

소리파동 학습을 위한 컴퓨터를 이용한 실험과 전통적인 실험의 비교

김경대^{1*}, 김지나², 김종복³

^{1*}KAIST 과학영재교육연구원, 대전광역시 305-701

²부산대학교 물리교육과, 부산광역시 609-735

³한국교원대학교 물리교육과, 충청북도 363-791

Microcomputer Based Laboratory to Help Students' Understanding Sound Wave in Comparison with a Classical Experiment

Kyoungdae Kim^{1*}, Jina Kim² and Jung Bog Kim³

^{1*}Korea Advanced Institute of Science and Technology, Institute for Gifted Students, Daejon, 305-701, Korea

²Pusan National University, Department of Physics Education, Busan 609-735, Korea

³Department of Physics Education, Korea National University of Education, Chungbuk 363-791, Korea

요약

개인용 컴퓨터, 사운드 카드, 마이크론과 공개된 소리편집기 프로그램을 사용하여 소리 파동의 학습을 위한 컴퓨터를 이용한 실험(MBL) 시스템을 구성하였다. 이 장치를 사용하여 손쉽게 소리 파동을 시간에 따른 파형으로 시각화하고, 분석하는 방법을 소개한다. 학습자는 소리 파동을 저장하고, 분석하는 과정을 통해서 소리의 특징인 진동수, 진폭을 파형의 관점에서 이해할 수 있다. 또한 소리 파동을 관찰하기 위한 전통적인 실험방법과 MBL 시스템을 사용한 실험을 비교하였다. 사운드 카드를 활용한 MBL의 경우에 전통적인 실험에 비하여 컴퓨터를 활용하므로 학습자 친밀도가 크며 경제적 이고 개념 이해에 효율적인 장점을 갖는 것을 발견하였다. 소리 파동의 이해를 돕기 위해 개발한 MBL 실험은 실제 수업에서 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

주제어 : 컴퓨터를 이용한 실험, 소리 파동, 사운드 카드

서론

빛과 소리는 일상생활에서 늘 접하게 되는 친숙한 물리현상이다. 우리는 타인과 의사를 소통하고, 유용한 정보를 교환하는데 소리 파동이라고 하는 물리현상을 사용한다. 교육과정에서 보면 10학년 과학에서 소리 파동과 관련된 내용을 다루고 있고, 대학의 교육과정에서는 대부분 일반 물리학에서 소리 파동을 다룬다. 그럼에도 불구하고 고등학생은 물론이고, 대학생들조차 파동과 관련된 내용을 학습하는 데에는 적지 않은 어려움을

겪고 있다(김경대 등, 2007). 최근 이러한 어려움을 극복하기 위한 물리 교육적 접근에 대해서 몇몇 연구자들이 보고하고 있다(Wittmann et al, 2003). 학생들의 소리 파동과 관련한 학습에 대한 이러한 어려움은 이론적인 강의식 수업만으로는 쉽게 극복하기 어려워 보이며 실험을 병행하는 것이 효과적일 것이라는 믿음을 더하게 된다. 그렇지만 많은 교과서에서 제시하는 것처럼 전통적인 방법인 오실로스코프와 마이크론을 사용하여 소리 파동을 관찰하기 위한 실험을 구성하기란 결코 쉽지 않은 양아 보인다. 현실적인 측면에서 볼 때, 실험 장비를 갖추고 있어야 실험이 가능한데, 소리 파동을 파형으로 시각화하여 관찰하고, 그 특성인 진폭과 진동수를 분석하기 위해서는 파형을

*교신저자: kkim@kaist.ac.kr

•2008년 10월 31일 접수, 2009년 2월 13일 통과.

저장할 수 있는 메모리 오실로스코프와 여기서 획득한 신호를 분석할 분석 프로그램이 필수적이기 때문이다. 이런 어려움에 실험장비를 익숙하게 다루기 위한 실습 시간마저 필수적이라면 소리 파동과 관련한 실험이 수업시간에 이뤄지기를 기대하는 것은 상당한 무리가 있을 것이다.

전통적인 물리실험의 어려움을 극복하기 위한 방안으로 컴퓨터와 멀티미디어를 사용한 수업과 그 가능성에 대한 연구들이 보고되었다(Redish, 1993; 임혜영과 안희수, 1999). 하지만 많은 경우에 컴퓨터를 사용하여 전산시뮬(박종원 등, 1999; Steinberg, 2000)을 하거나 역학 또는 광학 실험을 위한 컴퓨터 인터페이스 개발(정원기 등, 2000; Thornton and Sokoloff, 1990), 그리고 MBL 시스템의 효과에 대한 연구들이 보고되었다(Redish et al, 1997; Thornton and Sokoloff, 1998; Trumper and Gelbman, 2000). 이러한 연구에서 보고된 장점에도 불구하고 여전히 교육현장에 실질적인 도움을 줄 수 있는 연구가 부족한 실정이다. 또한 미국에서 수행된 과학교사를 대상으로 한 설문조사에 의하면 일반적인 MBL 시스템의 경우에는 많은 장점에도 불구하고, 이에 상응하는 상당한 단점도 조사되었다(Han, 1994). MBL 시스템 도입에 따른 경제적인 부담과 그 운용을 위한 새로운 지식습득에 대한 교사들의 부담감이 주요 단점으로 보고되었다.

