

논문 2008-45CI-4-2

# Geant4시뮬레이션 자동화를 위한 통합 프레임워크 환경 개발 : Geant4Editor

( An Integrated Framework Environment for Automatic Simulation of  
Geant4 : Geant4Editor )

신성식\*, 김아미\*, 김승완\*, 송주환\*\*, 권오봉\*

( Sung-Sik Shin, A-Mi Kim, Seung-Wan Kim, Ju-Whan Song, and Ou-Bong Gwon )

## 요약

입자 물리 방사선 연구는 우리 일상생활의 많은 부분에 도움을 주고 있다. 비파괴검사를 가능하게 하여 우리가 사용하는 물건의 안전성을 검증하고, 사람에게 유해한 환경을 판단하고, 사람의 질병을 치료하는 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. 이와 같이 입자 물리 방사선 연구는 유용하지만 직접적인 실험을 하기가 어려워 컴퓨터 시뮬레이션을 이용한다. 그 중 현재 대표적인 입자 물리 시뮬레이션 라이브러리 중 하나가 Geant4이다. 그러나 Geant4는 시뮬레이션을 하기 위해 사용자가 직접 C++언어를 통하여 프로그램을 작성해야 하는 어려움이 있다. 이 어려움을 해결하기 위해 물리연구자의 요구사항을 분석하여 Geant4에 맞는 시뮬레이션 환경을 생성하는 시뮬레이션 자동화 프레임워크인 Geant4Editor를 설계하였다. Geant4Editor는 자원 관리자(Data Manager)를 통하여 자원(사용자 생성 데이터)을 효율적으로 관리하며, 시뮬레이션에서 필요한 필수 클래스를 사용자의 요구를 반영하여 자동으로 생성한다.

## Abstract

Researches on particle physics have benefited our everyday life in many aspects. They have tested the safety of the objects we use everyday, conducted experiments to examine harmful environments to man, and treated diseases. Despite the usefulness of particle physics in a range of fields, however, it's difficult to conduct researches and experiments directly. But the advancements in the computer industry have allowed for experiments of particle physics in virtual simulations. One of the foremost simulation libraries for particle physics that have been researched actively these days, Geant4 has been put to diverse uses in particle physics. This study designed GUI so that physicists, who were not good at programming, could use a simulation library faster, more accurately, and more conveniently. It also developed the Geant4Editor, a simulation automation framework. The advantages of the Geant4Editor include automatic generations of essential classes in a simulation using Geant4 libraries and real-time reflection of user demands in a simulation. It also allows for efficient management of resources(user-created data) through the Data Manager.

**Keywords :** Geant4Editor, Geant4, 자동화, 입자 물리 시뮬레이션, 방사선, GUI 환경

## I. 서론

\* 정희원, 전북대학교 전자정보공학부  
(Division of Electronics & Information Engineering,  
Chonbuk National University)

\*\* 정희원, 전주대학교 교양학부  
(School of Liberal Arts, Jeonju University)

※ 본 연구는 한국과학재단 원자력연구기반확충사업  
(M20608520003-08B0852-00310)의 지원에 의해 수  
행되었습니다.

접수일자: 2008년1월31일, 수정완료일: 2008년7월9일

입자 물리 연구는 모든 물질을 구성하는 가장 기본적인 입자들을 다루는 분야로 물질을 구성하는 입자가 무엇이고, 그 입자들 사이의 상호작용을 알아내는 자연현상의 본질에 대한 질문을 탐구하는 연구이며 우리의 일상생활에 많은 부분에 도움을 주고 있다. 우리가 사용하는 물질에 대한 안전성을 검증하고, 사람에게 유해한

환경을 판단하고, 사람의 질병을 치료하는 등 다양한 분야에서 활용되고 있다.

이와 같은 입자 물리 연구는 유용하지만 직접적인 연구 실험을 하기가 매우 어렵다. 실험 장비가 고가이고 위험하며 시간이 매우 많이 소요되기 때문이다.

