

# 고등학교 정보 교과서에 제시된 기억 장치 영역 내용의 문제점 분석 및 개선 방안

이상욱<sup>†</sup> · 서태원<sup>††</sup>

## 요 약

고등학교 정보 과목의 주요한 교육 목표는 컴퓨터 과학에 대한 올바른 지식 습득 및 활용을 통한 창의적인 문제 해결력 향상에 있다. 이러한 교육 목표를 달성하기 위해서는 무엇보다도 정보 교과서의 내용이 정확하고 적절해야 한다. 그러나 현재의 정보 교과서에는 주기억 장치와 가상 메모리 관련 내용 중 정확성이 결여된 설명이 포함되어 있다. 교과서는 주기억 장치를 RAM과 ROM으로 분류하고 있으며, 가상 메모리를 주기억 장치보다 큰 프로그램을 실행하기 위해 보조기억 장치의 일부를 주기억 장치로 사용하는 것으로 설명하고 있다. 본 연구에서는 미국 대부분의 대학에서 교재로 사용되고 있는 컴퓨터 전문 서적과의 비교 분석을 통하여 정보 교과서에 존재하는 오류의 원인을 분석하고 개선 방안을 제시하고자 하였다. 연구 결과, 주기억 장치의 종류로 ROM을 포함시키는 것은 적절하지 않다는 것을 메모리 계층 구조를 통하여 보여주었다. 가상 메모리는 프로그래머의 편의를 위해 시스템이 제공하는 기술로 이를 통해 운영체제는 프로그램의 실행에 필요한 부분만을 보조기억 장치로부터 주기억 장치에 적재한다. 현재의 컴퓨터 시스템에서는 가상 메모리를 사용하는 장점으로 주기억 장치보다 큰 프로그램을 실행할 수 있다는 점보다 다수의 프로그램이 주기억 장치를 공유하여 멀티태스킹을 효과적으로 지원한다는 점이 부각되어야 한다. 또한 가상 메모리는 고등학생의 인지 발달 수준에서 이해하기에는 복잡하고 어려운 개념이기 때문에 고등학교 교육과정에서는 다루지 않는 것이 바람직하다고 제안하였다.

**주제어** : 고등학교 정보 교과서, 주기억 장치, 보조기억 장치, 메모리 계층 구조, RAM, ROM, 가상 메모리, 스왑 스페이스

## Problem Analysis and Recommendations of Memory Contents in High School Informatics Textbooks

Sangwook Lee<sup>†</sup> · Taeweon Suh<sup>††</sup>

## ABSTRACT

One of the major goals in high school Informatics is for students to develop creative problem-solving abilities based on knowledge on computer science. Thus, the contents of the textbooks should be accurate and appropriate. However, we discovered that the current Informatics textbooks contain the untrue and/or inappropriate descriptions of main memory and virtual memory. The textbooks describe that main memory is composed of RAM and ROM. The virtual memory is described as a technique in which a part of the secondary storage is utilized as main memory to execute an application of which size is larger than that of main memory. In this study, we attempted to uncover the root causes of the fallacies, and suggest the accurate explanations by comparing with renowned books adopted in most schools worldwide including USA. Our study reveals that it is inappropriate to include ROM in main memory from the memory hierarchy perspective. Virtual memory is a technique that provides convenience to programmers, through which an operating system loads the necessary portion of a program from secondary storage to main memory. As for the advantages of virtual memory in the current computer systems, the focus should be on providing the effective multitasking capability, rather than on executing a larger program than the size of main memory. We suggest that it is inappropriate to exclude virtual memory in textbooks considering its complexity.

**Keywords** : High School Informatics Textbook, Main Memory, Secondary Storage, Memory Hierarchy, RAM, ROM, Virtual Memory, Swap space

<sup>†</sup> 정 회 원: 고려대학교 컴퓨터교육과 석사과정  
<sup>††</sup> 종신회원: 고려대학교 컴퓨터교육과 교수(교신저자)  
 논문접수: 2012년 03월 06일, 심사완료: 2012년 05월 10일, 게재확정: 2012년 05월 26일  
 \* 본 논문은 2012학년도 고려대학교 사범대학 특별연구비 지원을 받아 수행되었음

## 1. 서론

컴퓨터 관련 과목은 1971년 문교부령 제286호 ‘실업계 고등학교 교육과정’에 의해 전자계산일반의 4개 과목이 처음 도입되었다. 일반계 고등학교에서는 1988년 문교부 고시 제88-7호 ‘고등학교 교육과정’에 의해 정보산업 과목이 도입되었으며, 중학교에서는 1992년 교육부 고시 제1992-11호 ‘중학교 교육과정’에 의해 컴퓨터 과목이 도입되었다.

이후 시행된 제7차 교육과정에서 중학교와 일반계 고등학교 컴퓨터 관련 과목은 이전 교육과정에 존재하던 컴퓨터의 원리와 프로그래밍 등과 같은 정보 처리 기술에 대한 내용이 배제되고, 컴퓨터를 도구적으로 활용하기 위한 응용 소프트웨어의 사용 방법 위주로 내용이 구성되었다. 그리고 2007년 개정 교육과정에서는 지식·정보 사회를 올바르게 이해하고, 컴퓨터 과학과 기술에 대한 올바른 지식 습득 및 활용을 통하여 창의적인 문제 해결력을 향상시키기 위한 과목으로 그 성격이 변하였다. 즉, 정보처리의 기본 원리와 올바른 정보 활용 지식을 습득하여 실생활에서 일어나는 문제를 창의적이고 능동적인 방법으로 해결할 수 있는 능력과 태도를 기를 수 있는 교육 체계를 마련하였다[1][2].

