

4 가지 솔루션을 통한 사실적인 폭발효과 제작

Production of Realistic Explosion Effects through Four Types of Solutions

김동식*, 황민식**, 이현석**, 김용희***, 윤태수****

(Dong Sik Kim, Min Sik Hwang, Hyun Seok Lee, Yong Hee Kim, Tae Soo Yun)

요약

CG(Computer Graphic)상의 폭발효과는 여러 가지 Effect Element(Fire, Smoke, Flame, Dust, Debris 등)가 집약된 고도의 기술적 난이도가 요구되는 비주얼이펙트이다. CG 소프트웨어 기술의 발전에 따라, 다양한 유체 시뮬레이션 기능을 탑재한 솔루션이 개발되었으며, 보다 사실적인 특수 효과가 가능하게 되었다. 하지만, 국내에서는 단순히 프로그램의 기능에만 의존하고 있으며, 또한, 관련 R&D가 미흡한 상황이다. 이에, 본 연구에서는 보다 사실적인 폭발현상을 효율적으로 구현해 낼 수 있는 제작 방식을 실험 연구를 통해 제시하고자 한다. 이를 위한 연구의 전개는 기존 폭발효과의 구현에 대해 선행 연구를 통해 문제점을 도출하고, 이를 해결하기 위해 4가지 솔루션을 중심으로 실험연구를 진행한다. 4가지 솔루션의 접근은 첫째, 유체 시뮬레이션 단계에서의 난기류 속성 부여 방법인 'Numerous Turbulent Flow', 둘째, 스크립트로 제작된 'Cache Retiming Solution', 셋째, Cache화된 데이터를 바탕으로 폭발의 모형을 구축하는 'Multiple Volume Container', 넷째, 합성단계에서 결과물의 완성도를 높이는 기법인 'RGB Lighting Pipeline' 이다. 각 단계 별 적용 효과의 특성과 이를 순차적으로 연계한 제작공정을 통해 보다 사실적인 폭발효과를 효율적으로 구현함을 증명하였다. 본 연구를 통해, 기존과 차별화된 효과적인 폭발효과 제작 방법을 제시하며, 또한 관련 연구의 기초자료로 활용 가능하리라 사료된다.

■ 중심어 : 폭발효과 ; 3D 유체시뮬레이션 ; 4가지 솔루션

Abstract

Explosion effect on CG (Computer Graphic) a visual effect on which a higher degree of technological difficulty is required with a variety of effect elements such as Fire, Smoke, Flame, Dust, Debris, etc. integrated on it. As skills for CG software have been advanced, solutions loaded with functions of various fluid simulation have been developed. So more realistic special effects came to be available. However, in Korea, it depends just on CG program functions. Besides, enough R&D's concerned have not been followed up. Accordingly, this study is aimed at offering a production method that may effectively implement more realistic explosion effects under experimentations. To begin with, the study derives problems through a precedent study of the implementation of existing explosion effects. Then to solve them, experimental studies are performed depending on four solutions. There are accesses to the four solutions: first, Numerous Turbulent Flow, a method to allow an attribute of turbulent air in the stage of fluid simulation; second, Cache Retiming Solution produced in script; third, Multiple Volume Container based on cached data; and fourth, RGB Lighting Pipeline, a method to enhance the completion of the result from the stage of composition. Characteristics of effects applied in each stage and consecutive connections of them proved the effective implementation of more realistic explosion effects. This study may not only suppose the production method for efficient explosion effects differentiated from the previous ones but also be utilized as basic data for relevant researches.

■ keywords : Explosion Effects ; 3D Fluid Simulation ; Four Types of Solutions

* 학생회원, 동서대학교 일반대학원 영상콘텐츠학과

*** 학생회원, 동서대학교 디지털콘텐츠학부

** , **** 정회원, 동서대학교 디지털콘텐츠학부

I. 서론

김도엽(2011)이 ‘컴퓨터 그래픽스의 관점에서 유체 시물레이션의 수행 시 가장 중요한 것은 결과물의 높은 사실성이라고 할 수 있다.’[1]라고 하였듯이 사실적인 폭발효과를 만들어내기 위한 컴퓨터 그래픽 프로그램은 지속적인 발전을 해왔다. Autodesk사 Maya의 Fluid, 3D Max의 FumeFX, SideFX사 Houdini의 Pyro 등이 대표적으로 사용되는 폭발효과 관련 유체 시물레이션 솔루션이다. 최근에는 한층 더 진보된 VFX 기술들이 탑재된 3D 그래픽 프로그램을 이용하여 영화, 애니메이션, 게임 등의 다양한 콘텐츠 분야에서 유체를 이용한 폭발효과를 만들어 내고 있다. 프로그램의 발전은 폭발현상 구현에 있어 보다 완성도 높은 결과물을 가능하게 하였지만, 여전히 프로그램 내에서의 한계점은 드러나고 있는 실정이다. 이에, 본 연구에서는 기존 폭발효과의 구현에 있어 문제점을 파악하고, 보다 효과적인 구현을 위한 네 가지 기술을 제시하고자 한다. 4가지 솔루션의 접근은 첫째, 유체 시물레이션 단계에서의 난기류 속성 부여 방법인 ‘Numerous Turbulent Flow’, 둘째, 스크립트로 제작된 ‘Cache Retiming Solution’, 셋째, Cache화된 데이터를 바탕으로 폭발의 모형을 구축하는 ‘Multiple Volume Container’, 넷째, 합성단계에서 결과물의 완성도를 높이는 기법인 ‘RGB Lighting Pipeline’이다. 이 4가지 솔루션을 중심으로 각각의 효율성과 이를 순차적으로 연계하여 통합적인 제작순서를 실험연구를 통해 증명하고자 한다. 또한, 본 기술들의 적용을 통한 결과물의 발전 과정과 각 단계 별 기술 적용의 특성에 대한 비교를 통해 그 효율성을 검증한다. 해외 대형 스튜디오들이 오랫동안 축적된 노하우나 연구경험을 통해 유체 관련 시각효과의 완성도를 높이기 위한 해결점을 계속해서 제시하고 있는 것에 반해 국내 비주얼이펙트 산업체의 경우엔 연구개발 역량이 부족한 현실이다.[2] 이에 본 연구를 통해, 보다 사실적이고 완성도 높은 폭발현상을 효과적으로 제작할 수 있으리라 판단되며, 이는, 새로운 제작과정을 제시하는 비주얼 이펙트관련 기술 연구임을 밝혀둔다.

