

부품의 중요도를 활용한 3차원 전차 모델 기반 생존성 분석 시스템 개발

황훈규¹ · 이재욱¹ · 이재웅² · 이장세^{2*}

A Development of 3D Modeling-based Survivability Analysis System for Armored Fighting Vehicle using Importance of Components

Hun-Gyu Hwang¹ · Jae-Wook Lee¹ · Jae-Woong Lee² · Jang-Se Lee^{2*}

¹Department of Computer Engineering, Graduate School of Korea Maritime and Ocean University, Busan 606-080, Korea

²Division of IT Engineering, Korea Maritime and Ocean University, Busan 606-080, Korea

요 약

전차의 임무 수행 능력은 생존성에 의해 크게 좌우된다. 생존성은 위협에 의한 피해를 예방하거나 피해를 입더라도 이를 감내하는 능력을 의미한다. 전차의 생존성 향상을 위해서는 피격에 의한 부품 손상으로 인한 영향 분석이 이루어져야 하며, 이를 토대로 설계 단계에서부터 성능 개선이 이루어져야 한다. 본 논문에서는 전차의 생존성 향상을 위하여 중요도 기반의 전차 생존성 분석 시스템을 개발하는 것에 관한 내용을 다룬다. 중요도는 전차를 구성하는 각 부품이 차지하는 비중을 수치화하여 나타낸 것을 의미하며, 이는 정량적인 전차 생존성 분석의 기초가 될 수 있다. 이를 위해 전차의 주요 부품별 가중치 부여를 통한 가중치 트리 구성 및 중요도 계산식을 적용하였으며, 이를 이용하여 전차의 생존성 분석 및 기능별 피해기준에 따른 분석을 수행하였다. 또한 이를 적용한 부품 구조화 및 가중치 설정 프로그램과 생존성 분석 및 시각화 프로그램을 개발하였으며, 전차 구성 부품을 3차원 CAD 모델을 이용하여 실험하는 것으로 개발한 시스템의 유용성을 검증하였다. 개발한 시스템은 전차를 구성하는 주요 부품의 공간 배치 등에 활용될 수 있을 것이다.

ABSTRACT

The mission capability of tank depends on its survivability. The survivability is ability for protection and tolerance by damage from threats. To improve the survivability of tank, we need an effectiveness analysis for loss of components, and accomplish performance enhancement using the result of analysis. In this paper, we develop a survivability analysis system for tank based on the importance. The importance numerically represents weight of each component which consisting of whole tank, also the importance is basic method of quantitative survivability analysis. To do this, we assign weight values to each component of tank, compose a weight tree, apply the importance calculation equation, and analyze the survivability of tank. Also we develop the system that consists of component structuralization and weight value setting program and survivability analysis and visualization program, and evaluate the system using implemented 3D CAD models of components of tank. The developed system apply to arrangement components.

키워드 : 중요도, 생존성 분석, 취약성 분석, 전차, 전투 시스템

Key word : Importance, Survivability analysis, Vulnerability analysis, Tank, Combat system

Received 16 January 2015, Revised 29 January 2015, Accepted 12 February 2015

* Corresponding Author Jang-Se Lee(E-mail:jslee@kmou.ac.kr, Tel:+82-51-410-4577)

Division of IT Engineering, Korea Maritime and Ocean University, Busan 606-080, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2015.19.5.1269>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

전투 시스템 생존성이란, 전차와 같은 전투 시스템이 전투 환경에서 위협을 회피하거나 감내하여 임무를 수행할 수 있는 능력을 의미한다[1]. 전차의 생존성을 향상시키기 위해서는 피격에 의한 부품 손상 등에 따른 영향 및 취약성을 분석하고, 그 결과를 반영하여 부품의 교체나 보강과 같은 성능 개선이 이루어져야 한다. 하지만, 이러한 분석을 실제 전차를 대상으로 수행한다면 위협성으로 인한 여러 제약이 뒤따르고, 경제적인 측면에서의 문제가 발생할 수 있다. 이러한 이유로 인하여, 모델링 및 시뮬레이션 기법을 기반으로 하는 생존성 분석이 요구된다[2,3]. 또한 중요도란, 전체를 구성하는 여러 요소들 중 한 요소가 차지하고 있는 비중을 수치화한 것을 의미하며, 이는 신뢰성 분석에 있어서 한 요소의 손상이 전체에 미치는 영향을 정량적으로 표현하기 위해 활용된다[4].