이러한 정보 과목의 교육 목표를 달성하기 위해서는 학습내용을 구조화시키고 학습과제를 제시하는 역할을 가진 교과서의 내용이 정확성과 적절성을 갖추어야 한다. 그러나 고등학교 정보 교과서[3][4][5][6][7]의 기억 장치 관련 내용 중에는 컴퓨터 과학 분야의 전문 지식을 정확하게 전달하지 못하거나 현재의 컴퓨터 시스템을 적절하게 반영하지 못하는 부분이 발견된다. 정보 교과서에서는 주기억 장치를 실행 중인 프로그램과 데이터를 일시적으로 저장하는 장치이며 종류는 RAM과 ROM이 있다고 설명하고 있다. 또한 가상 메모리를 주기억 장치보다 큰 프로그램을 실행하기 위해 보조기억 장치의 일부를 주기억 장치로 사용하는 것으로 설명하고 있다. 하지만 주기억 장치의 종류와 가상 메모리의 개념에 대한 교과서의 설명은 컴퓨터 과학적 관점에서 보았을 때 정확성이 결여되어 있다. 본 연구에서는 미국

대부분의 대학에서 사용되고 있는 컴퓨터 구조 과목의 전공 교재를 포함하여 5종의 컴퓨터 전문 서적[8][9][10][11][12]과 우리나라 고등학교 정보 교과서의 내용을 비교 분석하여 교과서에 존재하는 오류와 그 원인을 파악하고 향후 정보 교과서의 개선 방안을 제시하고자 한다.

## 2. 관련 연구

진영학[13]은 2007년 개정 교육과정에 의해 개발된 중학교 정보 교과서를 비교 분석하고 이를 토대로 교과서의 개선 방안을 제시하였다. 분석의 기준으로 체제와 내용의 두 가지 준거를 마련하였으며 내용 분석법(content analysis)을 통해 분석 대상 교과서들의 주요 항목과 개념들을 비교하였다. 분석 결과, 교과서 체제는 전체 구성, 영역별 비중, 내용 전개 구조, 평가 유형에서 차이를 보였으며 교과서 내용은 각 교과서가 다루는 개념, 프로그래밍 언어의 종류에서 차이를 보였다. 분석 결과를 토대로 전체 구성, 학습 목표, 내용 전개, 평가 문항, 용어 사용, 주요 개념 등과 관련된 정보 교과서 개선 방안을 제시하였다.

김자미[14]는 2007년 개정 교육과정을 기초로 구성된 중학교 정보 교과서의 정보기기 영역에 대한 탐구적 경향을 분석하였으며 연구 결과를 토대로 다음과 같이 두 가지의 시사점을 제시하였다. 첫째, 학습은 학생들의 동기와 교사의 지식에 대한 전문성이 상호작용할 때 효과를 극대화할 수 있기 때문에 교과 내용의 중요도와 학생들의 학습활동과의 조화를 고려해야 한다. 둘째, 정보 교과가 다른 교과들의 지식과 융합하여 시너지 효과를 낼 수 있도록 하는데 기여하는 기초 교과이기 때문에 단순 암기 위주의 지식보다는 성찰을 제공해줄 수 있는 탐구적 경향의 내용으로 구성될 필요가 있다.

본 연구는 2007년 개정 교육과정에 의해 구성된 교과서를 분석하고 개선 방안을 제시한다는 점에서 진영학과 김자미의 연구와 공통점이 있다. 그러나 고등학교 정보 교과서가 연구의 대상이라는 점과 체제나 내용의 일관성에 대한 분석이 아니라 교과 내용의 오류를 찾아 그 원인을 분석하고 바른 내용을 제시한다는 점에서 차이가 있다.

### 3. 주기억 장치

#### 3.1 정보 교과서의 주기억 장치

5종의 정보 교과서에 실린 주기억 장치 관련 내용은 <표 1>과 같다. 정보 교과서에서 설명하고 있는 주기억 장치의 특징을 정리해보면 다음과 같이 네 가지로 요약할 수 있다. 첫째, 실행 중인 프로그램과 필요한 데이터를 저장한다. 둘째, 프로그램과 데이터를 일시적으로 저장한다. 셋째, CPU가 직접 접근하여 데이터를 처리하는 기억 장치이다. 넷째, ROM과 RAM으로 구분되는 기억 장치이다.

#### 3.2 컴퓨터 전문 서적의 주기억 장치

5종의 컴퓨터 전문 서적에 실린 주기억 장치 관련 내용은 <표 2>와 같다. 컴퓨터 전문 서적에서 설명하고 있는 주기억 장치의 특징을 정리해보면 다음과 같이 네 가지로 요약할 수 있다. 첫째, 컴퓨터가 작동 중 프로그램과 데이터를 저장한다. 둘째, 휘발성 기억 장치이다. 셋째, 비교적 크고 빠른 기억 장치이다. 넷째, RAM으로 구현되는 기억 장치이다.

#### 3.3 비교 분석

정보 교과서와 컴퓨터 전문 서적에서 다루고 있는 주기억 장치에 대한 설명 중 유의미한 특징들을 요약정리하면 다음과 같다.

- 일시적 기억 장치
- 휘발성 기억 장치
- 빠른 기억 장치

일시적 기억 장치란 실행 중인 프로그램과 그 프로그램이 필요로 하는 데이터를 임시로 저장하는 장치를 의미하고, 휘발성 기억 장치란 전원이 공급되지 않으면 저장된 데이터가 사라지는 장치를 의미하며, 빠른 기억 장치란 메모리 계층 구조에서 주기억 장치의 하위에 존재하는 계층보다 빠른 장치를 의미한다.

교과서와 전문 서적의 주기억 장치에 대한 설명 중 흥미로운 점은 주기억 장치의 종류와 관련된 내용이 서로 다르다는 것이다. 모든 고등학교 정보 교과서에서 주기억 장치의 종류로 RAM과 ROM을 언급하고 있지만 대부분의 주요 컴퓨터 전문 서적에서는 주기억 장치에 ROM을 포함시키지 않고 있으며, 주기억 장치를 구현하는 메모리로 RAM만 언급하고 있다. Mano[10]는 ROM을 주기억 장치의 일부로 보긴 했지만 다른 전문 서적에서는 찾아볼 수 없는 내용이다.