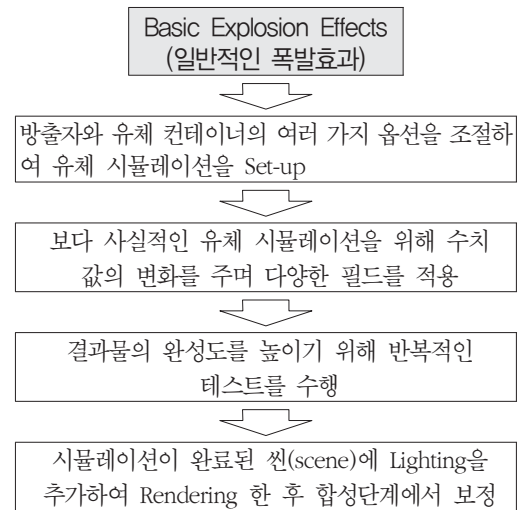
II. CG 폭발효과 제작 과정

폭발효과를 컴퓨터그래픽에서 구현하기 위해서는 일반적으로 유체 시물레이션을 이용한다. 방출자와 컨테이너를 만들어서 연동을 시켜주고 유체와 관련된 여러

가지 속성 값들을 조절하여 기본적인 폭발모형을 구축한다.

이어서 다양한 외부적인 필드를 적용하면서 보다 사실적인 효과를 구현하기 위해 위 작업을 반복하며 테스트한다. 유체 시물레이션이 완료되면 해당 장면에 Lighting 작업을 하여 완성도를 높인 후 이를 Image Sequence(프레임 단위로 이지가 순차적으로 나열된 영상 파일)로 Rendering하여 합성단계에서의 보정을 통해 최종 결과물을 만들어 낸다. 이러한 일반적인 폭발효과 제작 과정은 효율성 측면이나 사실적인 유체 시물레이션 구현이라는 점에 있어서 많은 문제점을 드러내고 있는데 다음 장에서 문제점들에 대해 순차적으로 논하도록 하겠다.

표 1. 일반적인 폭발효과의 구현 방식



III. 기존 폭발효과 구현 방식의 문제점

기존 폭발효과 제작의 문제점에 대해 ①일반적인 난기류의 적용, ②합성단계에서의 운동속도 재설정, ③단일 유체 시물레이션 방식, ④색 보정을 위한 반복적인 렌더링 등 네 가지 순차적 제작과정의 특성을 분석하여 그 문제점을 도출하고자 한다. 본 문제점들은 연구자가 미국의 Walt Disney를 비롯하여 비주얼이펙트 관련 업체에서 다년간 근무하는 동안 여러 편의 프로젝트를 담당하면서 보편적으로 발생하는 유체 시물레이션 효과 구현 시의 문제점을 해결하기 위한 연구과정에서 도출된 것임을 밝혀둔다.

1. 일반적인 난기류의 적용

일반적으로 3D 시뮬레이션 상에서 유체에 난기류 속성 적용을 통해 특유의 불규칙한 움직임 표현할 수 있다. 난기류란 불규칙한 운동성을 가지고 있는 공기의 흐름을 일컫는 말로써 풍향과 풍속의 급격한 변화를 동반한다. 이런 난기류의 특성을 이용하면 보다 실제적이고 효과적인 유체의 움직임을 만들어 낼 수 있다. 하지만, 난기류가 가지고 있는 실제 물리적 특성을 정확히 이해하고 활용한다면 더욱 사실적인 시뮬레이션이 가능하다. 불규칙함이란 통제 불가능한 무작위적 움직임이 아닌 제어 가능한 속성 그룹을 열어 놓았으며 불규칙성 속의 규칙성을 통해 효과적으로 유체를 제어해야 한다. 기존에 난기류를 적용하여 강도의 변화만 주었던 방식으로는 자연스러운 유체의 흐름을 제어하는데 한계가 있다.

2. 합성단계에서의 운동속도 재설정

유체 시뮬레이션을 할 때 간과할 수 있는 부분이 바로 유체의 운동속도 재설정 부분이다. 3D 컨테이너에서 다양한 방법으로 유체의 속도를 제어할 수 있는데, 방출자 역할을 담당하는 Geometry에 Deformation을 준다거나 유체의 Simulation Rate Scale에 Key를 주어 순간적으로 수치 값을 변환시키는 것 등이 일반적인 방법이다. 하지만 이러한 방법으로는 작업자가 원하는 정확한 타이밍을 맞추기가 쉽지 않기 때문에 일반적으로는 전체 시뮬레이션을 끝마친 후 유체 운동속도를 포스트프로덕션의 합성 단계에서 타임 리맵핑 기술을 통해 구현하는 경우가 많았다.

이는 특정 부분에서의 속도 변화가 극단적으로 상승하는 실제 폭발과는 달리 시뮬레이션의 전반적인 속도의 변화를 가져와 사실적인 모션을 표현하기에 어려움이 있기 때문이다. 유체의 운동 속도 조절은 최종 렌더링이 끝난 후 합성 단계에서 조절하는 방식이 아닌, 유체 시뮬레이션 단계에서 해결하기 위한 방법을 제시코자 한다.

3. 단일 유체 시뮬레이션 방식

종래의 단일 유체 컨테이너를 이용한 반복적인 시뮬레이션 방식은 단순히 과도한 해상도의 결과물에 의존하는 방식으로, 하드웨어 성능이 뒷받침이 되지 않으면

시간적으로 원활하게 진행될 수 없는 구조적인 결함을 갖고 있다. 구분기(2007)가 '유체 시뮬레이션 기술은 물, 불, 연기와 같은 자연현상을 컴퓨터로 있는 그대로 표현하기 위하여 복잡한 역학 및 수학적 연산을 수행하여 움직임과 형태를 재현하는 기술을 말한다.'^[3]라고 한 것처럼 유체 시뮬레이션은 방대한 수학적 연산을 위한 빠른 연산능력을 보유한 하드웨어 없이는 효율적인 작업을 진행하기 어렵다는 단점을 가지고 있다. 이에 단순히 고사양의 하드웨어에 의존한 반복적인 시뮬레이션이 아닌 차별된 기술적 접근이 필요하다.

