물리엔진을 사용한 낙석 및 산사태 시뮬레이터 개발

Development of Simulator for Rockfall and Landslide using Physical Engine

김성호
상지대학교 컴퓨터정보공학부

Sung-Ho Kim(kimsh1204@sangji.ac.kr)

요약

본 논문은 물리 엔진을 사용하여 사면에서의 낙석 및 산사태가 발생되는 과정을 시뮬레이션해볼 수 있는 시스템 개발에 관하여 기술한다. 지금까지 사면과 관련된 3차원 시뮬레이션 시스템의 부재로 사면 정보에 대한 구성 부문의 입체적 해석, 안정성 평가, 낙석 및 산사태 시뮬레이션 등의 가상실험을 수행할 수 없었다. 그런 이유로 본 논문에서는 현실에서 발생되었거나 발생될 가능성이 매우 높은 낙석 및 산사태 현상을 가상실험에서 동일하거나 유사하게 발생시킬 수 있도록 해주는 시뮬레이터를 개발하였다. 시뮬레이터 개발을 위해서는 컴퓨터 게임 개발 등에서 주로 사용되고 있는 물리 엔진을 사용하며, 이를 기반으로 낙석 및 산사태가 발생되는 과정을 시뮬레이터를 통하여 보여준다. 본 시뮬레이터는 3차원 컴퓨터그래픽스 원리와 물리엔진을 기반으로 한 낙석 및 산사태가 발생되는 과정을 입체적으로 실감나게 보여줄 수 있는 시스템이다. 그러므로 본 논문의 결과는 기존에 개발된 사면 정보 데이터베이스의 입체적 활용과 가시적 서비스를 창출할 수 있기 때문에 차량 주행 안내 시스템, 지능형 도로 교통 체계 등에 활용되어 사용자 편익 도모 및 서비스의 고급화를 예상할 수 있다.

■ 중심어 : | 낙석 및 산사태 | 물리 엔진 | 모델링 | 컴퓨터그래픽스 | 시뮬레이터 |

Abstract

This paper describes a development of system that enables the user to simulate the rockfall and landslide from slopes using physical engine. Until now, it will not be able to accomplish the virtual experiment of three-dimensional interpretation about slope informations, stability evaluation, the rockfall and landslide simulation, etc., because of absence of three-dimensional simulation systems which relates with slopes. With like that reason, this paper developed a simulator which is identical or similar the rockfall and the landslide where the possibility which will occur or occurred from actuality is high very actual condition from virtual experiment. For a simulator development, this paper uses the physical engine which is mainly used from computer game and animation development etc., And it will be show the process where the rockfall and landslide occurs with simulator. This simulator which sees the process where the rockfall and the landslide occur from three-dimension computer graphics theory and the physical engine, is a system which is the possibility of showing actual feeling. Therefore, the result of this paper is applied in vehicle travelling guidance system and intelligence traffic systematic etc., because of creates visual service and three-dimensional application of the slope information database which is developed in existing, and will be able to forecast the upgrade of user benefit planning and a service.

■ keyword : | Rockfall and Landslide | Physical Engine | Modeling | Computer Graphics | Simulator |

접수번호 : #090715-003
접수일자 : 2009년 07월 15일
심사완료일 : 2009년 07월 28일
교신저자 : 김성호, e-mail : kimsh1204@sangji.ac.kr

I. 서 론

화석 연료에 의한 지구 온난화와 각종 환경오염 등의 영향으로 기존에는 발생하지 않았거나 거의 모르고 있었던 이상 기후 변화와 관련된 현상들이 최근에는 국내에서도 자주 나타나고 있다. 이러한 이상 기후 변화들 중에서 특히 낙석 및 산사태와 관련된 자연재해 현상은 인간에게 직접적이고 대규모적인 피해를 가져오고 있는데, 정부에서는 최근 낙석 및 산사태 등으로 인한 각종 재해를 저감하기 위하여 최신 IT 기술과 건설 기술을 활용한 통합 사면관리 기술, 광역 산사태 저감 기술 및 사면 안정성 증대 기술 등을 활발하게 연구 개발해 오고 있다. 국토해양부 산하의 낙석및산사태방재연구단(이하, 'RLPRC')[1]은 위 분야의 국내 기술을 선도 해 오고 있는 대표적인 기관으로서, RLPRC 산하의 다양한 과제 수행에 따른 유관 시스템들 간의 연동, 호환성 및 시스템의 통합 운영에 대한 필요성이 증대되어지고 있다. 그러나 매우 다양한 각종 사면(지형) 정보를 3차원 형태로 모델링하고, 사면 구성 부문의 입체적 해석과 사면 안정성 평가 등과 관련된 낙석 및 산사태의 자연재해 현상을 가상으로 미리 실험하여 확인해볼 수 있는 3차원 사면 정보 시뮬레이션 시스템 및 관련 연구의 부재는 매우 안타까운 현실이다. 이러한 문제를 조금이나마 해결하기 위하여 국내는 물론이고 국외에까지 각종 재해 및 재난에 대처하기 위한 정부 주도의 장기적 신기술 개발에 주력하고 있다.