그러나 컴퓨터 기술이 발달하면서 이러한 입자 물리 실험을 PC환경에서 가상으로 시뮬레이션 할 수 있게 되었다. 그 중 대표적인 시뮬레이션 라이브러리로 EGS4<sup>[1]</sup>와 Geant4<sup>[2]</sup>를 예로 들 수 있다.

EGS4 라이브러리는 Fortran 언어를 이용하고, Geant4 라이브러리는 C++ 언어를 이용한다. 프로그래밍 언어(Fortran 또는 C++)를 이용하여 실험 환경, 조건, 대상, 그리고 기본데이터를 실험환경에 맞게 설정해야 한다. 프로그래밍 언어를 통한 설정은 프로그래밍에 익숙하지 않은 입자 물리 연구자들에게는 매우 어렵다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 시뮬레이션 라이브러리 중 하나인 Geant4를 물리연구자의 입장에서 분석하여 보다 빠르고, 편리하게 사용할 수 있도록 GUI를 설계하고 시뮬레이션에 필요한 환경을 구축하여 자동화 프레임워크(Geant4Editor)를 구현하였다<sup>[3]</sup>.

Geant4 라이브러리를 사용하여 시뮬레이션을 하기 위해서는 사용자가 C++언어를 이용하여 목표로 하는 시뮬레이션 환경을 세 가지 필수 클래스를 통하여 정의해야 한다. 본 시스템에서는 사용자가 선택한 파라미터를 이용하여 필수클래스를 자동생성 할 수 있게 하였다.

필수 클래스는 Geant4에서 제공하는 G4VUserPrimaryGeneratorAction, G4VUserPhysicsList, G4VUserDetectorConstruction 클래스를 각각 상속받아서 구현함으로써 정의된다<sup>[4~5]</sup>.

G4VUserPrimaryGeneratorAction 클래스는 시뮬레이션에 필요한 G4ParticleGun객체를 생성하고 이 객체에 입자의 종류, 세기, 위치, 방향 등을 설정한다.

G4VUserPhysicsList 클래스는 입자의 물리 프로세스를 정의하며, 입자의 물리 프로세스 중 시뮬레이션을 통하여 얻고자 하는 결과만을 위한 반응 프로세스를 정의 한다. 또한, CutValue(2차 입자가 이 값 이하에서는 생성되지 않음)를 설정한다.

G4VUserDetectorConstruction 클래스는 시뮬레이션 대상 물체와 물체의 내부 물질 및 외부 상태, 크기와 위치 등을 정의한다. 물체는 미리 정의된 기본 도형을 이용하여 생성 하거나 외부 데이터를 이용하여 생성 할

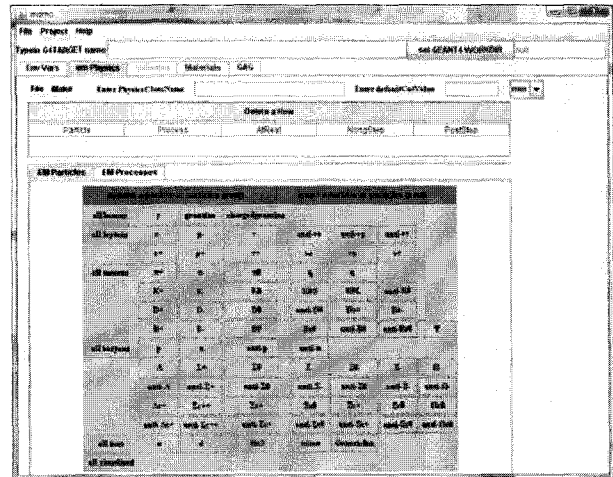


그림 1. Momo의 GUI 환경

Fig. 1. GUI Environment of Momo.

수 있다.

이와 같이 C++언어로 코딩하여 Geant4를 사용하는 것은 어렵기 때문에 도움을 주는 프로그램들이 존재하며, 대표적으로 Open Scientist, Wired3, Wired4, 그리고 Momo가 있다.