4. 색 보정을 위한 반복적인 렌더링

일반적으로 폭발 효과를 시뮬레이션 완료 한 후, 컬러의 사실적인 묘사를 위해 라이팅, 렌더링 과정에서 완성도를 높이는 방식을 택한다. 홍성욱, 강문규, 강성욱(2004)이 'Maya에 포함되어 있는 Fluid Effects 모듈 역시 우수한 성능을 보여주고 있으나, 이러한 프로그램들은 영상 결과물의 품질이 우수하며 호환성이 뛰어난 반면 모든 물리적 범위의 유동현상에 폭넓게 적용되기에는 우리가 따르며, 실시간 렌더링을 지원하지 않는다.'^[4]라고 하였듯이 실시간으로 렌더하는 방식이 아닌 수정을 할 때마다 결과를 확인하기 위한 반복적인 렌더링 방식은 많은 시간의 소요를 가져와 작업 효율성을 떨어뜨리게 된다.

IV. 실험연구: 4가지 솔루션을 통한 사실적인 폭발효과 제작

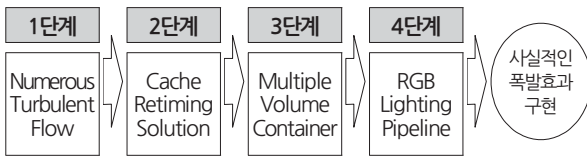
폭발은 크기는 화산폭발과 같은 자연 폭발과 외부 또는 내부적인 화학적 요인에 의해 발생하는 인공 폭발로 구분되며 그 형태에 따라 지면폭발, 공중폭발, 수중폭발, 수면폭발 등으로 다양하게 나눌 수 있다. 공중폭발, 수중폭발, 수면폭발은 일반적인 경우의 폭발현상이 아니며 각각의 특이성 때문에 본 실험에는 적합하지 않다고 판단된다. 따라서, 본 연구의 구체적인 실험 대상은 내부적인 화학적 요인에 의해 발생하는 지면폭발로 하였으며, 이를 유체 시뮬레이션으로 구현해나가는 과정을 중심으로 실험을 전개한다.

본 실험을 위해 Autodesk사 Maya의 Fluid Effect System을 사용하였다. 김명규, 오승택, 최병태(2008)가 'Maya Fluids는 Maya의 강력한 입자, 강체, 변형체 시뮬레이션과 결합하여 사용자가 원하는 다양한 효과의 연출

이 가능하다.[5]라고 말했듯이 Maya는 다양한 플랫폼 환경에서 범용 3D 프로그램으로 그 사용도가 매우 높으므로 본 연구에 적합하다고 하겠다.

기존의 폭발 효과 제작 방식인 ① 일반적인 난기류의 적용, ② 합성단계에서의 운동속도 재설정, ③ 단일 유체 시뮬레이션 방식, ④ 색 보정을 위한 반복적인 렌더링에서 도출된 네 가지의 문제점을 해결하기 위해 [표 2]와 같이 Numerous Turbulent Flow, Cache Retiming Solution, Multiple Volume Container, RGB Lighting Pipeline의 네 가지 접근을 통해 기술적 해결 방안을 제시하고자 한다.

표 2. 사실적인 폭발현상 구현을 위한 기술 적용 4단계



1. Numerous Turbulent Flow

Numerous Turbulent Flow는 일반적인 난기류의 적용 시 발생하는 문제점을 해결하기 위한 방안으로, 유체의 불규칙한 흐름을 양산하여 결과물의 완성도를 높이는 기술이다.

기존에 일반적으로 3D 그래픽 프로그램에서 입자나 유체의 움직임에 불규칙성을 주기 위해 난기류 속성을 부여하던 방식에서 벗어나 볼륨 형태의 난기류를 다수 배치하고, 여기에 발생 빈도의 다양성과 계속해서 변화되는 방향성을 더해줌으로써 해서 보다 사실적이고 효과적인 움직임을 제작한다.

다수의 난기류의 동적 적용법을 통해 불규칙함을 부여하는 새로운 접근법을 사용함으로써 보다 더 사실적인 폭발효과를 만들어 낼 수 있다. [그림 1]과 같이 기존의 방식은 Static 난기류가 유체의 불규칙한 모션을 부여하는 역할을 담당했다면 이 기술은 Volume 형태의 동적 난기류를 다수 배치, 난기류 역할을 하는 Sphere들이 유체 내부와 외부를 이동하며 정적인 Shape을 부수고 유체의 움직임에 보다 더 불규칙한 난기류를 적용시키는 역할을 담당한다.

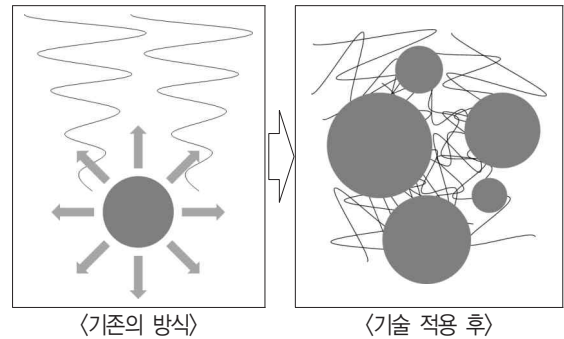
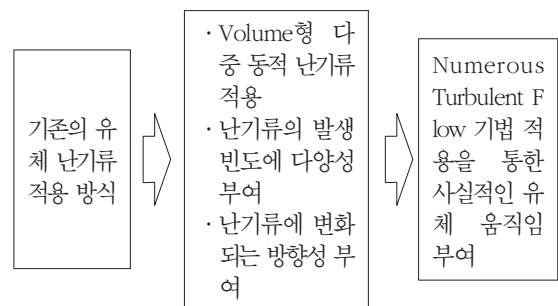


그림 1. 기술적용 시 난기류의 흐름 변화

본 기술은 [표 3]과 같이 볼륨 형태의 다중 난기류를 적용한 뒤 이에 동적 요소를 부여하고 난기류의 발생빈도와 흐름의 변화적인 요소를 추가한 다수의 Sphere들을 배치하여 유체의 단순한 형태와 움직임을 깨트린다. Maya 내의 기술적 기능 중 하나인 Frequency는 난기류가 발생하는 빈도를 뜻하는데 High Frequency에서는 난기류의 발생 빈도가 높아지고 발생 영역의 크기가 세분화되면서 조밀하고 복잡한 불규칙한 운동성을 만들어 낸다. Low Frequency에서는 발생 빈도가 낮아지고 발생 영역의 크기가 커지면서 전체 화면을 기본으로 영역이 크게 나누어지면서 다수의 큰 불규칙함을 만들어 낸다.

