

# NEXTfoam

CFD Engineering Consulting

넥스트폼(NEXTfoam)은 CFD 엔지니어링 서비스를 제공하는 회사입니다.

2021년 한국전산유체공학회 추계학술대회

## Unreal engine을 이용한 FDS 화재 시뮬레이션 가시화 방안

정황희<sup>1</sup>, 신재렬<sup>1†</sup>, 최형균<sup>2</sup>, 김동현<sup>3</sup>

<sup>1</sup>(주)넥스트폼 기술연구소, <sup>2</sup>(주)네비웍스, <sup>3</sup>전주대학교 소방안전공학과

2021. 11. 12.

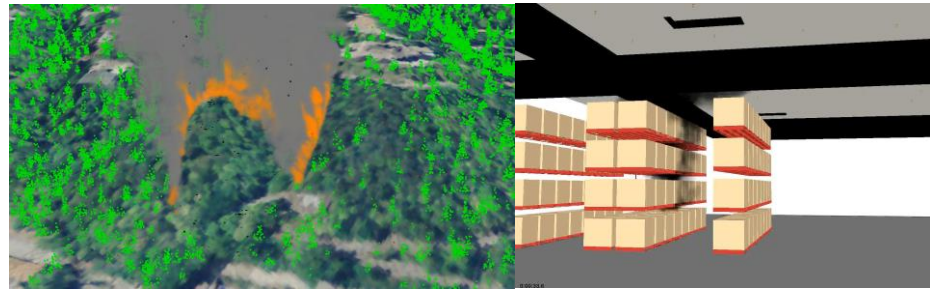
# Contents

---

- 서론
  - FDS
  - Unreal Engine
  - 연구 개요
- 건축물 화재 해석
- 해석 결과 및 가시화 방안
- 결론 & 향후 연구

# Introduction : FDS

- **Fire Dynamics Simulator**
- 화재로 인한 열과 연기에 중점을 둔 저속 흐름에 대한 LES 코드

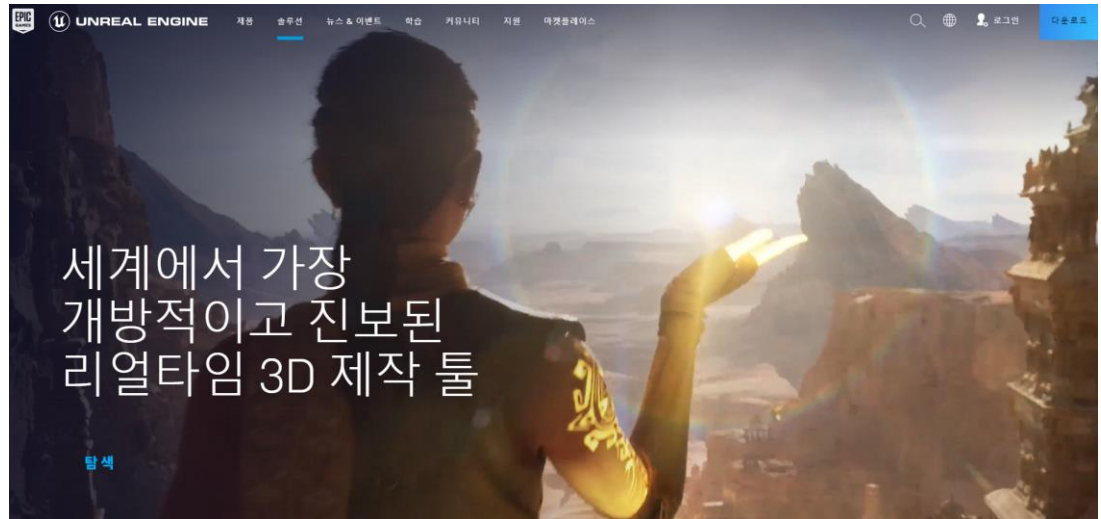


- 특징
  - 오픈 소스 (release FDS 6.7.6)
  - 프로그램 언어: Fortran 90
  - 정렬 격자 사용
  - FDS 가시화 프로그램 탑재: Smokeview