그러므로 본 논문에서는 이와 같은 사면 정보를 3차원 형태의 입체적 해석과 사면에 대한 안정성 평가에 도움이 될 수 있는 낙석 및 산사태 시뮬레이터를 개발하였으며, 다음과 같이 크게 두 가지로 구분한다. 첫째는 각종 사면 정보를 기반으로 한 3차원 사면 데이터 모델링 및 프로그래밍이고, 둘째는 3차원 사면 데이터 및 각 속성 정보를 기반으로 낙석 및 산사태가 발생되는 과정을 3차원으로 실험해볼 수 있는 시뮬레이터이다. 3차원 사면 데이터 모델링 및 프로그래밍에서는 기존의 단순한 2차원 이미지 기반의 사면 정보에 비하여 3차원 형식의 입체적 사면 정보를 3DS MAX 등과 같은 3D 컴퓨터 그래픽스 툴(Tool)을 이용하여 모델링하거나 프로그래밍 하는 등의 과정을 의미한다. 본 과정은 사면 정보의 3차원 외형 제작 등 실제적인 사면 정보를 모든 방향에서 가시화할 수 있도록 하기 위한 3차원 사면 데이터를 제작하는 것이다. 특히 낙석 및 산사태 시뮬레이션에 사용하기 위해 사면의 특정 부분에 각종 낙석 및 산사태의 유형에 적합하게 홈을 적당히 파는 작업을 포함한다. 3차원 시뮬레이터 개발은 낙석 및 산사태가 발생되는 과정을 3차원으로 가시화하기 위한 것으로서, 사면 데이터 및 사면 속성 정보의 입체적 가시화를 3차원 가상공간에서 실시간적으로 가능하게 하여, 3차원 사면 정보에 따른 낙석 및 산사태 시뮬레이션이 가능하게 할 수 있는 시스템을 의미한다. 본 시뮬레이터를 개발하기 위해서는 MS Visual Studio VC++ 환경에서 OpenGL API를 기본적으로 사용하며, 낙석 및 산사태와 관련된 물리적인 현상을 시뮬레이션하기 위해서는 물리엔진 및 물리 연산이 가능한 드라이버를 사용하여야 하는데, 본 논문에서는 가장 최근에 발표된 물리엔진 드라이버 중의 하나인 NVIDIA PhysX SDK의 최신 버전을 사용한다.

본 논문의 제 2 장에서는 물리 연산을 비롯하여 본 논문의 실험에서 사용한 물리 엔진 PhysX SDK에 대하여 기술하고, 제 3 장에서는 3DS MAX를 사용하여 모델링한 사면에 대하여 기술하고, 제 4 장에서는 3차원 낙석 및 산사태 시뮬레이터의 설계 및 구현에 대하여 기술하고, 마지막 제 5 장에서는 결론과 향후 연구 과제에 대하여 기술하기로 한다.

II. 물리 연산과 물리 엔진

물리 연산[11]이란 컴퓨터 게임 및 각종 시뮬레이션 등의 분야에서 최근 가장 주목 받고 있는 것 중의 하나로서, 컴퓨터 게임이나 시뮬레이션에 등장하는 각종 객체가 어떻게 움직이고, 상호작용하면서 그들 주변의 환경에 반응하는지에 대한 모든 것을 의미한다. 물리 연산이 없는 많은 최신 컴퓨터 게임 및 시뮬레이션 등에서는 객체가 실생활에서 행동하는 것처럼 보이지 않는다. 그리고 무엇보다도 컴퓨터 게임이나 각종 시뮬레이