ROM이 주기억 장치에 포함된 원인을 분석하기

<표 1> 정보 교과서의 주기억 장치 관련 내용

정보 교과서	주기억 장치
미래엔 정보 [이원규 2011]	• 주기억 장치는 프로그램 실행에 필요한 자료가 저장되는 장치로, 램과 롬이 있다.
삼양미디어 정보 [김석우 2011]	• 주기억 장치는 실행 중인 프로그램과 그 프로그램이 필요로 하는 데이터를 일시적으로 저장하는 역할을 하며, 램과 롬으로 구분된다.
천재교육 정보 [김현철 2011]	• 주기억 장치는 중앙 처리 장치에 의하여 처리되는 명령어와 데이터를 저장하는 장치이다. 보조 기억 장치에 저장된 데이터나 프로그램은 주기억 장치로 옮겨진 후 중앙 처리 장치에 의하여 실행된다. 주기억 장치는 롬(ROM)과 램(RAM)으로 구분하며 주로 컴퓨터 시스템 내부에 장착되어 사용한다.
천재교육 정보 [정관용 2011]	• 주기억 장치(Main Memory)는 실행 중인 프로그램과 이 프로그램에서 사용되는 자료들을 저장하는 장치로, ROM(Read Only Memory)과 RAM(Random Access memory)이 있다.
형설출판사 정보 [이태욱 2011]	• 주기억 장치(main memory unit)는 현재 실행하는 프로그램들과 사용할 데이터들을 저장하고 있으며, CPU가 직접 접근하여 데이터를 처리할 수 있는 기억 장치를 말한다. 주기억 장치의 종류는 롬(ROM)과 램(RAM)이 있다.

<표 2> 컴퓨터 전문 서적의 주기억 장치 관련 내용

컴퓨터 전문 서적	주기억 장치
Computer Architecture and Organization [Hayes 1978]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Main memory</i> (also called primary memory). This is a relatively large fast memory used for program and data storage during computer operation. It is characterized by the fact that locations in main memory can be directly accessed by the CPU instruction set. The principal technologies used for main memory are semiconductor integrated circuits (ICs) and ferrite cores.</li> </ul>
Computer Architecture and Parallel Processing [Hwang 1984]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memories in a hierarchy can be classified on the basis of several attributes. One common attribute is the accessing method, which divides the memories into three basic classes: <i>random-access memory</i> (RAM), <i>sequential-access memory</i> (SAM), and <i>direct-access storage devices</i> (DASDs).</li> <li>• On the basis of access time, memory can be further classified into primary memory and secondary memory. Primary memory is made of RAMs and secondary memories are made of DASDs and optional SAMs. In characterizing the access times of memories in the hierarchy we will concentrate on RAMs and DASDs.</li> </ul>
Computer System Architecture [Mano 1993]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• The main memory is the central storage unit in a computer system. It is a relatively large and fast memory used to store programs and data during the computer operation.</li> <li>• Most of the main memory in a general-purpose computer is made up of RAM integrated circuit chips, but a portion of the memory may be constructed with ROM chips.</li> </ul>
Computer Organization and Design [Patterson 2008]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• To distinguish between the volatile memory used to hold data and programs while they are running and this nonvolatile memory used to store data and programs between runs, the term <b>main memory</b> or <b>primary memory</b> is used for the former, and <b>secondary memory</b> for the latter. DRAMs have dominated main memory since 1975, but <b>magnetic disks</b> have dominated secondary memory since 1965.</li> </ul>
Operating System Concepts [Silberschatz 2010]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• The CPU can load instructions only from memory, so any programs to run must be stored there. General-purpose computers run most of their programs from rewriteable memory, called main memory (also called random-access memory or <b>RAM</b>). Main memory commonly is implemented in a semiconductor technology called dynamic random-access memory (DRAM).</li> </ul>

위해서는 컴퓨터 시스템에서 ROM의 기능에 대하여 이해할 필요가 있다. ROM이 컴퓨터 시스템에서 갖는 두 가지 중요한 기능은 다음과 같다.

첫째, ROM은 컴퓨터 시스템의 점검 및 초기화를 수행한다. 즉 CPU는 전원이 들어오면 시스템에 대한 검사와 초기화를 수행하기 위해서 ROM에 있는 명령어를 읽어 시스템에 장착되어 있는 주변장치의 종류 등을 검출하고 초기화 한다. 초기화의 마지막 과정은 운영체제에게 시스템 제어권을 넘겨주는 것이다. 이러한 초기 명령어들은 전원이 꺼지더라도 보존되어야 하기 때문에 ROM에 저장되어 있다.

둘째, ROM은 컴퓨터 시스템의 기본 입출력을 담당한다. 동일한 역할을 하는 하드웨어라도 제조

사와 모델별로 기능의 구현 방식이 다를 수 있으며, 이것은 하드웨어를 제어하는 방법이 다르다는 것을 의미한다. 이런 경우 응용 프로그램은 서로 다른 하드웨어를 제어하기 위해서 각각의 하드웨어에 적합한 입출력 명령어들을 포함하고 있어야 한다. 하지만 ROM에 저장된 BIOS 프로그램이 하드웨어 제어에 대한 추상화 계층을 제공하기 때문에 다양한 하드웨어를 사용하더라도 기본적인 입출력 호환성을 유지할 수 있게 된다.

