

## P-값을 이해하기 위한 멀티미디어 프로그램의 개발<sup>1)</sup>

### 최 속 회<sup>2)</sup>

#### 요 약

통계학의 개념들을 직관적으로 이해시키기 위해 기존의 교재중심 강의교육에서 탈피하여 실제적인 실험을 중시하고 컴퓨터를 교육에 활용하는 방안이 국내외적으로 많은 관심이 쏠리고 있다. 본 연구에서는 통계학의 기초개념들을 쉽게 배울 수 있는 통계교육용 멀티미디어 프로그램개발의 한 단계로서 유의성검증시 필요한 p-값(유의확률)의 의미를 정확히 이해하고 적용할 수 있도록 하는 프로그램을 개발하였다. 다양한 상황을 소리, 컴퓨터그래픽, 애니메이션, 텍스트와 동영상을 통합한 멀티미디어 환경하에서 구현하여 피교육자가 흥미를 가지고 학습함으로써 단순한 계산결과가 아니라 원리와 과정을 알 수 있도록 구성하였다. 이 프로그램은 한글 windows 95가 설치된 개인용컴퓨터에서 사용할 수 있으며 internet을 통하여 web browser에서 직접 실행할 수 있다.

#### 1. 서 론

통계학의 응용범위가 타 학문분야뿐만 아니라 산업체에도 빠른 속도로 확산되고 있으며 그 중요성에 대한 인식이 커짐에 따라 통계학을 배우고자 하는 사람의 수가 점차 많아지고 있다. 하지만 통계학을 처음 접하는 많은 사람들이 통계학에 대해서 갖는 생각은 수학의 한 분야로서 이해하기가 어렵고 재미없는 학문이라는 부정적인 것이 일반적이다. 이는 지금까지 통계학의 교육이 개념을 이해해서 실제 문제에 적용하는 실용학문으로서의 참 의미를 깨우치기보다 수리적인 계산을 통한 이론적인 측면에 치우쳤기 때문으로 생각된다. 또한 초보자에게 어렵게 쓰여진 통계학 교재에도 문제가 있다. 통계학 전공자들 역시 강의실에서 책과 칠판만으로 이루어지는 전통적인 강의로부터는 이해하기 힘든 많은 통계적 개념들때문에 혼란을 겪는다. 이러한 문제들은 여러 분야에서 통계학의 잘못된 적용으로 이어지며, 대학에서 수년간 배운 학문을 산업체에서 제대로 활용할 수 없게 만드는 요인이 되고 있다. 따라서, 통계학 특히 기초통계학을 배우고자 하는 사람들이 통계학의 여러 개념들을 쉽고도 올바르게 이해할 수 있도록 좀 더 효과적인 통계교육방법에 대한 연구의 필요성이 절실하다 하겠다. 이는 비약적으로 발전하고 있는 컴퓨터와의 접목으로 가능하리라 여겨진다. 컴퓨터의 비약적인 발전은 교육전반에 큰 영향을 주고 있으며 교육방법을 획기적으로 바꿀 수 있는 환경을 제공하고 있다. 그럼에도 불구하고 그 응용실태는 미미하다고 할 수 있다. 특히 통계학교육측면에서 볼때 컴퓨터의 활용은 주로 통계자료분석용 소프트웨어의 사용

1) 이 논문은 1996년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.  
2) (565-800) 전북 완주군 삼례읍 후정리 490, 우석대학교 전산통계학과 교수

법과 output의 해석을 배우는 수준이다. 통계실습을 위한 실험실이 갖추어지고 많은 학생들이 개인용 컴퓨터를 보유하고 있음에도 그 이용효율면에서 볼 때 비효율적이라 할 수 있다. 컴퓨터를 수리적인 계산도구가 아닌 통계적 실험과 simulation을 통하여 시각적으로 개념을 인지할 수 있게 하는 보조학습도구로서 사용할 수 있다. 기존의 통계소프트웨어들(SAS,S-PLUS,MINITAB,SPSS등)은 통계자료분석용 프로그램임을 인식하여 전문적인 통계교육을 위한 프로그램의 개발이 필요하다.

