가 교육하는 듯한 음성의 청각적인 효과로 학습자를 교육한다. 이와같이 이 과정은 검사 원리에 대한 수학적이고 물리화적인 이론 배경, 검사용 기자재의 종류와 그 용도, 검사 기법 등 책의 전반적인 구성 요소를 멀티미디어 환경을 이용하여 학습자에게 교육하므로써, 체계적인 기초를 마련하는데 목적을 두고 있다. 또한, 더욱 상세한 이론은 하이퍼텍스트 기능을 이용하여 참조할 수 있고, 이론의 전 과정을 순차적으로 볼 수 있을 뿐만 아니라 인덱스 기능으로 각 부분으로 바로 이동할 수 있도록 하여 필요로 하는 이론적 내용에 바로 접근할 수 있도록 구축되어 있다. Fig. 2는 방사선투과검사의 이론 학습의 한 부분을 보여주는 화면이다.

#### 3.2. 기초 실습

기초 실습도 이론 학습과 같이 한 개의 씬으로 구성되어 있고, ASME 및 KS규격에 따라 실제적으로 수행

되는 검사 절차와 동일한 단계들을 컷으로 구성하였다. 모든 컷들은 책과 같은 형식으로 구성하여 원하는 부분으로 쉽게 이동할 수 있도록 하였다. 이 과정은 실제 현장에서 다양한 구조물의 용접부에 대한 검사 과정을 음성 정보와 함께 비디오로 담아, 또 다른 학습 과정인 모의 실습을 수행하기 전에 검사 준비에서 검사 결과에 대한 보고서 작성에 이르기까지 전반적인 검사 절차와 장비의 사용 방법 등을 습득하게 한다. Fig. 3은 초음파탐상검사의 기초 실습의 한 부분을 보여주는 화면이다.



Fig. 2. An example of theory part



Fig. 3. An example of basic practice part

#### 3.3. 판독 실습

방사선투과검사에 국한된 학습 과정으로, 방사선투과사진의 판독을 위한 3개의 과정 즉 초급, 중급 및 고급 과정으로 구성되어 있다. 또한, ASME 및 KS규격에 따라 실습할 수 있으며, 각 과정은 용접부에서 발생 가능한 다양한 종류와 크기의 용접 결함을 지닌 300장의 투과사진 데이터뱅크로부터 10장의 투과사진을 추

출하여 판독할 수 있도록 sampling method를 채택하고 있다. 판독 실습은 학습자의 판독 결과를 정답과 비교하여 학습자의 판독 실력을 점검받을 수 있도록 되어 있어, 이 과정을 통해 투과사진내 결함을 판독하는 능력을 향상시킬 수 있다. Fig. 4는 판독 실습의 한 부분을 보여주는 화면이다.

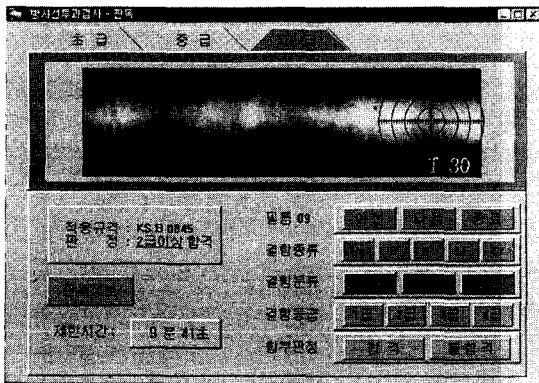


Fig. 4. An example of interpretation course of radiographs

3.4. 모의 실습 - 방사선투과검사

방사선투과검사를 수행하기 위해서는 시험체, 방사선원 및 검사 결과를 영상으로 나타내기 위한 필름이 있어야 한다. 본 모의 실습 도구가 실제의 실습과 동일한 효과를 얻기 위해서는 다양한 적용규격 및 시험체에 대해 학습자가 검사 장비를 실제와 같은 환경에서 조작할 수 있어야 하고, 그에 따라 상응하는 결과(투과사진)가 도출되어야 한다. 이 과정은 이러한 요건을 충족시킬 수 있도록 Fig. 5와 같이 6개의 씬으로 구성되어 있으며, 다양한 시험체, 적용 규격 및 방사선원을 학습자가 직접 선택할 수 있도록 하였고, 실제 검사절차에서 필요한 선원-필름간 거리 및 조사 방향 그리고 현상 조건 등이 조정 가능하도록 설계되었다. Fig. 6은 모의 실습 과정중 검사 배치 단계를 보여주며, 학습자의 선택 조건에 따른 결과를 평가하기 위하여 규칙 기반 시스템(CLIPS)을 도입하였다.