과거 초기의 컴퓨터 시스템에서는 시스템 초기화와 기본 입출력 기능은 물론 (일부의 컴퓨터에서는 당시의 간단한) 운영체제의 커널까지 ROM에 적재되었기 때문에 ROM은 RAM과 함께 주요한 메모리로 인식되었을 것이다[18]. 이러한 이유

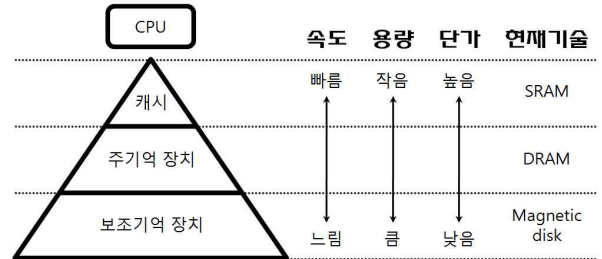
<표 3> 컴퓨터 모델에 따른 메모리 용량

컴퓨터 메모리	Apple II (1977년)	IBM 5150 (1981년)	Commodore 64 (1982년)	NeXTcube (1990년)
RAM	4KB	256KB	64KB	64MB
ROM	8KB	64KB	20KB	128KB

로 인해 과거에 출시된 컴퓨터에서는 ROM의 용량이 <표 3>과 같이 RAM과 비슷하였으며 비교적 초기의 컴퓨터 서적인 Mano[10]는 주기억 장치의 종류에 ROM을 포함시킨 것으로 판단된다. Mano의 저서들이 1980년대와 1990년대 우리나라 대학 교재로 많이 사용된 점을 고려하면 고등학교 정보 교과서를 비롯한 각종 컴퓨터 관련 서적의 저자들이 Mano의 영향을 받아 주기억 장치의 종류에 ROM을 포함시킨 것으로 추정된다.

하지만, 대부분의 컴퓨터 전문 서적에서는 주기억 장치의 종류에 ROM을 포함시키지 않고 있다. 그 이유를 알기 위해서는 주기억 장치의 정확한 개념에 대해서 이해할 필요가 있다. 컴퓨터 전문 서적에서는 주기억 장치라는 용어를 메모리 계층 구조 내에서 정의하고 설명한다. 메모리 계층 구조란 기술과 비용의 문제로 인해 현실적으로 구현하기 힘든, 고속이며 대용량인 메모리가 컴퓨터

시스템 내에 존재하는 것과 같은 효과를 낼 수 있도록 <그림 1>과 같이 메모리를 계층적으로 구성한 것을 말한다.



<그림 1> 컴퓨터 메모리 계층 구조

메모리 계층 구조에서 설명하고 있는 주기억 장치란, CPU와 보조기억 장치 간의 속도 차이를 극복하기 위해 보조기억 장치의 상위에 위치한 고속의 메모리이며 현재의 기술로는 휘발성 메모리인 DRAM으로 구현되는 기억 장치이다. 즉 현재 컴퓨터 시스템에서 보조기억 장치로 사용하는 하드디스크는 가격 면에서 싸고 많은 용량의 데이터를 저장할 수 있지만 속도가 너무 느리다는 단점이 있다. 따라서 하드디스크에서 필요한 부분을 주기억 장치인 RAM으로 옮겨 놓고 실행을 한다. RAM은 가격 면에서 하드디스크에 비해 비싸

<표 4> 일본 정보 교과서의 주기억 장치 관련 내용

정보 교과서	주기억 장치
実教出版 情報 [岡本敏雄 2004]	<ul style="list-style-type: none"> <li>データやプログラムなどを記憶する装置。演算のさいに直接データを保存する主記憶装置(メモリ)と大容量のデータを保存する補助記憶装置がある。(데이터나 프로그램 등을 저장하는 장치. 연산 시 직접 데이터를 저장하는 주기억 장치(메모리)와 대용량의 데이터를 저장하는 보조 기억 장치가 있다.)</li> <li>主記憶装置には、プログラムやデータなどが保存されている。また、CPUには高速にデータや命令を一時的に保存するレジスタという記憶領域があり、主記憶装置とレジスタの間で、データや命令のやりとりを行いプログラムを実行する。(주기억 장치에는 프로그램과 데이터 등이 저장되어 있다. 또한, CPU에는 고속으로 데이터나 명령어를 일시적으로 저장하는 레지스터라고 하는 저장 영역이 있어, 주기억장치와 레지스터 간에 데이터 또는 명령을 주고받는 프로그램을 실행한다.)</li> </ul>
開隆堂 情報 [中村祐治 2005]	<ul style="list-style-type: none"> <li>データの処理を行う際に、CPUが直接読み書きするために利用する記憶装置。電氣的に記録を行うため動作が高速であるが、電源を切ると内容が失われてしまう。主記憶装置とも呼ばれる。(데이터 처리를 수행할 때 CPU가 직접 읽고 쓰는 데 사용하는 저장 장치. 전기적으로 기록을 하기 때문에 고속으로 동작하지만, 전원을 끄면 내용이 손실되어 버린다. 주기억 장치라고도 불린다.)</li> </ul>
第一学習社 情報 [山口和紀 2006]	<ul style="list-style-type: none"> <li>実行中のプログラムやデータが記憶される場所で、動作は速いが、電源を切ると記憶内容が消えてしまう。その記憶素子として、RAMなどの半導体メモリを使ったメモリボードを用いる。(실행중인 프로그램이나 데이터가 기억되는 장소, 동작은 빠르지만 전원을 끄면 기억된 내용이 사라진다. 그 기억 소자로서 RAM 등의 반도체 메모리를 사용한 메모리 보드를 이용한다.)</li> </ul>

지만 상대적으로 빠르게 접근할 수 있다. 마찬가지로 이유로 메모리 계층 구조에 캐시가 존재한다.