이러한 통계교육용 프로그램의 개발의 필요성에 대한 인식은 국내외적으로 점차 확산되고 있으며 그 결과 개발된 프로그램들이 발표되고 있다. Doane, Tracy 와 Mathieson(1994a,1994b,1995)은 검정력과 제1종 오류 및 제 2종 오류, 분포의 형태, 두 정규분포의 비교를 시각적으로 보여주는 프로그램을 Visual Basic으로 구현하였다(이러한 프로그램을 "Teaching Statistics Visually"라 명명하였다). Trumbo(1994,1995)는 기초통계교육에 이용될 수 있는 프로그램을 Quick Basic을 사용하여 구현하였는데 대수의 법칙, 확률, 포아송분포, 독립과 랜덤화, 상관계수, 초기하분포, 이산형분포의 기대값, 공정한 게임의 개념등의 내용을 포함하고 있다. 1994년 오스트리아 비엔나에서 열린 "COMPSTAT 1994"에서는 "통계교육에서의 컴퓨터활용"에 관한 논문들이 발표되었으며 개발된 프로그램을 통계교육의 보조도구로 활용한 성공사례가 보고되었다(Redfern과 Bedford,1994, Murphy,1994). 독일연구재단에서 지원하는 프로젝트 "E.L.M.A."(Evaluation von Lernprozessen in der Methoden Ausbildung)는 양질의 통계교육방법을 연구한다. 이 프로젝트의 Schulmeister (1994)는 "LearnStat"이라는 통계교육소프트웨어를 개발,활용하여 많은 실효를 거두었다고 보고한다. 한편 영국에서도 7개 대학의 통계학과들이 결성한 단체인 STEPS(STatistical Education through Problem Solving)가 "Teaching and Learning Technology Programme"에서 지원을 받아 통계학의 중요개념들과 연관된 문제들로 이루어진 소프트웨어를 개발하고 있다. Ferris와 Hardaway(1994)는 "Teacher 2000"이라는 프로그램을 개발하여 멀티미디어적인 환경이 통계교육에 얼마나 도움을 줄 수 있는지를 고찰하였다. 1993년에 창간된 Internet상에서의 가상저널인 "Journal of Statistics Education"은 통계교육에 관한 고수준의 논문을 수록하고 통계교육자들이 새로운 교육방법에 관한 서로의 의견을 교환하는 장으로서의 역할을 표방하고 있다.

국내에서는 1993년 통계학회 추계 학술논문 발표회에서 통계소프트웨어 개발현황과 개발방향에 대한 "통계소프트웨어" 심포지엄이 열렸다. 이는 주로 분석용 프로그램의 국산화에 관한 것으로서 통계교육용 프로그램에 관한 인식은 그리 크지 않았다. 이정진, 장근석과 이윤오(1992)는 기초통계 수준의 교육을 위해 한글로 구현된 CATS(Computer Aided Teaching for Statistics)라는 프로그램을 개발하였으며, 고봉성(1993)은 표본추출기법에 관한 소프트웨어 PCSAM을 개발하였다. 장근석(1993)은 비선형회귀문제를 다루는 NLIN90을 Fortran을 이용하여 개발하였다. 또한 허문열(1995)은 이원분산분석문제를 다루는 소프트웨어를 연구하였다(XLISP-STAT을 사용). 한경수와 안정용(1994,1996)은 Borland C++로 동전던지기를 이용해서 통계기본개념교육에 활용할 수 있는 프로그램을 구현하였으며, 저작도구인 ToolBook으로 주사위와 카드를 이용한 컴퓨터 모의실험을 통하여 확률이론을 배울 수 있는 시각화된 시스템을 개발하였다.