# Introduction : Unreal Engine

- **Unreal Engine** (latest release version 4.27)
- 개발사: 미국 에픽게임즈
- 특징
  - C++ 언어 사용
  - 안정성과 다양한 게임으로 검증된 신뢰성
  - 편의성과 범용성
  - 라이선스 무료 사용

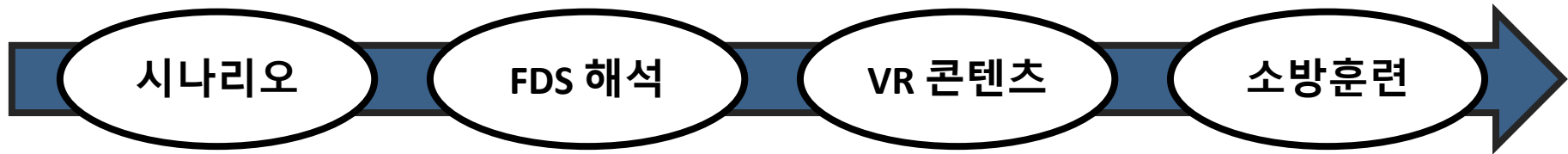


출처: <https://www.unrealengine.com/>

# Objective : Virtual Reality Firefighting Training System

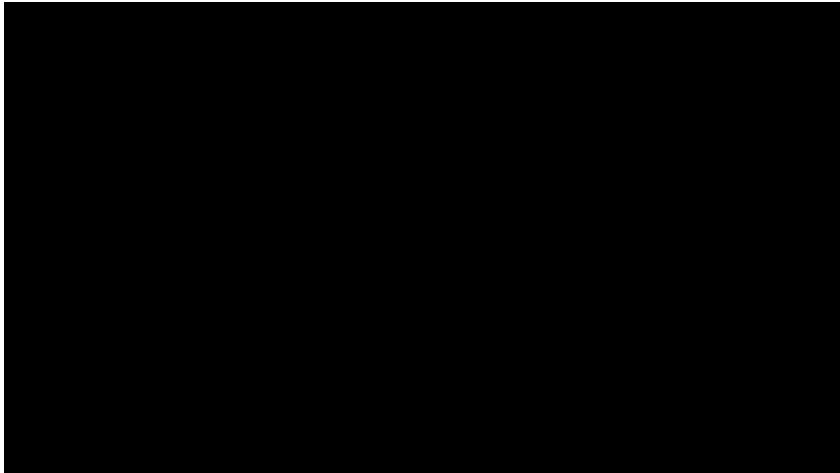
- 실감기반 첨단 소방훈련 시스템 개발

- 전산해석 시간소요가 개선된 화재시뮬레이션 해석 프로그램을 개발한 후 이를 실제 가상현실 콘텐츠에 연동하여 실감기반으로 훈련할 수 있는 시스템 구축



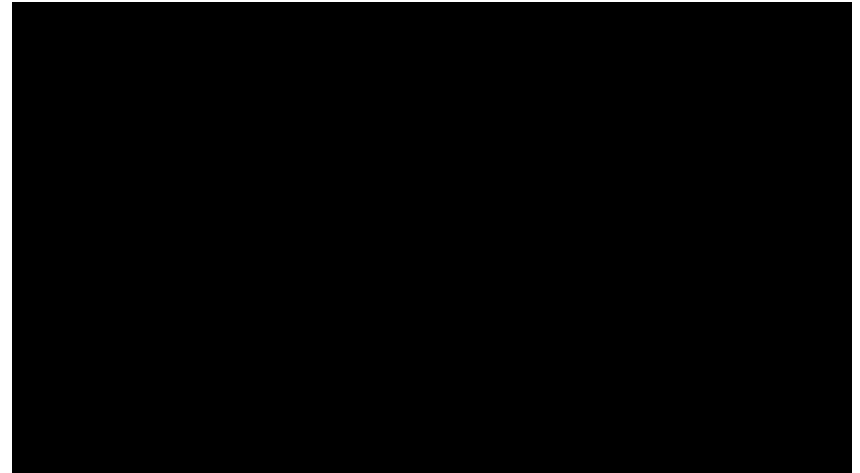
# Introduction : Existing level

- (주)페리굿
- 교육용 가상현실 콘텐츠 제작



[https://www.youtube.com/watch?v=-HuJhPOox\\_8&t=92s](https://www.youtube.com/watch?v=-HuJhPOox_8&t=92s)