본 연구에서는 이러한 여러 가지 어려움을 극복하고, 실험의 장점을 취할 수 있는 흥미롭고도 손쉬운 실험 방법을 보고한다. 사운드카드를 사용한 컴퓨터를 이용한 실험(Computer Based Laboratory; MBL)이 그것이다(김경대와 김중복, 2003; 김경대

등, 2005; 김경대 등, 2006). 오실로스코프를 사용한 전통적인 실험과 본 연구에서 제안하는 사운드카드를 사용한 MBL 시스템을 사용하여 소리 파동을 시각화된 파형으로 저장하고, 분석한다. 각각의 방법으로 실험을 수행하여 그 결과를 분석하고, 두 방법을 비교한다. 그리고, 사운드카드와 쿨에디트 프로그램(CoolEdit, 1996)을 활용한 MBL 시스템의 장점에 대해서 논의한다.

실험장치 및 실험절차

오실로스코프를 사용한 전통적인 실험방법과 사운드카드를 포함한 컴퓨터를 사용한 MBL의 경우, 두 경우에 대해서 소리굽쇠를 사용하여 발생한 동일한 소리 파동을 관찰하는 실험을 수행하였다.

전통적인 실험

소리굽쇠($f = 644 \text{ Hz}$)를 마이크로폰 앞에 위치시키고, 마이크로폰을 디지털 메모리 오실로스코프(Tektronix TDS 3012)에 연결한다. 소리굽쇠를 진동시키고, 마이크로폰으로 소리 파동을 입력한다. 이 때 입력된 소리 신호는 마이크로폰을 통해서 전기신호로 변환되어 오실로스코프 화면에 나타난다. 오실로스코프의 신호획득 모드에서 트리거 레벨을 조정하여 입력된 소리 파동의 파형이 잘 관측되도록 한다. 노이즈를 제거하기 위하여 실제 실험에서 관측한 신호는 8회 평균한 신호를 획득하



(a)



(b)

그림 1. (a) 컴퓨터, 스피커, 마이크로폰, 사운드카드, 쿨에디트 프로그램으로 구성된 MBL 실험. (b) 오실로스코프, 파형발생기, 마이크로폰으로 구성된 전통적 실험장치.

여 저장하였다.

메모리 오실로스코프로 획득한 파형은 상용의 Origin6.1 (Origin, 2000) 프로그램을 사용하여 개인용 컴퓨터에서 분석하였다. Origin6.1 프로그램은 물리학 실험을 포함한 자연과학 실험에서 널리 사용되고 있는 데이터 분석 프로그램이다. 관측한 소리 파형의 진폭, 진동수를 확인하기 위하여 그래프로 나타낸다. 그리고, Origin6.1 프로그램에서 기본적으로 제공하는 FFT 기능을 사용하여 시간의 함수로 표현된 소리 파형을 진동수의 함수로 변환한다.

컴퓨터를 이용한 실험

컴퓨터를 이용한 실험(MBL)은 일반적으로 전통적인 실험실 환경에 개인용 컴퓨터와 인터페이스를 이용하여 센서로부터 입력된 물리량을 측정하고, 측정값을 변환, 제시하는 것이다. 본 연구에서는 인터페이스를 자체 개발하는 대신 기존의 사운드카드를 사용하였다. 그리고, 소리 신호를 입력하고, 측정하는 센서로는 컴퓨터용 마이크로폰을 사용하였다. 측정값을 저장하고 분석하기 위한 도구로는 공개된 소리 편집기 프로그램을 활용하였다. 소리굽쇠($f = 644 \text{ Hz}$)를 컴퓨터용 스텐드형 마이크로폰 앞에 위치시키고, 마이크로폰을 개인용 컴퓨터에 장착된 상용의 사운드카드에 연결시킨다. 소리굽쇠에서 발생한 소리 파동을 마이크로폰을 통해서 입력하고 분석하기 위하여 세어웨어 형태로 보급된 소리편집 프로그램의 하나인 CoolEdit을 컴퓨터에 설치하고, 실행시킨다. 평가판의 경우는 전체 8 가지의 큰 기능 중에서 2 가지 기능만을 동시에 사용할 수 있으므로 소리 파동을 저장하고, 파형을 분석하기 위해서는 'Save, External Clipboard Functionality and Sample Converting'과 'Amplify, Envelope, Channel Mixer and Normalize' 기능을 선택한다. 그런 다음 프로그램이 실행되면 실행화면의 왼쪽 아래에 있는 'Record' 버튼을 누르고, 소리굽쇠를 진동시켜 소리 파동을 컴퓨터에 저장한다. 이 때 소리 파동은 소리굽쇠에서 발생되어 마이크로폰을 통해서 아날로그의 전기신호로 사운드카드에 입력된다. 입력된 신호는 사운드 카드를 통해서 아날로그 신호에서 디지털 신호로 변환되어 *.wav 파일 형태로 컴퓨터에 저장된다.