본 연구에서는 통계적 추론시 필요한 개념인 p-값(유의확률)을 직관적으로 이해하도록 도움을 줄 수 있는 멀티미디어 프로그램을 개발하였다. 이 프로그램은 텍스트,사운드,동영상,컴퓨터 그래픽과 애니메이션을 통합한 멀티미디어 방식이다. 이 프로그램의 장점은 피교육자의 흥미를 유발하여 스스로 학습할 수 있도록 하며, 결과만을 보여주기보다 직접 과정에 참여할 수 있도록 함으로써 원리와 개념을 쉽게 인지할 수 있도록 할 수 있다는 데 있다.

## 2. 프로그램의 개요

### 2.1 내용


자료(표본)로부터의 정보를 이용하여 모집단에 대한 추측이나 결론을 이끌어내는 과정인 통계적 추론은 통계학을 배우거나 활용하려는 모든 사람들이 반드시 접하게 되는 중요한 개념이다. 통계적 추론의 기본이 되는 것은 추정(estimation)과, 유의성검증(significance test) 또는 가설검정(hypothesis testing)이라고 불리는 가설에 대한 추론이다. p-값(유의확률)은 가설에 대한 추론시 꼭 필요한 개념인데도 기초통계과정의 학생들이 제대로 이해하지 못하고 혼동하는 개념 중의 하나이다. 자료의 방대화화 컴퓨터의 발전으로 인하여 대부분의 자료분석이 통계package를 통하여 이루어지고 있고 SAS나 SPSS를 비롯한 모든 통계자료분석프로그램에서 분석결과에 p-값을 제시함으로써 분석자 스스로 추론의 결론을 내릴 수 있도록 하고 있기 때문에 p-값의 정확한 이해는 필수적이라 하겠다. Maxwell(1994)과 Eckert(1994)는 통계학을 수리적으로 배우기 이전에 통계적 추론의 원리를 깨우치고 그 과정에서 p-값의 의미를 쉽게 이해할 수 있도록 각각 동전던지기과 카드를 사용한 실험절차를 자세히 설명하고 있다. 이 실험들은 교실에서 실제 동전을 던지고 카드를 뽑아봄으로써 이루어졌으며 실험결과 학생들은 p-값이 너무 작기 때문에 직관적으로 귀무가설을 기각하였다.

본 연구에서는 동전돌리기를 행하는 통계적 실험상황을 설정하여 p-값의 의미와 계산절차등을 학습할 수 있도록 하였다. 실험에서 고려한 모수는 동전을 돌릴 때 앞면이 나올 확률( $p$ )이다. 공정한 동전을 던질 때의 확률인  $p = \frac{1}{2}$ , 그 반대인  $p \neq \frac{1}{2}$ , 그리고 어떤 사람(A)이 “동전을 돌릴 때 힘의 강약을 이용하여 앞면이 뒷면보다 더 많이 나오게 할 수 있다”라고 주장하는 확률인  $p > \frac{1}{2}$  등을 생각해 볼 수 있다. 이러한  $p = \frac{1}{2}$ ,  $p \neq \frac{1}{2}$ 와  $p > \frac{1}{2}$  등이 바로 가설임을 설명하고 정말 A에게 앞면이 나오게 하는 기술이 있는지 알고자 하는 것에 초점을 맞춘다. 이 때의 귀무가설과 대립가설은 다음과 같다.