- XVR simulation
- 비상 관리 교육을 위한 3D 시뮬레이션 소프트웨어 공급



<https://www.youtube.com/watch?v=Syr60LeXSz0&t=13s>

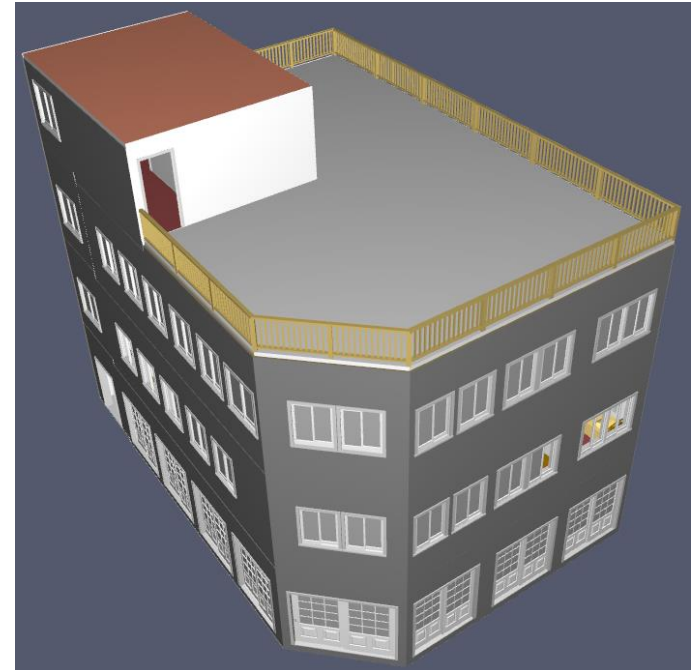
# Simulation

---

- 건축물 화재 해석 시뮬레이션
- FDS 데이터 변환
- Unreal Engine에서 가시화

# Simulation condition

- FDS 건물 해석 조건
  - 2~3층 주거시설(2층-24호실, 3층-29호실)
  - 발화원: 2층 1호실 침대
- 격자
  - 정렬격자, 격자 수: 122,880
- 난류모델
  - Deardorff's model



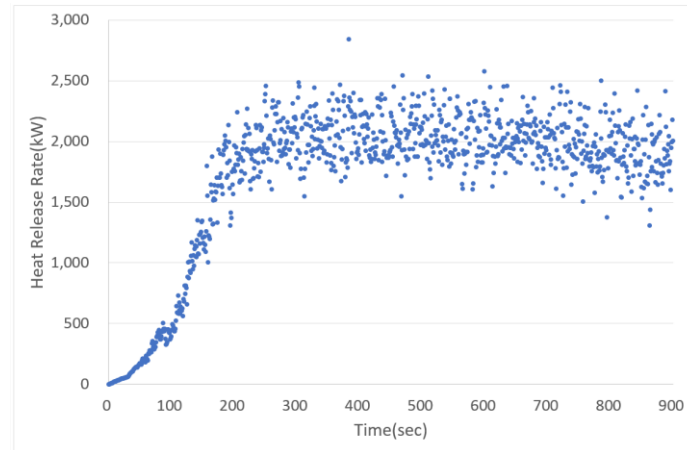
$$\mu_t = \rho C_v \Delta \sqrt{k_{sgs}}$$
$$k_{sgs} = \frac{1}{2} ((\bar{u} - \hat{u})^2 + (\bar{v} - \hat{v})^2 + (\bar{w} - \hat{w})^2)$$

격자수		
X	Y	Z
64	48	40
해석 영역 범위(각 셀 0.25m간격)		