션 등에서 이와 같은 물리 연산을 적용하는 것은 결코 쉬운 일이 아니다. 물리 연산은 엄청난 양의 동시 다발적인 수리 및 로직 계산이 필요하며, 유일무이한 물리 연산 알고리즘 세트를 기반으로 한 극도로 연산 집약적인 환경이다. 이러한 물리 연산이 집약된 컴퓨터 게임이나 각종 시뮬레이션 개발을 위해서 초창기에는 PhysX PPU Card 등의 하드웨어 장치로 물리적인 도움을 많이 받기도 하였고 지금까지도 받아오고 있지만, 지금은 고성능 컴퓨터 그래픽스 카드에 성능 좋은 물리 엔진만을 사용하여도 어느 정도 효과를 만들어 낼 수 있다. 최근 이러한 물리 연산이 가능한 다양한 물리 엔진[2]들이 출시되어왔으며 컴퓨터 게임 및 각종 시뮬레이션 등에서 많이 사용되고 있다. 물리 엔진이 가지고 있는 물리학적인 기능들은 매우 많지만 대표적인 것이 중력가속도의 표현인데, 물리학에서 말하는 중력가속도는 9.8 $m/\sec^2$이라는 단위계를 사용하고 있다. 본 논문에서는 이러한 중력가속도를 3차원 가상공간에서의 수직 방향인 -Y축으로 객체가 떨어지는 힘의 세기로 표현이 가능한데, 빠르고 실감나는 물리적인 효과를 보여주기 위해 수차례 시행착오를 거쳐 기본 값(-9.81)보다 100배 곱을 한 값(-981)을 중력가속도로 설정하였다.

본 논문에서는 최근 발표된 다양한 물리 엔진들 중에서 NVIDIA PhysX SDK[4][5] 최신 버전을 낙석 및 산사태 시뮬레이터 개발에 사용하기로 하였다. 이때, NVIDIA PhysX SDK로 개발된 결과물인 실행 파일(*.exe)이 구동될 수 있도록 하기 위해서는 반드시 NVIDIA PhysX SDK와 함께 출시된 NVIDIA PhysX SystemSoftware의 최신 버전을 함께 설치하여야 한다.

III. 3D 사면 제작과 사면 정보 추출

낙석 및 산사태에 의한 자연 재해를 최대한 저감시키기 위한 다양한 연구들을 수행해오고 있는 토목 및 건설 분야의 전문가들은 지금까지 [그림 1]과 같이 다양한 사면의 종류에 따른 낙석 및 산사태가 발생되는 과정을 각 유형별로 구분하여 학습하고 이를 참고로 다양한 연구들을 진행해오고 있다. [그림 1]은 사면의 종류에 따른 낙석 및 산사태의 발생 유형을 입체적으로 보이게 단순한 이미지로 그려놓은 것[8-10][12]으로서, 낙석 및 산사태에 대한 이론적인 설명에는 도움이 될지 모르지만, 시뮬레이션과 같이 3차원적인 실험을 위해서는 부족한 면이 많은 것이 사실이다. 그러므로 본 논문에서는 지금까지 연구된 [그림 2]와 같은 낙석 및 산사태의 발생 유형과 관련된 이미지들을 참고로 하여 임의의 3차원 사면 수 개를 3DS MAX를 사용하여 각각 제작하고, 낙석 및 산사태가 일어나는 과정을 시뮬레이터를 통하여 보여주고자 한다. 본 논문에서 시뮬레이션에 사용한 사면 데이터들은 임의의 지역을 대상으로 실제 측량한 사면 데이터(*.DEM)를 VRML 파일로 변환한 것[6]이며, 이를 재활용한 것이다. 또한 VRML로 변환된 파일을 3DS MAX에서 불러온 다음, 시뮬레이션에 불필요한 부분을 제거하는 등 약간의 편집 과정을 거쳤다. 또한 낙석 및 산사태가 발생되는 과정을 보여주기 위해서는 사면의 특정 부위에 홈을 파고 파여진 부분을 작은 입자들로 채워야 하는 과정이 필요하다. 본 논문의 실험을 위해서는 사면의 종류에 따라 낙석 및 산사태가 발생되기 쉬운 부분을 선정하여 적당한 크기의 홈을 파는 편집 과정을 거쳤다.

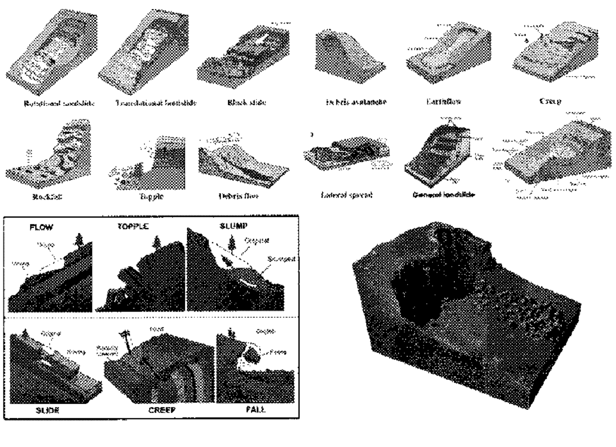

그림 3. 다양한 사면들에 대한 산사태 발생 유형

[그림 2]는 이와 같은 편집 과정을 거친 수 개의 3차원 사면 데이터들 중 대표적인 6개를 보여준 것으로서, 다양한 낙석 및 산사태 시뮬레이션을 위해 제작 및 편집한 것들이다.