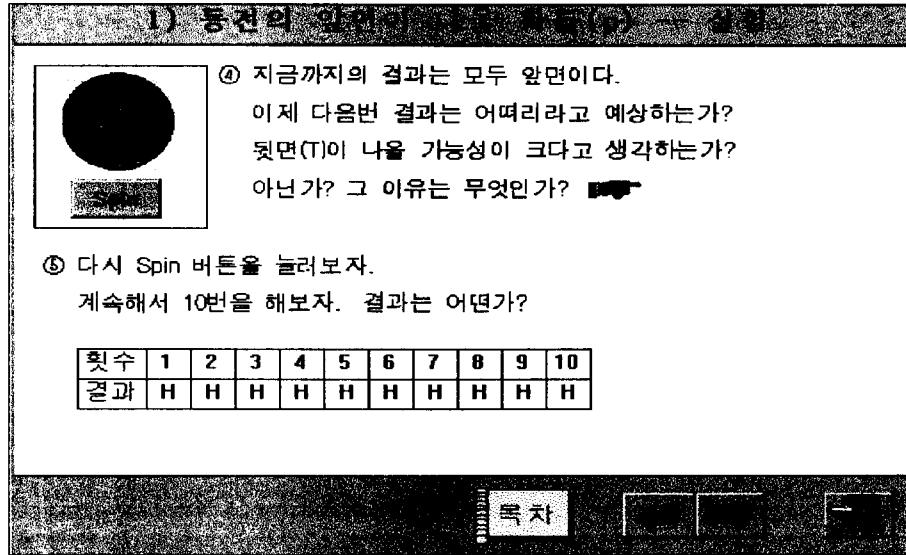
$$H_0: p = \frac{1}{2} \quad \text{vs} \quad H_1: p > \frac{1}{2}$$

이제 실험은 실제로 A가 동전을 돌리는 것으로 시작된다.

<그림 1>은 A가 동전을 10번 돌리는 애니메이션과 그 결과를 나타낸다.

Spin버튼을 누를 때마다 동전이 돌면서 그 결과가 표에 표시되며  를 누르면 도움말이 나타난다. 10번의 실험결과가 모두 앞면(H)이 나오도록 상황을 설정하였다. 학습자는 처음 몇 번은 앞면이 계속 나올수도 있다라고 생각하지만 횟수가 더해가면서 좀 이상하다는 생각으로 바뀌면서 A의 주장이 정말 옳은가라는 생각을 하게 된다. 이 때 이상하다는 생각을 하게 되는 근거는 바로 귀무가설인  $p = \frac{1}{2}$  을 가정했고 그 상황에서는 모두 앞면이 나올 가능성(이 값이 p-값이다)이 아주 작기 때문임을 인지시킨다. 따라서 자연스럽게 대립가설인  $p > \frac{1}{2}$  을 지지하게 되고 유의성검증의 개념과 절차를 이해하게 된다.

<그림 1> A의 동전돌리기실험



이 프로그램에서 다루어지는 내용은 다음과 같다.

1. p-값이란 무엇인가? -----> p-값의 의미를 이해하기 위한 실험상황의 설정과 실험과정, 실험결과에 대한 고찰, p-값의 계산법등을 다룬다.
  - 1) 동전의 앞면이 나올 확률(p)
    - a. 통계적 가설
    - b. 실험
    - c. 결론
  - 2) p-값의 정의 -----> 앞에서의 결과에 따른 p-값을 정의한다.
  - 3) p-값의 해석
    - a. 검증통계량의 분포 -----> 검증통계량의 분포와 p-값을 시각적으로 보여준다.
    - b. 유의수준과의 관계 -----> 유의수준과의 관계를 그래프로 보여주고 검증의 유의성에 대해 설명한다.
    - c. 가설검정시 판단의 2가지 방법 ---> 귀무가설의 기각여부를 결정하는 가설검정에서 p-값을 이용한 방법과 검증통계량의 값을 이용한 방법이 있으며 둘은 같은 내용임을 설명한다.
    - d. 통계패키지의 결과에서의 해석법 ---> p-값을 항상 출력해주는 통계패키지에서의 해석법을 설명한다.
    - e. 잘못 해석할 가능성 -----> 잘못된 p-값의 해석에 관하여 설명한다.
- 4) 유의성검증의 절차 -----> 유의성검증의 절차를 설명한다.
  2. 예제
    - 1) 씨앗의 발아기간은 16일이 못 되는가? ---> 모평균의 검증
    - 2) 새로운 강의방식은 독해력을 향상시켰는가? ---> 두 모집단의 비교
    - 3) TV시청률이 변화였는가? ---> 모비율의 검증
    - 4) 자동차의 연비는 서로 다른가? ---> 셋 이상의 모집단의 비교