저장된 신호는 'Zoom', 'In', 'Out', 'Play', 그리고 'Record' 버튼을 사용하여 전체 파형을 관찰하거나 또는 전체 파형 중의 일부분을 확대하여 볼 수 있다. 또한 입력된 소리 파동의 파형을 관찰할 수 있을 뿐만 아니라 'Play' 기능버튼을 사용하면 입력된

소리 파동의 파형을 눈으로 보면서 그 소리를 귀로 직접 들을 수도 있다. 그리고, CoolEdit에서 자체적으로 제공하는 기능 중의 하나인 'Analyze' 기능을 선택하면, 하위 메뉴에 'Frequency Analysis' 기능을 사용하여 선택된 파형을 푸리에 변환할 수 있고, 입력한 소리 파동의 진동수를 측정하는 것이 가능하다.

실험 결과 분석

그림 2는 전통적인 실험 방법의 경우에 마이크로폰과 디지털 메모리 오실로스코프를 사용하여 측정한 소리 파동을 데이터 분석 프로그램인 Origin6.1 프로그램을 사용하여 파형으로 나타낸 것이다. 그림 2(a)는 소리파의 진폭, 즉 소리의 세기를 시간의 함수로 나타낸 것이다. 이 측정값으로부터 소리 파형의 세기와 모양을 쉽게 구분할 수 있다. 소리 파동의 진동수를 알기 위해서는 Origin6.1 프로그램에 기본적으로 내장된 데이터 분석 도구인 FFT를 사용하여 푸리에 변환을 할 수 있다. 이로부터 그림 2(b)와 같은 진동수의 함수로 변환하면, 측정된 진동수는 642.24 Hz 이었다. 분석된 진동수 값은 실제 소리굽쇠 제조사에서 표기한 진동수 644 Hz 에 대해서 $\Delta f = 1.76 \text{ Hz}$ 만큼의 차이를 보였다. 또한 동시에 Origin6.1 프로그램에서 진동수를 알기 위해 푸리에 변환하는 과정에서 불확도가 $\pm 20 \text{ Hz}$ 발생하였다. 이것은 오실로스코프에 저장된 파형의 제한에 의해서 발생한 불확도이다.

그림 3은 컴퓨터를 이용한 실험, 즉 컴퓨터용 마이크로폰, 사운드 카드, 개인용 컴퓨터, 그리고 CoolEdit 프로그램으로 구성된 MBL 시스템을 사용하여 관측한 소리 파형이다. 전통적인 실험에서 사용한 것과 동일한 소리굽쇠($f = 644 \text{ Hz}$)를 사용하여 파형을 발생시켰다.

그림 3(a)에서 볼 수 있는 것과 같이 소리굽쇠에서 발생된 소리 파동의 진폭이 시간에 따라서 감소하는 것을 볼 수 있다. 즉, 소리 파동의 발생에서 감쇠과정 전체를 손쉽게 한꺼번에 관찰할 수 있다. 또한 전체 소리 파동 중에서 일부분만을 확대하여 파형을 관찰하고자 할 때는 간단히 영역을 선택하고 'Zoom' 버튼을 누르면 된다. 프로그램의 기능 중에 'Zoom', 'In', 그리고 'Out' 버튼이 있어서 쉽게 파형을 확대하거나 전체 파형을 관측할 수 있다. 동시에 눈으로 파형의 모양을 확인할 뿐만 아니라 'Play' 기능을 사용하면 파동을 소리로 재생할 수도 있다. 이러한 기능은 기존의 전통적인 실험 방법에서는 지원되지 않는 것으로 소리 파동을 학습하는데 있어서 파형을 눈으로 관찰

