

A-14

화재 전산 해석을 위한 전처리 프로그램 개발

이승수*, 이동현*, 박수미**, 구혜윤*

*충북대학교 구조시스템공학과, **REK(Reaction Engineering Korea)

Development of pre-processor for Fire Dynamics Simulator(FDS)

Sungsu Lee*, Donghyun Lee*, Sumi Park**, Hye-yun Ku*

*Chungbuk National Univ., Dept of Structural Systrms & CAE, **REK(Reaction Engineering Korea)

Abstract

본 연구는 NIST사에서 개발된 FDS를 기반으로한 GUI환경의 전처리 프로그램의 개발에 관한 것이다. 개발된 프로그램은 GUI환경에서 임의의 직육면체를 생성하고 편집할수 있으며 또한 국립지리원에서 보유중인 DXF의 수치지도를 이용하여 지형에 관련된 모델링을 가능 하도록 하였다. 복잡한 지형의 모델링기능과 GUI 환경에서의 편의성은 FDS의 활용도를 높여줄 것이며 이를 이용한 화재 모사는 화재 발생시 진압/대피의 효율을 높여 화재에 대한 피해를 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

1. 서론

우리나라는 1981년 화재 통계년보를 발간하여 화재에 대한 통계치를 작성한 이후 지속적인 화재의 증감을 보이다가 2001년을 정점으로 감소 추세에 있지만 화재로 인한 피해는 지속적인 증가 추세를 보이고 있다. 이러한 화재의 피해는 그 근본적인 발생을 줄이는 것이 가장 효과적이지만 일단 발생된 화재의 경우 그 피해를 줄이기 위해서는 신속한 진압과 대피가 필요하게 되며 이를 위해 적절한 화재의 모사가 필요하게 된다. 화재의 모사가 적절하게 될 수 있다면 건물의 안전한 설계를 유도할 수 있으며 실내의 화재에서 신속하고 안전한 대피를 유도 할 수 있다. 또한 이를 다양한 업무에 활용한다면 화재가 발생했을 때 피해를 최소화 할 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구에 이용된 FDS(Fire Dynamics Simulator)는 미국 표준기술연구소(NIST, National Institute of Standards and Technology)에서 개발 되었으며 Solver인 FDS와 후처리 소프트웨어인 Smokeview로 구성되어 있다. FDS는 난류 모델로 Large Eddy Simulation(LED) Model을 사용하여 3차원 비정상 화재모사용으로 개발되었으며 해의 수렴성과 안정성에서 문제가 발생하지 않으므로 화재나 연기의 이동에 효과적으로 적용할 수 있다.¹⁾

본 연구는 FDS(Fire Dynamics Simulator)의 모델링 과정이 GUI환경에서 보다 쉽게 수행

하고 복잡한 지형이나 형상을 모델링 가능하도록 하는 전처리 프로그램(가칭 MuFDS)를 개발 하였으며, 이를 이용하여 FDS를 전문적으로 사용하는 사람이 아닌 보다 일반적인 사람까지 화재 모사가 가능하도록 하는것에 그 목적을 두고 있다. 향후 화재에 좀더 안전한 구조물의 생성과 화재 발생시 신속한 대피/진압을 위한 도구로 사용되어 화재에 대한 피해를 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

2. MuFDS 개발 패러다임

본 연구에서 개발한 FDS(Fire Dynamics Simulator)의 전처리 프로그램은 MuFDS라고 명명한다. MuFDS는 GUI환경에서 FDS를 위한 모델링을 가능하도록 하며 복잡한 지형이나 구조물을 더 쉽게 모델링할 수 있도록 하는 프로그램이다. MuFDS의 기능적 구분은 Fig 1에서 보이는 바와 같이 Modeling, Property관리, File 관리로 구분되어 진다.

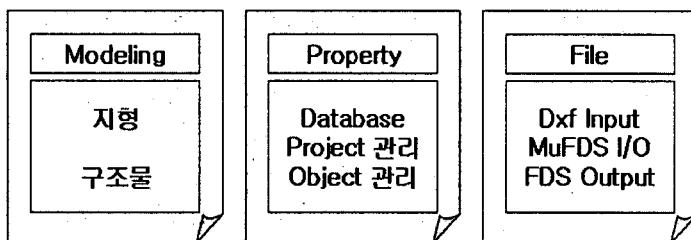


Figure 1. Function of MuFDS

Modeling은 산불 모사를 위한 지형모델링과 실내/건물 모사를 위한 구조물 모델링으로 구분되며 지형모델링은 DXF형태의 수치지도의 등고선 정보를 이용하여 FDS에서 인식 가능한 6면의 사각기둥을 형성하는 과정이며 구조물모델링의 경우는 임의의 직교형태의 Object를 생성하는 과정이다. 이를 통하여 FDS에서 인식가능한 직사각형 기둥의 Object를 사용자가 원하는 위치에 생성할 수 있다.