그림 4. 3DS MAX에서 제작, 편집된 3차원 사면 데이터들 (샘플)

[그림 2]에서 보는 바와 같이 시뮬레이션에 사용할 3차원 사면들은 여러 가지 유형을 보여주고 있는데, 좌상(左上)은 산 중턱에 깎아놓은 부분의 상단부와 하단부가 동시에 낙석 및 산사태가 일어날 수 있는 상황을 제작한 것이고, 중상(中上)은 터널의 입구 부분에서 낙석 및 산사태가 발생할 수 있는 여건을 조성한 것이고, 우상(右上)은 사방이 산으로 둘러싸여있는 호수를 예로 든 것이다. 좌하(左下)는 토목과 건설 분야에서 말하는 사면에서의 이동형과 원호형을 혼합한 유형을 고려하여 제작한 것이고, 중하(中下)는 경사가 급한 지형에서 낙석 및 산사태가 일어나는 과정을 표현하기 위한 것이다. 마지막 우하(右下)는 특정 부분이 중력에 의한 무게를 이겨내지 못하고 일시에 수직 방향으로 사태가 발생되는 과정을 위한 유형이다.

그러나 본 논문의 시뮬레이션을 위해서 필요한 것은 [그림 2]의 결과물이 아니라 [그림 2]와 같은 사면을 형성하고 있는 수천~수만 개 이상의 정점(Vertex)들의 좌표와 정점들을 연결하여 면(Face)을 구성할 수 있도록 해주는 인덱스(Index) 정보이다. 그러므로 3DS MAX에서 제작한 사면 데이터로부터 정점들의 좌표 및 인덱스 정보를 추출하여야 한다. 본 논문에서는 이를 위하여 Pandasofts사의 DirectX Exporter를 3DS MAX의 Plugin으로 설치하였으며, 이를 이용하여 시뮬레이션에 필요한 3D 데이터들을 DirectX 파일(*.X)로 추출할 수 있었다. 물론 DirectX 파일에는 본 시뮬레이션에 사용하지 않는 불필요한 부분도 상당수 존재하고 있는데, 이러한 부분들은 모두 찾아서 제거하거나 수정하는 등의 편집 작업을 거쳤다. 그래서 낙석 및 산사태 시뮬레이션에 사용할 실제 데이터 즉, 수천~수만 개 이상의 정점들의 좌표와 정점들을 연결하여 면(Face)을 구성할 수 있도록 해주는 인덱스 정보들로만 구성된 사면 정보(데이터)를 [표 1]과 같이 추출하였다.

표 1. 사면에서 추출한 사면의 정점 좌표 및 인덱스 정보(샘플)

구 분	정점 좌표 및 인덱스 정보	개 수
Mesh	-10.237845, -1.504544, -8.848765, -10.540470, -2.254554, -8.839053,, ... 1.369473, 1.305884, 6.682087, 1.508147, -0.123528, 7.958281	12742
Index	2, 1, 0, 1, 3, 0, ... 8203, 8176, 8177, 8203, 8184, 8176	15154

Ⅳ. 시뮬레이터 설계 및 구현

1. 사용자 인터페이스 및 기능

낙석 및 산사태가 발생되는 과정을 3차원 가상공간에서 시뮬레이션해보고 이를 입체적으로 확인하기 위한 사용자 인터페이스는 [그림 3]과 같으며, 시뮬레이션을 위한 3차원 뷰어의 왼쪽 상단에 시뮬레이터의 주 기능을 문자로 표시하였다.