표 3. 사실적인 유체 움직임을 위한 방식의 변화



즉 같은 크기의 난기류라 할지라도 이 Frequency라는 속성을 각기 다르게 설정하면 보다 더 불규칙적이고 효과적인 유체 시뮬레이션 결과를 얻어낼 수 있다. 또한 난기류가 발생하는 방향을 설정해주는 Phase관 속성이 있는데 일반적으로 기존에는 어떤 특정 방향을 설정하여 입력한 Direction으로 효과가 지속되도록 해왔으나 여기에 계속된 수치 변화 값을 주어서 난기류의 방향이 시간의 흐름에 따라 변화되게 하여 보다 사실적인

결과를 얻을 수 있다. [그림 2]에서처럼 불륨 형태의 동적 난기류를 다수 배치하여, 난기류 발생 빈도의 다양성과 방향성을 더함으로써 유체가 전 방향으로 확산되며 잔 연기들이 디테일을 높여주어 보다 사실적이고 효과적인 유체 시뮬레이션을 가능케 한다.

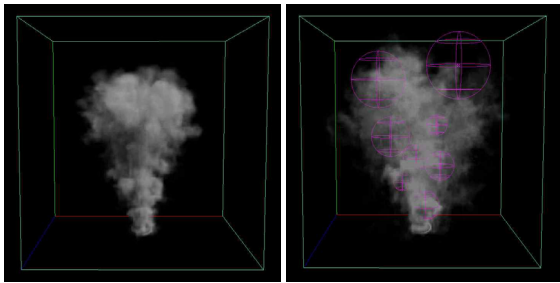


그림 2. 본 기술 적용 전(좌), 본 기술 적용 후(우)

기술 적용 전의 유체를 보면 정적인 모션과 전체 볼륨의 외각선이 뚜렷하여 사실적 형태가 결여된 것에 반해 기술 적용 후는 Magnitude, Attenuation, Frequency, Phase, Volume type의 속성 변화를 준 다중 동적 난기류를 통해 모션이 동적으로 바뀌었다. 이에 따라, 볼륨의 외각 부분에 잔여 연기들이 퍼짐으로서 유체의 대표적인 특성인 확산이 효과적으로 이루어져 사실적인 유체 시뮬레이션을 가능케 하였다.

2. Cache Retiming Solution

Cache Retiming Solution은 ②합성단계에서의 운동 속도 재설정 과정 중 발생하는 문제점을 해결하기 위한 방안으로 폭발의 타이밍과 모션을 수정한다. 기존에는 유체의 운동속도 재설정을 합성 단계에서의 Time Remapping 기술을 통해 구현하는 경우가 많았는데, 이는 작업자가 정확히 원하는 특정 부분의 재설정이 전체적인 유체 시뮬레이션의 Velocity 변화를 가져와 원하는 모션을 정확히 얻을 수도 없을뿐더러 모션 블러의 문제 또한 초래하게 된다. 유체의 운동속도 재설정을 렌더가 끝난 후 합성 단계에서 해결하는 방식이 아닌, 유체 시뮬레이션 단계에서 해결함으로써 작업자가 원하는 정확한 모션을 얻을 수 있으며 또한 수정이 용이하므로 효율적인 작업 환경 구축에 일조한다. 유체 시뮬레이션 후 캐쉬 파일의 연결된 타임 노드의 속도 그래프를 살펴보면 [그림 3]과 같이 Linear 형태를 지닌다. 이는 시간의 변화에 따라 속도가 일정하게 유지되는 바뀌는 것

으로, 실제 폭발과 일치하지 않는다.

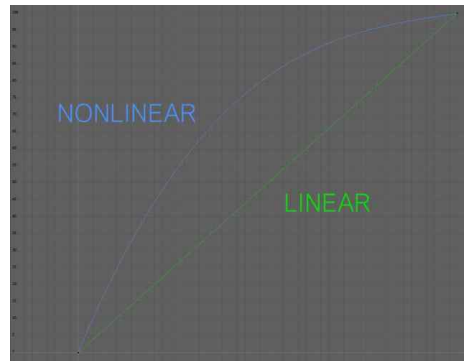
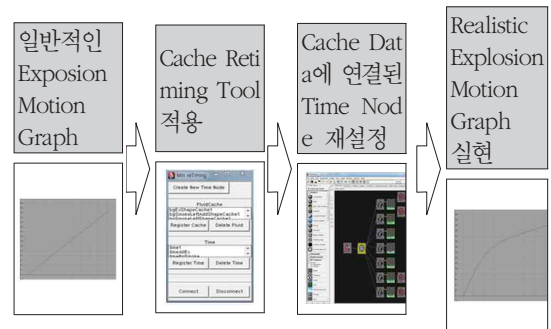


그림 3. Linear Graph와 Nonlinear Graph의 비교

실제 폭발에서는 속도가 폭발의 시작과 동시에 극단적으로 상승했다가 폭심지로부터 밀어내는 힘이 정점에 다다른 후 속도가 서서히 감소한다. 즉 유체의 속도 그래프가 [그림 3]의 Nonlinear 형태를 지닌다. 이러한 실제 폭발에서의 유사한 Velocity값을 부여해 줌으로써 폭발효과를 보다 사실적으로 만들어 낼 수 있는 기술이다.