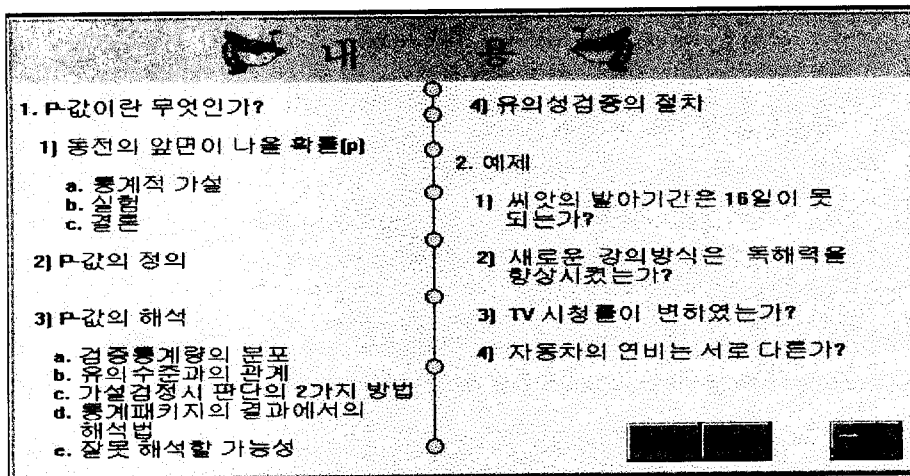
## 2.2 방식

본 연구에서 개발된 프로그램은 윈도우 방식이다. 그래픽중심의 컴퓨터사용환경하에서는 컴퓨터에 대한 지식이 거의 없어도 빠른 시간안에 쉽게 배울 수 있기 때문에 현재 개발되는 대부분의 소프트웨어들이 윈도우용이다. 또한 본 연구에서 개발된 프로그램은 객체지향방식이다. 객체지향 프로그래밍기법은 객체(object)라고 불리우는 소프트웨어 모듈을 한 곳에 모아 프로그래밍하는 기법이다. 이 모듈들은 새로운 프로그램 개발시 재 사용됨으로써 유사한 모듈을 중복개발하지 않게 한다. 프로그램을 개발하는데 있어서 과거에는 C,BASIC,FORTRAN등과 같은 프로그래밍언어를 사용하여 제작하였는데 제작기간이 너무 길고 복잡한 코딩과정등으로 인하여 많은 어려움이 있었다. 현재는 보편적으로 객체와 사건(event)중심의 개발도구인 저작도구(Authoring Tool)를 이용해 소프트웨어를 개발하고 있다. 본 연구에서는 미국 Asymetrix사에서 개발한 저작도구인 Multimedia ToolBook을 사용하였다. ToolBook은 GUI(Graphic User Interface)방식과 Event-Driven방식을 제공함으로써 객체지향적인 프로그래밍을 가능하게 한다. 본 연구결과 개발된 프로그램은 텍스트와 동영상,소리,애니메이션,컴퓨터그래픽을 통합한 멀티미디어 프로그램이다. Internet을 통하여 Netscape나 Internet Explorer에 ToolBook용 plug-in프로그램인 Neuron을 설치하면 본 연구에서 개발된 프로그램을 web browser에서 직접 실행할 수 있다(Neuron은 <http://www.asymetrix.com>에서 무료로 다운로드할 수 있으며 본 연구에서 개발된 프로그램은 <http://comstat.woosuk.ac.kr>에 PVAL.TBK라는 파일명으로 올려져 있다).

