

역할놀이학습을 이용한 컴퓨터 동작원리 교수학습 연구

박상웅°, 이재인

진주교육대학교 컴퓨터교육과

psw1202@lycos.co.kr, jilee@cue.ac.kr

A study of instructional learning for computer operating principles by role playing in elementary schools

sang-woong park°, jae-inn lee

Dept. of computer education, chinju national university of education

요약

초등학교의 컴퓨터교육에서는 현재 컴퓨터의 활용적 측면을 강조하여 교육하고 있는 실정이다. 하지만, 이제는 지금까지 소홀했던 컴퓨터의 기본 개념과 원리의 이해를 교육해야 한다. 본 연구에서는 학생들이 앞으로 접해야 할 컴퓨터교과의 많은 내용 중의 하나인 컴퓨터의 동작원리를 보다 쉽게 접근해서 이해하고 활용한 학습하는 데 주안점을 두고자 한다. 컴퓨터 동작원리를 보다 체계적이고 쉽게 접근하기 위한 역할놀이 학습을 수업현장에 적용하여 컴퓨터교과가 실용적인 측면 뿐 만 아니라 근본적인 원리 및 개념 이해의 교육도 필요함을 보이고자 한다.

1. 서론

“이해하고 있지 않은 것은 소유하고 있는 것이 아니다.”라는 독일의 문호 괴테의 말처럼, 오늘날 우리는 정보화시대를 살면서 정보의 홍수 속에서 자신이 필요로 하는 정보를 자신의 비판적 사고로 소유하지 못하고 있다.

우리는 수많은 정보들을 우리의 것으로 만들기 위해서 어떠한 노력을 해야 하는지 의구심이 들 정도다. 지금의 컴퓨터 교육에서도 많은 정보들이 사회의 발전에 따라 쏟아지고 있다. 따라서 갈수록 빨라지는 사회의 발전에 발맞추어 우리의 교육현실에 나아가기 위해서는 보다 근본적인 컴퓨터 교육이 이루어져야 한다.

제7차교육과정이 2000년 이후로 시행된 초·중등의 컴퓨터 교육과정을 살펴보면 다음과 같다.

현재 초등학교 1학년부터 고등학교 1학년까지의 학년체계를 1학년부터 10학년으

로 구성하는 국민공통교육과정을 설정하고 컴퓨터를 누구나 공통으로 이수해야 하는 교육내용으로 제시하고 있다. [1][2]

초등학교의 경우에는 실과가 5,6학년애 주당 2시간씩 주어지도록 되어 있으며, 실과 5학년에서는 컴퓨터 다루기가, 6학년에서는 컴퓨터 활용하기가 포함되어 있다. 5학년의 컴퓨터다루기는 컴퓨터의 구성과 자판다루기와 글쓰기로 되어있다. 또한, 학교재량시간이 제6차교육과정에 비해 주당 1시간에서 2시간으로 증가되었다.

중학교는 7,8학년의 기술·가정 과목에서 컴퓨터와 정보 처리, 컴퓨터와 생활등의 단원들이 포함되어 있다. 컴퓨터와 정보처리에는 컴퓨터의 구조와 원리, 정보의 생산, 저장과 분배가 있다. 학교재량시간이 주당 4시간으로 6차교육과정에 비해 늘어났기 때문에 환경, 한문, 제2외국어등의 과목과 함께 컴퓨터 과목을 선택할 확

률이 증가되었다. 제7차 중학교 교육과정 총론에서는 정보사회에 대응할 수 있는 창의성함양을 위해 컴퓨터를 활용한 교육을 강화하도록 명시해 놓았다.

고등학교의 경우에는 11학년부터 실용수학(4단위), 생활과 과학(4단위), 정보사회와 컴퓨터의 3과목 중에서 한 과목을 선택하게 되었다. 정보사회와 컴퓨터과목은 정보사회의 개념을 이해하고 컴퓨터 활용에 대한 적극적인 태도와 올바른 가치관형성, 실생활에서의 컴퓨터 활용, 컴퓨터 통신망에서 필요한 정보를 검색하고 정보를 교환할 수 있는 능력 신장 등, 정보사회에 적극적으로 대처하고 사회발전에 기여할 수 있는 능력과 태도를 기르는데 목적이 있다. 교육과정을 보면 컴퓨터의 시스템의 구성요소영역에서 컴퓨터시스템의 개념, 하드웨어의 구성, 소프트웨어의 구성, 컴퓨터 정보처리 시스템의 내용으로 구성되어 있다.