표 4. Cache Retiming 기술 구현 4단계



본 기술을 적용하면 자동적으로 Scene내의 모든 Fluid Cache Data를 추적하여 기존에 연결되어 있는 Time Node를 끊어버리고 새로운 Time Node를 연결한다. 그런 다음 Tool은 새롭게 연결된 Time Node의 Velocity를 재설정하여 실제 폭발과 유사한 Graph로 변환시킨다. 사실적인 Motion을 가진 폭발효과를 만들어 내는데 있어 이 Cache Retiming Solution은 매우 중요한 역할을 담당하게 된다. [그림 4]의 세 개의 그림에서 각각 왼쪽은 본 기술을 적용하지 않은 Velocity의 유체 시뮬레이션이고 오른쪽은 본 기술을 적용 한 후 수정된 결과

물이다. 두 개의 결과를 비교해보면 처음 시작과 마지막 결과는 동일하지만 중간의 폭발이 진행되는 과정에서의 시뮬레이션 속도가 급격하게 증가했다가 서서히 감소되었다. 이러한 실제 폭발과 유사하게 시뮬레이션이 진행되도록 수정이 이루어졌기 때문에 모션이 매우 자연스러우며 사실적인 폭발효과를 구현했음을 알 수 있다.

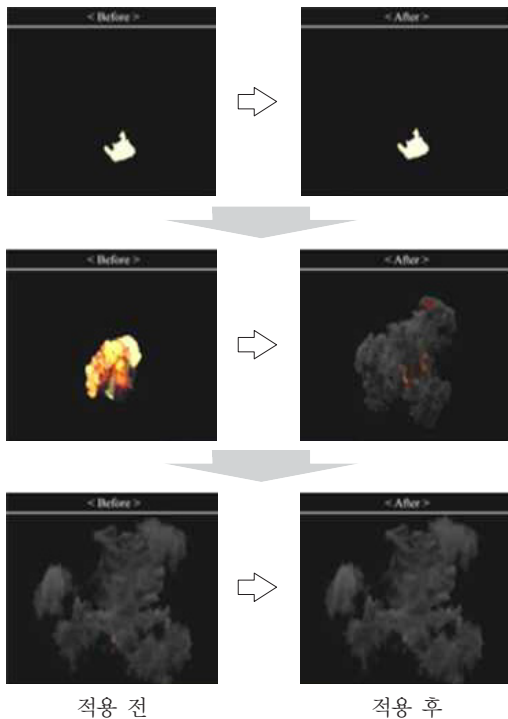
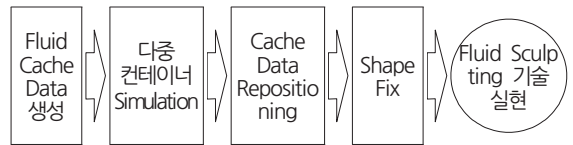


그림 4. Cache Retiming 기술 적용 전(좌측 이미지), 적용 후(우측 이미지)

3. Multiple Volume Container

Multiple Volume Container는 '단일 유체 시뮬레이션 방식'에서 제기된 문제점인, 시뮬레이션 결과 확인과 같은 반복 작업으로 인해 많은 시간이 소요된다는 점을 해결할 수 있다. 다중 컨테이너를 통해 효과적이고 완성도 높은 폭발 형상을 만들어가는 이 기술은, 일단 베이킹된 Cache Data를 이용하므로 반복되는 시뮬레이션에 소비되는 시간을 절약하여 작업 효율성을 높이고 상대적으로 적은 시간 내에 하드웨어적인 큰 제약 없이 폭발의 Shape을 원하는 모습으로 Real Time으로 수정해 나갈 수 있으므로 보다 많은 작업자들이 유체 시뮬레이션을 통한 효과적인 폭발효과 구현에 접근할 수 있다.

표 5. 다중 컨테이너 기술 적용 4단계 과정



[그림 5]와 같이 원하는 폭발 셰입의 캐쉬 데이터에서 다시 여러 개의 유체 운동을 위한 표본모델을 추출하고 이를 토대로 모형을 구축함으로써, 기존의 방식에 비해 효율적으로 폭발 형태를 구현할 수 있다. 단일 컨테이너를 이용하여 Fluid Simulation을 마친 후 Baking하여 Fluid Cache Data를 생성한다.

그리고 Emit Timing, Emitter Shape, Velocity, Rate, Density, Dissipation, Noise 등을 다양하게 조절하여 여러 개의 Fluid Simulation을 완성한다. 이에 생성된 Cache Data Repositioning을 통해 대표 데이터를 기반으로 한 모형구축에 들어간다. Container의 크기와 방향 등을 수정하고 이를 재배치하여 모양을 다듬어간다. 기존의 여러 개의 컨테이너를 사용한 Fluid Simulation의 경우, 폭발 셰입을 표현하는데 있어 직관적이지 않아 구현의 어려움이 따르지만, 위와 같은 방식의 경우, Cache data 처리 및 후 보정에 있어서는 기술적인 부분보다는 다중 컨테이너를 마치 조각 하듯이 셰입을 수정하며 형태를 표현하는 접근법이므로 보다 효율적으로 구현할 수 있다.

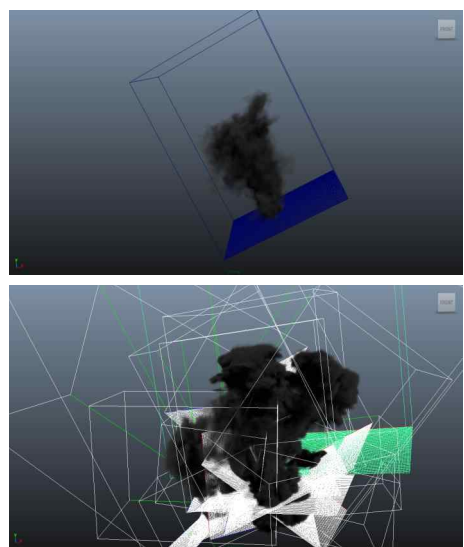


그림 5. 다중 컨테이너 기술 미적용 시(위), 적용 시(아래)

기술 적용 전후를 보면, 단순한 단일 유체 시뮬레이

선에 본 기술을 적용시켜 유체의 Density, Dissipation, Diffusion, Noise, Swirl, Simulation Rate Scale 등의 옵션 값이 각기 다르게 적용된 다중 유체 시뮬레이션이 만들어짐으로서 복잡 다양한 여러 개의 폭발이 동시다발적으로 발생하는 실제적인 폭발효과를 성공적으로 구현하였다.