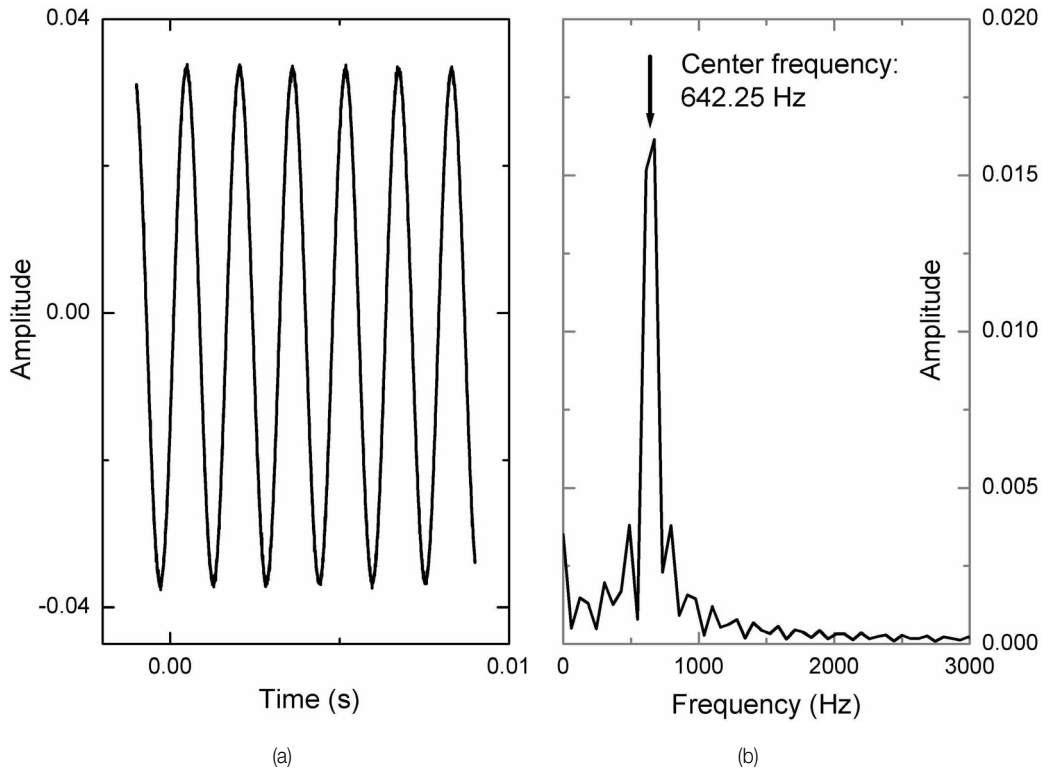
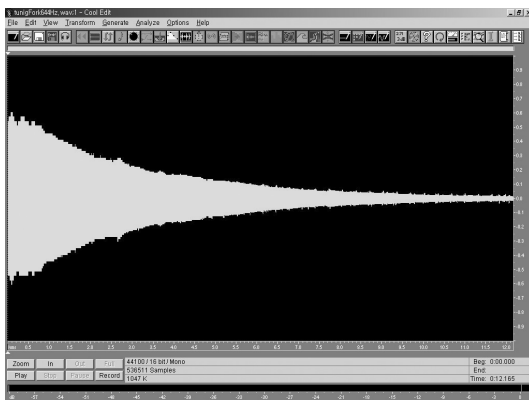


그림 2. (a) 오실로스코프를 사용한 전통적인 실험방법으로 관측한 소리 파동의 파형. (b) 분석된 진동수.

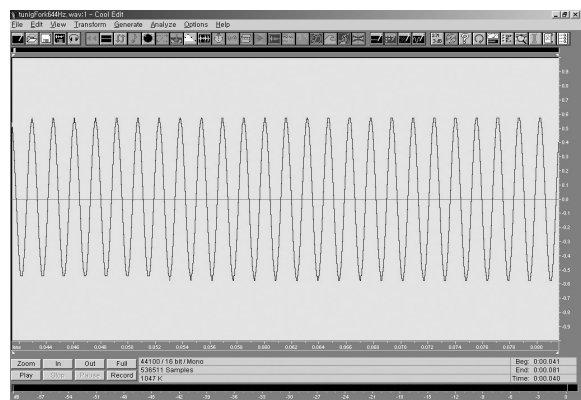
하고, 그 파형을 귀로 직접 듣게 되는 멀티미디어 학습을 가능하게 하는 장점을 제공한다.

그림 3(b)는 그림 3(a)의 파형 중에서 일부분을 확대한 것으로 주기적인 진동을 하는 파형임을 쉽게 확인할 수 있다. CoolEdit 프로그램에서는 그림에서 보이는 것처럼 가로축은 시

간으로, 세로축은 진폭으로 나타내며 그 값을 확인할 수 있다. 따라서 간단하게 소리 파형의 세기, 즉 진폭을 눈으로 확인할 수 있다. 그리고, 한 컴퓨터 화면에 여러 개의 실행화면을 띄울 수 있으므로, 그림 3(a)와 같은 전체 파형을 저장하고 관찰한 다음, 또 다른 실행화면에서 그림 3(b)와 같이 확대한 소리 파



(a)



(b)

그림 3. (a) 컴퓨터를 이용한 실험 방법으로 관측한 소리 파동의 시간에 따른 세기의 감쇠를 나타내는 전체 파형. (b) 시간에 따라서 주기적으로 진동하는 모습을 나타내는 부분 파형.

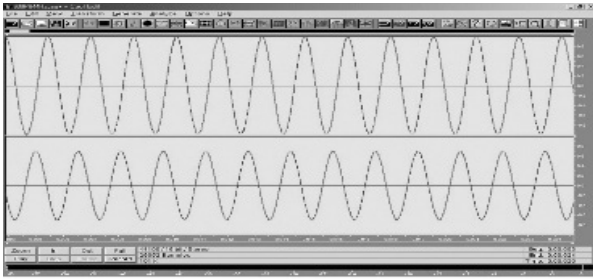


그림 4. 소리굽쇠 A ($f=638$ Hz)와 B ($f=644$ Hz)에서 발생한 소리 파동을 함께 나타낸 그래프.

형을 관찰, 비교하는 것이 용이하다.