## 2.3 화면의 구성(주요화면)

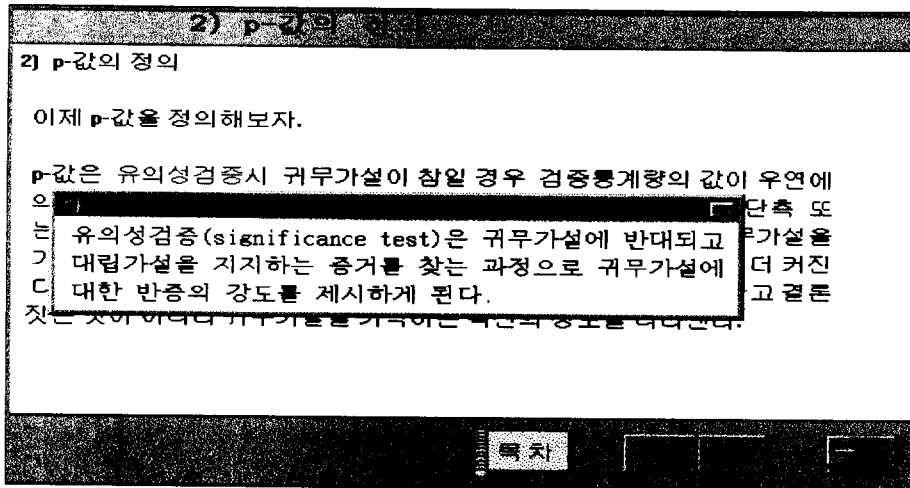
총 47개의 화면으로 구성되어 있으며 각 화면에는 적절한 소리와 그래픽,설명,동영상들이 포함되어 있다.

<그림 2> 목차화면



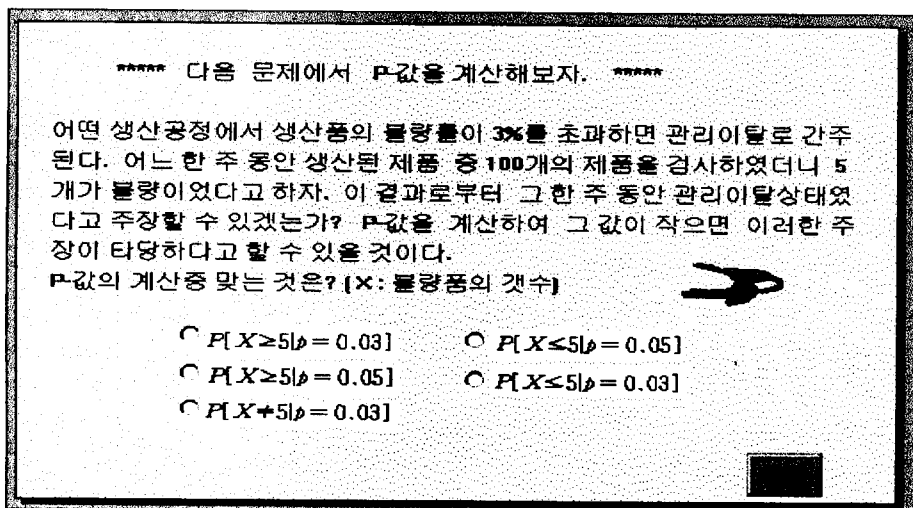
목차의 각 항목을 click 함으로써 해당 내용으로의 직접 이동이 가능하다.

<그림 3> Hotword에 대한 설명



다른 색으로 표시되어 있는 hotword를 click했을 때 관련된 사항을 설명해주는 dialog화면이 나타난다.

<그림 4> 문제화면



프로그램의 중간중간에 문제화면이 있으며 정답을 맞추었을 경우에만 다음으로 진행할 수 있다.

<그림 5> 동영상화면


**2. 예제**

3) 지난 달에 어느 TV방송국의 저녁뉴스시간은 시청률이 38%로서 상당히 높은 것으로 나타났다. 이 시청률이 이 달에도 변함이 없는지를 알아보기 위해 200세대를 전화번호부에서 랜덤하게 뽑아 조사한 결과, 그 중에서 64세대가 이 방송국의 뉴스를 시청하고 있는 것으로 나타났다. 시청률이 변동되었다는 근거가 있는가?

풀이

① 귀무가설과 대립가설은 각각 무엇인가?