본 논문에서는 중요도를 활용하여 전차를 구성하는 부품의 손상이 생존성에 미치는 영향을 분석하는 시스템을 개발한다. 이를 위해 피격에 의한 전차의 생존성의 저하 과정을 분석하고, 기능별 피해 기준을 정의하였으며, 전차의 주요 부품을 선정하였다. 선정된 부품에 가중치를 부여하여 이를 기반으로 가중치 트리를 구성하였으며, 중요도 계산식을 생존성 분석에 활용할 수 있는 방법을 제시하였다. 또한 이를 기반으로 전차 생존성 분석 시스템을 개발하였으며, 3차원 CAD 기반으로 전차의 주요 구성 부품 모델을 구현하여 개발한 시스템을 실험하여 유용성을 검증하였다.

II. 관련 연구

2.1. 전차의 생존성

생존성은 전차 등의 전투 시스템이 국방 관련 임무 수행에 있어서 위협을 회피하거나 감내하는 능력을 뜻한다[1].

만약 전차가 외부 위협에 의해 피격을 받게 되면, 관통선 상에 위치해 있는 부품이 손상될 수 있다. 전차를 구성하는 여러 부품들 중에 전차의 기능에 치명적인 영향을 주는 부품이 있을 수 있으며, 이러한 부품의 손상은 전차의 생존성 저하와 직결된다[5,6]. 즉, 그림 1에

나타낸 것과 같이 피격에 의해 전차를 구성하는 부품이 손상되면 부품이 담당하는 고유의 기능을 상실한다. 이는 곧 피해 기준에 따른 전차의 임무 수행 능력에 영향을 주고, 이는 전차의 생존성을 저하시키는 요인이 된다. 본 논문에서는 관통탄을 대상으로 관통선 상에 위치해 있는 부품의 손상으로 인한 생존성 저하를 정량적으로 분석한다.

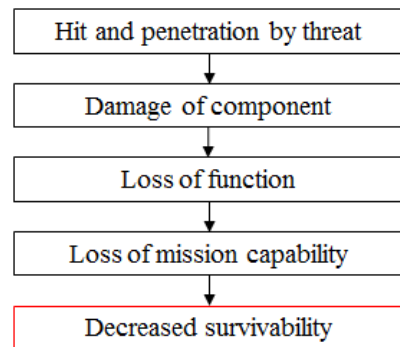


그림 1. 전투 시스템의 생존성 저하 과정
Fig. 1 Decline process of tank survivability

2.2. 피해 기준 정의

[6,7]의 연구에서는 전투 시스템을 구성하는 부품의 기능에 따라 여러 피해 기준을 설정하였다. 본 논문에서 다루는 전차 생존성 분석 시스템에는 표 1과 같은 공격, 방어, 이동, 관측, 통신의 다섯 가지 피해 기준을 적용한다. 피해 기준은 전투 시스템의 생존성을 분석하기 위해 사용하는 피해의 분류 기준을 의미한다. 예를 들어 전차의 이동 관련 부품이 손상되어 이동이 불가능한 상태가 되면, 다시 회복하기 전까지 전차는 이동 기능을 상실한 상태가 되며, 이를 M-Kill(mobility-kill)이라고 표현한다.