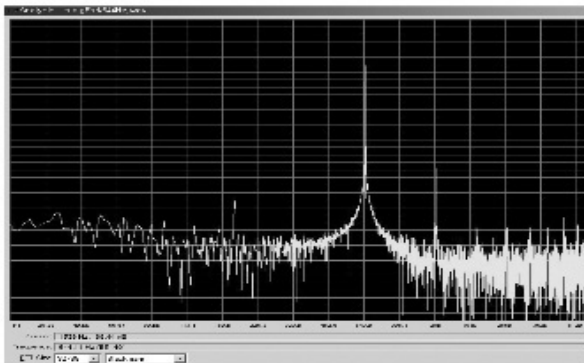
그림 4는 소리굽쇠 A (638 Hz)와 소리굽쇠 B (644 Hz)의 소리 파동을 각각 따로 입력하여 저장한 다음, CoolEdit 프로그램을 'Stereo' 모드로 실행하여 좌우의 영역에 각각 붙여 넣기를 한 그림이다. 그림에서 위의 파형이 소리굽쇠 A (638 Hz)의 파형이고, 아래의 신호가 소리굽쇠 B (644 Hz)의 파형을 나타낸다. 가로축은 시간의 흐름이고, 세로축은 진폭의 크기를 나타낸다. 따라서 두 파형의 차이를 쉽게 비교할 수 있다.

그림 5(a)는 소리굽쇠 B (644 Hz)에 의해서 발생된 소리 파동의 파형을 'Frequency Analysis' 기능을 사용하여 진동수를 분석한 그림이다. 푸리에 변환을 통해서 소리 파형을 시간의 함수에서 진동수의 함수로 변환한 그래프이다. 측정된 진동수는 644.11 Hz 이었다. 이 값은 $\Delta f = -0.11$ Hz으로 전통적인 실험 방법으로 진동수를 분석한 경우와 비교할 때 11/176 만큼 작은 오차, 즉 전통적인 방법으로 진동수를 분석할 때의 오차에 비해서 6.25 % 수준을 보였다. 이러한 비교를 함에 있어서 실험에 사용한 소리굽쇠의 진동수는 제조사에서 표시한 대로 644 Hz로 소리 파동을 발생시킨다고 가정하였다. 그림 5(b)는 실제

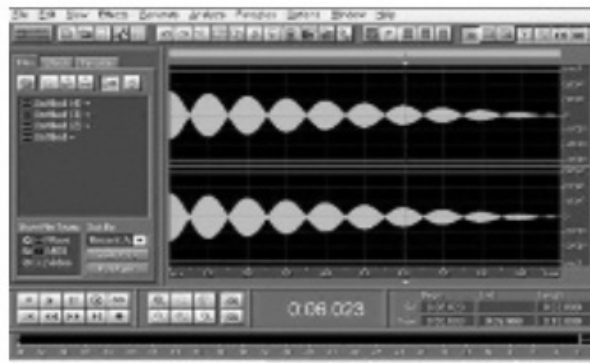
2개의 소리굽쇠를 사용하여 소리굽쇠에서 발생한 소리파동을 마이크로폰으로 컴퓨터에 입력한 것을 스테레오 모드에서 측정 한 결과이다. 실험결과를 보면 맥놀이(beat)가 나타난 것을 확인할 수 있으며 동시에 전체적으로는 감쇠가 일어나는 것을 파형 측정을 통하여 확인할 수 있다.

CoolEditPro의 기능 중에는 'Multitrack' 기능이 있어 여러 가지 파형을 동시에 비교할 수 있는 기능이 있다. 파동이 중첩될 때, 진폭, 진동수, 위상의 관계를 이해하기 위해서 쿨에디트의 다양한 기능을 활용할 수 있다. 그림 6은 특히, 위상과 진폭은 같고 진동수만 차이 나는 경우에 맥놀이(beat)현상이 나타나며 이것을 프로그램과 컴퓨터를 사용하여 쉽게 학습할 수 있음을 보여준다. 그림 6(a)는 'Multitrack' 기능과 'Generate' 기능을 활용하여 진동수가 조금씩 차이가 나는 두 파형들을 프로그램으로 발생시키고 이들 파형의 중첩으로 맥놀이 현상이 나타나는 것을 비교한 것이다. 그림의 위에서부터 차례대로 400 Hz와 405 Hz, 400 Hz와 410 Hz, 400 Hz와 415 Hz, 400 Hz와 420 Hz 의 순서로 두 파동의 진동수가 차이가 날 때, 맥놀이 현상이 어떻게 달라질 수 있는 지를 비교할 수 있어 맥놀이 현상에 대한 개념적 이해를 도울 수 있다. 이러한 가상 실험 내지는 시뮬레이션을 통해서 파형의 변화와 맥놀이의 주기 등을 손쉽게 눈으로 확인하고, 스피커를 통해 귀로 확인할 수 있다. 이러한 점은 전통적인 실험 장비를 사용하는 것에 비하여 대단히 효과적이고 손쉽게 수행하는 것이 가능하다. 그림 6(b)는 맥놀이 현상이 나타나는 파동을 'Frequency Analyze' 기능을 사용하여 고속 푸리에 변환(FFT)으로 진동수를 분석한 것으로 2개의 피크(400 Hz와 420 Hz)를 확인할 수 있다.