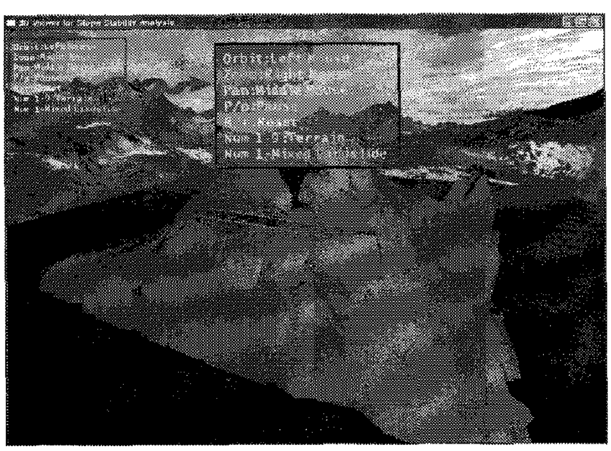

그림 5. 사용자 인터페이스

여기서 Orbit는 3D 가상공간에서 카메라를 상/하/좌/우 등으로 이동시킬 수 있으며, Zoom은 줌 인/아웃의 기능을 가지고 있다. Pan은 카메라의 위치를 이동시키는 것이고, Pause는 시뮬레이션 진행 중 잠시 정지하는 기능이며, Reset는 배경(Sky Box)과 바닥(Ground)을 제외한 모든 사면들을 지우고 초기상태로 되돌아가는 기능이다. 나머지 숫자 1~9는 9개의 서로 다른 사면을 선택하여 다양한 낙석 및 산사태 시뮬레이션을 확인할 수 있도록 하였다.

2. 카메라 환경 설정

입체적이고 실감나는 시뮬레이션을 가시적으로 확인하기 위해서는 3차원 가상공간을 자유자재로 항해할 수 있어야 하는데, 이를 위해서는 가상의 카메라가 설정되어져야 한다. 왜냐하면 가상공간에서의 카메라는 실제 인간의 눈을 통하여 사물을 바라보는 것과 같은 효과를 줄 수 있기 때문이다. [그림 4]는 가상 카메라의 환경 설정을 위한 상세도로서, 카메라가 바라볼 수 있는 최소의 거리(Near), 카메라가 바라볼 수 있는 최대의 거리(Far), 카메라의 시야각(Fovy, Field of View for Y coordinate), 카메라가 바라볼 수 있는 좌우 및 상하의 영역(Left, Right, Top 및 Bottom), 이들로부터 구할 수 있는 종횡비(Aspect) 등으로 구성되어져 있다.

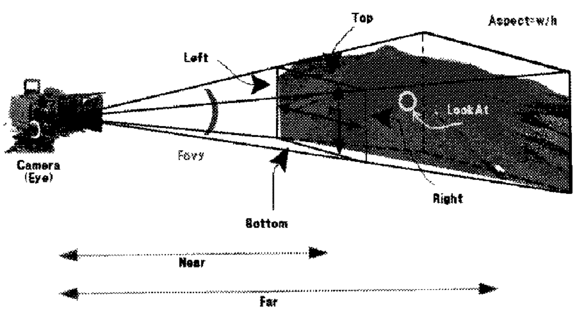

그림 6. 카메라의 환경 설정을 위한 상세도

시뮬레이션을 위한 3차원 가상공간을 가상 카메라를 사용하여 자유자재로 항해하기 위해서는 3차원 좌표계를 알아야 하는데, 본 논문에서 사용한 물리엔진 NVIDIA PhysX SDK는 Direct3D와 같은 왼손 좌표계를 사용하고 있으며, OpenGL API는 오른손 좌표계를 사용한다. 그러므로 본 논문에서는 두 개의 좌표계를 함께 적용해야하는 관계로 매우 복잡한 부분이 없지 않다.

3. Sky Box 구축

시뮬레이션을 위한 3차원 가상공간이 생성되고 가상 카메라가 설정되면, 시각적으로 입체감과 원근감을 함께 주기 위하여 하늘(Sky)을 비롯한 배경에 대한 설정이 필요한데, 본 논문에서는 일반적으로 3차원 컴퓨터 그래픽스, 컴퓨터 게임 등의 분야에서 많이 사용되고 있는 Sky Box 기법을 사용한다. Sky Box[3]는 3차원 가상공간의 주변을 감싸고 있는 정육면체, 육면체, 구(Sphere) 및 원기둥 등의 각 면(Plane)에 미리 렌더링된 $2^n \times 2^n$ 크기의 텍스처 이미지(*.bmp, *.jpg, *.tga 등)들을 사용하여 매핑(Mapping)하는 방법으로서 본 논문에서는 [그림 5]와 같이 6장(Front, Back, Left, Right, Top, Bottom) 준비해서 정육면체의 각 면에 매핑시키는 방법을 사용한다.