기존의 단일 유체 컨테이너를 이용한 시뮬레이션은 과도한 해상도의 아웃풋에 의존한 과거의 방식으로 하드웨어 성능이 뒷받침이 되지 않으면 원활하게 진행될 수 없는 구조적인 결함을 가진 작업 방식이며 이에 성능이 높지 않은 하드웨어를 가지고 작업에 임할 수밖에 없는 작업 환경 속에서도 고품질의 결과물을 양산할 수 있는 이 기술이 반드시 필요하다고 사료된다.

특히 유체 시뮬레이션과 같은 무거운 작업의 경우, 수정된 결과물을 확인하기까지 시간 소모가 크고 결과물을 보고 수정하고 다시 오랜 시간을 기다려서 결과물을 확인하고 다시 수정하는 일련의 과정을 반복 수행하던 과거의 방식으로는 효과적인 공정을 기대할 수 없다. 본 기술은 원하는 Shape의 1개의 Cache Data에서 다시 여러 개의 Fluid를 위한 표본모델을 추출하고 이를 토대로 모형을 구축하는 방식이므로 시간 대비 완성도가 높은 결과물을 생산해낼 수 있다. 기존의 여러 개의 컨테이너를 사용한 유체 시뮬레이션의 경우, 속련도가 요구되는 작업이므로 속련도가 높지 않은 작업자가 작업하기엔 무리가 따랐지만 이 기술의 경우, Cache data처리 및 후 보정에 있어서 다중 컨테이너를 마치 조각을 하듯이 Shape fix를 해가며 모양을 잡아가는 접근법이므로 보다 쉽게 퀄리티 높은 결과물 생산에 일조할 것으로 사료된다.

4. RGB Lighting Pipeline

RGB Lighting Pipeline은 ④색보정을 위한 반복적인 렌더링과정에서 발생하는 문제점을 해결하기 위한 방안이다. 칼라의 기본이 되는 Red, Green, Blue의 세 가지 색상을 이용하여 다수의 패스로 추출 가능하도록 유체에 적용하는 기술이다.

기본적으로 Red, Green, Blue의 색상 정보를 보유하고 있는 패스들은 합성 툴에서 Channel별로 추출이 가능하며, 이는 다시 별도의 보정을 통해 특정 부분을 강조함으로써 폭발효과를 실제처럼 보이게 하는데 일조한다.

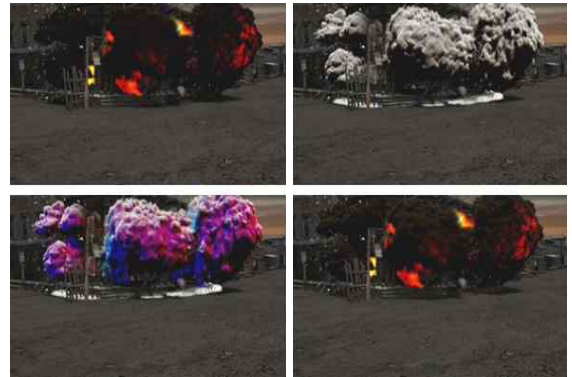
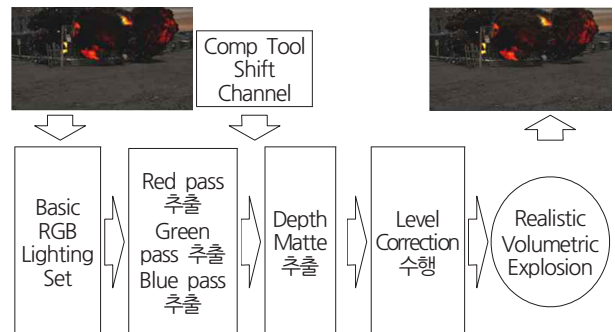


그림 6. RGB Lighting Pass

[그림 6]을 보면, 왼쪽 맨 위 이미지가 RGB Lighting Pipeline을 적용시키지 않은 경우이고, 오른쪽 맨 아래 이미지가 RGB Lighting Pipeline을 적용시킨 후의 결과물이다. 왼쪽 맨 위의 사진의 경우, 굴곡이 없고 각 부분적인 강조가 이루어지지 않아 폭발의 웨입이 단순한데 반해, 오른쪽 맨 아래 사진은 한눈에 보기에도 훨씬 더 묘사와 디테일이 살아있는 실제적인 폭발의 모습을 보여주고 있다. Volume Color Pass 추출 및 Channel 분리 법은 RGB Lighting에 의해 추출된 3개의 Channel을 바탕으로 후보정이 가능한 이 기술은, 직관적으로 눈으로 보며 Real time으로 보정이 가능하므로 보다 효율적으로 Correction이 가능하다. 또한 Rendering의 방식으로 수정하는 것이 아닌, 다중 Pass를 이용하여 실시간으로 수정하는 방식을 취하기 때문에 고성능의 하드웨어가 필요하지 않다는 장점 또한 보유하고 있다. Volume Color Pass 추출 및 Channel 분리 법은 Fluid Volume Simulation에 적용시키는 Lighting의 알고리즘을 분석하여 완성시킨 것으로, 이 솔루션은 비교적 속련도가 떨어지는 작업자라 할지라도 다룰 수 있는 접근성이 뛰어난 Art-Direction(easy to modify)에 기초한 방법이다.