전통적인 실험과 비교할 때 쿨에디트 프로그램과 컴퓨터를



(a)



(b)

그림 5. (a) 소리굽쇠 B ($f=644$ Hz)에서 발생한 소리 파동의 시간에 따른 파형을 고속 푸리에 변환(FFT)을 통해 진동수 공간에 나타낸 그래프로 분석된 진동수는 644.11 Hz이다. (b) 2개의 소리굽쇠로부터 발생한 소리파동의 중첩을 컴퓨터로 측정한 파형으로 맥놀이 현상이 잘 관찰된다.

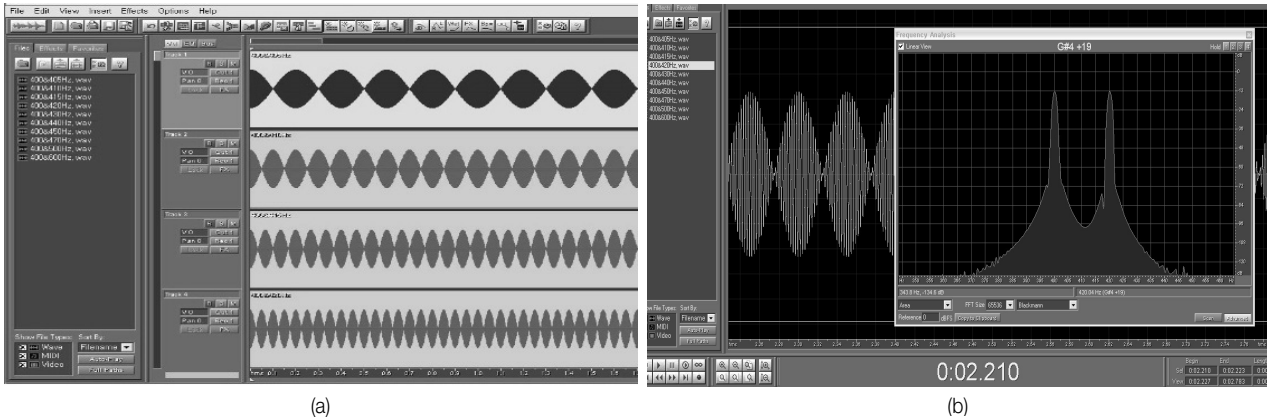


그림 6. (a) 다중트랙(Multitrack) 기능을 활용한 가상 맥놀이실험 결과, (b) 맥놀이를 일으킨 두 파동의 진동수 분석(400 Hz와 420 Hz).

사용할 경우, 그림 7과 같은 전화 통신에 있어 파형의 중첩과 특성에 대한 이해가 가능하다. 그림 7(a)와 같은 일반적인 전자식 전화기 또는 휴대폰의 경우에 전화 번호 버튼을 누르면 고유한 소리가 발생된다. 이러한 버튼 별로 고유한 소리의 특징을 파형분석과 진동수 분석 등의 기능을 활용하면 손쉽게 그 특성을 탐구하고 이해하게 된다.

그림 7(b)는 전자식 전화기에서 버튼 '1'을 눌렀을 때의 소리 파동을 마이크로폰으로 컴퓨터에 입력한 다음 쿨에디트 프로그램으로 파형을 관찰한 결과이다. 또한 그 소리 파형의 '진동수 분석'기능을 사용하여 전화 버튼 '1'을 누를 때 발생하는 소리는 진동수 697 Hz와 1217 Hz로 구성된 두 개의 소리 파형의 중첩임을 확인할 수 있다. 이처럼 MBL 실험을 통하여 간단하게 전화기 버튼의 소리에 숨어 있는 비밀도 탐구할 수 있는 등 쿨에

디트 프로그램과 컴퓨터를 활용하여 다양한 소리와 관련된 탐구활동을 전개하기에 용이하다.

사운드카드를 이용한 MBL 시스템의 장점

소리 파동의 특성, 즉 파동의 진동수, 진폭을 관찰하기 위하여 디지털 메모리 오실로스코프와 Origin6.1을 사용하여 분석하는 전통적인 실험 방법과 컴퓨터와 사운드카드, 그리고 CoolEdit를 사용하는 MBL 시스템의 경우를 비교한 결과를 제시하면 다음과 같은 장점들을 확인할 수 있다.

