

Randomwalk 이론을 이용한 Web 기반 동영상 프로그램의 개발

金盛根 · 金注來[†] · 禹圭煥*[†]

제천동중학교

[†]서울대학교 사범대학 화학교육과

(1998. 11. 20 접수)

Development of Web-Based Simulation Program Using the Randomwalk Theory

Sung-Geun Kim, Ju-Rae Kim[†], and Kyu Whan Woo*[†]

Jechon-Dong Middle School, Jechon 390-210, Korea

[†]Department of Chemistry Education, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

(Received November 20, 1998)

요 약. 본 연구에서는 Randomwalk 이론을 이용하여 동영상 프로그램을 개발하였다. 보통 화학 교과는 원자, 분자와 같은 입자의 행동을 이해하는데 어려움이 많아 이에 관한 학생들의 오개념이 많이 나타나고 있다. Randomwalk 이론을 도입한 동영상으로 분자 운동을 표현한 본 프로그램은 실제 분자 운동의 과정을 제대로 이해하는데 도움을 줄 것이다. 본 연구에서는 특히 JAVA 언어를 사용하여 Web 상에 프로그램을 구현함으로써 누구나 쉽게 이용할 수 있게 하였다. 이들 프로그램은 두가지의 프로그램으로 짜여져 있다. 하나는 'Diffusion' 프로그램이며, 입자의 확산 과정을 실제와 같이 동영상으로 구현되도록 하였다. 또 다른 하나는 'Randomwalk' 프로그램으로 입자의 운동 과정에 대한 궤적을 표현함으로써 분자 운동에 대한 분명한 이해를 가능하게 하였다.

ABSTRACT. In this study, the simulation program using the randomwalk model is developed. Generally, students in the chemistry class have some difficulties to understand the motion of atomic particles or molecules. And then, they have many mis-conceptions about the motion of molecules. This program expressed by the computer simulations using the randomwalk theory may help students to understand visually the process of molecular motion. This program can be used easily, because it is based on Web by application of JAVA languages. The program consists of two parts. One is 'Diffusion' program, expressing the process of molecular diffusion as a computer simulation. Another is 'Randomwalk' program, expressing the trajectory of molecular motion to help the students to follow the random motion virtually.

서 론

Collis(1988)는 정보화 시대에서의 과학교육에서 컴퓨터 도입의 필요성을 주장하였다. 또한 Kozma(1991)는 과학교육에 컴퓨터를 도입함으로써 직접 눈으로 볼 수 없는 미시세계를 학생들에게 이해시킬 수 있다고 하였다. 국내에서의 컴퓨터 프로그램의 과학수업에의 도입은 10년 내외의 비교적 짧은 역사를 가지고 있다. 그러나 최근 들어 컴퓨터 기술의 발달과 더불어 정적

영상을 구현한 프로그램이 주종을 이루던 단계에서 다양한 형태의 동적 영상 구현이 가능해짐에 따라 프로그램의 개발이 활기를 띠고 있다. 그러나 분자 운동과 관련된 미시 세계를 올바르게 이해하기 위해서는 분자 운동의 이론적 기반을 컴퓨터에 도입한 시뮬레이션 프로그램의 개발이 시급하다. 특히 학생들의 경우 분자 운동 등 미시 세계를 다루는 학습에 있어 물질의 입자성을 올바르게 이해하지 못하는 등의 오개념이 많은

것으로 드러나 있다.

화학 분야가 다루는 주요 내용이 물질의 반응, 확산 등 미시 세계와 관련이 있기 때문에 학생들이 물질의 입자성과 분자 운동에 관한 개념을 가지는 것은 중요하다. 그러나 중·고등학생의 경우, 확산 등 화학 현상에 대해 분자 운동 개념을 가지고 있는 학생들의 수가 적은 것으로 드러났다. 조정일과 이현옥(1994)에 따르면, 서울, 광주, 목포 지역 소재 고등학교 2, 3학년 242명을 대상으로 한 연구에서 확산에 대한 설명을 분자 운동 개념으로 한 학생의 수는 13%에 불과했다. Simpson과 Marek(1988)은 고등학생들 중 약 50%가 확산 개념에 대해 전혀 이해하지 못하고 있음을 밝혔다. Soyibo(1983)는 확산과 삼투에서 학생들 많은 수가 능도가 낮은 지역으로의 물질 분자의 독립적이고 무작위한 운동이라는 확산의 정의를 개념화하지 못하고 있음을 밝혔다.

