

# 원격 모니터링 및 시뮬레이션 시스템의 내부 충격 그래픽 표시 기법

윤지영<sup>1</sup> · 이효재<sup>2,\*</sup> · 우덕건<sup>3</sup> · 장문수<sup>1</sup> · 김철환<sup>4</sup>

<sup>1</sup>한국폴리텍대학 특성화 · <sup>2</sup>한국폴리텍I대학 · <sup>3</sup>한국폴리텍IV대학 · <sup>4</sup>경북대학교

## Graphical display technology of internal impact in remote monitoring and simulation system

Ji-young Yoon<sup>1</sup> · Hyo-jai Lee<sup>2,\*</sup> · Deok-gun Woo<sup>3</sup> · Moon-su Jang<sup>1</sup> · Cheol-hwan Kim<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Korea Polytechnics Specialized University · <sup>2</sup>Korea Polytechnics I University

<sup>3</sup>Korea Polytechnics IV University · <sup>4</sup>Kyungpook National University

E-mail : greenseed@kopo.ac.kr / lhj00199@kopo.ac.kr / woodg@kopo.ac.kr /

avecmschang@kopo.ac.kr / kch1@knu.ac.kr

### 요 약

본 논문에서는 원격 모니터링이나 시뮬레이션 시스템에서 충격 효과를 그래픽으로 표시하는 기술을 개발하였다. 산업 현장의 장비나 시설을 실시간으로 점검하며 보수의 시기를 찾아내거나 사고의 예방을 위해 원격 모니터링이나 시뮬레이션 시스템이 활용되고 있다. 이러한 시스템들은 사용자들에게 시각정보를 제공하여 상황을 보다 이해하기 쉽도록 도움을 준다. 논문에서 제안하는 내부 충격의 그래픽 표시 기법은 3차원 그래픽을 활용하여 장비나 시설을 모델링하고, 장비에서 발생하는 충격과 손상의 위치를 볼륨 렌더링을 이용하여 내부에 표시하는 방법이다. 이는 장비 내부의 충격과 손상 위치에 볼륨 렌더링으로 충격파를 표시하여 보다 정확하게 문제점을 파악할 수 있다는 장점이 있다. 그리고 보다 강렬한 시각 효과를 통해 문제 상황을 보다 빨리 확인할 수 있을 것으로 기대한다.

### ABSTRACT

In this paper, we developed a technique to graphically display impact effects for remote monitoring or simulation systems. A remote monitoring or simulation system is being used to find a repair time or to prevent accidents while inspecting equipment or facilities in an industrial site in real time. These systems provide visual information to users so that they can analyze problem situations. The technique proposed in this paper is a method of modeling equipment and facilities using 3D graphics, and displaying the location of impact and damage occurring in the equipment inside using volume rendering. This technique has the advantage that the problem can be identified more accurately by displaying the impact animation by volume rendering at the location of the impact and damage inside the equipment. And it is expected that the problem situation can be identified more quickly through more intense visual effects.

### 키워드

Computer Graphics, 3D Rendering, Volume Rendering, Graphic Simulation

---

\* corresponding author

## 1. 서론

디지털 트윈(Digital Twin)과 스마트 공장 그리고 스마트 건설 기술이 발전하면서 산업 및 건설현장에 기술 혁신을 부르고 있다[1]. 전통적인 기술에 인공지능, 사물인터넷 등의 첨단 디지털 기술을 적용함으로써 생산성, 안전성 등을 향상시키고 있다. 장비나 설비의 상태를 확인하기 위해 원격 모니터링이나 시뮬레이션 시스템이 이용되며, 컴퓨터 그래픽 기술로 정밀하게 시각화한다[2]. 컴퓨터 그래픽 기술의 활용으로 2차원 또는 3차원 그래픽 효과를 다양하게 디스플레이하여 상황을 이해하기 쉽도록 한다.

본 논문에서는 원격 모니터링이나 시뮬레이션 시스템에서 내부 충격 효과를 그래픽으로 표시하는 기술을 개발했다. 3차원 그래픽을 활용하여 장비나 시설을 모델링하고, 장비에서 발생하는 충격과 손상된 부위를 볼륨 렌더링을 이용하여 충격파 형태로 표현한다. 이러한 기술의 개발을 통해 사용자에게 보다 강렬한 시각 효과를 제공할 수 있고, 장비나 시설의 충격 발생에 대한 문제점을 보다 빠르게 파악할 수 있을 것이다.

## II. 내부 충격 그래픽 처리 방법

시설 및 장비의 내부 충격의 그래픽 표시를 위해 3차원 그래픽스 기술로 외부 표면을 렌더링하고 내부 충격의 표시는 볼륨 렌더링[3, 4]을 생성하여 처리했다. 볼륨의 형태는 구(sphere) 형태로 처리했고 충격의 강도에 따라 색상으로 구별할 수 있도록 볼륨을 생성했다. 그리고 충격 범위에서 멀어질수록 충격의 흡수에 대한 효과를 생성하도록 했다. 즉 충격의 중심에서 시작하여 충격으로부터 멀어지는 거리를 유클리드 거리(Euclidean Distance)로 계산하고, 계산된 거리에 따라 충격 흡수에 대한 효과를 색상으로 표시하는 방법이다. 그림 1은 내부 충격 효과 표시에 대한 흐름도이다.