Open Scientist와 Wired3, Wired4<sup>[2]</sup>는 시뮬레이션이 끝난 후 결과 분석을 도와주는 프로그램이며, Momo<sup>[6]</sup>는 Geant4의 라이브러리에 맞게 자동으로 시뮬레이션 환경을 생성 할 수 있도록 도와주는 GUI시스템 환경<sup>[7~8]</sup>이다.

Momo는 일본의 나루토 대학에서 제작 하였으며, 물체를 생성하기 위한 GGE(Geant4 Geometry Editor)<sup>[9]</sup>와 입자 반응 프로세스를 생성하기 위한 GPE(Geant4 Physics Editor)<sup>[9]</sup> 그리고 시뮬레이션 명령어 실행을 위한 GAG(Geant4 Adaptive GUI)<sup>[10~12]</sup>로 구성되어 있다. Momo는 GGE와 GPE, GAG를 통합한 이름이며 Java로 구현되었다.

그러나 Momo는 다음과 같은 문제점을 가지고 있다. 첫 째, 각 기능간의 연관성을 고려하지 않고 제작되어 통합적인 데이터 관리 및 시뮬레이션을 하기 힘들다. 둘째, 사용자 관점이 아닌 기능 중심적 구현으로 사용하기가 힘들며, 여러 가지 데이터를 측정하기 위한 시뮬레이션을 환경을 설정 할 수 없다.

우리는 이러한 문제점을 보완한 새로운 GUI환경을 설계하고, 자동화를 위한 새로운 Geant4 개발 프레임워크인 Geant4Editor를 구현했다.

본 논문에서는 우선 Geant4Editor의 기능, GUI설계<sup>[13]</sup> 및 구조, 데이터관리 및 소스생성에 대하여 설명하고 다음 평가를 하고 결론을 내린다.

## II. GUI설계 및 Geant4Editor

본 장에서는 Geant4Editor의 기능, 데이터 관리 및 필수 클래스 생성, 그리고 GUI 환경 및 구조에 관하여 고찰한다.

### 1. Geant4Editor의 주요기능

Geant4Editor는 물리연구자들에게 보다 편리한 시뮬레이션 개발 환경을 제공하기 위하여, Geant4를 분석하여 다음의 기능을 추가 하였다.

- ① 프로젝트 단위의 소스 관리를 지원: 소스를 프로젝트 단위로 관리함으로써 목적에 따라 각각의 파일로 분리하여 이용할 수 있으며, 여러 개의 시뮬레이션 프로젝트를 생성 할 수 있다.
- ② 작업 설정 항목의 저장 및 복구를 지원: 프로젝트 단위로 생성 한 항목들을 저장하고 복구함으로써 작업한 내용을 유지 할 수 있으며, 시뮬레이션 내용을 공유하여 다른 사람이 시뮬레이션 결과를 확인 할 수 있다.
- ③ MacroFile, Particle, Material등의 데이터 리스트를 제공: Geant4 라이브러리에서 사용 할 수 있는 데이터 리스트를 제공하여 간단하게 데이터를 사용 할 수

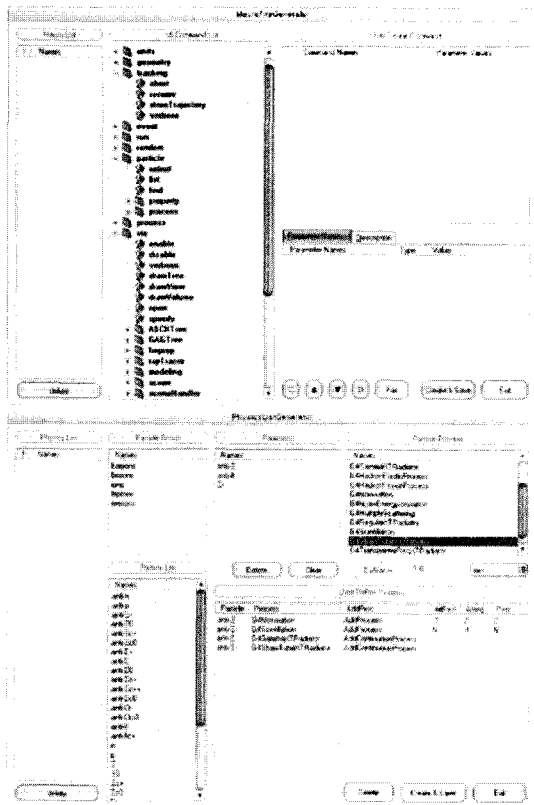


그림 2. 미리 정의 된 데이터 지원  
Fig. 2. Providing pre-defined data.