### 3.4 개선 방안

주기억 장치는 실행 중인 프로그램과 실행에 필요한 데이터를 일시적으로 저장하는 기억 장치이다. 메모리의 종류에는 RAM과 ROM이 있으며 현재의 컴퓨터 시스템에서 주기억 장치의 구현은 RAM만으로 이루어진다. ROM은 시스템 초기화 및 기본 입출력 시스템을 구현하는데 사용된다. 정보 교과서를 비롯한 우리나라의 각종 컴퓨터 관련 서적에서 주기억 장치의 종류에 ROM을 포함하고 있다. 그 원인은 초기 컴퓨터 시스템에서 용량 및 역할 면에서 RAM과 함께 주요 메모리로 인식된 ROM을 주기억 장치의 종류에 포함시킨 Mano의 영향을 받은 것으로 판단된다. 그러나 하드웨어와 소프트웨어 기술의 발전으로 인해 ROM

BIOS의 기능들이 상대적으로 약화되고 컴퓨터 시스템의 관리를 거대해진 운영체제가 담당하게 된 현재의 컴퓨터 시스템에서 ROM이 차지하는 비중은 과거와 같지 않다. 무엇보다도 많은 컴퓨터 전문 서적을 비롯해서 현재 미국은 물론 전 세계 대부분의 대학에서 컴퓨터 구조 과목 교재로 채택되고 있는 Patterson[11]에서도 주기억 장치와 ROM과의 관계를 다루고 있지 않다. 메모리 계층 구조 내에서 정의되고 설명되어지는 주기억 장치를 현재의 반도체 기술로는 RAM으로 구현하고 있기 때문에 주기억 장치의 종류에 ROM을 포함하는 것은 바람직하지 않다. ROM은 시스템 초기화 등을 위해 CPU가 접근할 수 있는 비휘발성 기억 장치의 한 종류로 설명해야 한다.

<표 4>는 일본 문부과학성이 검정한 고등학교 情報 교과서[15][16][17]에 제시된 주기억 장치 관련 내용이다. <표 4>의 情報 교과서에서는 주기

<표 5> 정보 교과서의 가상 메모리 관련 내용

정보 교과서	가상 메모리
미래엔 정보 [이원규 2011]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 주기억 장치를 사용할 때 여러 개의 프로그램을 실행시키거나 실행할 프로그램의 용량이 매우 클 경우 주기억 장치에 필요한 데이터를 모두 올릴 수 없어 프로그램을 실행시킬 수 없는 경우가 발생한다. 이러한 문제점을 해결하는 방법에는 주기억 장치의 용량을 늘리는 방법과 가상기억 장치를 사용하는 방법이 있다.</li> <li>• 가상기억 장치는 주기억 장치의 용량에 제한을 받지 않도록 보조 기억 장치의 일부를 주기억 장치처럼 사용한다.</li> </ul>
삼양미디어 정보 [김석우 2011]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 가상 기억 장치란 보조 기억 장치의 일부를 주기억 장치처럼 사용하는 것으로, 주기억 장치의 용량보다 큰 프로그램을 실행하기 위해 사용한다. 주기억 장치의 용량보다 큰 프로그램을 실행하기 위해 프로그램을 여러 개의 작은 페이지(블록 단위)로 나누어서 가상 기억 공간에 보관해 놓고, 실행에 필요한 페이지(블록)만 주기억 장치에 가져와서 처리하는 방법이다.</li> </ul>
천재교육 정보 [김현철 2011]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 보조 기억 장치에 저장된 데이터나 프로그램은 주기억 장치로 옮겨진 후 처리된다. 이때 남아 있는 주기억 장치의 용량이 매우 작아서 하나의 프로그램을 저장할 수 없는 경우에는 이를 해결할 방법으로 가상 메모리(virtual memory)라는 기억 장치 관리 기법을 사용하기도 한다. 가상 메모리는 물리적으로 제한된 주기억 장치를 논리적으로 확장하여 제공하는 기법으로 프로세서의 실행에 필요한 부분은 주기억 장치에 저장하고, 나머지는 보조 기억 장치에 대기시킴으로써 기억 장치를 효율적으로 사용할 수 있게 한다.</li> </ul>
천재교육 정보 [정관용 2011]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 컴퓨터 시스템에서 실행하는 프로그램들의 양이 많아지면 주기억 장치 내에 모두 저장할 수 없게 된다. 이때 보조 기억 장치 내에 가상 기억 장치(Virtual Memory)를 만들어서 프로그램들을 기억시켜 두고 이 영역을 마치 주기억 장치처럼 사용한다. 이 방법으로 주기억 장치의 물리적인 용량과는 관계없이 프로그램을 동작시킬 수 있다.</li> </ul>
형설출판사 정보 [이태욱 2011]	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 실행을 위해 적재되어야 할 프로그램이 주기억 장치의 공간보다 클 때 이를 해결하기 위해 운영 체제는 용량이 큰 하드디스크의 일부 공간을 마치 주기억 장치처럼 사용할 수 있도록 만들어 주는데, 이 공간을 가상 기억 장치(virtual memory)라 한다.</li> </ul>

<표 6> 컴퓨터 전문 서적의 가상 메모리 관련 내용

컴퓨터 전문 서적	가상 메모리
Computer Architecture and Organization [Hayes 1978]	<ul style="list-style-type: none"> <li>The programmer's task is greatly simplified if he can view the computer as having a single addressable memory of essentially unlimited size to which he alone has access. This is the <i>virtual-memory</i> concept, which is considered an attribute of third-generation computers, even though it originated with the one-level-store concept implemented in the Manchester University machines of the late 1940s. To understand virtual-memory systems, we must distinguish between the set of (symbolic) addresses appearing in a program, called the <i>logical address space</i> L, and the set of actual addresses in memory, called the <i>physical address space</i> P. L may be larger than the P—hence the term virtual.</li> </ul>
Computer Architecture and Parallel Processing [Hwang 1984]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Virtual memory gives programmers the illusion that there is a very large memory at their disposal, whereas the actual (physical) memory available may be small. This illusion can be accomplished by allowing the programmer to operate in the name space while the architecture provides a mechanism for translating the program-generated (virtual) addresses (during execution) into the memory-location addresses.</li> </ul>
Computer System Architecture [Mano 1993]	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>Virtual memory</i> is a concept used in some large computer systems that permit the user to construct programs as though a large memory space were available, equal to the totality of auxiliary memory.</li> </ul>
Computer Organization and Design [Patterson 2008]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Similarly, the main memory can act as a “cache” for the secondary storage, usually implemented with magnetic disks. This technique is called <b>virtual memory</b>. Historically, there were two major motivations for virtual memory: to allow efficient and safe sharing of memory among multiple programs, and to remove the programming burdens of a small, limited amount of main memory.</li> </ul>
Operating System Concepts [Silberschatz 2010]	<ul style="list-style-type: none"> <li>Virtual memory is a technique that allows the execution of processes that are not completely in memory.</li> <li>Virtual memory also allows processes to share files easily and to implement shared memory.</li> <li>Virtual memory is not easy to implement, however, and may substantially decrease performance if it is used carelessly.</li> </ul>