시스템 구축의 용이함

실험을 위한 MBL 시스템을 구축하기 위해서는 사운드 카드

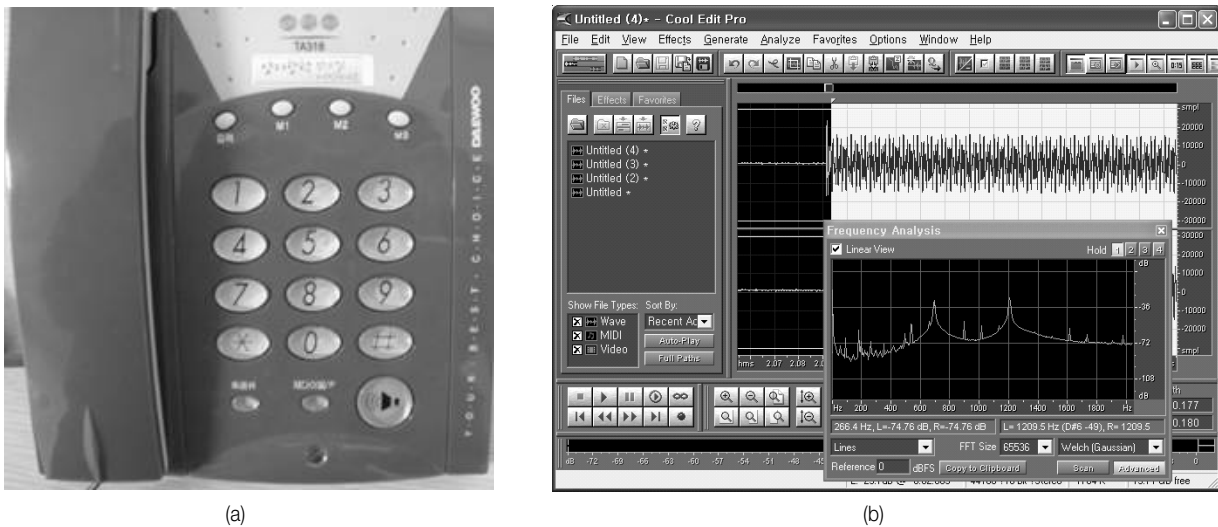


그림 7. (a) 전자식 전화기 사진 그림, (b) 전자식 전화기의 버튼 '1'을 눌렀을 때의 소리파형과 주파수 분석 결과(697 Hz와 1217 Hz).

가 장착된 개인용 컴퓨터와 컴퓨터용 스탠드형 마이크로폰, 그리고 셰어웨어인 소리 편집 프로그램만 준비하면 된다. 대학교와 고등학교에는 이미 컴퓨터 실습실이 확보되어 있으므로 추가의 실험장비를 도입하는데 따른 경제적인 부담을 필요로 하지 않는다.

이에 비해 전통적인 실험에서는 소리 파동의 파형을 관찰하고 분석하기 위해서 오실로스코프와 분석 프로그램이 필수적이다. 본 연구에서 사용된 실험장비인 2 채널 디지털 메모리 오실로스코프(Tektronix TDS 3012)와 분석프로그램인 Origin6.1을 준비하기 위해서는 약 200 만원 이상이 소요된다. MBL 시스템을 사용하게 되면 기존의 컴퓨터에 마이크로폰과 프로그램을 설치하기만 하면 되는 용이함이 있고, 전통적인 실험 장비를 구축하기 위한 경제적인 부담으로부터 벗어날 수 있다. 이 점은 MBL에 관한 미국의 과학교사들을 상대로 설문 조사한 결과(Han, 1994)에 비추어 볼 때 상당히 현실성 있는 장점이 될 수 있다.

사용의 편리함

본 연구에서 제안하는 MBL 시스템을 사용하여 실험하기 위해서는 CoolEdit 프로그램의 간단한 몇 가지 기능만을 사용하면 되므로 디지털 문화와 컴퓨터 환경에 익숙한 학생들에게는 매우 친숙할 것이다. 오실로스코프와 Origin6.1을 사용한 전통적인 실험 방법의 경우에는 교사와 학생 모두 오실로스코프의 사용법과 프로그램의 사용법을 익혀야하는 이중의 부담이 존재한다. 특히, 오실로스코프의 사용은 대부분의 학생에게 있어서 사용법을 익히는 그 자체만으로도 상당한 실습시간을 필요로 한다. 이에 비하여 본 연구에서 제안된 MBL 시스템의 경우에는 CoolEdit 프로그램을 실행한 상태에서 소리 파동을 입력하고 파형을 직접 관찰, 분석할 수 있으므로 학생들이 추가의 실습시간을 필요로 하지 않는다.

객관적인 관찰

MBL 시스템의 일반적인 장점 중의 하나가 정확하게 필요로 하는 실험을 반복해서 수행할 수 있고, 측정장치는 센서를 사용하므로 관찰시의 오차를 줄일 수 있어 객관적인 관찰을 가능하게 한다는 것이다. 마찬가지로 본 연구에 사용된 MBL 시스템을 사용하는 경우에도 동일한 장점을 갖는다. 즉, 소리 파동을

입력하는 과정에서 발생하는 외부의 노이즈를 제거하기 위한 불필요한 작업을 하지 않아도 되므로 전통적인 실험에 비하여 신호 대 잡음비 (signal to noise ratio)가 좋다. 또한 저장된 파형을 얼마든지 축소 또는 확대할 수 있으므로 파형의 전체적인 형태에서 확대한 세부적인 파형까지 자세하게 관찰하는 것이 가능하다.