초등 5학년에서 중학교 3학년까지 5개 학년을 대상으로 한 연구 조사에서는 항수의 확산에 대해 분자의 운동을 고려하지 않은 학생의 수가 평균 57%에 달했으며, 항수분자의 운동으로 정확히 정의한 학생의 비율은 18%에 불과했다(홍미영, 1991). 이들 연구에 따르면 학생들은 학년이 증가하여도 분자 운동을 올바르게 적용하거나 바르게 이해하는 학생들의 수가 크게 늘고 있지 않음을 보여준다.

Gabel, Samuel, Hunn(1987) 등은 물질의 입자성을 가르친 경험이 없는 초등학교 예비 교사를 대상으로 물질의 입자성에 대한 개념을 조사하였다. 그 결과, 학생들은 입자의 크기와 모양의 일관성, 입자의 불연속성, 입자의 보존, 화학적 구성, 생성물의 배열, 결합 등에서 많은 오개념을 나타내었다. 노태희, 임희준, 우규환(1995)은 중학교 학생 134명, 고등학교 학생 128명을 대상으로 화학 양론, 기체, 확산 개념을 조사하였다. 이 연구에서는 고등학생의 개념이해가 중학생의 개념 이해에 비해 기체법칙, 확산 단원에서 크게 높지 않거나 오히려 낮았다는 것을 보여 주었다. 이러한 결과는 분자 운동과 관련한 단원 학습이 미시 세계를 다루는 것이기 때문에, 학생들이 입자에 대한 개념 이해를 하기가 어렵다는 것을 보여주는 것이다.

입자에 대한 학습에서 학생들이 오개념을 가지고 있다는 데 대한 연구는 이외에도 많이 있다(노태희, 전경문, 김혜경, 1996; Abraham, Williamson, & Westbrook, 1994; Haidar & Abraham, 1991). 이러한 오

개념을 교정하기 위한 방법으로 물질의 정적, 또는 동적 시각효과를 강조하였을 때 효과가 있음이 보고되고 있다. 그러나 정적인 상태를 묘사한 시각 자료는 입자의 정적인 상태만을 묘사하고 동적인 본성을 제대로 제시하지 못하기 때문에 입자의 운동성을 묘사하는 데는 한계가 있다(Williamson & Abraham, 1995). 또한 물질의 동적 시각 효과를 강조한 자료들 역시 애니메이션 형태로 짜여져 있어 입자의 각각의 움직임을 그림영상으로 표현한 것이 대부분이었기 때문에 입자의 정확한 운동 본성을 묘사하는데는 한계가 있다. 이러한 상황에서 분자 운동의 본성을 제대로 나타낼 수 있는 이론적 접근과 이의 시각 효과로서의 표현은 중요하다고 할 것이다. 본 연구에서는 분자 운동의 이론적 접근으로 유용하게 쓰이는 Randomwalk 이론을 도입하여 분자 운동을 시각적으로 구현함으로써 학생들의 개념 이해에 도움이 되고자 하였다.

본 연구에서 개발한 CAI 프로그램은 Randomwalk 이론을 도입한 Simulation 프로그램으로써 실제 분자 운동의 궤적과 본성을 보다 실제에 가깝게 표현하였다. 특히 본 연구에서는 Web 상에 프로그램을 구현함으로써 학교 현장을 비롯하여 누구나 쉽게 이를 이용할 수 있게 하였다.

Random Walk 이론의 소개

현대 과학의 발전은 하나의 학문 자체만의 성과가 아니다. 과학의 발전은 사실 통계학 등 수학적 성과를 과학의 각 분야에 적용함으로써 이루어진 것이 많다. 그 중 Randomwalk 이론은 현대 수학의 한 성과로서, 화학 분야에서는 확산 등 분자 운동이나 브라운 운동, Randomcoil Polymer의 크기 측정 등과 관련된 제반 이론을 설명하는데 요긴하게 쓰이고 있다. 또한 DNA Synapsis 등 생물학 분야와 굴뚝에서 나오는 오염 물질의 확산 범위 계산 등 환경 과학 분야 등 여러 분야에서도 광범하게 쓰이고 있는 이론이 Randomwalk 이론이다.