표 1. 전차의 기능별 피해 기준
Table. 1 Kill types of tank

| Function | Kill type |
|----------|----------------------------|
| 공격 | F-Kill(firepower-kill) |
| 방어 | A-Kill(armor-kill) |
| 이동 | M-Kill(mobility-kill) |
| 관측 | S-Kill(sensor-kill) |
| 통신 | C-Kill(communication-kill) |

2.3. 중요도 계산식

[4]의 연구에서는 시설물의 유지보수를 위한 알람을 제공하기 위하여 시설물을 구성하는 부품의 중요도를 활용하였다. 또한, [8]의 연구에서는 이러한 중요도 계산식을 전투 시스템의 생존성 분석에 적용하였다. 중요도란, 전체를 구성하는 여러 부품(요소)들 중 한 부품이 차지하고 있는 비중을 수치화한 것이며, 중요도의 계산식은 식 (1)과 같다. 만약, 어떤 부품이 하위 부품을 포함하고 있는 경우에는 하위 부품들의 가중치 합이 1이 되어야하며, 계산된 모든 부품의 중요도 합은 1이 된다.

Importance of component(terminal node) :

$$IC = \prod_{i=x}^n WC_i \quad (1)$$

Where, WC : Weight of component(or part)
 i : i^{th} Level(depth)
 x : 0(total survivability of tank),
 l (survivability for kill type)

2.4. 생존성 계산식

일반적으로 생존성은 취약성과 반대되는 개념으로 사용된다. 즉, 생존할 확률이 100%(혹은 1.0)라고 한다면 취약하지 않다는 의미이고 취약한 확률이 100%라고 한다면 생존할 확률이 0%(혹은 0.0)이라는 의미가 된다. 따라서 생존성은 식 (2)와 같이 계산되며, 본 논문에서는 피격으로 인해 손상된 부품의 중요도의 합이 취약성이라고 가정하여 계산한다.

$$Survivability = 1 - Vulnerability \quad (2)$$

Where, $Vulnerability$: $\sum IC_{damaged}$

III. 설 계

3.1. 전차의 주요 부품 선정

전차는 수많은 부품들로 구성되지만, 본 논문에서는 표 2와 같이 다섯 가지 기능별로 전차의 주요 부품을 선정 및 분류하였다. 공격 부품으로는 주포 및 사격 통제 장치를 포함하는 회전 포탑, 적재 포탄이 있고, 방어 부

품으로는 장갑, 능동 방어 체계, 연막탄 발사기가 있다. 또한 이동 부품으로는 엔진, 연료 탱크, 무한궤도가 있고, 관측 부품으로는 잠망경, 해치가 있으며, 통신 부품으로는 무전기와 안테나가 있다.

표 2. 전차의 기능별 주요 부품
 Table. 2 Critical components of tank

| Components | | |
|-------------------|----------|----------------|
| 1-Level | 2-Level | 3-Level |
| 공격 부품 (F-Kill) | 회전 포탑 | 주포 사격 통제 장치 |
| | 적재 포탄 | - |
| 방어 부품 (A-Kill) | 장갑 | - |
| | 능동 방어 체계 | |
| | 연막탄 발사기 | |
| 이동 부품 (M-Kill) | 엔진 | - |
| | 연료 탱크 | |
| | 무한궤도 | |
| 관측 부품 (S-Kill) | 잠망경 | - |
| | 해치 | |
| 통신 부품 (C-Kill) | 무전기 | - |
| | 안테나 | |

3.2. 부품별 가중치 부여 및 가중치 트리 구성

전차의 경우에는 기동력을 바탕으로 여러 위협을 회피하거나 감내하여 적을 무력화시키기 위한 공격을 목적으로 가지기 때문에 상대적으로 공격, 방어, 이동 기능에 특화되어 있다[9]. 따라서 공격 기능이 가장 중요하며, 그 다음으로 방어, 이동, 관측, 통신 기능의 순서로 비중을 차지하는 것으로 가정한다. 각 부품의 가중치를 설정하기 위해서는 식 (3)을 만족해야 한다. 만약 한 부품이 하위 레벨의 부품을 포함한다면, 그 부품의 하위 동일 레벨 부품들의 가중치 합은 1이 되어야 한다. 즉, 식 (3)의 WC_1, \dots, WC_N 은 같은 상위 부품에 속해야 한다.