이와 같이 초·중등의 제7차교육과정을 살펴보면 지금의 컴퓨터교육은 기본 개념과 원리의 이해교육보다는 컴퓨터의 활용교육의 목적에 있다. 따라서 컴퓨터 구조에서 컴퓨터의 동작원리는 초중등에서 기본적으로 다루어지지 않고 있기 때문에 현장에서의 필요성을 제기하고자 한다.

2. 역할놀이 학습

역할놀이 수업모형은 학생들에게 구체적 상황(대체로 문제상황)을 실제로 경험해 볼 수 있는 기회를 마련해 주고, 학생들에게 스스로가 지닌 가치와 의견을 좀더 분명히 깨닫게 하고 또 사람들이 어떻게 타인의 행동에 영향을 미치는가를 좀 더 잘 이해할 수 있도록 도움을 주기 위해 사용된다. [3][4]

역할놀이 수업은 맨 처음에 Fannie shaftel

과 Gorge shaftel 부부에 의해 개발되었다. 이들은 20여년 동안 학생들에게 인간의 존엄성, 정의성(justice), 애정(compassion)등의 민주적 관념들을 일상생활에서 어떻게 실천할 수 있는가를 가르치는데 이 모델을 개발하여 적용하였다. 역할 놀이는 학급 전체의 학생들이 서로 어떤 문제 상황에 대해 토론하고, 주어진 상황속의 인물들이 다음에 어떤 행동을 할 것인가를 시행해 보며, 이 같은 행동 과정과 결과에 대해서 평가하고, 주어진 문제 상황에 대해 해결책을 제시하게 된다. 이러한 과정을 거침으로써 학생들은 일상생활에서 어떤 행동을 선택하면 어떤 결과가 올 것이라는 것에 대한 이해가 생겨나고, 또 일의 결과는 자신의 행동에 의해서 영향을 받는다는 것을 깨닫게 된다. 이 같은 역할놀이의 경험을 통해서 얻은 인간의 동기에 대한 통찰력이 실제 상황에 많은 도움이 된다. 예컨대, 교사들이 학생들에게 관찰력, 영향력, 의사결정, 상담기술, 문제해결 능력, 의사 소통 기술등을 길러 주고자 할 때에 역할놀이 모형은 효과적인 학습 방법이 될 수 있다.

역할놀이 수업은 일반적으로 다음과 같이 일련의 기술 습득에 효과적인 것으로 밝혀졌다.

첫째, 학생들이 다른 사람에게 구두 또는 문장으로 자신의 의사를 자유롭게 표현할 수 있으며, 다른 사람도 똑같은 권리가 있다는 것을 자각한다.

둘째, 학생들은 여러 가지 상황에서 최선의 문제해결 방식에 대한 자신의 의사를 행동이나 말로써 다른 사람에 전할 수 있다.

셋째, 학생들이 주어진 문제에 관해 의견을 말하고 여러 가지 다른 해결 방법의 결과에 대해 토론한다.

넷째, 주어진 상황에서 여러 가지 다른 경로의 행동들이 일어날 수 있다는 것을 터득한다.

다섯째, 집단 활동에 자진해서 협조적으로 참여한다.

여섯째, 학생들은 역할놀이를 자신의 경험과 연결하여 해석하고 평가하고 묘사한다.

역할놀이수업은 다음과 같은 8단계의 수업 절차를 갖는다.[3][4]

1단계: 집단의 분위기 조성

2단계: 역할놀이 참가자 선정

3단계: 무대 설치 및 역할놀이 준비시키기

4단계: 관찰자를 준비시키는 단계

5단계: 역할놀이의 실연

6단계: 역할놀이에 대한 토론과 평가하기

7단계: 재실연하기

8단계: 경험을 공유하고 일반화하는 단계

3. 초등교육에서 컴퓨터 동작원리의 내용

3.1 컴퓨터의 동작원리 학습내용

초등학교에서 가르쳐야 할 컴퓨터의 동작원리는 컴퓨터의 기본 구조 속에서 연계되므로 학습내용을 표1(컴퓨터의 동작원리 학습내용)로 나타내면 다음과 같다. [5][6][7][8]

동 작 원 리	CPU	연산장치	산술연산, 논리연산
		제어장치	명령해독, 지시, 제어신호
		레지스터	PC, IR, MAR, MDR
	Memory	주기억 장치	RAM, ROM
		보조기억 장치	자기디스크, 광디스크, 자기테이프
	I/O	입력장치	키보드, 마우스
출력장치		모니터, 프린터	

<표1 컴퓨터의 동작원리 학습내용>

3.1.1 중앙처리장치(CPU)

첫째, 연산장치(ALU: Arithmeic and logic unit)는 메모리로부터 읽어들이 정보를 처리를 한다. 예를 들면 덧셈 혹은 뺄셈 등을 하는 곳으로 레지스터를 합하여 데이터 패스(Datapath)라고도 한다.