일직선으로 죽 뻗어있는 길위를 술취한 사람이 앞으로 갔다 뒤로 갔다 비틀거리며 걸어간다. 50걸음 후 이 사람의 위치는 출발점에서 어디쯤 있을까? 또는 날개짓을 할 때마다 3 cm 진행한 후 방향을 바꾸어 날고 있는 나비가 50번 날개짓을 한 다음에는 처음 위치에서 얼마나 떨어져 있을까? 476 m/s 속력의 질소

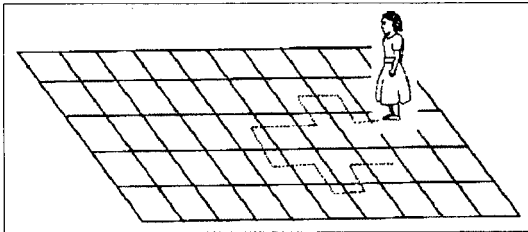


Fig. 1. 2차원 평면에서의 Randomwalk 모형.

분자 기체가 서로 부딪치며 확산이 될 때, 1분후 어디까지 퍼져나갈까? ... 이들 문제에 대한 해결은 Randomwalk Theory라고 불리는 수학적 접근을 통해 이루어질 수 있다.

Randomwalk는 어느 위치에서 시작해서 전후 좌우 방향으로 무작위로 걷는 사람으로 비유할 수 있다. Fig. 1은 한 점에서 출발하여 무작위로 걷는 소녀의 걸음을 표시한 것이다. 일정한 시간이 지난 후 이 소녀의 위치가 어디쯤 될 것인지에 대한 것을 규명함으로써 우리는 분자 운동과 같이 미시 세계의 입자의 운동에 대한 해석을 내릴 수 있다.

확산거리의 계산. 2차원 평면 공간에서의 Randomwalk을 살펴보자.

원점(0, 0)에서 출발하여 Randomwalk을 하는 입자의 궤적을 보면, 그 위치는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 &(\Delta x_1, \Delta y_1), (\Delta x_2, \Delta y_2), (\Delta x_3, \Delta y_3) \cdots (\Delta x_N, \Delta y_N) \\
 &\text{이 입자의 } N \text{ step 후의 원점으로부터의 거리 } R \text{ 은} \\
 &R^2 = (\Delta x_1 + \Delta x_2 + \Delta x_3 + \cdots + \Delta x_N)^2 + (\Delta y_1 + \Delta y_2 + \Delta y_3 + \cdots + \Delta y_N)^2 \\
 &= \Delta x_1^2 + \Delta x_2^2 + \Delta x_3^2 + \cdots + \Delta x_N^2 + 2\Delta x_1\Delta x_2 + 2\Delta x_1\Delta x_3 + \cdots \\
 &R^2 = \Delta x_1^2 + \Delta x_2^2 + \Delta x_3^2 + \cdots + \Delta x_N^2 + \Delta y_1^2 + \Delta y_2^2 + \Delta y_3^2 + \cdots + \Delta y_N^2 \\
 &= (\Delta x_1^2 + \Delta y_1^2) + (\Delta x_2^2 + \Delta y_2^2) + (\Delta x_3^2 + \Delta y_3^2) + \cdots + (\Delta x_N^2 + \Delta y_N^2) \\
 &= N \lambda^2
 \end{aligned}$$

$R = \sqrt{N}\lambda$ (λ : 1 step 거리) (R 을 root mean square distance라 부른다.)

(이를 3차원 식에 적용해도 같은 결과가 나타난다) 위의 식을 이용해 기체 분자의 확산 속도를 계산할 수 있다. 예를 들면, 1기압, 300K에서의 질소 분자는 476 m/s의 빠른 속도로 움직이며, 1초당 7.08×10^9 번의 충돌을 경험한다. 또한 충돌할 때마다 방향을 전환한다. 이를 계산식에 넣으면 (λ =속력/시간당충돌수), 1초 동안 여행한 질소 분자의 거리는 5.7mm에 불과하다. 즉, 분자는 매우 빠르게 움직이나 확산 속도는 그리 크지 못함을 알 수 있다.