# Simulation results

- 화재강도추이
  - 2층 1호실
  - 열방출율(Heat Release Rate)



- 연기 및 온도 분포

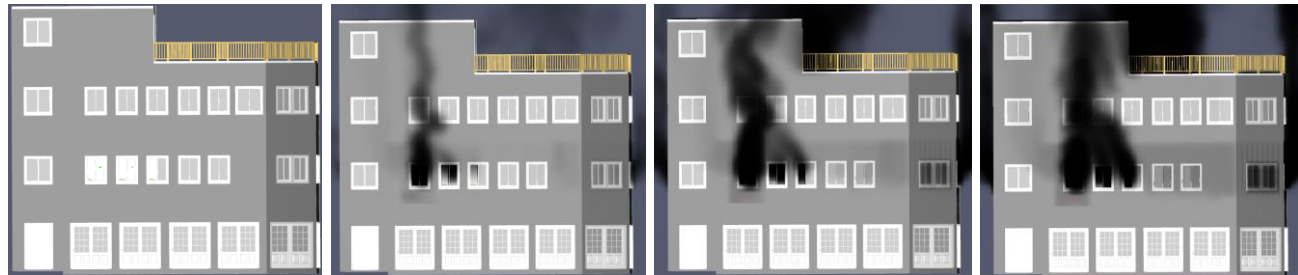
<0 sec>

<100 sec>

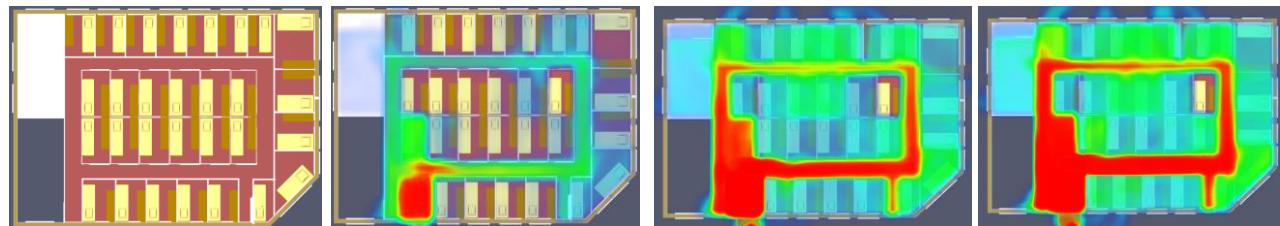