Property 관리 는 모델링 정보에 Property를 입력하는 과정으로 Database와 Project Property, Object Property로 구분된다. Database관리는 FDS에서 사용하는 database4.data File 정보를 확인/수정/추가 하는 기능으로 새로운 특성을 추가하여 관리 할 수 있다. Project Property은 일반 물체가 가지는 속성이 아닌 후처리와 관련된 속성과 설정 시간 등 Modeling되어진 형상과 관련이 없는 속성들을 관리 한다. Object Property는 Modeling되어진 형상들이 가지는 속성으로 Face의 속성과 Solid의 속성으로 구분된다.

File 관리는 MuFDS가 입출력하는 외부 File과 관련된 부분으로서 DXF File 입력, FDS File 출력, MuFDS File 입력과 출력이 있다. 또한 가시적으로 표현되지는 않지만 Database와 Default Property가 File형태로 관리된다.

2.1 Modeling

Modeling은 외부의 대기중 화재를 위한 지형모델링과 실내/건물의 화재 모사를 위한 구조물 모델링으로 구분이 된다. 지형모델링은 AutoCAD의 DXF 형태인 국립지리연구원에서 보유중인 수치지도의 등고선 Data를 기본 Data로 한다. Polyline의 형태인 이 등고선 Data에서 Vertex Data를 추출하고 이 추출된 Vertex를 이용하여 Delaunay 삼각화를 이용하여 삼각형의 Face를 만들고 만들어진 삼각형을 이용 특정 X,Y에서의 높이를 근사화 한다. 근사화된 높이와 X,Y좌표를 이용하여 지형과 유사한 직사각형기둥을 모델링한다. 구조물 모델링에서는 기본적인 Object인 Vertex를 이용하여 라인을 형성하고 line을 이용하여 Face를 생성한후 Face를 이용하여 Solid를 만들게 된다. 또한 Solid생성시 두 Vertex를 기준으로 혹은 한 Vertex와 각 방향의 길이를 이용하여 solid를 모델링 가능하도록 하였다. Fig 2는 이 과정의 예시이며 Fig 3은 사용한 Data 구조를 개괄적으로 보여주고 있다.