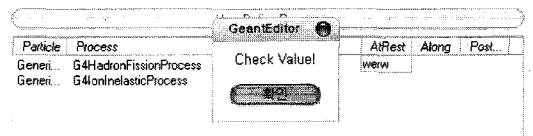


그림 3. 사용자 입력 오류 확인  
Fig. 3. Error check for user input.

있으며, 데이터에 대한 내용과 설명도 제공한다.

④ ParticeGun과 PhysicsList 등의 중복 생성기능을 지원: 시뮬레이션을 할 때 자주 값이 변경 되는 항목은 동시에 여러 개를 생성하여 시뮬레이션 하기 전에 선택하여 원하는 시뮬레이션을 할 수 있다<그림 2>.

⑤ 사용자 입력 데이터의 오류 검사: 사용자가 입력한 데이터가 올바른 값인지 검사하여 사용자에게 내용을 전달한다. 사용자의 실수를 줄이고 보다 정확한 시뮬레이션을 할 수 있다.

⑥ 실행프로그램 생성(빌드)과 프로그램 실행이 간단: Geant4Editor는 Cygwin 환경을 프로그램에 통합하여 별도프로그램의 실행 없이 생성 된 소스코드를 빌드 및 실행 할 수 있다.

⑦ 생성 된 항목(데이터)들의 Tree-Viewer를 제공: 생성 된 항목들의 목록을 쉽게 볼 수 있도록 Tree-Viewer를 제공하여 사용자가 시뮬레이션 상태를 확인 할 수 있다.

⑧ Geometry Pre-Viewer를 제공: 시뮬레이션을 하기 전에 사용자에게 생성 된 Geometry를 미리 보여줌으로써 Geometry를 쉽게 파악하고 수정 할 수 있게 하며, 보다 빠른 Geometry생성이 가능하다.

이러한 기능 외에 사용자가 요구하는 기능이 있으면 지속적인 피드백을 통하여 사용자 요구사항을 적용한다.

### 2. 데이터 관리 및 소스코드 생성

Geant4Editor는 데이터 관리를 위한 DataManager와 소스코드를 생성하기 위한 SourceMaker가 존재한다.

DataManager는 생성 된 모든 데이터를 관리하고 있으며, 데이터의 백업 및 복구기능을 지원한다. 모든 데이터는 XML 형식<sup>[14]</sup>으로 변환되며 Geant4Editor를 종료할 때 자동 저장되며, 다시 읽어 DataManager의 모든 내용을 복구한다.

SourceMaker는 시뮬레이션에 필요한 세 가지 필수 클래스를 자동으로 생성한다. 필수 클래스를 생성하기 전에 사용자에게 필요한 항목을 보여주고, 각 선택 사항에 맞는 내용을 DataManager에 요청해 필수 클래스

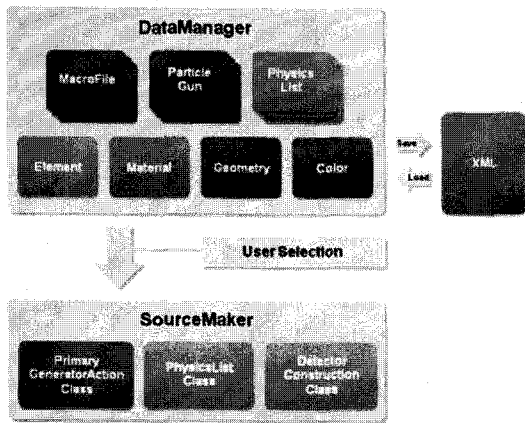


그림 4. 데이터 관리와 소스코드 생성 연동 구조  
Fig. 4. Structure of data management and source code generation.