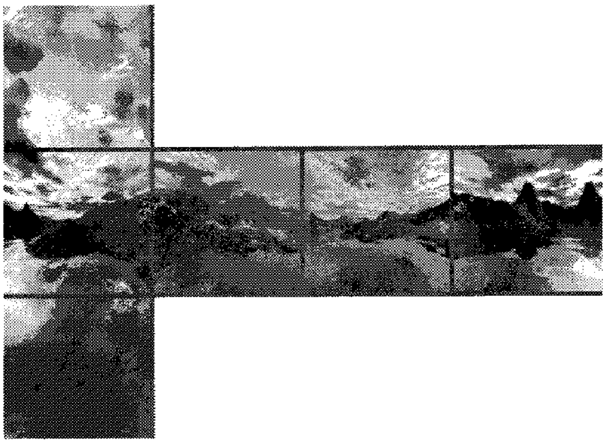

그림 7. Sky box에 사용할 6면의 이미지들

[그림 6]은 [그림 5]의 6장 이미지들을 사용하여 구현한 Sky Box의 결과이면서 가상의 카메라가 바라본 서로 다른 방향으로의 모습들이다.

그림 8. 카메라로 바라본 Sky Box의 모습 (Left, Back, Right, Top)

4. 사면 정보 읽어오기

[표 1]과 같이 3DS MAX에서 추출한 사면 데이터는 시뮬레이터를 위한 3차원 가상공간에서 보여주어야 하는데, 이를 위해서는 [표 2]와 같이 사면 데이터를 재구성하고, 이를 3차원 가상공간에 가시화하여야 한다. [표 2]의 Vertex는 3차원 가상공간에 표시할 정점의 좌표들이고, Face는 정점들을 연결하여 삼각형으로 구성된 폴리곤을 형성할 인덱스 번호들의 집합이다.

표 2. 시뮬레이터에 읽어올 사면의 정점 좌표 및 인덱스 번호 (샘플)

구 분	정점 좌표 및 인덱스 번호

Vertex	unsigned int Mountain_NBVERTICES =20355;
	
	float gMountainVertices[]={
	-10.298685, -0.033759, 10.476658,
	......
	-0.323986, 1.926203, 3.655205
	};

Face	unsigned int Mountain_NBFACES = 13859;
	
	int gMountainTriangles[]={
	427, 0, 923,
	......
	7092, 7091, 7107
	};

그림 9. 시뮬레이터에 읽어온 3차원 사면 데이터(샘플)

[그림 7]은 이러한 정점들의 좌표와 인덱스 번호에 의해 3차원 가상공간에 가시화한 예제이다. NVIDIA PhysX SDK는 오른손 좌표계를 사용하고, OpenGL API는 왼손 좌표계를 사용하기 때문에 3차원 가상공간에 가시화한 사면 데이터는 3DS MAX에서 보여 지는 실제 데이터와 비교했을 때, 좌우(X축)가 바뀐 방향으로 형성됨을 실험결과 확인할 수 있었다. 본 논문에서는 이와 같은 방법으로 수 개의 사면 데이터를 3차원 가상공간에 읽어 들였다.

5. 시뮬레이션에 사용될 객체 쌓기

[그림 7]과 같이 3차원 가상공간에 읽어온 사면의 특정한 일부분은 낙석 및 산사태가 발생될 부분으로서 임의의 폭과 깊이 등으로 홈을 파둔 곳이 있다. 그러므로 이 부분을 작은 객체들로 채워서 낙석 및 산사태가 일어날 수 있는 여지를 만들어야 한다.

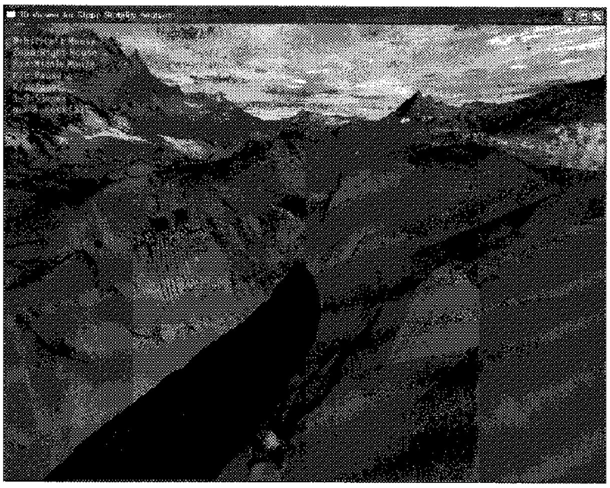

그림 10. 산사태가 발생될 부분에 쌓은 객체들(샘플)

본 논문에서는 이를 위하여 3DS MAX로 제작한 다양한 사면 데이터를 시뮬레이터에서 읽어온 다음, [그림 8]과 같이 파여진 홈 부위에 적당한 객체들을 쌓았다. 3차원 가상공간에 읽어온 사면의 특정 부분에 객체들을 생성하기 위해서는 육면체, 구(Ball, Sphere) 및 볼록체(Convex) 등으로 구성된 적당한 크기의 객체들을 수천 개 이상 생성하고, 파여진 홈 부위에 객체들 간의 일정한 거리를 유지하면서 알맞게 채워야 한다. 본 논문에서는 사면에서 특정한 부위에 파여진 홈과 주변 폴리곤들이 충돌하여 물리적으로 예외 현상이 발생하지