억 장치의 종류로 ROM을 언급하고 있지 않다. 이것은 일본의 고등학교 情報 교과서들의 주기억 장치에 대한 내용이 본 연구에서 제안하는 개선 방안과 일치함을 나타낸다.

## 4. 가상 메모리

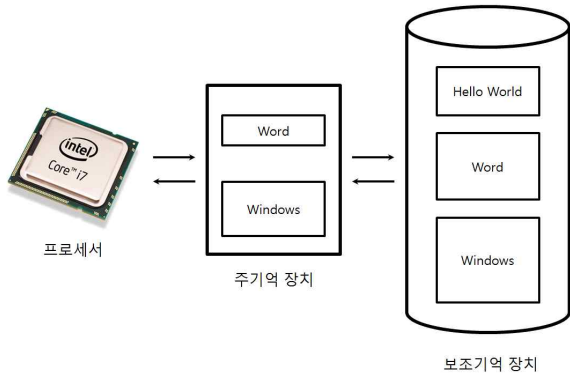
### 4.1 정보 교과서의 가상 메모리

5종의 정보 교과서에 실린 가상 메모리 관련 내용은 <표 5>와 같다. 정보 교과서에서는 가상 메모리의 개념을 주기억 장치의 용량보다 큰 프로그램을 실행하기 위해 보조기억 장치의 일부를 주기억 장치처럼 사용하는 것으로 설명하고 있다.

### 4.2 컴퓨터 전문 서적의 가상 메모리

5종의 컴퓨터 전문 서적에 실린 가상 메모리 관련 내용은 <표 6>와 같다. 컴퓨터 전문 서적에서는 가상 메모리 개념을 여러 프로그램들이 주기억 장치를 공유하거나, 하나의 프로그램이 주기억 장치보다 큰 경우 주기억 장치의 용량에 대한 제약 없이 각 프로그램이 독립적으로 사용하는 가상의 주소 공간으로 설명하고 있다. 따라서 가상 메모리는 멀티태스킹과 대용량 프로그램을 지원하기 위한 개념으로 볼 수 있다.

Patterson[11]은 주기억 장치를 보조기억 장치의 캐시로 사용할 수 있도록 하는 기술을 가상 메모리라고 하였다. 주기억 장치를 보조기억 장치



<그림 2> 보조기억 장치의 캐시로 사용되는 주기억 장치

의 캐시로 사용한다는 것은 <그림 2>와 같이 보조기억 장치에 저장된 프로그램 중에서 최근에 실행된 부분만 주기억 장치에 적재한다는 것을 의미한다. 적재 및 교체 시에는 현재 일반적으로 4KB 크기의 페이지 단위로 이동하여 프로그램의 공간 지역성(spatial locality)을 활용한다. 프로그램의 수행에 필요한 부분만을 주기억 장치에 적재하기 때문에 결과적으로 주기억 장치가 수용할 수 없는 크기의 프로그램도 실행 할 수 있다. 또한 이로 인해 여러 프로그램들이 동시에 주기억 장치에 적재될 수 있어 CPU가 멀티태스킹을 효과적으로 할 수 있도록 해준다.

### 4.3 비교 분석

정보 교과서에서 설명하고 있는 가상 메모리 개념과 컴퓨터 전문 서적에서 설명하고 있는 가상 메모리 개념을 비교했을 때, 주기억 장치의 용량보다 큰 프로그램을 실행하기 위해 가상 메모리를 사용한다는 교과서의 내용은 전문 서적에서 설명하고 있는 가상 메모리를 사용하는 두 가지 이유 중 하나에 해당된다. 하지만 보조기억 장치의 일부를 주기억 장치처럼 사용한다는 교과서의 내용은 적절하지 않으며 이는 또한 주기억 장치의 주소 공간이 확장된 것 같은 오해를 야기할 수 있다.

교과서에 실린 가상 메모리에 대한 설명의 적절성을 판단하기 위해서 가상 메모리에 대한 정확한 개념을 알아볼 필요가 있다. 전문 서적에서 설명하는 가상 메모리는 주기억 장치를 보조기억

장치의 캐시처럼 사용하여 다수의 프로그램이 주기억 장치를 효과적으로 공유할 수 있게 하고 주기억 장치보다 더 큰 프로그램을 실행할 수 있게 하는 기법이다. 가상 메모리의 크기는 CPU에서 보내는 주소의 크기에 따라 결정된다. 펜티엄 프로세서의 경우 32비트의 주소가 생성되어 4GB로 제한되며, 코어i7과 같은 CPU는 48비트의 주소가 생성되어 256TB의 가상공간을 가질 수 있다. 가상 메모리는 CPU에서 수행되는 프로세스가 독립적으로 사용하는 가상의 주소 공간을 의미한다. 가상 메모리에서 사용되는 주요한 용어들을 정리해 보면 <표 7>과 같다.