둘째, 제어장치는 명령어를 해독하여 연산장치, 메모리, 그리고 입출력장치에게 해야 할 일을 지시한다.

셋째, 레지스터(registers)는 프로세서 내에서 연산이나 제어에 필요한 정보를 일시적으로 보관하기 위한 고속 기억장치이다.[6][7]

3.1.2 기억장치(Memory)

첫째, 주기억장치는 전자적인 속도로 동작하는 빠른 메모리로서 프로그램들이 수행되는 동안에는 주기억장치에 위치되어야 한다. 주기억장치는 일반적으로 동적 임의 접근 메모리(DRAM)를 사용하며 이는 많은 반도체 기억소자(semiconductor storage cells)로 구성되어 있다.

둘째, 보조 기억 장치는 주 기억 장치의 높은 가격으로 인하여 빈번하게 혹은 당장 사용하지 않는 프로그램이나 데이터를 저장하기 위하여 사용되는 기억 장치로써 디스크 혹은 테이프 등이 있으며 가격이 저렴하지만 접근 속도가 느리다.

셋째, 캐쉬(Cache)는 주 기억 장치의 접근 속도를 더욱 빠르게 하기 위하여 소용량의 고속 메모리이며 주로 정적 임의 접근 메모리(SRAM)로 구성된다.[5][7]

3.1.3 입출력장치(I/O)

첫째, 입력장치(Input unit)는 컴퓨터 외부로부터 코드화된 정보(Coded information)를 받아들이는 장치를 의미하며 키보드, 마우스, 조이스틱 등이 있다. 일반적으로 입력된 정보는 메모리에 저장되거나 혹은 연산장치에 의하

여 이용된다.

둘째, 출력장치(Output unit)는 입력장치와 반대로 프린터와 같은 장치로서 컴퓨터내부에서 처리된 결과를 컴퓨터 외부로 보내는 기능을 한다.[7][8]

3.1.4 컴퓨터의 동작원리

첫째, 프로그램이 수행되기 위해서 주기억장치에 위치한 명령어가 먼저 프로세서에 위치해야 한다. 수행해야 할 명령어의 메모리 주소를 PC(Program Counter)가 가지고 있다. 따라서 PC가 가리키는 주기억장치에 있는 명령어를 IR(Instruction Register)로 가져오기 위하여, 먼저 PC의 내용을 MAR(Memory Address Register)에 보내어 MAR이 가리키는 메모리의 내용을 읽어 MDR(Memory Data Register)을 통해 IR에 보관한다.

둘째, 제어장치가 IR내에 있는 명령어를 해석하여 적절한 제어신호를 연산장치, 메모리등에 보낸다.

셋째, 명령에 따라 다음과 같이 과정을 수행한다. 연산장치를 사용하는 명령어(ALU instruction)인 경우 연산장치에서 원하는 작업을 수행한 후 결과를 명령어에 명시한 레지스터에 저장한다.

넷째, 프로그램 카운터(PC)를 다음에 수행해야 할 주소로 바꾼다. 즉, 프로그램 카운터의 내용을 명령어의 길이만큼 더 해준다.

다섯째, 첫 번째 과정으로 다시 돌아간다.

4. 역할놀이학습을 이용한 컴퓨터 동작원리 교수·학습설계

4.1 교수·학습설계 원리

컴퓨터 구조의 동작원리 학습은 컴퓨터를 구성하는 다양한 회로의 동작원리를 이해하는 것이 중요하다. 이와 같이 어떤 원리나 과정의

이해가 필요한 학습은 학습자가 직접 참여하여 경험할 수 있는 기회를 제공하면 학습에 대한 이해도를 높일 수 있다. 특히, 컴퓨터와 인터넷을 매개로 하는 교육의 경우, 텍스트와 그래픽과 같이 정적인 학습내용의 제시만으로 학습자들의 컴퓨터 동작원리나 과정을 이해하는데 어려움이 따른다. 따라서, 직접교수법보다 역할놀이 학습은 학생들이 문제상황을 직접 접하거나 타인의 역할을 공감하고 실연해 봄으로써 어려운 부분을 쉽게 접근할 수가 있다고 본다. [3][4][7][8][9]