본 모의 실습 도구를 개발하는데 있어 가장 커다란 난점은 학습자가 결과물을 얻기 위해 선택해야 할 요소가 다양하고, 각 요소가 갖는 값의 종류도 다양하므로, 그에 따른 결과물의 종류가 상당히 많아진다는 데 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 최소한의 저장 용량으로 실제와 동일한 결과물을 얻을 수 있는 있도록 방사선원의 종류 및 위치에 따른 상의 변화를 나타

낼 수 있는 모핑 프로그램을 개발하고, 전압(또는 큐리), 노출 시간 및 현상 조건 등에 의한 투과사진의 흑화도 변화에 대해 각 요소들의 수식적 관계를 조합하여 학습자가 선택한 값에 상응하는 콘트라스트를 보여줄 수 있도록 처리하였다. 이미지 모핑 기법은 원시 이미지에서 다른 이미지로 부드럽게 변화하는 과정을 의미한다. 모핑의 이론적 과정은 이미지를 잡아당겨 찌그러뜨리는 작업인 워핑(warping)과 색을 혼합하여 오버랩의 효과를 나타내는 디졸브(dissolve)의 두 작업으로 이루어진다. 워핑에는 bilinear warping, mesh warping, filed-based warping 등의 여러 가지 방법이 있지만, 본 모핑 프로그램에서는 filed-based warping 방법을 이용하였고, 투과사진 영상의 색상인 흑백의 이미지를 다루게 되므로 256단계의 색상으로 디졸브하여 처리하였다. Fig. 7은 본 모핑 프로그램을 이용하여 실제 촬영된 투과사진인 두 개의 원시이미지로부터 3개의 중간이미지를 만들어 낸 한 예이다.