<표 7> 가상 메모리 관련 용어

용어	설명
가상 주소	• 가상 메모리내의 위치를 나타내는 주소
물리 주소	• 주기억 장치내의 위치를 나타내는 주소
페이지	• 가상 메모리를 일정한 크기로 나눈 블록 • 프로그램이나 데이터의 적재 단위
페이지 테이블	• 가상 주소와 물리 주소간의 변환 정보 • 운영체제가 주기억 장치에 생성
스왑 스페이스	• 프로세스의 모든 페이지를 위한 공간 • 운영체제가 보조기억 장치에 생성
TLB	• Translation Lookaside Buffer • 프로세서 내부에 있는 페이지 테이블 캐시

가상 메모리를 사용하는 두 가지 중요한 이유는 제한된 크기의 주기억 장치에서 프로그래밍하는 제약을 제거하고, 멀티태스킹을 위해 다수의 프로그램이 효과적으로 주기억장치를 공유하도록 하기 위해서이다. 하지만 현재의 컴퓨터 시스템에서는 가상 메모리의 장점으로 첫 번째 이유보다 두 번째 이유가 더욱 설득력이 있다. 왜냐하면 최근에는 메모리 기술의 발달로 대용량(예를 들면, 2GB)의 주기억 장치가 대부분의 컴퓨터에 장착되어 있으며 단일 프로그램의 크기가 주기억 장치 용량보다 큰 경우는 극히 제한적이기 때문이다.

또한 가상 메모리의 크기가 주기억 장치의 크기보다 작은 경우도 존재한다[19]. 1995년 Intel의 펜티엄프로 프로세서부터 구현된 물리 주소 확장(PAE: Physical Address Extension)은 물리 주소



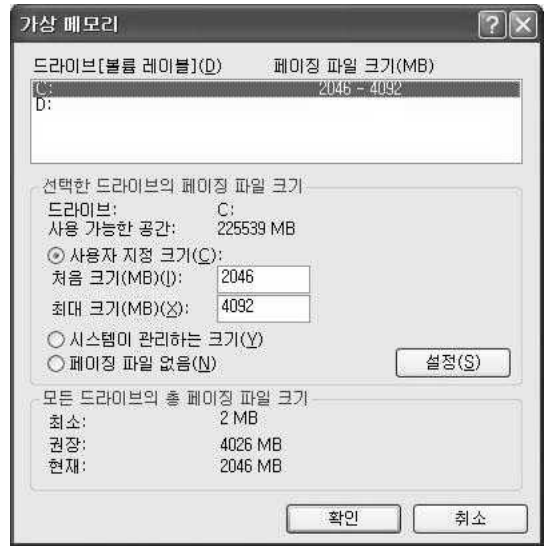
라인을 늘림으로써 사용 가능한 주기억 장치의 용량을 증가시키는 것을 말한다. 즉 물리 주소를 생성하는 라인을 32비트에서 36비트로 확장하여 최대 64GB의 주기억 장치를 사용할 수 있도록 하였다. 그러나 CPU 코어에 의해 생성되는 가상 주소의 크기는 32비트로 변함이 없었기 때문에 가상 메모리의 최대 크기는 여전히 4GB로 제한된다. 운영체제는 4GB의 가상 주소를 64GB의 물리 주소로 변환하기 위해 페이지 테이블을 구성하여 사용하게 된다.

#### 4.4 개선 방안

가상 메모리를 사용했을 때 얻을 수 있는 장점 중의 하나는 주기억 장치의 용량보다 큰 프로그램을 실행할 수도 있다는 것이다. 하지만 메모리 기술의 발달 및 물리 주소 확장 등으로 현재의 컴퓨터 시스템에는 대용량의 메모리가 대부분 장착되어 있다. 따라서 가상 메모리가 제공하는 주된 장점으로, 주기억 장치보다 큰 프로그램을 실행할 수 있다는 점보다 멀티태스킹을 위해 다수의 프로그램이 효과적으로 주기억 장치를 공유할 수 있도록 한다는 점을 더 강조해야 한다.

교과서의 가상 메모리에 대한 설명 중 보조기억 장치의 일부를 주기억 장치로 사용한다는 내용은 운영체제가 프로세스(프로그램)를 시작할 때 프로세스의 모든 페이지를 위해 보조기억 장치에 생성하는 스왑 스페이스(swap space)에 대한 내용으로 볼 수 있다. 스왑 스페이스는 가상 메모리를 구현하는 하나의 효과적인 방법이지만 가상 메모리와 동일한 개념은 아니다. 스왑 스페이스를 가상 메모리로 잘못 표현한 원인은 <그림 3>과 같이 마이크로소프트의 윈도우 운영체제에서 스왑 스페이스를 표현하는 용어로 가상 메모리를 사용하기 때문으로 추정된다.

가상 메모리는 주기억 장치를 보조기억 장치의 개시로 활용하여 멀티태스킹을 효과적으로 지원하는 기법이다. 그러나 가상 메모리를 정확하게 이해하기 위해서는 가상 주소, 페이지, 스왑 스페이스, TLB 등과 같은 복잡하고 어려운 개념들에 대한 이해가 선행되어야 한다. 이러한 개념들을 고등학생의 인지 발달 수준에서 이해하고 숙지하



<그림 3> 윈도우의 스왑 스페이스 설정 화면

기에는 많은 시간과 노력이 필요하므로 고등학교 교육과정에서는 가상 메모리에 대한 내용을 다루지 않는 것이 바람직하다고 판단된다. <표 4>에 있는 일본의 고등학교 情報 교과서에도 가상 메모리 관련 내용이 없다는 사실은 본 연구의 이러한 제안이 타당성을 갖고 있음을 뒷받침한다.

### 5. 결론

교과의 교육 목표를 달성하기 위해서는 교과서의 역할이 무엇보다 중요하다. 그러나 현재 고등학교 정보 교과서의 기억 장치 관련 내용 중에는 정확성과 적절성이 결여된 설명이 포함되어 있다. 본 연구에서는 컴퓨터 전문 서적과의 비교 분석을 통하여 정보 교과서에 나타난 내용상의 문제점을 분석하고 개선 방안을 제시하였다.