확산 과정의 입자의 위치에 대한 예측. Randomwalk

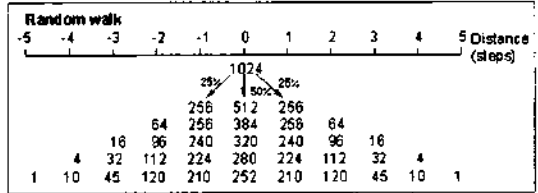


Fig. 2. 페스트균 개체의 확산모형.

을 하는 입자의 구체적 위치는 확률상으로 계산될 수 있다. Fig. 2와 같은 1차원 Randomwalk을 살펴보자. 페스트균 1024마리가 1초마다 절반씩 좌우로 Random하게 퍼져나간다. 5초 후의 페스트균의 분포과정은 다음과 같은 정규 분포 곡선을 가지게 된다.

하나의 입자가 원점에서 출발하여 Randomwalk을 하는 경우도 위의 예와 같이 정규 분포 함수를 그리게 된다. 직선 Randomwalk 운동을 하는 입자가 x의 위치에 있을 확률 p(x)는 Fig. 3과 같은 Gaussian distribution으로 구할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 p(x) &= \frac{N_0}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) \quad (\sigma = \sqrt{N}\lambda, \lambda = 1 \text{ step의 거리}) \\
 p(x) &= \frac{N_0}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right)
 \end{aligned}$$

p(x)=population density
sigma=standard deviation

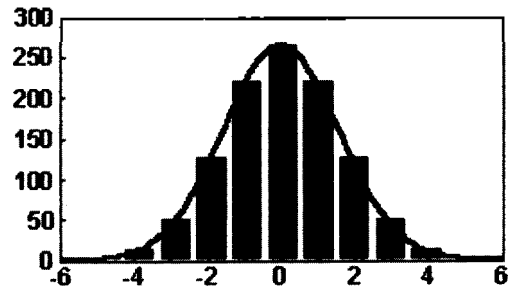


Fig. 3. 일직선 Randomwalk에서의 확률분포.

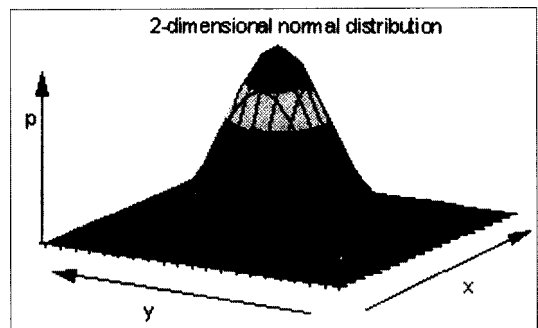


Fig. 4. 2차원 Randomwalk의 확률분포.

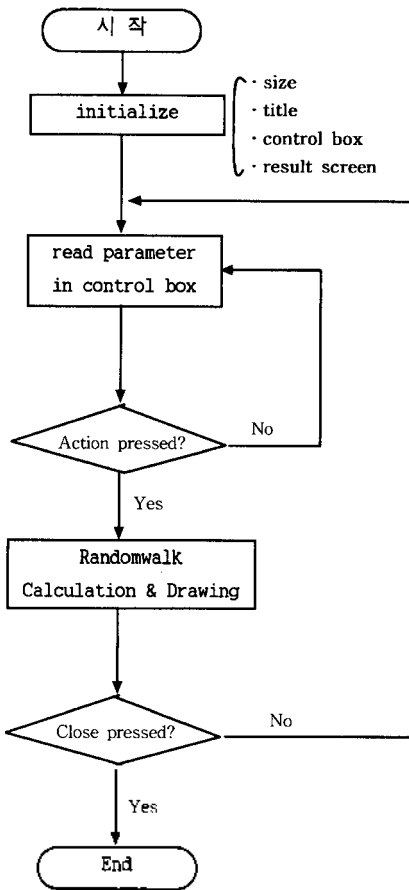


Fig. 5. Randomwalk Program의 순서도.

이를 2 차원에서 구하면 Fig. 4와 같은 정규 분포 곡선을 구할 수 있을 것이다.

Randomwalk의 응용. Randomwalk 이론은 확산, 브라운 운동 등을 설명하는 데 요긴하게 쓰일 수 있다. 이러한 Randomwalk의 특수한 경우로 확산 과정에서 화학 반응이 일어나는 것을 들 수 있다. 이는 원점으로부터 i 지점에 흡수 장벽을 가진 Randomwalk을 이용하면 가능할 것이다.