표 6. RGB Lighting 기술 적용 과정



위에서 제시한 Numerous Turbulent Flow, Cache Retiming Solution, 그리고 Multiple Volume Container 기술 적용을 통해 완성된 Explosion Simulation Data에 Key Light, Fill Light, Back Light의 삼점 조명을 배치하고 각각 Color를 R:1 G:0 B:0, R:0 G:1 B:0, R:0 G:0 B:1으로 설정해준다. Color의 기본이 되는 Red, Green, Blue의 세 가지 색상을 이용하여 각각의 pass 추출한다. Channel을 분리하여 각각의 채널에서 Red Pass는 Red, Green, Blue Channel을 모두 Red로, Green Pass는 Red, Green, Blue Channel을 모두 Green으로, Blue Pass는 Red, Green, Blue Channel을 모두 Blue로 바꾸면 순수한 R, G, B Pass가 형성되는데 Comp Tool에서 Luma를 이용하여 Channel을 재배치하여 각각의 패스를 자유롭게 수정한다. 추출된 Data의 Brightness를 Negative Value로, Contrast를 Positive Value로 수정한 후, Original Volume Data에 더해주고 Color Balance의 Mid 영역 부분과 High-light 영역 부분의 Value 값을 수정한다. [그림 기에서 보는 바와 같이 본 기술이 적용되지 않은 하단 이미지의 경우, 전체적으로 Flat한 느낌으로 디테일이 상당히 떨어지는 결과물을 보여주고 있다. 반면, Maya에서 각 Color 값을 R:1 G:0 B:0, R:0 G:1 B:0, R:0 G:0 B:1로 설정한 Basic 3 Point Lights를 통해 Render된 Pass를 기반으로 합성단계에서 Shift Channels, Set Channels, Set Matte 옵션을 통해 구현하였다.

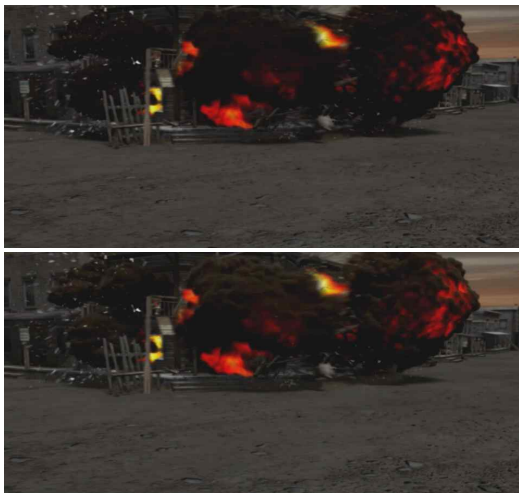


그림 7. RGB Lighting 기술 미적용 시(위), 적용 시(아래)

이러한 기술이 적용된 하단 이미지의 경우, 입체적이고 3D Volumetric의 느낌이 두드러지는 매우 완성도 높

은 결과물을 보여주고 있다. 이러한 방식은 기존 방식의 반복적인 렌더링을 통해 양질의 결과물을 만들어 내는 것이 아닌, 이미 만들어진 결과물에 채널 별로 추출된 패스를 더함으로써 비교적 손쉽게 Quality를 끌어올리도록 하는 것이 이 기술의 가장 큰 특징이라고 할 수 있다.

5. 기술적 해결 방안 제시

본 연구를 통해 제시된 기술은 다양한 작품에 적용되어 실효성을 입증했다. 미국 샌프란시스코에서 개최된 2010 AAU Spring Show에 본 기술이 적용된 'Robot Spider Explosion' 이 출품되어 대상을 수상하였고, 2015 G-Star 상영작인 'Stow Away'와 2015 부산 청년 애니메이션 페스티벌에서 우수상을 수상한 'Blaze Knight'에도 본 기술이 적용되어 폭발효과를 사실적으로 구현함으로써 기술의 우수성을 검증하였다.



그림 8. 적용사례(위, 좌측부터 'Robot Spider Explosion(2010)', 'Stow Away(2015)', 'Blaze Knight(2015)')

[표 기에서 보는 바와 같이 기본적인 폭발모형을 구축하고 유체 시뮬레이션을 보다 사실적으로 구현하기 위한 단계에서 Numerous Turbulent Flow와 Cache Retiming Solution 기술을 적용하여 실제 폭발과 유사한 시뮬레이션 데이터를 추출하였다.

또한, Multiple Volume Container 기술을 통해 반복적인 테스트를 피하고 효율적으로 폭발모형을 구축하였다. 최종적으로 RGB Lighting Pipeline을 통해 합성단계에서 유체에 볼륨감을 부여하여 폭발효과 결과물의 완성도를 높였다. 위 과정을 통해 비효율적인 반복 테스트 작업을 최소화한 효과적이고 사실적인 폭발효과를 구현하였다.