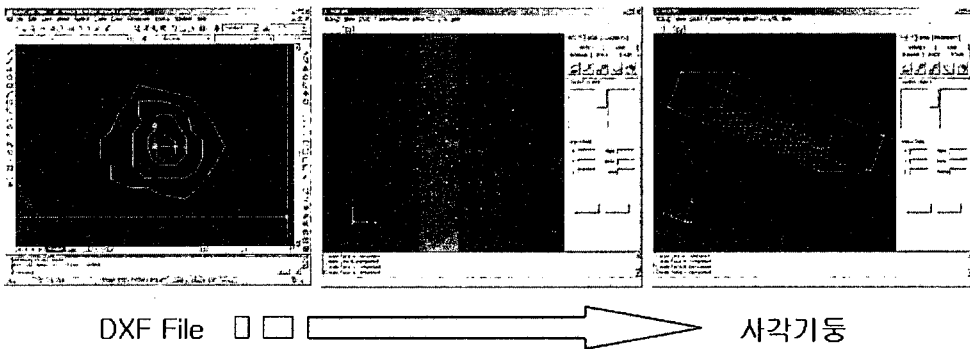


Figure 2. Topographical Modeling

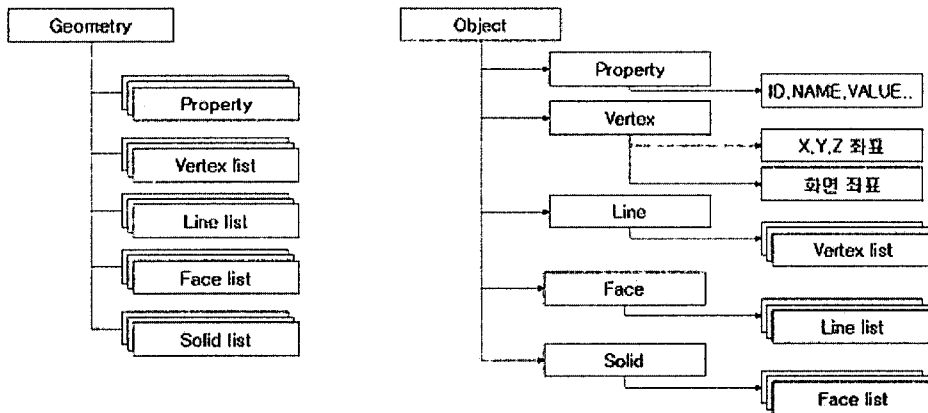


Figure 3. Class structure

2.2 Property 관리

Property는 Database 관리 부분과 Project와 관련된 Property 그리고 Object와 관련된 Property로 3개 부분으로 구분하였다. Database 관리 부분은 *.data 형태로 저장되어 있는 FDS Database File을 읽어 새로운 내용을 추가 하거나 기존의 내용을 삭제 할 수 있도록 하였으며 Project와 관련된 Property는 Object와 관련성이 없는 FDS가 구동됨에 전반적으로 영향을 미치는 초기 Data 관리와 후처리에서 필요한 Property 와 Solid와 Face의 속성을 정의하기 위한 Property를 포함한다. Object와 관련된 Property는 하나의 Object가 가지는 모든 물리적인 값과 위치 특성등이 포함된다.

Table 1. MuFDS Management

구 분	포 함 사 항
Database	database4.data 관리
Geometry	&MISC,&HEAD,&ISOF,&SLCF,&SURF,&TIME 등
Object	&GRID,&OBST,&VENT등

2.3 File 관리

MuFDS는 다수의 File 입출력을 수행한다. 지형 Modeling 기본 Data를 획득 하기 위해 DXF File의 Data를 입력 받는다. DXF의 쉬운 구조를 활용 MuFDS에 필요한 Layer 정보와 Object의 정보만을 구분 획득하여 이용한다. MuFDS는 수치지도의 DXF File 정보를 활용 해 필요한 Layer를 선택하여 등고선의 Point 정보를 획득하고 이를 이용하여 지형모양을 근사화한 육면체 기둥을 형성한다. 또한 DXF File의 Point/Line 정보를 Modeling의 기본 Data로 활용하기도 한다. 또한 MuFDS는 최종 목표 OutFile인 FDS Input File을 생성하기 위하여 FDS Input File 형태로의 출력을 수행하게 된다. 모델링 되어 진 각 Object의 좌표 정보와 입력된 물성치 등과 Project Property등은 FDS Input File 형식에 알맞게 출력되어 향후 FDS 실행시 Input File로 활용된다. MuFDS는 작업의 연계성을 유지 하기 위하여 자체형식으로 저장/읽기를 하기 위해 MuFDS형식의 저장과 읽기를 수행한다.

또한 MuFDS는 외부적으로 표현되진 않지만 Database 관리와 Property 목록과 Default Property를 표현하기 위해서 txt 형태의 File를 이용한다.

3. MuFDS를 이용한 Modeling

MuFDS를 Test 하기 위해서 Fig 4 와 같은 등고선 형태의 가로 세로가 약 400m인 산지형의 표면이 나무로 덮혀 있다고 가정하고 이 지형에 초속 20m/s의 강풍을 적용해 산불을 모사해본다.