를 생성한다.

이러한 방법은 입자 물리 연구와 같이 반복적인 실험의 경우 효과가 크다.

### 3. GUI환경 및 구조

Geant4Editor의 구조는 <그림 5>와 같이 Main-Frame과 Generators로 이루어져 있으며, Generators는

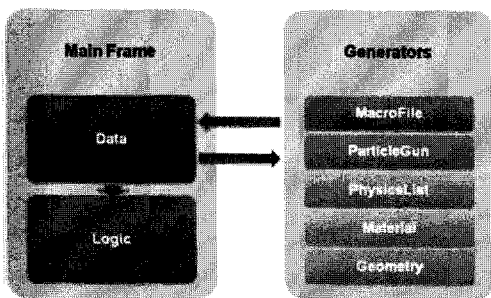


그림 5. Geant4Editor 구조도.  
Fig. 5. Structure of Geant4Editor.

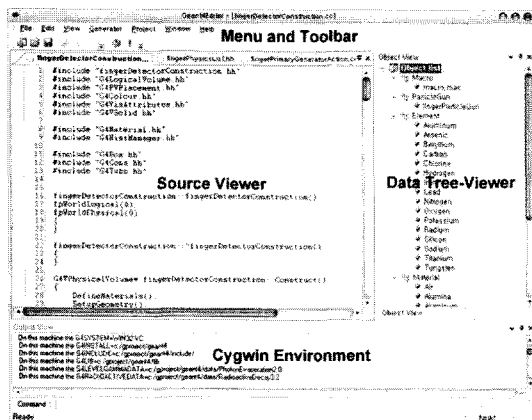
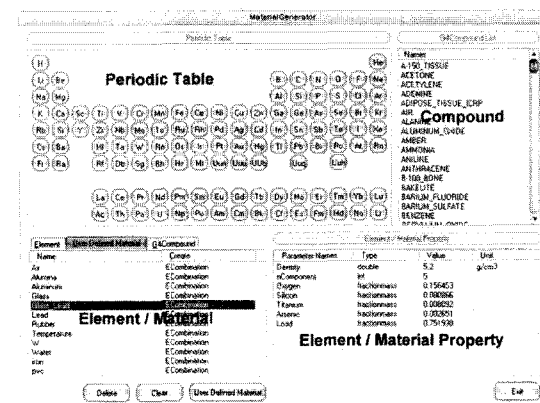
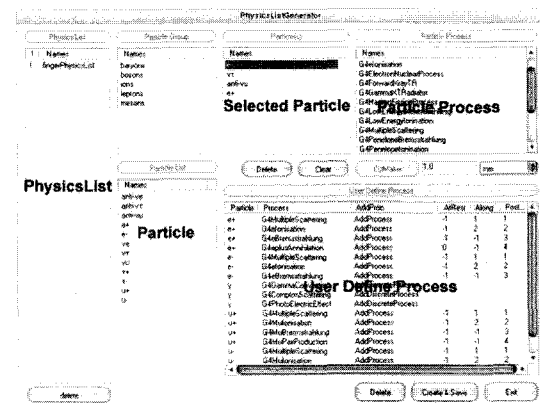
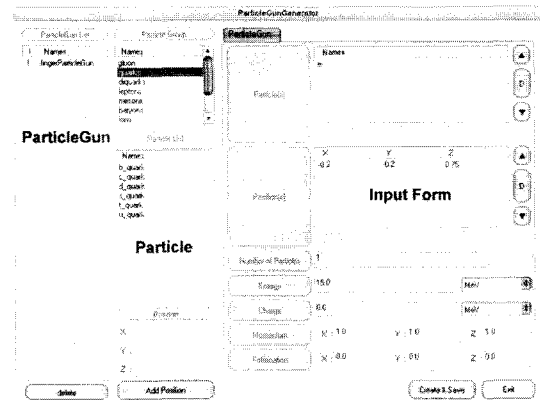
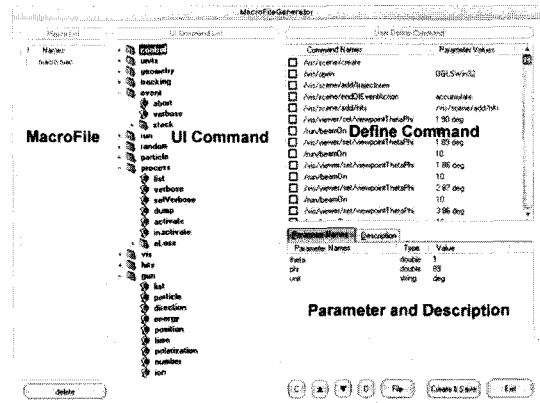