않도록 하는 가장 적합한 좌표를 설정하기 위하여 수십 번 이상의 시행착오를 거쳤다. 그리고 본 논문에서는 [그림 8]과 같이 낙석 및 산사태에 사용될 객체들을 수 개의 사면에 각각 충분히 쌓았다. 이때 사면에 쌓은 모든 객체들은 일정한 질량을 가지고 있도록 구축하였으며, 적당한 충격에도 중력가속도의 영향으로 낙석 및 산사태가 발생할 수 있도록 하였다.

6. 시뮬레이션 결과

본 논문에서는 낙석 및 산사태가 발생되는 과정을 시뮬레이션해볼 수 있는 시스템을 개발하였다. 본 시뮬레이터에서 낙석 및 산사태 실험을 하기 위해 제작한 사면의 개수는 수 개정도인데, [그림 9]는 이들 중의 한 예로서 낙석 및 산사태가 발생되기 전, 중, 후의 과정을 보여주고 있다.

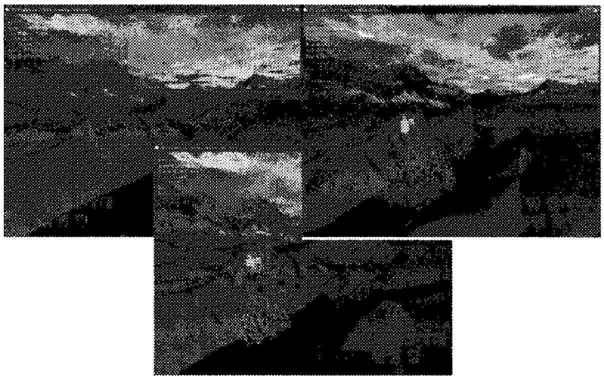

그림 11. 산악 지형에서의 낙석 및 산사태 시뮬레이션 결과 (샘플)(발생 전, 발생 중, 발생 후)

낙석 및 산사태가 발생되기 전에는 사면의 파여진 홈 부분에 수천 개가 넘는 질량을 가지고 있는 작은 객체들이 고정된 상태로 유지되어 있다가 사태가 발생되도록 하는 명령을 주면 중력가속도에 의해 객체들 간의 충돌과 무게에 의하여 사태가 발생되게 된다.

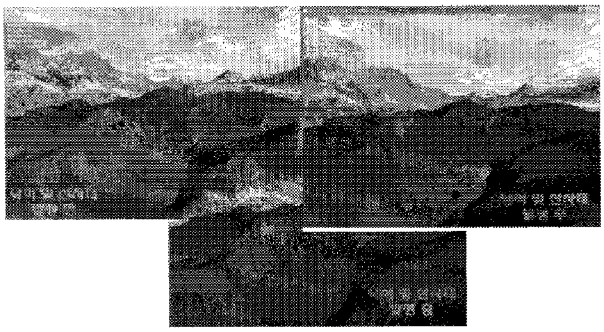

그림 12. 호수, 바다 등이 인접한 사면에서의 낙석 및 산사태 시뮬레이션 과정(샘플)

물론 사면에 쌓아놓은 객체들의 크기와 모양 및 질량에 따라 시뮬레이션은 서로 다른 결과를 보여주고 있음을 수차례의 실험결과 확인할 수 있었다. [그림 9]는 주변이 산악 지형인 사면을 예를 들어 시뮬레이션해본 결과라고 본다면, [그림 10]은 호수나 바다[7] 등이 인접한 사면에서의 낙석 및 산사태가 발생되는 과정을 시뮬레이션해본 결과이다. [그림 11]은 본 논문에서 실험을 위해 제작한 수 개의 사면에 대한 낙석 및 산사태 시뮬레이션 결과를 보여주고 있다. 이들 중 호수나 바다가 인접한 사면에 대한 시뮬레이션은 낙석 및 산사태가 발생되는 과정을 더욱더 실감나게 보여주기 위해 추가적으로 보완하여 실험한 예이다.