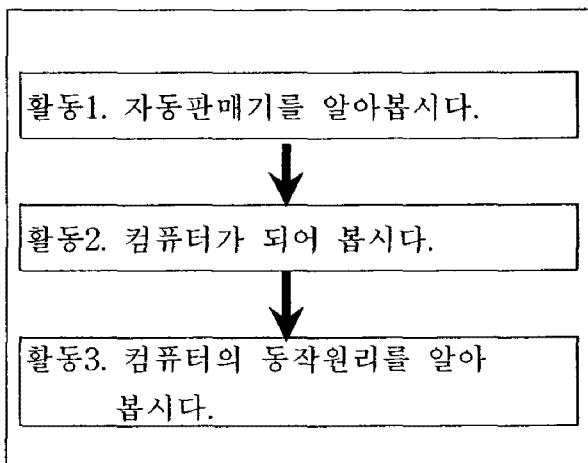
4.2 교수·학습 흐름도

실제 수업현장에 적용할 수 있는 수업과정안은 지면상 불가피하게 간략하게 나타냈으며 교수학습 흐름도를 사용하여 다음 과 같이 표2로 나타내었다.

도입단계 : 사례를 통한 동기유발

-컴퓨터의 사용 모습과 자동판매기의 사용 모습을 통해서 컴퓨터와 자동판매기의 공통점과 차이점을 찾도록 유도한다.

전개단계



정리단계

-학습지를 통해서 역할놀이의 토의 및 일반화
-학습지를 사용해서 학습 내용 정리

<표2. 역할놀이학습을 사용한 교수학습 흐름도>

4.3 교수·학습설계 실제

교수학습은 초등학교 6학년 도시, 농촌의 4개 학급의 학생을 대상으로 무작위로 5, 6명의 모둠을 구성하여 역할놀이학습을 진행할 예정이다. 수업 설계 내용을 3단계로 나누어 설명한다.

4.3.1 도입단계

첫째, 도입단계는 학생들이 수업에 집중할 수 있는 분위기를 조성하는 단계로 자동판매기의 모습과 컴퓨터의 모습을 보여주면서 동기를 유발한다. 자동판매기와 컴퓨터의 어떤 점이 같고 다른 지를 스스로 찾아서 이번 시간에 어떤 학습을 할 것인지 유도해서 학생들이 수업에 보다 집중을 하고 학생들 스스로 공부할 문제를 찾아서 발표하도록 한다.

4.3.2 전개단계

둘째, 전개단계로 크게 활동을 3가지로 구성하였다.

활동1 “자동판매기를 알아봅시다.”는 동기 유발 자료로 활용했던 자동판매기의 원리를 이용하여 컴퓨터의 동작원리를 보다 쉽게 접근하려는 의도이다. 자동판매기는 컴퓨터의 기본적인 원리인 유한오토마타이론을 생활에서 쉽게 생각해 볼 수 있는 기계이다. 학생들이 일상생활에 많이 이용하지만 컴퓨터의 원리가 숨겨진 사실을 활동지를 통해서 단계별로 습득하도록 한다. 자동판매기 안에 직접 들어가서 자신이 컴퓨터의 역할을 한다고 가정할 경우, 우리 자신은 어떤 사고를 가지고 투입되는 동전의 경우를 생각하여 외부의 구매자가 물건을 사는지의 과정을 알기 쉽게 접근하도록 한다. 학생들이 화살표와 원으로 표현되는 방법을 알 수 있도록 인생게임에서 하는 방법을 활용하였다. 자동판매기 안의 사람은 단지 투입된 동전을 보고 100원짜리인지, 500원짜리인지만을 구분하여 계산을 하지 않고 계산을 하는 방법을 찾도록 유도하도록 한다. 이런 생활의 예로 하여

금 자동판매기와 컴퓨터의 장치가 어떤 점에서 같은 역할을 하는지 알고, 보다 친근하게 컴퓨터의 원리에 접근하도록 한다.