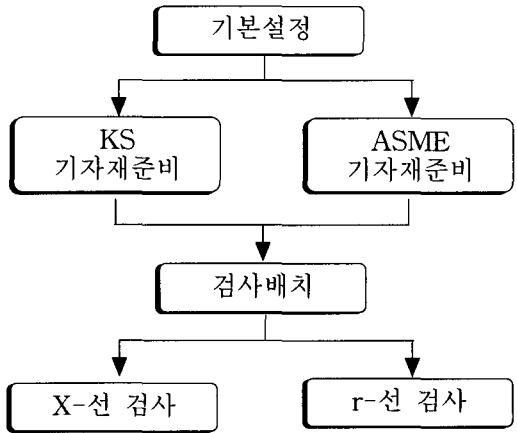


Fig. 5. Structure of the simulation course for RT

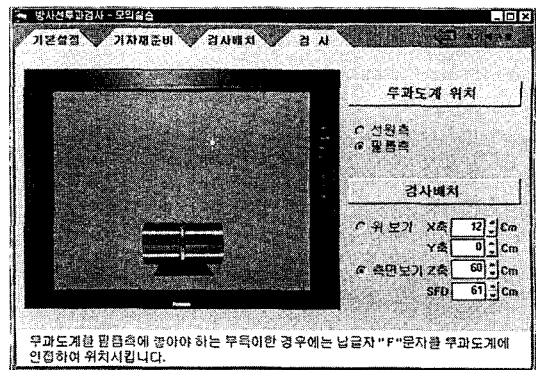


Fig. 6. An example of the simulation course for RT

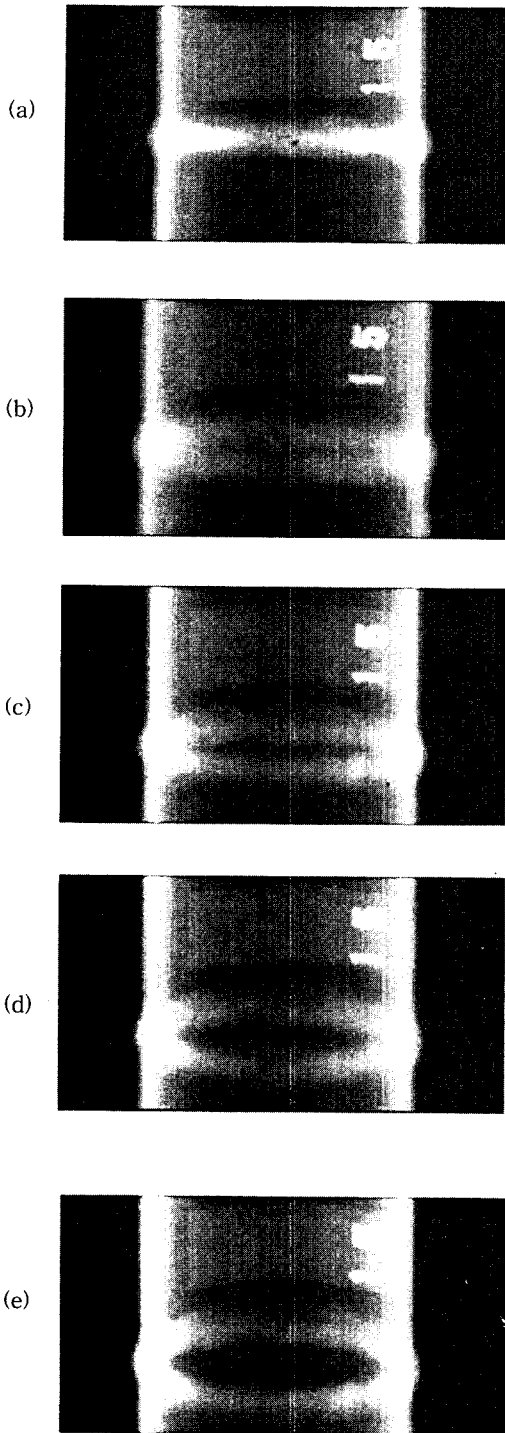


Fig. 7. An example of morphing techniques  
 (a), (e) original images  
 (b), (c), (d) morphed images

3.5. 모의 실습 - 초음파탐상검사

초음파탐상검사는 시험체에 초음파를 전달하여 시험체 내부에 존재하는 불연속으로부터 반사된 초음파의 에너지량, 초음파의 진행 시간 등을 분석하여 불연속의 위치와 크기를 알아내는 방법으로, 모의 실습 도구에서도 실제 탐상하는 것과 같이 보정(calibration)이 가능한 장비를 모델링하여야 하고, 탐상에 따른 초음파의 신호를 현실감 있게 보여야 한다. 이 과정은 Fig. 8과 같이 8개의 쉘으로 구성되어 있으며, 다양한 시험체, 적용 규격 및 사용 탐촉자를 제공하여 학습자가 직접 선택할 수 있도록 하였고, 장치의 기본조정, 보정 등 실제와 동일한 탐상 절차로 가상 실습이 가능하도록 설계되었다.

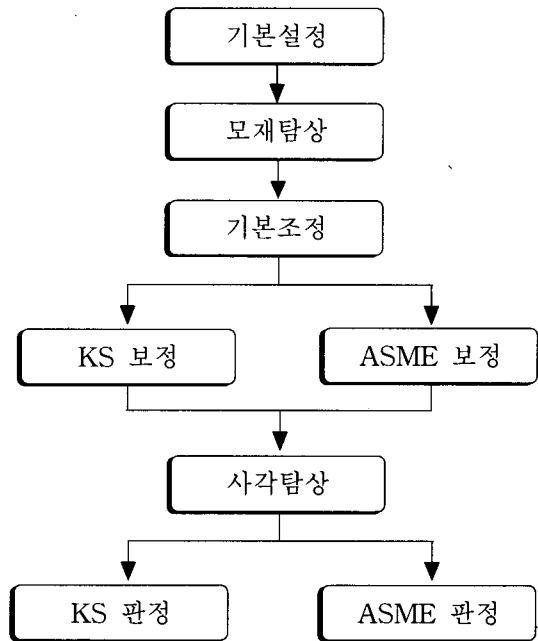


Fig. 8. Structure of the simulation course for UT

초음파탐상장비는 탐상 목적 및 방법에 따라 여러 가지 type으로 분류할 수 있으나, 여기에서는 가장 일반적으로 활용되고 있는 아날로그 type을 기준으로 모델링하였다. Fig. 9는 모의 실습 과정중 모델링된 장비를 사용하여 입사점, 시간축 설정 등의 장비의 기본조정 단계를 보여준다. 장비의 모델링은 우선 모든 입력 신호에 적용 가능한 조절기의 구현이 선행되어야 변화되는 반복적인 신호를 모두 저장하는 낭비를 없앨 수

있다. 이는 구현도구인 틀북이 오브젝트(object)의 확대, 축소, 이동이 간편하다는데 착안하여 신호하나를 오브젝트화하는 방식으로 해결하였다. 또한, 실제적인 초음파 신호를 구현하기 위해 자체 개발된 임의의 초음파 신호를 저장할 수 있는 소프트웨어를 사용하여 시험체의 1mm간격으로 발생된 RF신호를 디지털 신호처리를 통해 데이터를 수집하였고, 이들 데이터의 용량이 너무 방대하기 때문에 통계 분석을 통해 압축 처리하였다. 이러한 압축 데이터를 사용하여 모델링된 탐상 장비의 스크린에서 원래 신호와 거의 동일한 신호를 재생할 수 있다.