<200 sec>

<500 sec>

연기분포

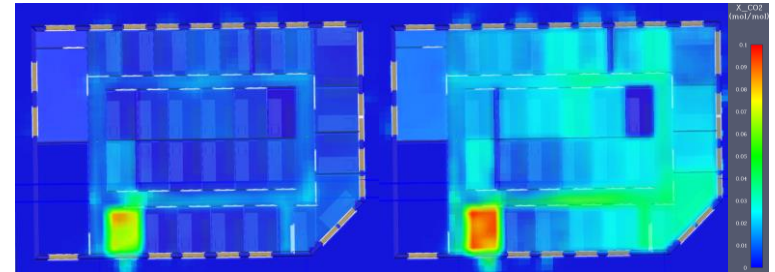
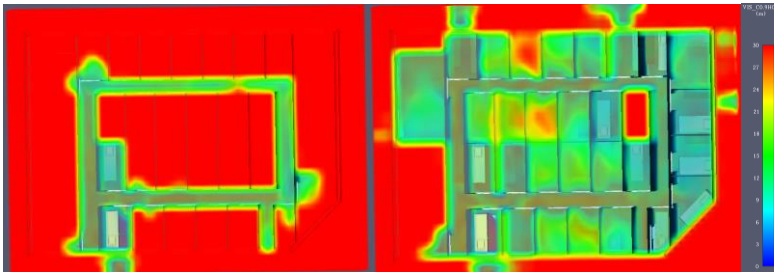
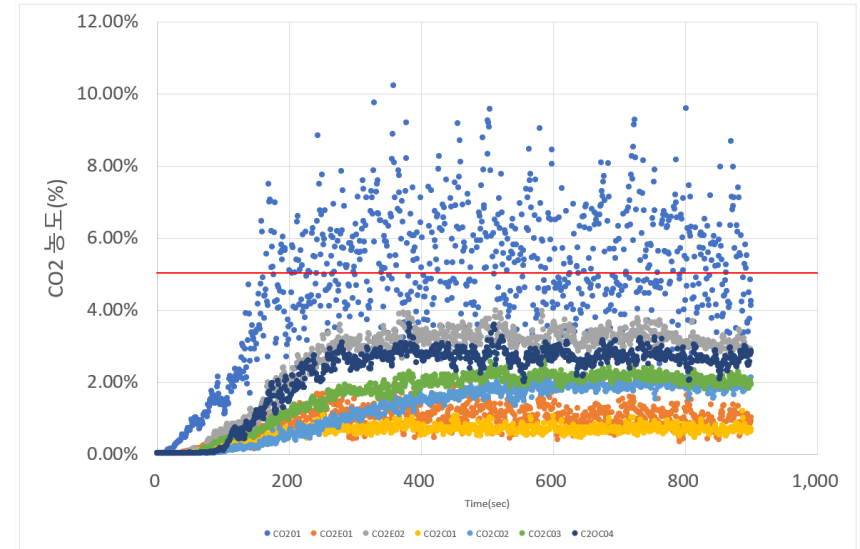
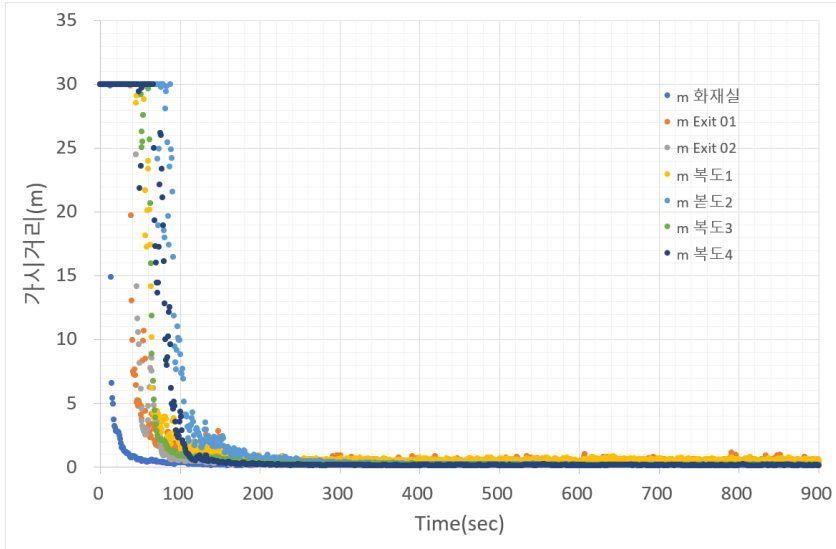