이상에서 다룬 것처럼 고요한 방안에서 향수 냄새가 퍼지는 것이나 물이 담긴 컵에 물감 몇 방울을 떨어뜨리는 경우와 같이 확산이나 브라운 운동, 화학 반응 등과 관계된 운동은 normal diffusion이라고 불리는 Randomwalk 방법으로 운동을 하게 된다. Normal diffusion이 일어나는 경우 이외에 anomalous diffusion이 있다. 이는 oil tank가 바다에서 기름을 유출할 때, 단순히 브라운 운동이 아닌 물의 운동이 어떻게

기름을 퍼져나가게 할 것인가를 결정하게 된다. 또한 일정한 속도로 바람이 불고 있을 때, 공장 굴뚝에서 나오는 오염 물질들이 공기 중으로 어떻게 퍼져나가는가를 결정하게 된다.

Web을 이용한 Randomwalk Simulation 프로그램의 개발

프로그램의 개발 방법. 보통 학생들은 확산, 브라운 운동 등 분자 운동의 과정이 복잡한 Randomwalk으로 이루어져 있다는 사실을 알지 못한다. 따라서 학생들은 거시 세계에서 나타나는 현상만을 보고 판단하기 때문에 여러 가지 오개념이 생기게 되는 것이며, 눈에 보이지 않는 미시 세계의 운동을 직접 경험하지 못하기 때문에 이러한 오개념을 수정하기도 어렵다. CAI를 이용한 여러 가지 프로그램이 개발되고 있으나 이는 분자 운동의 정확한 궤적을 그림으로 보여주는 것이라는 점에서 실제 분자 운동을 보여주는 데는 한계가 있다.

본 프로그램은 JAVA 언어를 이용하여 개발, Web에서 이용할 수 있게 하였다(부록). 또한 본 연구에서는

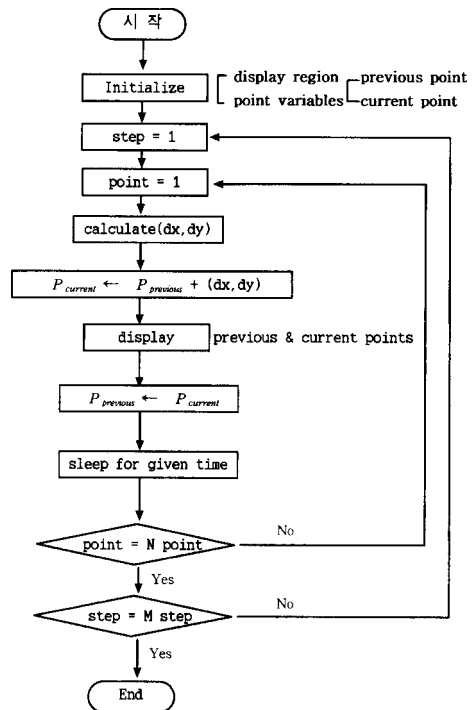


Fig. 6. 순서도 중 Randomwalk Calculation & Drawing.

2차원 동영상으로 Randomwalk을 표현할 수 있도록 하였으며, 통계적 분포보다는 운동의 궤적을 알 수 있도록 표현하였다.

동영상 프로그램 개발 내용: <http://plaza1.snu.ac.kr/~aspirex/>. 본 프로그램은 'Diffusion' 과 'Random-walk' 이란 이름의 두가지로 구성되어 있다.

각 프로그램은 입자수, step 수, 입자의 속력, 이동 시간 등을 조절할 수 있도록 하였으며, 학습 목표에 따라 각 변인을 조절할 수 있게 하였다. 또한 'Diffusion' 프로그램에서는 궤적이 나타나도록 하였다. 또한 프로그램이 Web 상에 구현되었기 때문에 인터넷 어디에서나 이용이 가능하다. 초기 화면을 열면 Fig. 7과 같이 diffusion과 2차원 randomwalk프로그램으로의 link가 가능하도록 하였다.

각 프로그램은 4가지 변인을 조절할 수 있도록 하였으며, 변인에 대한 설명은 Table 1과 같다.