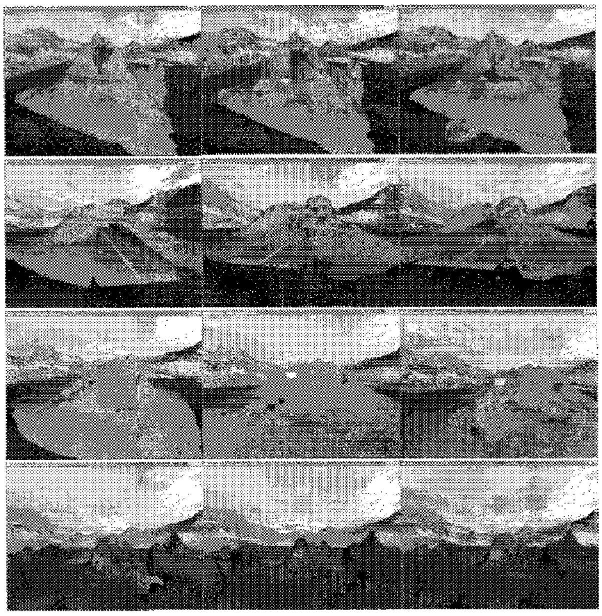

그림 13. 수 개의 사면들에 대한 낙석 및 산사태 시뮬레이션 결과(샘플들)(전, 중, 후)

V. 결 론

본 논문에서는 최근 RLPRC 산하의 다양한 과제 수행에 따른 유관 시스템들 간의 연동, 호환성 및 시스템의 통합 운영에 대한 필요성이 증대되었으나, 사면 정보를 3차원 형태로 모델링하고 낙석 및 산사태 등과 관련된 구성 부문의 입체적 해석과 안정성 평가를 위한 3차원 시뮬레이션 시스템이 존재하지 않고 있는 문제점을 파악하고, 이러한 문제를 다소나마 해결하기 위하여 낙석 및 산사태 시뮬레이터를 개발하였다. 즉, 실제 측량된 지형 데이터(*.dem)를 3DS MAX에서 편집하여 수 개의 사면 데이터를 생성하고, 3차원 시뮬레이터를 통하여 각 사면에서의 낙석 및 산사태 발생과정을 보여주기 위해 사면의 일부분에 다양한 홈을 파는 등의 편집 과정을 거쳤다. 또한 수천 개 이상의 작은 객체(Cube, Sphere, Convex 등)들을 사면의 파진 홈에 잘 어울리게 여러 층으로 분류해서 쌓아놓은 다음, 중력가속도 등에 의해 쌓아놓은 객체들이 일시에 무너지게 하는 등의 방법으로 실감나는 낙석 및 산사태 시뮬레이션을 보여주기 위한 가능성을 보였다. 물론 본 논문의 결과물은 여러 가지 면에서 부족한 부분이 많지만, 낙석 및 산사태가 발생되는 과정을 시뮬레이션 해볼 수 있다는 면에서 충분한 가치가 있다고 판단되며, 사면과 관련된 다양한 프로젝트에 응용 가능하다고 본다. 향후에는 각 사면의 종류에 따른 안전성 해석을 위한 다양한 수식들과 그에 해당하는 매개변수 값을 사용자가 직접 입력할 수 있게 하여 안전율을 구하고, 사용자가 입력한 매개변수들의 값에 따른 낙석 및 산사태 발생과정을 시뮬레이터를 통하여 실시간으로 확인할 수 있도록 하고자 한다. 여기서 사면의 안전율과 관련하여 사용자가 직접 입력하는 매개변수에는 빗물의 양을 포함하고 있다.

참 고 문 헌

[1] http://www.rlprc.re.kr/

[2] http://gamephysics.co.kr

[3] http://www.moon-labs.com/resources/DICamera.zip

[4] http://www.nvidia.com/object/nvidia_physx.html

[5] http://developer.nvidia.com/object/physx_downloads.html

[6] http://www.visualizationsoftware.com/3dem/vrml.html

[7] http://www.walterreid.com/opengl/17/water-droplet

[8] http://www.geonet.org.nz/images/landslide/landslide_glossary_classification_lge.gif

[9] http://geology.about.com/od/naturalhazardsclimate/ig/Landslides/slide-rockfall.htm

[10] http://www.ga.gov.au/image_cache/GA9879.jpg

[11] http://dic.naver.com

[12] http://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/images/Fig3grouping-2LG.jpg

저 자 소 개

김 성 호(Sung-Ho Kim) 정회원

- 1998년 8월 : 숭실대학교 컴퓨터학과(공학석사)
- 2005년 2월 : 숭실대학교 컴퓨터학과(공학박사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 상지대학교 컴퓨터정보공학부 교수

<관심분야> : 컴퓨터 그래픽스, 컴퓨터 애니메이션, 모션캡처 애니메이션, 가상현실, Web3D, 멀티미디어, GIS