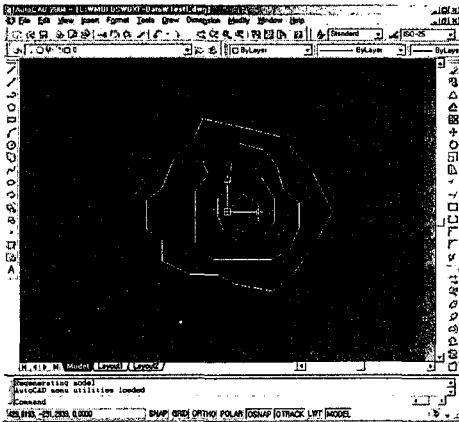


Figure 4. Import contour of Topographical Elevation

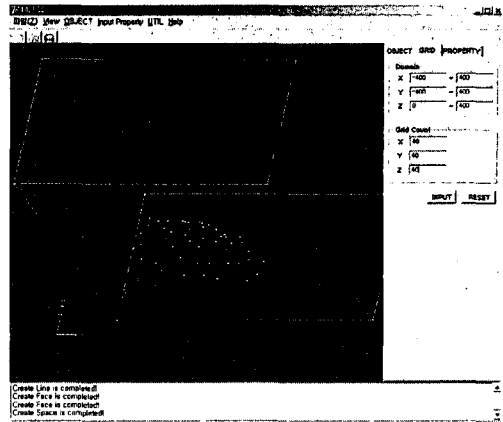


Figure 5. Delaunay triangularization

예제는 AutoCAD에서 만들어진 Polyline 으로 구성된 작은 야산의 모형이다. MuFDS을 이용하여 Polyline을 형성하고 있는 모든 점의 정보를 입력받아 Figure 5. 와 같이 삼각형의 면을 형성한다. 형성된 면에 계산 영역을 설정하고 FDS에서 사용가능한 육면체형성과정을 진행한다. Figure 6.는 FDS에서 인식가능한 육면체 기둥을 형성한 그림이고 이단계에서 필요한 Property를 입력한다. 예제에서 입력해야할 Property는 모든 육면체기둥을 OAK로 설정하고 -X 방향의 가장 서쪽의 한면을 Burner(발화원)으로 설정한다. 계산영역의 서쪽면에 20m/s의 풍량을 형성하고 Property 입력이 완료된 Project를 FDS 형태로 저장한다.

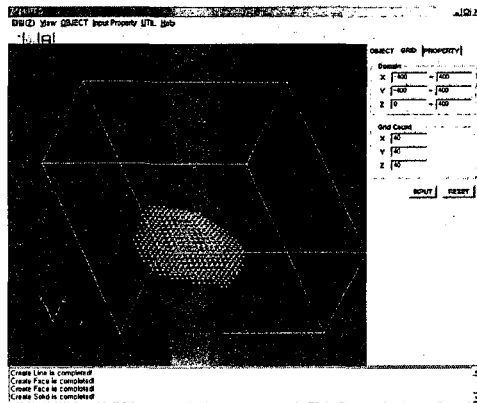


Figure 6. Created solid

4. OutputFile

Table 2는 MuFDS를 이용한 모델링의 결과로 생성된 Data File을 그 특성별로 구분한 것이다. Table 2에서 원하는 정보가 FDS의 Input 형식에 알맞게 변형 반영되었음을 확인할 수 있다. 기존의 FDS를 구동하기 위하여 모든 TEXT를 작성하던것과 달리 Fig 6과 같이 GUI환경의 작업으로 Figure 7.과 같은 Data File을 작성할수 있었다. Fig 7의 Data File

을 FDS의 Input Data로 활용하여 Smokewiew로 나타낸 결과는 Fig 8에 보인 바와 같다.

```

Create By MuFDS CopyRight CSNU Computer-aided Simulation Laboratory
&SURF ID=OAK, ALPHA=8.9E-8, BURNING_RATE_MAX=0.015, DELTA=0.02, HEAT_OF_COMBUSTI
&SURF ID=Burner, HRRPUA=100, RGB=1.0,0.0,0.0, SURFACE_DENSITY=1 /
&SURF ID=VEL20, VEL=20 /
&TIME TWFIN=2000 /
&GRID IBAR=40, JBAR=40, KBAR=20 /
&PDIM XBAR0=-400, XBAR=400, YBAR0=-400, YBAR=400, ZBAR0=0, ZBAR=200 /
&OBST XB= -180, 0, -60, 0, 0, 0, SURF_ID='OAK' /
&OBST XB= -180, 0, -40, 0, 0, 0, SURF_ID='OAK' /
&OBST XB= -180, 0, -20, 0, 0, 0, SURF_ID='OAK' /
&OBST XB= -180, 0, 0, 20, 0, 0, SURF_ID='OAK' /
&OBST XB= -180, 0, 20, 40, 0, 0, SURF_ID='OAK' /
&OBST XB= -160, 0, -100, 0, 0, 0, SURF_ID='OAK' /
&OBST XB= -160, 0, -80, 0, 0, 0, SURF_ID='OAK' /
&OBST XB= -160, 0, -60, 0, 0, 0, SURF_ID='OAK' /
&OBST XB= -160, 0, -40, 0, 0, 0, SURF_ID='OAK' /
&OBST XB= -160, 0, -20, 0, 0, 0, SURF_ID='OAK' /
&OBST XB= -160, 0, 0, 20, 0, 10, SURF_ID='OAK' /
&OBST XB= -160, 0, 0, 20, 0, 10, SURF_ID='OAK' /
&OBST XB= -160, 0, 20, 40, 0, 0, SURF_ID='OAK' /
&OBST XB= -160, 0, 40, 0, 0, 0, SURF_ID='OAK' /
&OBST XB= -140, 0, -120, 0, 0, 0, SURF_ID='OAK' /
&OBST XB= -140, 0, -100, 0, 0, 0, SURF_ID='OAK' /
&OBST XB= -140, 0, -80, 0, 0, 0, SURF_ID='OAK' /
&OBST XB= -140, 0, -60, 0, 0, 0, SURF_ID='OAK' /
    
```