그림 6. MainFrame의 GUI 구조  
Fig. 6. GUI structure for MainFrame.

각 기능별로 MacroFile, ParticleGun, Material, PhysicsList, Geometry로 구성된다.

MainFrame은 시뮬레이션 모든 부분을 관리하며



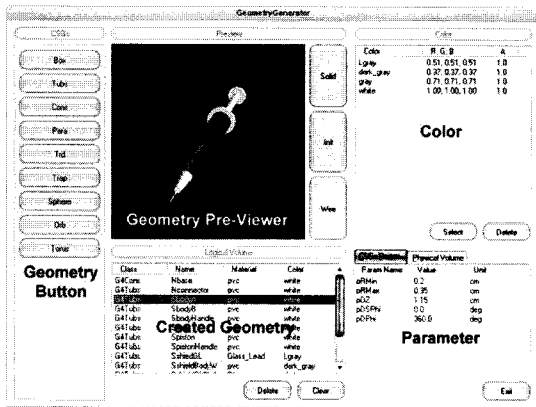


그림 7. Generators의 GUI구조  
 Fig. 7. GUI structure for Generators.

Menu와 Toolbar, Source Code Viewer, Data Tree-Viewer, Cygwin환경이 포함하고 있다<그림 6>.

Generator들은 각 데이터를 생성, 수정 및 삭제할 수 있도록 설계되어 있으며 미리 정의된 데이터를 제공하며 쉽게 시뮬레이션 환경을 설정하도록 도와준다<그림 7>.

### III. 구현 및 평가

입자 물리 연구원이 Geant4 라이브러리를 바탕으로 C++언어로 구현하고 실행한 것과 Geant4Editor가 구현하고 실행한 것을 비교하여 Geant4Editor의 예비성능평가를 하였다<그림 8>.

시뮬레이션 내용은 방사선동위원소(<sup>99m</sup>Tc)를 주사기로 환자에게 주입 시 손가락에 미치는 피부선량을 계산하는 것이다. Geant4Editor를 사용하여 시뮬레이션 환경을 설정 할 때와 직접 프로그래밍 하여 시뮬레이션 환경을 설정 했을 때의 구현, 설정, 수정시간을 비교 하

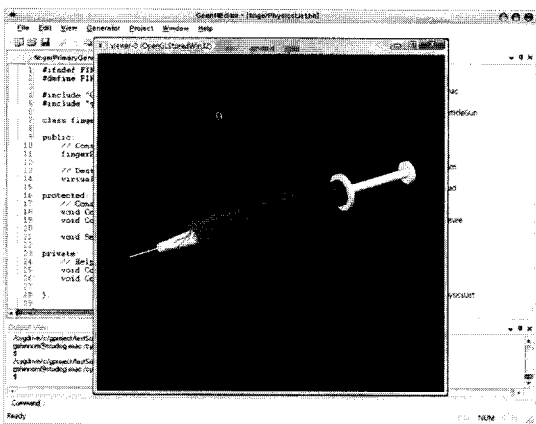


그림 8. Geant4Editor를 이용한 Geant4시뮬레이션  
 Fig. 8. Geant4 Simulation using Geant4Editor.