온도분포



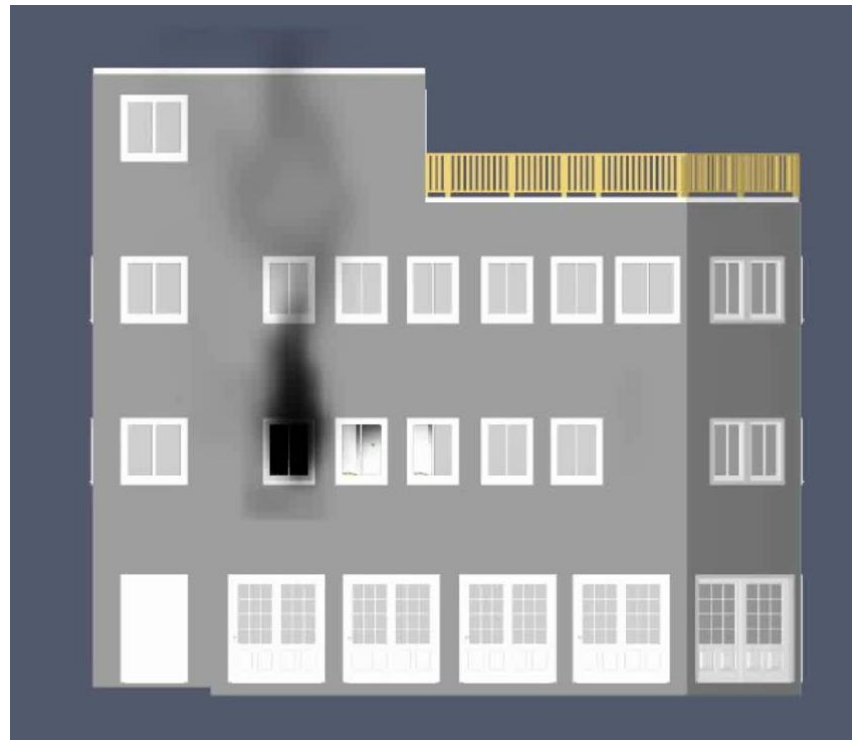
# Simulation results

- 가시거리 및 이산화탄소 변화추이



# Simulation results

- 화재 성장
  - Smokeview
  - Real time simulation



# Visualization

- FDS 파일 변환 도구 개발

- Unreal Engine에서 FDS 데이터 가시화를 위해서 fga 포맷 형식 요구

- FDS에서 Plot3D 데이터를 출력하고 plot3D 데이터를 fga 포맷으로 변환해주는 Fortran 코드 개발 (fds2fga.f90)

- FDS Plot3D (좌표, 속도벡터, 물리량)

- Unreal FGA (좌표, 벡터)

<fds2fga.f90> 코드 중

```
xmin = minval(m%x)
xmax = maxval(m%x)
ymin = minval(m%y)
ymax = maxval(m%y)
zmin = minval(m%z)
zmax = maxval(m%z)

ffile = qfile(2:len_qfile-1)//'fga'
open(3,file=ffile,form='formatted',sta
write(3,310) m%nxp,m%nyp,m%nzp
write(3,320) xmin,ymin,zmin
write(3,330) xmax,ymax,zmax
do k=0,m%kbar
  do j=0,m%jbar
    do i=0,m%ibar
      write(3,340) (q(i,j,k,n),n=2,4)
    end do
  end do
end do
310 format(3(i5,' '))
320 format(3(f15.6,' '))
330 format(3(f15.6,' '))
340 format(3(f15.6,' '))
close(3)
```

# Visualization

- FGA 파일 포맷
  - Fluid Grid Ascii

sample.fga

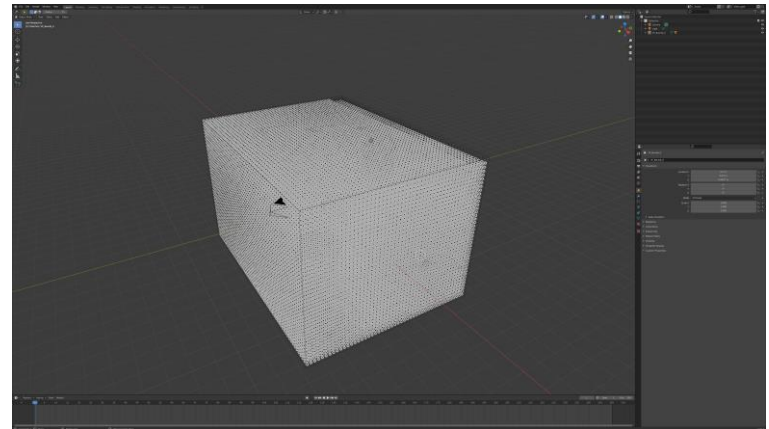
```
17, 17, 17,  
-0.200000, -0.200000, -0.200000,  
3.000000, 3.000000, 3.000000,  
0.006711, 0.005833, -0.000115,  
0.033360, 0.002861, 0.004271,  
0.021669, 0.011010, 0.015882,  
0.051851, 0.011097, 0.011538,  
0.016530, 0.000076, 0.010755,  
-0.014238, 0.006936, 0.018239,  
0.019014, 0.007010, 0.007514,  
0.059090, -0.004556, -0.007367,  
0.022854, 0.004968, -0.006169,  
0.025526, 0.015534, 0.002346,  
0.005275, 0.007340, 0.002201,  
-0.011307, 0.004724, 0.005843,  
0.003048, 0.005189, 0.007662,  
0.006944, 0.001914, 0.003626,  
0.001919, 0.000118, 0.000738,  
...
```