☞  $H_0: p = 0.38$  vs  $H_1: p \neq 0.38$

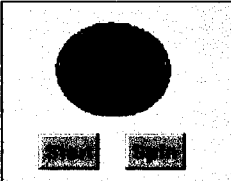


시작 버튼을 누르면 stage에 TV뉴스가 동영상으로 나타난다.

<그림 6> 애니메이션화면

**1) 동전의 앞면이 나올 확률 (p)**

이제 여러분이 직접 다시 한번 해보자.  
 [Start를 누른후 Spin을 누른다.]



횟수	결과[앞면의 수]	p-값
8	5	0.363

각각의 경우에 p-값을 확인해보자. 앞면의 수가 횟수\*1/2보다 커지면 커질수록 유의확률의 값은 작아짐을 알 수 있을 것이다. 따라서, 유의확률이 작으면 작을수록 귀무가설을 반박할 수 있는 근거가 커지는 것이다.

학습자가 실제 동전을 돌려볼 수 있는 애니메이션 화면이다. Spin버튼을 누를 때마다 동전이 도는 모습이 보이며 매 click시 랜덤하게 앞면이나 뒷면이 나타난다. 매 실행이 끝날 때마다 그때까지의 결과에 따라 앞면의 횟수와 그에 따른 p-값이 계산되어진다.

<그림 7> 설명

**2. 예제**

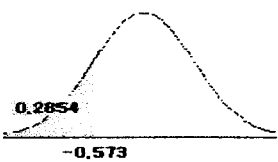
③ p-값의 계산 : 귀무가설하에서 표본평균의 값이 15.7이하일 확률  
(대립가설이 왼쪽단측이므로)

$$p\text{-값} = P[\bar{X} \leq 15.7 | \mu = 16]$$

$$= P\left[\frac{\bar{X} - 16}{2.87/\sqrt{30}} \leq \frac{15.7 - 16}{2.87/\sqrt{30}}\right]$$

$$= P[T_0 \leq -0.573]$$

$$= 0.2854$$



▶ 표본평균의 값이 15일일 경우의 p-값  $\Rightarrow P[\bar{X} \leq 15 | \mu = 16] = 0.0329$   
 ▶ 표본평균의 값이 14일일 경우의 p-값  $\Rightarrow P[\bar{X} \leq 14 | \mu = 16] = 0.0003$

페이지마다 아래쪽에 그 페이지의 내용에 따라 간단한 설명이나 참고사항을 나타내었다.

<그림 8> WEB BROWSER에서의 화면


**2. 예제**

4) 3종류의 자동차의 리터당 평균주행거리(연비)간에 차이가 있는지를 유의수준  $\alpha = 0.05$ 에서 검정하시오.

리터당 주행거리[km]

	자동차A	자동차B	자동차C
	16.5	15.3	19.0
	18.0	14.8	18.4
	14.1	16.1	15.3
	17.8		17.3
평균	16.6	15.4	17.5

전체평균  
16.6



web browser상에서 구현된 화면이다.



### 3. 결 론

본 연구에서 개발된 프로그램은 학습자의 흥미를 유발시켜 쉽게 접근할 수 있도록 소리, 애니메이션, 동영상등을 통합한 멀티미디어 프로그램이며 버튼을 누름으로써 진행이 되는 쉬운 사용환경을 가지고 있다. 내용면에서는 문제를 해결해나가는 절차를 단계별로 자세히 보여주고 생각해보기를 요구함으로써 단순한 계산결과가 아닌 결과가 유도되는 과정에 참여하고 이해할 수 있도록 구성하였다. 현재는 자료값이 주어져 있는데 사용자가 직접 값을 입력할 수 있도록 하여 그 변화하는 모습을 시각적으로 볼 수 있도록 보완하며 좀 더 다양한 컴퓨터 그래픽과 애니메이션 등을 삽입할 수 있을 것이다.