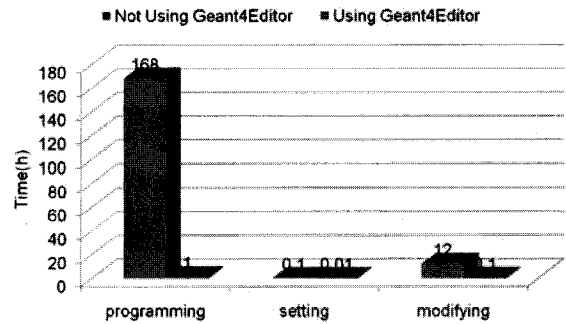


그림 9. 시뮬레이션 개발 시간 비교  
 Fig. 9. Comparing of development time for simulation.

였다.

평가의 비교 대상자는 중급의 C++ 능력을 가지고 있는 입자 물리 연구원들로 하였다.

<그림 9>에서 보듯이 Geant4Editor를 이용하여 시뮬레이션 환경을 설정 했을 경우와 직접 시뮬레이션 환경을 설정 했을 경우 많은 차이를 확인 할 수 있었으며, 이러한 성능 평가를 통하여 Geant4Editor가 유용함을 검증 할 수 있었다.

### IV. 결론

Geant4는 입자 물리 방사선 실험을 범용컴퓨터로 시뮬레이션 할 수 있는 라이브러리이다. 시뮬레이션을 하기 위해서는 반드시 C++언어를 이용하여 세 가지 필수 클래스를 정의해야 한다.

본 논문에서는 시뮬레이션 과정을 자동화하기 위하여 Geant4와 연동하여 필수 클래스를 자동으로 생성하고, 사용자 접근성을 위하여 기존의 GUI환경인 Momo의 단점들을 보완하여 Geant4Editor를 구현하고 기능, 구조, GUI에 대하여 논하였다.

Geant4Editor는 Geant4의 프로그래밍 기법을 준수하여 시뮬레이션 환경을 최적화하여 생성한다. 사용자가 자신의 실험 환경에 맞게 데이터 수치를 입력하면 Geant4Editor가 필수 클래스들을 생성하고 실행 프로그램을 만들어 시뮬레이션 과정과 결과를 보여 준다.

제안한 시스템을 구현하고 예비 평가를 통하여 입자 물리 방사선 실험을 보다 빠르게 쉽게 할 수 있음을 확인 하였다.

아직 시뮬레이션 결과 데이터를 추출<sup>[15~16]</sup>하는 기능은 구현되어 있지 않았다. 사용자들은 시뮬레이션 결과를 얻고 분석 및 비교하기를 원하는데 이를 위해 현재 다음과 같은 기능을 포함하기 위한 연구를 하고 있다.

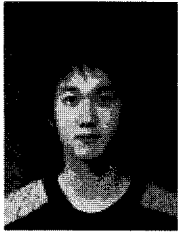
첫째, 사용자가 시뮬레이션 상에서 추출하고자 하는 데이터를 설정할 수 있도록 데이터 추출기를 추가한다.

둘째, 추출한 데이터들을 쉽게 비교할 수 있도록 데이터 그래프 뷰어기능을 추가한다.