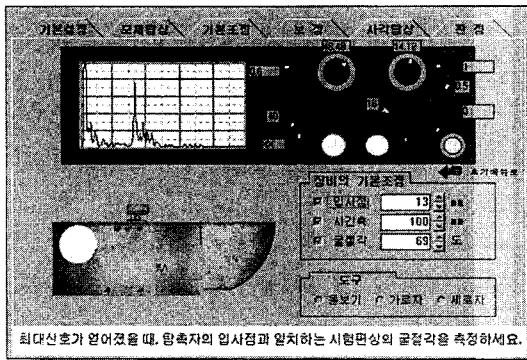


Fig. 9. An example of the simulation course for UT

#### 4. 결론

본 연구는 비파괴검사에 대해 반복적인 실습이 가능하게 하여 교육에 따른 비용절감을 위해 제안되었으며, 사실감있는 실습 교육을 수행할 수 있는 지능형 교육 시스템을 개발하였다. 본 교육 시스템은 일반적인 4종류의 비파괴검사 방법에 대해 학습자가 최대한 흥미를 갖고 많은 정보를 얻을 수 있도록 음성, 영상, 애니메이션 등의 멀티미디어 정보를 사용하였고, 사용상의 편의를 위하여 인덱스 기능과 시각적인 버튼기능, 도움말을 제공하였다. 또한, 가상 모의 실습 과정에서 실제 검사 환경과 같은 효과를 얻기 위해 방사선투과 검사에서는 모핑 프로그램을 개발하였으며, 초음파탐상 검사에서는 탐상 장비를 모델링하여 조작가능하게

하고, 초음파 신호를 샘플링, 압축, 가공하는 방법으로 구현하였다.

결론적으로, 본 교육 시스템은 산업 현장에서 쉽게 이용할 수 있어 반복적인 가상 교육 및 훈련을 통해 비파괴검사의 기초를 다지는 한편, 관련 기술 지식의 지속적인 유지에 실질적인 도움이 될 수 있을 것이다.

#### 후 기

본 연구는 1995년도 한국과학재단(과제번호 : 95-1-11-03-01-2) 연구비 지원에 의해 연구되었음을 밝히며, 이에 감사드립니다.

#### 참고 문헌

- 1) Nondestructive Testing ; Joongang Inspection Co., LTD
- 2) Scott Anderson, Morphing Magic, SAMS Publishing
- 3) George Wolberg, Digital Image Warping, IEEE Computer Society Press
- 4) Christopher D. Watkins, Alberto Sadun, Stephen Marenka, Modern Image Professional ; Warping, Morphing and Classical Techniques, Academic Press Professional
- 5) Rafael G. Gonzalez, Richard E. Woods, Digital Image Processing, Addison-Wesley Publishing Company
- 6) Christian J Ernst, Management Expert Systems', 1988, Adison-Wesley Publish Company
- 7) Arian A.HopGood, Knowledge-Base System for Engineer and Scientists, 1993, CRC Press Inc.
- 8) 이원흠 외 5명, "컴퓨터 내장형 비파괴검사용 초음파탐상기 개발", 한국비파괴검사학회, Vol. 17, No. 2 (1997)

## An Intelligent Tutoring System for Nondestructive Testing Training

J. K. Kim\*, S. N. Koh\*, M. K. Kim\*\* and Y. J. Shim\*\*

\* Joong-Ang Inspection Co., Ltd., Seoul 135-010

\*\* Department of Computer Engineering, Ajou University, Suwon 441-749

**Abstract** This paper is written to introduce a multimedia tutoring system for nondestructive testing using personal computer. Nondestructive testing, one of the chief methods for inspecting welds and many other components, is very difficult for the NDT inspectors to understand its technical basis without a wide experience. And it is necessary for considerable repeated education and training for keeping their knowledge. The tutoring system that can simulate NDT works is suggested to solve the above problem based on reasonable condition. The tutoring system shows basic theories of nondestructive testing in a book-style with video images and hyper-links, and it offers practices, in which users can simulate the testing equipment. The book-style and simulation practices provide effective and individual environments for learning nondestructive testing.