표 7. 4가지 기술의 순차적 적용 과정

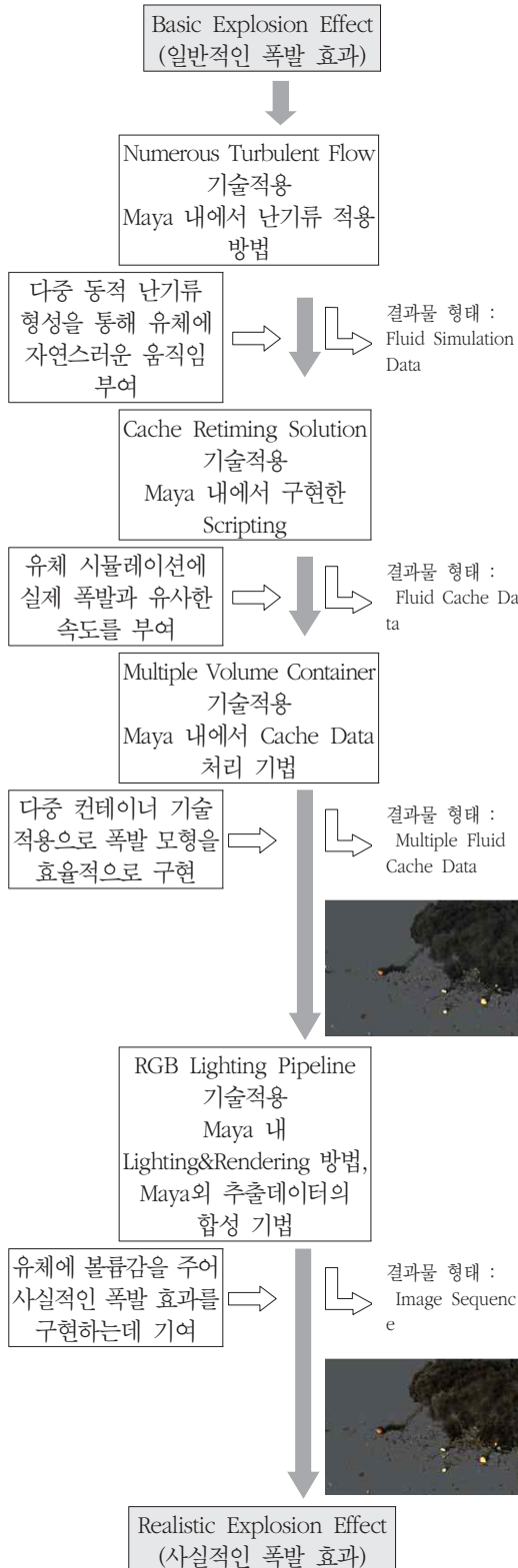


표 8. 각 단계 별 기술 적용 전과 후의 결과 비교

사실적 구현 방식	기술적용 전	기술적용 후
Numerous turbulent flow	- 일반적인 난기류 형성 - 유체의 불규칙성이 한계를 보유	- 다수의 난기류의 동적 적용법 구현 - 사실적인 움직임 부여
Cache Retiming Solution	- 유체 운동속도 재설정을 합성단계에서 조정 - 유체의 운동속도를 정확히 제어하기 어려움	- 유체 운동속도 재설정을 시뮬레이션 단계에서 조정 - 유체에 사실적인 운동속도를 부여
Multiple Volume Container	- 반복적인 시뮬레이션 - 제작 시간 증가	- 하나의 유체 데이터를 통한 다수의 시뮬레이션 효과 구현 - 직관적인 작업방식으로 효율성 극대화
RGB Lighting Pipeline	- 반복적인 렌더링으로 제작 시간 증가 - 결과물 완성도의 저하 초래	- 실시간 후 보정 작업 방식 실현 - 결과물을 즉시적으로 확인 가능하며 완성도를 높이는 데 기여

V. 결론 및 제언

본 연구를 통해 제시된 방식은 기존의 작업자의 단순 반복 작업에 의지하여 유체 시뮬레이션의 결과물을 양산하여야 했던 비효율적인 작업방식을 탈피하여 보다 사실적으로 완성도 높은 폭발효과(Fluid Effects)를 빠르게 구현할 수 있는 솔루션이다.

유체 시뮬레이션 단계에서 보다 사실적인 구현을 위한 Numerous Turbulent Flow와 Cache Retiming Solution 기술적용과 Cache화된 데이터를 바탕으로 효율적인 폭발모형 구축을 위한 Multiple Volume Container, 기술적용을 통해 실제 폭발과 유사한 모션과 형태를 지닌 유체 효과를 제작하였으며, 또한, 최종 합성단계에서의 실시간 보정을 통한 결과물의 완성도를 높이기 위한 RGB Lighting Pipeline 기술적용을 통해 보다 사실적인 폭발효과를 가능케 하였다. 물, 불, 폭발, 연기와 같은 자연현상의 사실적인 표현은 영화의 사실성을 한 차원 끌어올리는데 있어서 중요한 역할을 담당하고 있으며 영화, 게임, 애니메이션 등 다양한 콘텐츠에 유체 기법들을 적용하여 질적 완성도를 높이려는 연구가 활발히 진행되고 있다.[6] 본 기술들의 순차적 적용은 새로운

작업공정의 구성을 통해 사실적으로 완성도 높은 폭발 효과를 빠르게 구현할 수 있는 방법이다. 이를 통해, 국내 스마트미디어를 포함한 영화, 게임, 애니메이션 등 다양한 플랫폼 환경 관련 비주얼이펙트 제작에 활용이 크리라 사료된다.

참고 문헌

- [1] 송오영, "유체 애니메이션 기술의 현황 및 전망", *한국콘텐츠학회지*, Vol.6, No.3, pp.61-67, 2008년 9월.
- [2] 이정현, 홍정모, "유체 시뮬레이션 기술을 이용한 애니메이션 세븐씨의 영상 특수효과 연출 사례", *한국산업융용수학회*, Vol.5, No.1, pp.15-18, 2010년 4월.
- [3] 구분기, "유체 시뮬레이션을 활용한 자연현상 특수효과 구현", *대한기계학회*, Vol.47, No.2, pp.90-91, 2007년 2월.
- [4] 홍성욱, 강문구, 강성욱, "실시간 유체역학 시뮬레이션 및 볼륨렌더링 기술을 이용한 영화 특수효과 제작", *한국HCI학회*, 단행본, pp.1115-1119, 2004년 2월.
- [5] 김명규, 오승택, 최병태, "아카데미상 영화에서 유체 시뮬레이션 기술", *한국컴퓨터그래픽스학회*, Vol.14, No.3, pp.19-30, 2008년 9월.
- [6] 강병권, 차득현, 김장희, 임인성, "유체 역학에 기반을 둔 애니메이션 효과", *한국정보과학회*, Vol.21, No.7, p.30-38, 2003년 8월.

저 자 소 개



김동식 (학생회원)

2012년 동서대학교 영상콘텐츠학과 학사 졸업.

2014년 ~ 현재 : 동서대학교 일반대학원 영상콘텐츠학과 석사 과정

<주관심분야 : 3D Animation, Lighting&Rendering, VFX>



황민식 (정회원)

2011년 Academy of Art University (미국), MFA.(예술학 석사)

2013년 ~ 현재 : 동서대학교 디지털콘텐츠학부, 조교수

<주관심분야 : 3D Animation, VFX, Virtual Reality>



이현식 (정회원)

2012년 Loughborough University (영국), School of the Arts, PhD. (예술학 박사)

2013년 ~ 현재 : 동서대학교 디지털콘텐츠학부, 조교수

<주관심분야 : 디지털콘텐츠, 다큐멘터리, 대중문화, 포스트모더니즘>



김용희 (학생회원)

2012년 ~ 현재 : 동서대학교 비주얼이펙트전공 학사 과정.

<주관심분야 : 컴퓨터 프로그래밍, Visual Effects, Game Effects>



윤태수 (정회원)

2001년 경북대학교 Computer Engineering, PhD.(공학 박사)

2003년 ~ 현재 : 동서대학교 디지털콘텐츠학부, 교수

<주관심분야 : Artificial Intelligence, Computer Vision, Game Design & Development>