입자수는 확산이 되는 분자의 수이다. 이들 입자는 1개부터 무한대로 선택될 수 있는데, 원점에서부터 확산이 일어나게 된다. 이것은 이 프로그램의 특성이자

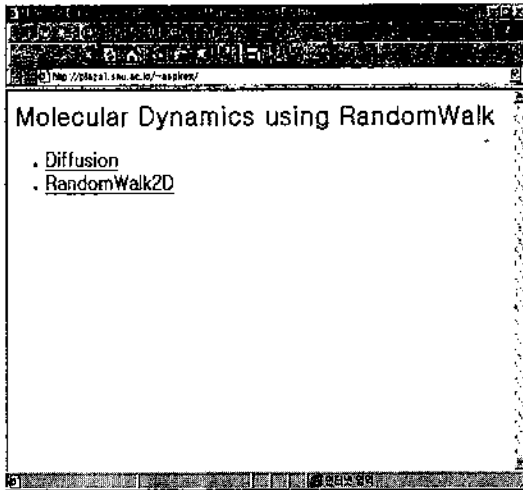


Fig. 7. 프로그램의 초기 화면.

Table 1. 프로그램의 변인에 대한 설명

변 인	minimum	적용범위	비고
Points (입자수)	1	무한대	모든 입자는 원점에서 확산 시작
Steps (이동횟수)	1	100	걸음수
Velocity (속력)	2	200-300	한걸음의 길이
Delay (한번이동시간)	0	3-100	step-step 사이에 걸리는 시간

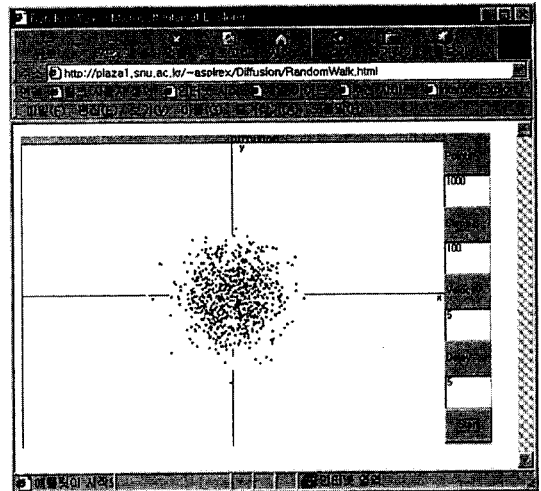


Fig. 8. 입자수 1000개의 'Diffusion' 프로그램 화면.

한계이기도 하다. 이동횟수(step)는 입자의 확산을 각각의 Randomwalk으로 표현할 때, 걸음수를 의미한다. 속력(velocity)은 한걸음의 길이를 나타낸다. 속력을 크게 한 경우 확산의 모양을 보다 자세히 알 수 있다. 한번 이동 시간(delay)은 입자의 확산에서 step-step 사이에 걸리는 시간이다.

① 'Diffusion' 프로그램에서 입자수 1000개, steps 100일 때

각 변인을 조정하고 프로그램을 구동(start)시키면 입자가 가운데 점에서부터 random walk로 확산되어 나가게 된다.

② 'Randomwalk' 프로그램의 초기 화면

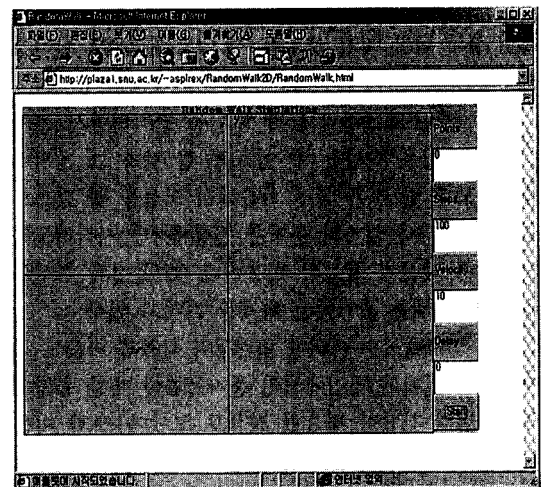


Fig. 9. 'Randomwalk' 프로그램의 초기 화면.