앞으로 통계학의 다른 여러 가지 개념들을 포함하는 프로그램으로의 확장을 위한 한 기초가 되리라고 생각하며 컴퓨터를 이용한 멀티미디어적인 통계교육의 한 방법을 제시한 데 그 의의가 있다고 하겠다. 응용 소프트웨어를 따로 설치하지 않고도 internet을 통해 web browser에서 직접 실행할 수 있다는 것도 앞으로의 컴퓨터환경이 network쪽으로 가고 있음을 생각해볼 때 큰 장점이 라 하겠다.

### 참 고 문 헌

- [1] 강근석 (1993). 비선형 회귀분석을 위한 소프트웨어 NLIN90의 소개, 「응용통계연구」, 제6권 1호, 163-172.
- [2] 고봉성 (1993). 표본이론을 위한 소프트웨어 PCSAM, 「통계연구」, 성균관대학교, 103-110.
- [3] 이정진, 강근석, 이윤오 (1992). 통계학 교육용 한글 소프트웨어 개발 연구, 「응용통계연구」, 제 5권 1호, 81-90.
- [4] 한경수, 안정용 (1994). 통계기본개념 교육을 위한 통계소프트웨어 개발에 관하여, 「한국 통계학회 추계학술논문 발표회」.
- [5] 한경수, 안정용 (1996). 저작도구를 이용한 통계교육용 멀티미디어 소프트웨어개발연구-주사위 게임과 카드 게임, 「응용통계연구」, 제9권 2호, 81-90.
- [6] 허문열 (1995). 컴퓨터 그래픽스에 의한 이원분산분석, 「응용통계연구」, 제8권 1호, 75-88.
- [7] Doane, D.P., Tracy, R.L. and Mathieson, K.D.(1994a). Visualizing Power and Type I and II error, *American Statistical Association : Proceedings of the Section on Statistical Education*, 66-69.
- [8] Doane, D.P., Tracy, R.L. and Mathieson, K.D.(1994b). Visualizing and Describing the Shape of Distributions, *American Statistical Association : Proceedings of the Section on Statistical Education*, 66-69.
- [9] Doane, D.P., Tracy, R.L. and Mathieson, K.D.(1995). A Program for Visualizing Comparisons Between Two Normal Distributions, *Journal of Statistics Education*, Vol. 3, N.1.
- [10] Eckert, S.(1994). "Teaching Hypothesis Testing With Playing Cards : A Demonstration", *Journal of Statistics Education* Vol. 2, N.1.

- [11] Ferris, M. and Hardaway, D.(1994). Teacher 2000 : A New Tool for Multimedia Teaching of Introductory Business Statistics, *Journal of Statistics Education*, Vol. 2, N.1.
- [12] Maxwell ,N.P.(1994). A Coin-Flipping Exercise to Introduce the P-Value, *Journal of Statistics Education* Vol. 2, N.1.
- [13] Murphy, B.P.(1994). Simulation, Modelling & Teaching. COMPSTAT 1994, *Proc. In Computational Sstatistics* (R. Dutter and W. Grossmann eds.), 403-408, Physica Verlag.
- [14] Redfern, E.J. and Bedford, S.E.(1994). Teaching and Learning Through Technology - the Development of Software for Teaching Statistics to Non-Specialist Students. COMPSTAT 1994, *Proc. in Computational Statistics*(R. Dutter and W. Grossmann eds.), 409-414, Physica Verlag.
- [15] Schulmeister, R.(1994). Learning Statistics: Beyond Authoring Systems. *Proc. In Computational Statistics* (P. Dirschedl and R. Ostermann, eds.) 513-532, Physica Verlag.
- [16] Trumbo, B.E.(1994). Some Demonstration Programs for Use in Teaching Elementary Probability:Parts 1 and 2, *Journal of Statistics Education*, Vol. 2, N.2.
- [17] Trumbo, B.E.(1995). Some Demonstration Programs for Use in Teaching Elementary Probability:Parts 3 and 4, *Journal of Statistics Education*, Vol. 3, N.2.