### 참고 문헌

- [1] C. Takada, et. al., "Application of "EGS4" to the Development of a Radioactive Gas Monitor using Plastic Scintillation Fibers," National Laboratory for High Energy Physics, Vol. 97, No. 16, pp. 222-230, 1997.
- [2] J. Allison, et. al., "Geant4 Developments and Applications," IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. 53, No. 1, pp. 270-278, 2006.
- [3] S. Shin, A. Kim, S. Kim, J. Song, and O. Gwun, "An Integrated Simulation Environment Which Automatically Generates and Edits Source Code for Geant4: Geant4Editor," Information Technology Convergence, 2007(ISITC 2007) International Symposium on, pp. 401-405, 2007.
- [4] Geant4, "Geant4: User Documentation," <http://geant4.cern.ch/support/userdocuments.shtml>
- [5] S. Agostinelli, et. al, "Geant4: A simulation toolkit," Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A, Vol. 506, No. 3, pp. 250-303, 2003.
- [6] Naruto, "Geant4 GUI and Environments," <http://erpc1.naruto-u.ac.jp/~geant4/>
- [7] M. Dressel, "Geometrical importance sampling in Geant4: From design to verification," CERN-OPEN-2003-048, 2003.
- [8] M. Donszelmann, et. al, "JASSimApp Plugin for JAS3: Interactive Geant4 GUI," Proceedings of the Conference on Computing in High Energy Physics(CHEP2004), 2004.
- [9] H. Yoshida, T. Kodama, M. Nagamatsu, S. Sei, T. Yamada, and H. Kurasige, "Tabular Editors for Geant4: Geant4 Geometry Editor and Geant4 Physics Editor," Proceedings of the Conference on Computing in High Energy Physics(CHEP'00), pp. 115-118, 2000.
- [10] R. Chytrcek, "The geometry description markup language," Proceedings of the Conference on Computing in High Energy Physics(CHEP2001), pp. 473-476, 2001.
- [11] J. Allison, et. al, "The Geant4 Visualisation System," Computer Physics Communications, Vol. 178, No. 5, pp. 331-365, 2008.
- [12] M. Nagamatsu, et. al, "GAG: GEANT4 Adaptive Graphical User Interface," Proceedings of the Conference on Computing in High Energy Physics(CHEP'98), 1998.
- [13] R. Chytrcek, "The geometry description markup language," Proceedings of the Conference on Computing in High Energy Physics(CHEP2001), pp. 473-476, 2001.
- [14] P. Rodrigues, et. al, "Geant4 applications and developments for medical physics experiments," IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. 51, No. 4, pp. 1412-1419, 2004.
- [15] M. Dobbs and J. B. Hansen, "The HepMC C++ Monte Carlo event record for high energy physics," Computer Physics Communications, Vol. 134, No. 1, pp. 41-46, 2001.
- [16] F. Garcia, K. Kurvinen, T. Brander, R. Orava, J. Heino, A. Virtanen, H. Kettunen, and M. Tenhunen, "Radiation Shielding Study of Advanced Data and Power Management Systems (ADPMS) Housing Using Geant4," IEEE Transactions on Nuclear Science, Vol. 55, No. 1, pp. 644-648, 2008.

## — 저 자 소 개 —



신 성 식(학생회원)

2006년 전주대학교 컴퓨터공학과  
학사 졸업

2008년 전북대학교 컴퓨터공학과  
석사 졸업

2008년 전북대학교 컴퓨터공학과  
박사 과정

<주관심분야 : 3D컴퓨터그래픽스, 패턴인식, 소프트웨어 공학>



김 아 미(학생회원)

1992년 전북대학교 전산통계학과  
학사 졸업

2005년 전북대학교 교육학과  
석사 졸업

2007년 전북대학교 컴퓨터공학과  
박사 수료

<주관심분야 : 3D컴퓨터그래픽스, 멀티미디어 검색, 교육공학>



김 승 완(정회원)

2001년 한일장신대학교 전자통신  
학부 학사 졸업

2003년 전북대학교 컴퓨터정보  
학과 석사 졸업

2006년 전북대학교 컴퓨터정보  
학과 박사 수료

<주관심분야 : 게임그래픽스, 3차원모델링, 3차원 복원>



송 주 환(정회원)

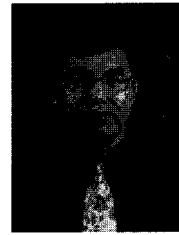
1995년 전주대학교 전자계산학과  
학사 졸업.

1997년 전북대학교 전산통계학과  
석사 졸업,

2003년 전북대학교 전산통계학과  
박사 졸업,

2001년~현재 전주대학교 교양학부 교수

<주관심분야 : 3D컴퓨터그래픽스, 멀티미디어, 멀티미디어 검색>



권 오 봉(정회원)

1980년 고려대학교 전기공학과  
학사 졸업

1983년 고려대학교 전기공학과  
석사 졸업

1993년 일본구주대학교 총합이공  
학연구과 박사 졸업

1992년~1993년 일본구주대학교 정보공학과 조수

1993년~현재 전북대학교 전자정보공학부 교수

<주관심분야 : 컴퓨터그래픽스, 사이언티픽 비주얼라이제이션>