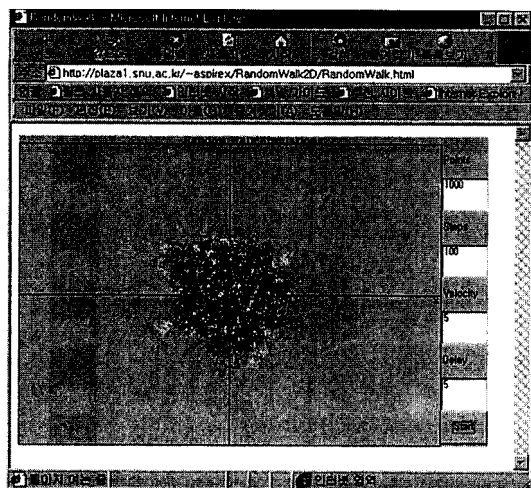


Fig. 10. 입자수 1000개의 'Randomwalk' 프로그램 화면.

'Randomwalk' 프로그램에서는 입자의 확산이 궤적과 함께 나타나도록 구현되었다.

③ 'Randomwalk' 프로그램에서 입자수 1000개, steps 100걸음일 때.

각 변인을 조정하고 프로그램을 구동(start)시키면 입자가 가운데 점에서부터 random walk로 확산되어 나가는 과정이 궤적과 함께 나타나게 된다.

결론 및 고찰

본 연구에서는 분자 운동에 대한 학습에서 모델이 되는 Randomwalk 이론을 동영상 프로그램에 도입함으로써 분자 운동을 보다 가시적으로 정확하게 이해할 수 있도록 하였다. 특히 일반 CAI 자료와는 달리 Web 상에 이를 직접 구현할 수 있도록 JAVA 언어를 사용하였다.

특히 본 프로그램에서 각 변인을 조작하면서 분자 운동의 과정을 확인할 수 있도록 한 것과 그 궤적이 표현되도록 한 것은 실제 학습에서 도움을 줄 것으로 보인다. 그러나 입자의 운동을 원점에서만 시작하도록 되어있기 때문에 물질의 반응이나 두 물질의 확산 등에 대한 이해를 돕기에는 한계를 가지고 있다.

차후 연구에서는 이러한 한계점의 극복과 더불어 유리관이나 밀폐된 공간에서의 분자운동에 대한 동영상 프로그램의 작업이 필요할 것으로 보인다. 또한 이를

각 수업에 투입함으로써 학생들의 오개념이 어떻게 교정될 수 있는가 하는 분석도 잇따라야 할 것으로 생각된다.

본 연구는 1998년도 서울대학교 과학 교육 연구소의 연구비 지원에 의한 것으로 이에 감사를 드립니다.

인용 문헌

1. 노태희; 임희준; 우규환 *한국과학교육학회지* 1995, 15(4), 437.
2. 노태희; 전경문; 김혜경 *화학교육* 1996, 23(1), 42.
3. 조정일; 이현욱 *한국과학교육학회지* 1994, 14(3), 293.
4. 홍미영, 서울대학교 석사학위논문, 1991.
5. Abraham, M. R.; Williamson, V. M.; Westbrook, S. L. A cross age study of the understanding of the understanding of five chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 1994, 31(2), 147.
6. Collis, B. *Computers, curriculum, abd whole-class instruction: Issues and Ideas*; Wadsworth Publishing: California, 1988.
7. Gabel, D. L.; Samuel, K. V.; Hunn, D. Understanding the particulate nature of matter. *Journal of Chemical Education*, 1987, 64(8), 695.
8. Haidar, A. H.; Abraham, M. R. A comparison of applied and theoretical knowledge of concepts based on the particulate nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 1991, 28(10), 919.
9. Kozma, R. B. Learning and Media. *Review of Educational Research*, 1991, 61(2), 179.
10. J. H. Noggle. *Physical Chemistry 3rd Ed.*; Harper Collins College Publishers: 1996; pp 450-476.
11. Simpson, W. D.; Marek, E. A. Understandings and misconceptions of biology concepts held by students attending small high schools and students attending large high schools. *Journal of Research in Science Teaching*, 1988, 25(5), 361.
12. Soyibo, K. Selected science misconceptions amongst some Nigerian school certificate students. In H. Helm and J. D. Novak (Eds.), *Proceedings of the international seminar on misconceptions in science and mathematics*; Cornell University, 1983; pp 443-445.
13. Willimson, V. M.; Abaraham, M. R. The effects of computer animation on the particulate mental models of college chemistry students. *Journal of Research in Science Teaching*, 1995, 32(5), 521.