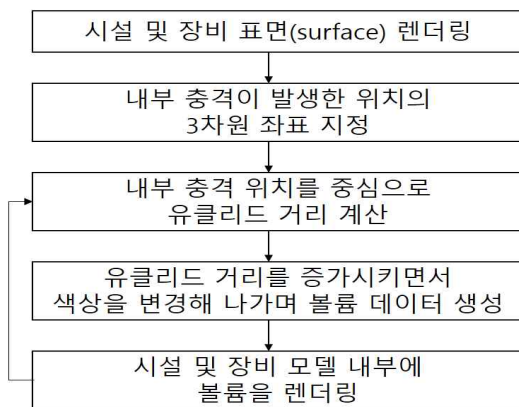
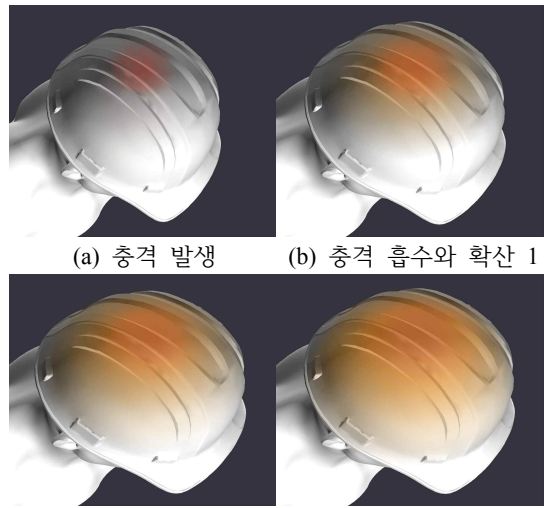


그림 1. 내부 충격 효과 표시 흐름도

볼륨 렌더링은 보는 각도에 따라 누적된 충격량을 표시하기 위해 레이 캐스팅(Ray Casting) 후면-전면 합성(Front-to-back compositing) 알고리즘[5, 6]을 사용하였다. 볼륨 데이터를 생성할 때, 최초 충격이 발생한 위치의 색상을 강하게 표시하여, 여러 각도에서 충격 효과를 보더라도 충격이 흡수되는 위치를 확인할 수 있도록 했다. 그리고 시설 및 장비의 표면을 벗어날 경우 충격 효과를 렌더링하지 않아야 하므로, 표면 모델의 형태에 따라 볼륨 데이터 생성을 하도록 처리했다.

## III. 구현 결과

시설 및 장비의 표면과 볼륨 렌더링을 위해 OpenGL 3.0 버전을 사용했고, 프래그먼트 셰이더에 레이 캐스팅 후면-전면 합성 알고리즘을 처리하도록 했다. 그림 2는 충격량 표시를 위한 볼륨 렌더링 결과이다.



(a) 충격 발생 (b) 충격 흡수와 확산 1 (c) 충격 흡수와 확산 2 (d) 충격 흡수와 확산 3  
그림 2. 충격량 표시 볼륨 렌더링 결과

그림 2의 (a)는 충격이 발생한 순간을 표시한 것이고, (b)는 충격이 흡수되면서 확산되는 결과를 표시한 것이다. 충격의 강도가 클수록 붉은색으로 표시했으며, 강도가 약해질수록 노란색으로 색상을 합성하도록 렌더링했다. 그리고 충격은 시간이 경과함에 따라 분산되고 흡수되는 영역이 넓어지는데, 이에 대한 애니메이션을 처리하도록 하였다.

## V. 결론

본 논문에서는 원격 모니터링이나 시뮬레이션 시스템에서 충격 효과를 그래픽으로 표시하는 기술을 개발하였다. 3차원 그래픽스 기술을 이용하여

시설 및 장비의 표면을 렌더링하고, 내부 충격이나 손상 발생에 대한 효과를 표시하기 위해 충격 흡수량에 대한 볼륨 데이터를 생성하고 이를 렌더링하였다. 이 방법은 장비 내부의 충격과 손상 위치에 볼륨 렌더링으로 충격파를 표시하여 보다 정확하게 특정 위치에서 발생한 문제점을 파악할 수 있다는 장점이 있다. 그리고 보다 강렬한 시각 효과를 통해 충격 흡수량을 확인할 수 있다. 향후 연구 과제로 충격 및 손상에 대한 볼륨 데이터를 사물의 물성과 충격흡수량 그리고 충격 확산 범위를 보다 정확하게 생성하고 렌더링하는 방법을 개발하고자 한다.

### Acknowledgement

이 논문은 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2022-0-00400, 루프탑 설치형 스마트 태양광 발전 시스템 개발).

### References

- [1] Kritzinger, W., Karner, M., Traar, G., Henjes, J. and Sihn, W., 2018, Digital Twin in Manufacturing: A Categorical Literature Review and Classification, *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), pp. 1016-1022.
- [2] Kamuran Guclu, "3d Modeling And Use of Animation in Industrial Facilities," *XII International Conference*, Jan. 2013.
- [3] Marc Levoy, "Display of Surfaces from Volume Data", *IEEE CG&A*, May 1988.
- [4] Gloria Zörnack, Jakob Weiss, Georg Schummers, Ulrich Eck, Nassir Navab, "Evaluating surface visualization methods in semi-transparent volume rendering in virtual reality", *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering: Imaging & Visualization*, 9, pp. 339-348, 2021.
- [5] Frieder, G., Gordon, D., Reynolds, R.A. "Back-to-Front Display of Voxel-Based Objects", *IEEE CGA*, 5(1), pp. 52-60, 1985.
- [6] Darin Lee Buchanan, Sudhanshu Kumar Semwal, "A New Front to Back Composition Technique for Volume Rendering", *CG International '90*, pp. 149-174, 1990.