활동2 “컴퓨터가 되어봅시다.”는 역할놀이를 이용하여 학생들이 컴퓨터의 동작원리를 이해하고 습득할 수 있는 단계이다. 역할놀이를 하기 위해서 참여자의 신청을 받아 교사는 사전에 준비를 시킨다. 필요한 무대를 설치하고 직접참여하지 않는 학생들 즉, 관찰자들에게는 어떤 친구가 역할을 잘 하는 지가 아닌, 어떤 부품이 어떤 기능을 하는지를 주의 깊게 살피도록 주지시킨다. 실제로 실연할 때는 학생들이 연기보다는 학생들이 연기하면서 문제상황을 올바르게 이해하고 표현할 수 있는 지를 보면서 관찰하는 학생들이 보다 이해하기 쉽게 접근하는 데에 중점을 두어야 하겠다.

활동3 “컴퓨터 동작원리를 알아봅시다.”는 활동2에서 실시한 실제 역할놀이 실연을 바탕으로 학생들이 토의 및 평가를 실시하고 보다 자신의 사고로 일반화시키는 단계라고 할 수가 있다. 학생들이 역할놀이에서 어떤 점을 알았는지 평가를 통해서 형성평가를 실시하며 모둠원끼리 서로 토의하여 보다 사고가 확고하게 만들도록 유도해야 한다. 보충이 필요한 학생은 교사가 순시하면서 설명을 하며 충분히 이해하는 학생은 인터넷 검색을 통해서 보다 많은 사고를 할 수 있도록 심화하는데 유도해야 한다. 교사는 학생들의 창의적인 사고를 존중하며 모둠원이 협의하여 시간에 따라 재연도 할 수 있도록 수업을 운영해야 하겠다.

4.3.3 정리단계

셋째는 정리하는 단계로서 교사는 학생들이 작성한 활동지를 바탕으로 모든 학생들에게 정리하는 의미로 CPU(중앙처리장치), Memory(기억장치), I/O(입·출력장치)를 주지시켜 학습에 도움을 줘야 한다.

4.4 교수·학습 과정안

단 원	컴퓨터의 구조(1/1)		교과서	컴퓨터교과		
본시학습주제	컴퓨터의 동작원리 알기		장소	6학년(컴퓨터실)		
학습목표	컴퓨터의 동작원리를 이해하고 말할 수 있다.					
수업 구성	학습내용 조직	소집단 협동 학습	수준 별 학습	보충 학습	컴퓨터의 구성장치의 기능	
	학습집단 조직	대집단 → 소집단 → 대집단		심화 학습	유한오토마타와 2진법	
학습 자료	교사	학습 활동 순서 안내판, 그림자료, PPT자료		수업 모형	역할 놀이 학습 모형	
	학생	연필, 지우개				
예습과제	컴퓨터의 구조를 알아오기		ICT 활용	도입	전개	정리
				○		○

단 계	학습 과정	교수-학습활동		시 량	자료(○) 및 유의점(☆)
		도움교수활동	체험학습활동		
도 입	동기 유발	<ul style="list-style-type: none"> ● 동기 유발 - 자동판매기의 모습과 컴퓨터의 모습을 보여준다. - 자동판매기는 컴퓨터와 어떤 점이 같은 지, 다른 지를 말하게 한다. ● 공부할 문제 확인 - 학생들이 스스로 공부할 문제를 찾아서 발표하도록 한다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 사진과 사전지식을 바탕으로 차이점과 유사점을 발표한다. - 위의 사진과 선생님의 말씀을 참고하여 공부할 내용을 발표한다. 	5'	○그림자료
	공부할 문제 확인	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">공부할 문제</div>			☆학생들이 스스로 공부할 문제를 찾아 발표할 수 있도록 한다.
	학습 활동 안내	<ul style="list-style-type: none"> - 교사가 제시한 것과 비교하게 한다. ● 학습 활동 알아보기 - 학습할 순서를 안내한다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 공부할 문제를 확인한다. - 학습활동순서를 확인한다. 		
		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">컴퓨터의 동작원리를 이해하고 말해 보자.</div>			
		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">활동1 자동판매기를 알아보시다.</div>			
		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">활동2 컴퓨터가 되어봅시다.</div>			
		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">활동3 컴퓨터의 동작원리를 알아보시다.</div>			