Vector density in x, y, z

Bounding box size; Min x, y, z

Bounding box size; Max x, y, z

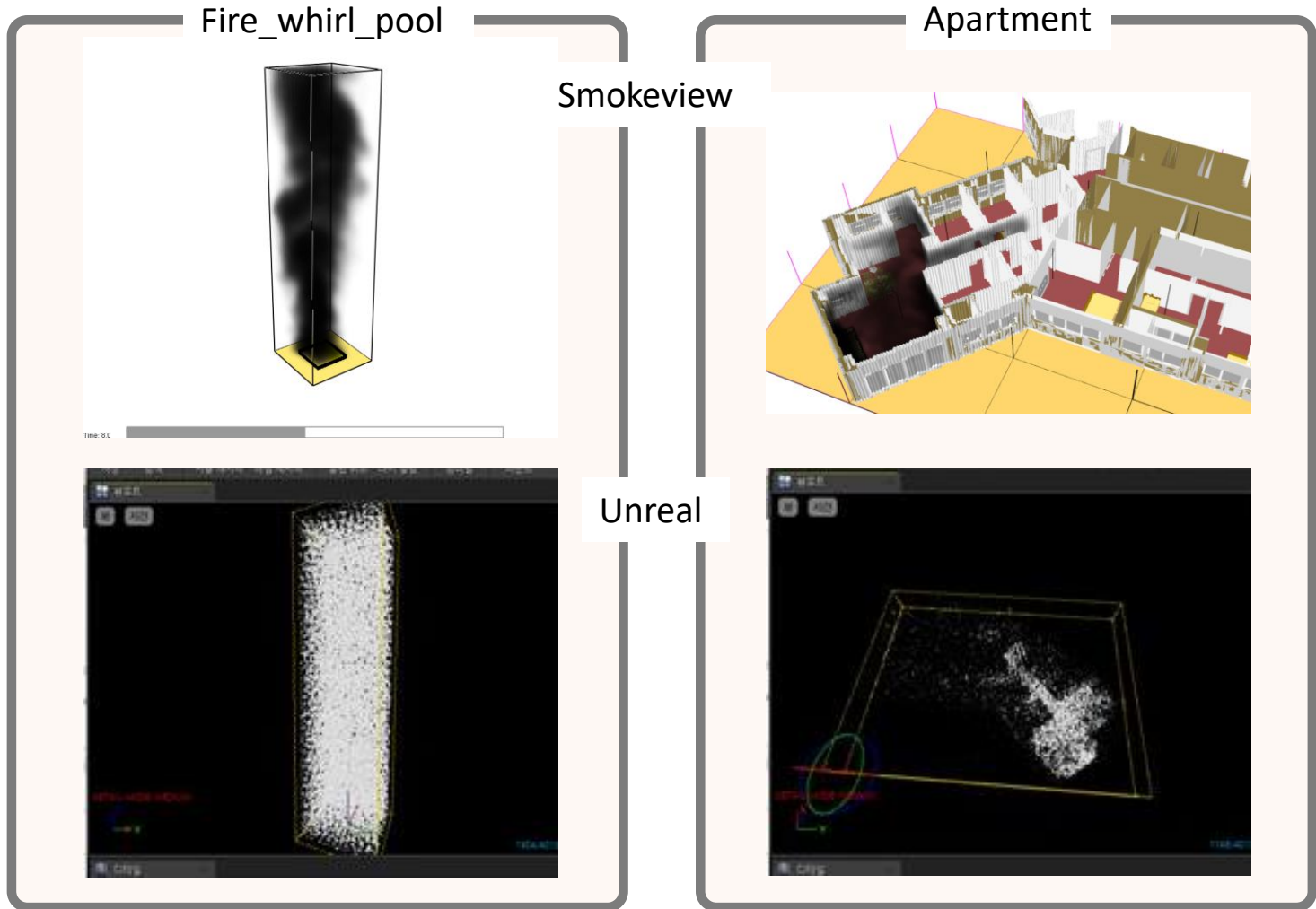
Vector fields



Blender에서 확인한 fga 데이터

# Visualization

- Smokeview와 fga 비교



# Visualization

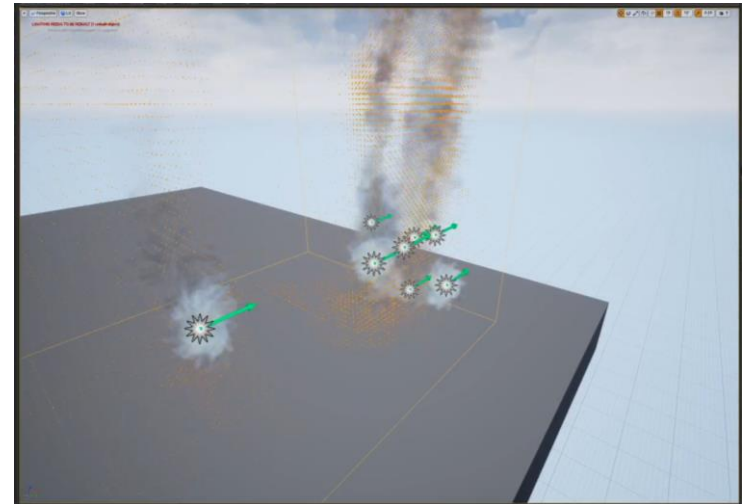
- FDS 벡터 데이터 가시화



← Unreal에서 fga 벡터 필드에 화염 합성



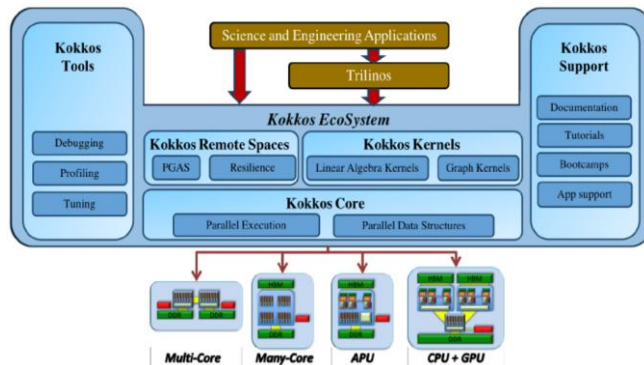
↓ Unreal에서 fga 벡터 필드에 연기 합성



# Conclusion & Future work

- FDS 결과를 fga 파일 형태로 출력하여 Unreal engine에서 속도벡터를 표현할 수 있다.
- 열방출율(화염), Soot(연기)와 같은 물리량에 대한 합성에 대한 연구가 필요하다.
- FDS – **KOKKOS** 적용

## ✓ Kokkos ecosystem



## ✓ Kokkos coding

```
Pattern                                Policy
for (element = 0; element < numElements; ++element) {
  total = 0;
  for (qp = 0; qp < numQPs; ++qp) {
    total += dot(left[element][qp], right[element][qp]);
  }
  elementValues[element] = total;
}

#pragma omp target data map(...)
#pragma omp teams num_teams(...) num_threads(...) private(...)
#pragma omp distribute
for (element = 0; element < numElements; ++element) {
  total = 0
#pragma omp parallel for
  for (qp = 0; qp < numQPs; ++qp)
    total += dot(left[element][qp], right[element][qp]);
  elementValues[element] = total;
}
```

<https://github.com/kokkos/kokkos>



---

**Thank you for your attention.**