흥미 유발

기존의 실험에서는 소리 파동을 눈으로만 관찰할 수 있을 뿐 저장된 파형으로부터 소리를 재생하는 것은 쉽지 않다. 그렇지만 본 MBL 시스템에서는 파형을 눈으로 보고 소리로 재생해서 스피커로 듣는 것이 매우 간단하다. 특히, 전체 파형 중에서 원하는 부분만을 선택적으로 재생하는 것 또한 가능하므로 흥미로운 실험을 구성할 수 있다. 특히, 컴퓨터 앞에 앉아서 프로그램을 조작하는 간단한 실험이 되므로 게임을 즐기듯 실험을 수행할 수 있다. 이러한 점들이 컴퓨터와 인터넷 환경에 익숙한 학생들에게 파동이라는 쉽지 않은 주제를 흥미롭게 접근할 수 있도록 도와줄 수 있다.

결 론

소리 파동의 특성을 이해하기 위한 컴퓨터를 이용한 실험을 구성하고, 마이크로폰, 사운드카드, 컴퓨터와 상용의 소리 편집 프로그램을 사용하여 MBL 시스템을 구축하였다. 소리굽쇠에서 발생시킨 소리 파동을 주기적인 파형으로 저장하여 관찰하고 진폭과 진동수를 쉽게 분석할 수 있었다. 사운드 카드를 사용한 MBL 실험은 전통적인 실험과 비교할 때, 대학교와 고등학교에서 소리 파동 관련 단원을 학습할 때 직접 활용할 수 있는 몇 가지 장점들을 가졌다. 수업활동, 특히 실험수업의 교육적인 효과를 높이기 위해서는 많은 장점이 있는 MBL 실험을 전통적인 실험과 상호보완적으로 활용할 필요성이 있다.

ABSTRACT

The microcomputer based laboratory (MBL) consisting of a sound-card, a microphone, a personal computer, and a software of sound editor was developed to make experiments on sound waves. We report the method to visualize and analyze sound waves as a function of time by using the MBL with a sound

card. Students are helped to understand the characteristics of sound waves by making MBL-experiments on it. Also we find out a few advantages of the MBL system with a sound card as comparing the MBL system with the traditional experiment for sound wave experiments. The developed MBL experiments to help of students' understanding sound wave would be useful in real school classes.

Key words: Microcomputer based laboratory, MBL, sound wave, sound card

참고문헌

- 김경대, 김중복 (2003) 소리 파동의 시각화와 분석 및 닫힌 관에서 공기의 진동 실험을 위한 MBL 시스템의 구성과 활용 방법에 대한 연구. 한국물리학회 회보. 21(2).
- 김경대, 김지나, 김광수, 한병래 (2007) 예비 과학교사의 소리 파동 관련 오개념 분석. 새물리. 55(6): 397-408.
- 김경대, 김용주, 김훈, 박선미, 오진호, 안정훈 (2005) KAIST IAS 교사연수 자료집. 대전: 한국과학기술원.
- 김경대, 김지나, 김광수, 한병래 (2006) 학생개념 조사에 기초한 MBL 교수-학습 자료개발: 파동단원을 중심으로. 대전: 한국과학기술원.
- 박종원, 오천희, 김두현 (1999) 새로운 과학 교육 프로그램의 개발과 평가 I - 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 물리 탐구 실험 연수를 중심으로. 한국과학교육학회지. 19(4): 653-664.
- 임혜영, 안희수 (1999) 멀티미디어 과학 학습 프로그램의 개발과 과학 학업 성취, 학습에 대한 태도에 미치는 효과 연구. 한국과학교육학회지. 19(4): 595-603.
- 정원기, 김정태, 이공우 (2000) 컴퓨터 인터페이스를 이용한 광학 실험에 관한 연구. 새물리. 40(3): 165-169.
- CoolEdit, Copyright© 1996 Syntrillium software Corporation, Phenix, AZ, USA.
- Han H (1994) Developing a research agenda for integrating microcomputer-based laboratory in science teaching. Ph.D. dissertation in education. The Ohio State University, Columbus, Ohio.
- Origin6.1, v6.1052 Copyright© 1991-2000 OriginLab Corporation. Northhampton, MA, USA.
- Redish EF (1993) Is the computer appropriate for teaching physics? Comp. Phys. 7(6): 613.
- Redish EF, Saul JM and Steinberg RN (1997) On the effectiveness of active-engagement microcomputer-based laboratories. Am. J. Phys. 65: 45.
- Steinberg RN (2000) Am. J. Phys. Suppl. 68: S37.
- Thornton RK and Sokoloff DR (1990) Learning motion concepts using real-time microcomputer-based laboratory tools. Am. J. Phys. 58(9): 858-867.
- Thornton RK and Sokoloff DR (1998) Assessing student learning of Newton's laws, The Force and Motion Conceptual Evaluation and the evaluation of active learning laboratory and lecture curricula. Am. J. Phys. 66: 338-352.
- Trumper R and Gelbman M (2000) Investigating electromagnetic induction through a microcomputer-based laboratory. Phys. Educ. 35(2): 90-95.
- Wittmann MC, Steinberg RN and Redish F (2003) Understanding and affecting student reasoning about sound waves. Int. J. Sci. Educ. 25(8): 991-1013.