주기억 장치의 종류를 RAM과 ROM으로 분류하고 있는 정보 교과서의 내용은 오류이다. 주기억 장치는 메모리 계층 구조 내에서 설명되어지는 개념으로 실행 중인 프로그램과 실행에 필요한 데이터를 일시적으로 저장하는 기억 장치이다. 그리고 현재의 반도체 기술에서는 DRAM으로 구현하고 있다. ROM은 컴퓨터 시스템에서 시스템 초기화 등을 위해 필요한 비휘발성 기억 장치의 한 종류이다. 가상 메모리는 보조기억 장치의 일부를 주기억 장치처럼 사용하여 주기억 장치보다

큰 프로그램을 실행한다는 교과서의 설명도 적절하지 않다. 주기억 장치의 용량이 충분히 커진 현재의 컴퓨터 시스템에서 가상 메모리는 주기억 장치보다 큰 프로그램을 수행할 수 있다는 장점보다 멀티태스킹을 효과적으로 지원할 수 있다는 장점이 강조되어야 한다. 또한 가상 메모리와 관련된 내용들은 고등학생의 인지 발달 수준에서 이해하기에는 어려운 개념들로 이루어져 있기 때문에 고등학교 교육과정에서 다루지 않는 것이 바람직하다.

정보사회에서 정보 교육이 가지는 위상과 목표를 교과서에 충실히 반영하기 위해서는 개념 정의와 이론 설명에 있어서 정확성과 적절성이 뒷받침 되어야 한다. 본 연구를 시작으로 고등학교 정보 교과서의 ‘정보 기기의 구성과 동작’ 영역에서 보다 심도 있는 내용 분석이 이루어지기를 기대해 본다.

### 참 고 문 헌

- [1] 교육인적자원부 (2007). 교육인적자원부 고시 제2007-79호 [별책 3] 중학교 교육과정.
- [2] 교육인적자원부 (2007). 교육인적자원부 고시 제2007-79호 [별책 4] 고등학교 교육과정.
- [3] 이원규 · 정순영 · 유승욱 · 이승현 · 신은미 · 김태욱 · 김종혜 (2011). 충청북도교육감 인정 고등학교 정보. 서울: 미래엔컬처그룹.
- [4] 김석우 · 오민근 · 박장환 · 백장현 (2011). 서울특별시교육감 인정 고등학교 정보. 서울: 삼양미디어.
- [5] 김현철 · 김보승 · 하성일 · 이용진 · 김길한 (2011). 충청북도교육감 인정 고등학교 정보. 서울: 천재교육.
- [6] 정관용 · 남진표 · 선용규 (2011). 충청북도교육감 인정 고등학교 정보. 서울: 천재교육.
- [7] 이태욱 · 안성훈 · 최현중 · 강병호 · 서성원 (2011). 충청북도교육감 인정 고등학교 정보. 서울: 형설출판사.
- [8] Hayes, J. P. (1978). *Computer Architecture and Organization*. McGraw-Hill.
- [9] Hwang, K., & Briggs, Faye A. (1984). *Computer Architecture and Parallel Processing*. McGraw-Hill.
- [10] Mano, M. M. (1993). *Computer System Architecture*. Prentice Hall.
- [11] Patterson, D. A., & Hennessy, J. L. (2008). *Computer Organization and Design*. Morgan Kaufmann Pub.
- [12] Silberschatz, A., Galvin, P. B., & Gagne, G. (2010). *Operating System Concepts*. WILEY.
- [13] 진영학 · 허민 · 김영식 (2010). 중학교 정보 교과서 비교 분석 및 개선 방안. 컴퓨터교육학회논문지, 13(3), 25-34.
- [14] 김자미 · 노현아 · 이원규 (2011). 현대 교육과정의 관점에서 본 ‘정보’ 교과서의 ‘정보기기’ 영역의 탐구적 경향 분석. 컴퓨터교육학회논문지, 14(3), 1-12.
- [15] 岡本敏雄ほか13名 (2004). 文部科学省検定済教科書 高等学校情報科用 高等学校 情報. 実教出版.
- [16] 中村祐治ほか16名 (2005). 文部科学省検定済教科書 高等学校情報科用 高等学校 情報. 開隆堂.
- [17] 山口和紀ほか12名 (2006). 文部科学省検定済教科書 高等学校情報科用 高等学校 情報. 第一学習社.
- [18] Wikipedia. Read-only memory. [http://en.wikipedia.org/wiki/Read-only\\_memory](http://en.wikipedia.org/wiki/Read-only_memory).
- [19] Wikipedia. Physical Address Extension. [http://en.wikipedia.org/wiki/Physical\\_address\\_extension](http://en.wikipedia.org/wiki/Physical_address_extension).



## 이 상 욱

2003 경상대학교  
컴퓨터교육과(이학사)  
2011~현재 고려대학교  
컴퓨터교육과 석사과정

2003~2008 백양고등학교 교사  
2009~현재 가좌고등학교 교사  
관심분야: 컴퓨터시스템, 컴퓨터교육  
E-Mail: lesa@korea.ac.kr



## 서 태 원

1993 고려대학교  
전기공학과(공학사)  
1995 서울대학교  
전자공학과(공학석사)

2006 Georgia Institute of Technology  
Computer Engineering(공학박사)  
1995~1998 LG종합기술원 주임연구원  
1998~2001 하이닉스반도체 선임연구원  
2004~2006 Intel Corp. Research Intern  
2007~2008 Intel Corp. Systems Engineer  
2008~현재 고려대학교 컴퓨터교육과 교수  
관심분야: 컴퓨터구조, 임베디드시스템, 컴퓨터교육  
E-Mail: suhtw@korea.ac.kr