Figure 7. FDS Inputfile

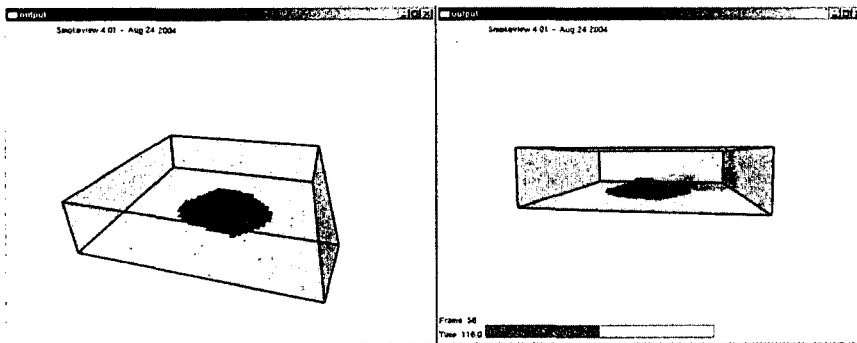


Figure 8. Snapshot of Smokewiew

Table 2. MuFDS Output File

구분	MuFDS에서 생성한 Data
Domain	&GRID IBAR=40, JBAR=40, KBAR=20 / &PDIM XBAR0=-400, XBAR=400, YBAR0=-400, YBAR=400, ZBAR0=0, ZBAR=200 /
Project Property	&TIME TWFIN=2000 /
표면정보 정의	&SURF ID=OAK, ALPHA=8.9E-8, BURNING_RATE_MAX=0.015, DELTA=0.02, HEAT_OF_COMBUSTION=13000, HEAT_OF_VAPORIZATION=4000, KS=0.17, RGB=0.41,0.20,0.00, TMPIGN=340 / &SURF ID=Burner, HRRPUA=100, RGB=1.0,0.0,0.0, SURFACE_DENSITY=1 / &SURF ID=VEL20, VEL=20 /
Solid Object	&OBST XB= -180, 0, -60, 0, 0, 0, SURF_ID='OAK' / &OBST XB= -180, 0, -40, 0, 0, 0, SURF_ID='OAK' / &OBST XB= -180, 0, -20, 0, 0, 0, SURF_ID='OAK' / &OBST XB= -180, 0, 0, 20, 0, 0, SURF_ID='OAK' / &OBST XB= -180, 0, 20, 40, 0, 0, SURF_ID='OAK' /
표면특성	&VENT XB= -180, 0, -40, 0, 0, 0, SURF_ID='Burner' / &VENT XB= -400, -400, -400, 400, 0, 200, SURF_ID='VEL20' /

5. 결론

본 연구는 NIST(National Institute of Standards and Technology)에서 개발된 FDS(Fire Dynamics Simulator)를 기반으로 FDS의 전처리기의 개발에 그 중점을 두었다. 본 연구를 통하여 개발된 프로그램은 FDS의 Input File을 GUI 환경에서 만들 수 있었으며 국립지리 정보원에 보유중인 DXF형태의 수치지도를 활용하여 일반적으로 모사하기 어려운 지형을 기반으로 하는 화재 모사를 가능 하도록 하였다. 향후 FDS 프로그램을 직접적으로 제어 하고 더 다양한 Output을 만들어 낸다면 FDS를 활용한 화재 모사에 큰 공헌을 할 것으로 기대하고 이를 이용한다면 화재의 피해를 감소시킬수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Noah L. Ryder, "Consequence modeling using the fire dynamics simulator", hazardous Materials, Volume 115, pp. 145-154, 11 November 2004
2. NIST, "FDS User's Guide", <http://fire.nist.gov/fds/>, 2005
3. NIST, "Smokeview User's Guide", <http://fire.nist.gov/fds/>, 2005
4. 한상홍, 클릭하세요 델파이 7, 대림출판사
5. 이정옥, 철저공략 델파이 7, 정보문화사
6. <http://www.delmadang.com/>