단 계	학습 과정	교수-학습활동		시 량	자료(O) 및 유의점(☆)
		도움교수활동	체험학습활동		
전 개	문제발견 하기	활동1. 자동판매기를 알아봅시다.			
		<ul style="list-style-type: none"> ● 자동판매기 알아보기 - 자동판매기의 특징을 생각하면서 자유롭게 이야기하도록 한다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 자동판매기에 관한 이야기를 자유롭게 이야기한다. - 계산한다. 물건을 준다. 등. - 다양한 대답이 나오도록 한다. 		
	문제상황 알기	<ul style="list-style-type: none"> - 자동판매기도 컴퓨터처럼 작동한다. 돈을 넣으면 액수를 확인한 다음 해당하는 물건이 나온다. 			
	활동2. 컴퓨터가 되어봅시다.				
정 리	참여 자 신청 무대설치 및 관찰자의 준비 실연	<ul style="list-style-type: none"> ● 역할놀이 해보기 - 여러분이 컴퓨터가 된다고 할 때, 컴퓨터 속에는 어떤 부품의 장치들로 구성되어 있을까요? - 그러면, 선생님 몇몇 친구들의 신청을 받아서 준비한 역할극을 보면서 어떤 친구가 어떤 부품의 역할을 하는지 주의 깊게 봅니다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 키보드, 모니터, CPU, 메모리, 램, 하드디스크, 씨디롬. 등. - 등장인물: 키보드, 모니터, CPU, 메모리, 해설, 길동이 - 장소 : 컴퓨터 앞과 안 		<p>O평가지 ☆ 시간을 충분히 주어 학생들이 다양한 생각을 가지고 토의하는 지를 순서를 통해서 확인한다. ☆ 학생들의 창의적인 생각을 존중하며 유도한다.</p>
		활동3. 컴퓨터의 동작원리를 알아봅시다.			
차 시 예 고	학습내용 정리하기 차시 예고	<ul style="list-style-type: none"> ● 컴퓨터의 동작원리 알기 - 학생들이 역할놀이에서 어떤 점을 알았는지 평가지를 통해서 확인 및 평가한다. - 모둠의 활동지를 모둠별로 발표하도록 한다. 	<ul style="list-style-type: none"> - 모둠원들끼리 역할놀이를 보고 토의하며 활동지를 작성한다. - 인터넷을 이용하여 각자 검색한 후 모둠원과 상의후 활동지에 보충, 심화할 수 있도록 한다. - 모둠원이 협의하여 각자가 조사한 내용을 정리 발표한다. 		
		<ul style="list-style-type: none"> ● 정리하기 - 교사와 함께 입력장치, 출력장치, CPU, 메모리의 기능을 정리한다. ● 차시예고 			

본 연구에서는 현재의 컴퓨터 교육에서 컴퓨터의 활용적인 만을 강조한 교육의 문제점을 인식하고 앞으로의 컴퓨터 교육이 컴퓨터의 기본 개념과 원리의 이해를 바탕으로 하는 교육에 접근하고자 하는 데 있다. 그 중에서 컴퓨터의 구조에 바탕을 둔 컴퓨터의 동작원리 학습내용을 현장에서 역할놀이학습을 사용하여 학습지도를 하기 위한 연구를 시도하였다. 컴퓨터 동작원리는 학생들이 직접적으로 이해하는데 어려운 부분이 있을 수 있다. 하지만, 학습자가 직접 참여하여 경험할 수 있는 기회를 제공한다면 학습에 대한 이해도와 학습효과를 한층 높여 효과적인 수업이 될 수가 있을 것이다. 이를 통해서 추후 연구과제로는 연구결과를 교육현장에 적용하고 분석하여 일반화시키는 연구가 있어야 하겠다.

참 고 문 헌

- [1] 이옥화외, 컴퓨터 교육의 이해, 영진출판사, 2000
- [2] 이태욱·김창근, 컴퓨터 교과교육학, 형설출판사, 1998
- [3] 수업모형의 이론과 적용, 서울특별시교육연구원, 1996
- [4] 제7차교육과정 초등학교 교과별 수업모형모음집, 경상남도교육과학연구원, 2002
- [5] Mano, 컴퓨터 시스템구조, 김종상역, 사이텍미디어, 2001
- [6] 컴퓨터구조, 김은태, 대림출판, 1997
- [7] 컴퓨터 작동원리 학습을 위한 시뮬레이션 코스웨어의 설계, 김갑수, 서울교대, 2002
- [8] 21세기 컴퓨터학, 사카무라겐지, 한국트론협회번역, 동방미디어, 2000
- [9] 컴퓨터를 움직이는 6가지 핵심원리, 우메즈 노부유키저, 서주민·나성언편저, 영진출판,