$$\sum_{i=1}^N WC_i = 1 \quad (3)$$

본 논문에서는 각 부품에 다음과 같이 가중치를 부여하였다. **1-레벨 부품**은 공격 부품(0.40), 방어 부품(0.25), 이동 부품(0.20), 관측 부품(0.10), 통신 부품(0.05)의 가

중치를 가지고, 공격 부품의 2-레벨 부품은 회전 포탑(0.70), 적재 포탄(0.30), 방어 부품의 2-레벨 부품은 장갑(0.70), 능동 방어 체계(0.20), 연막탄 발사기(0.10), 이동 부품의 2-레벨 부품은 엔진(0.50), 연료 탱크(0.20), 무한궤도(0.30), 관측 부품의 2-레벨 부품은 잠망경(0.55), 해치(0.45), 통신 부품의 2-레벨 부품은 무전기(0.60), 안테나(0.40)의 가중치를 가지며, 회전 포탑의 3-레벨 부품은 주포(0.60), 사격 통제 장치(0.40)의 가중치를 가진다고 가정한다. 구성된 가중치 트리는 그림 2와 같이 표현할 수 있고, 1-레벨 부품인 공격 부품, 방어 부품, 이동 부품, 관측 부품, 통신 부품의 가중치 합은 1이 되며, 나머지도 식 (3)을 만족하는 것을 확인할 수 있다.

3.3. 중요도 계산 및 활용 예제

만약 외부 위협에 의한 피격으로 인해 전차의 공격 부품 중 회전 포탑을 구성하고 있는 주포가 손상되었다고 가정하고, 식 (1)의 x를 1로 설정하여 계산하면 주포의 중요도는 “0.40(공격 부품의 가중치) × 0.70(회전 포탑의 가중치) × 0.60(주포의 가중치) = 0.168”이 되므로 전차의 생존성은 16.8%가 저하되었다는 것을 의미한다. 또한, 식 (1)의 x를 2로 설정하면, 즉 공격 부품을 0-레벨로 가정하여 계산하면 주포의 손상이 기능별 피해 기준에 미치는 영향을 계산할 수 있다. 마찬가지로 “0.70(회전 포탑의 가중치) × 0.60(주포의 가중치) = 0.42”가 되므로 42%의 F-Kill이 발생했다는 것을 알 수 있다. 즉, 주포의 손상은 전차의 생존성을 16.8% 저하시키고, 전차의 공격 기능은 42% 저하시킨다. 피격에 의해 여러 부품이 손상될 수도 있으며, 이때에는 식 (2)와 같이 취약성(손상된 부품들의 중요도 합)을 이용하여 저하된 생존성을 계산한다.

IV. 구 현

4.1. 개발 환경

개발 환경으로 Windows 7 Professional 64-bit의 운영체제에서 .NET Framework 3.5 기반의 Visual Studio 2008을 개발 도구로 사용하였으며, 프로그래밍 언어인 C++ 및 C#을 이용하였다. 또한 Rhinoceros 5 64-bit를 이용하여 전차의 부품 모델을 3차원 CAD 형식인 IGES(initial graphics exchanges specification)파일로 모델링하였으며, 이를 CAD/CAM 기반 그래픽 라이브러리인 Open CASCADE를 활용하여 표현하였다.

4.2. 전차의 주요 부품 모델링

3차원 CAD를 기반으로 전차의 주요 부품을 모델링하였으며, 모델링한 부품을 각각 별개의 IGES 파일로 저장하였다. 이때, 주포는 cannon.igs, 사격 통제 장치는 fire_control.igs, 적재 포탄(projectiles)은 missiles.igs, 장갑은 armor.igs, 능동 방어 체계는 APS.igs, 연막탄 발사기는 smoke.igs, 엔진은 engine.igs, 연료 탱크는 fuel_tank.igs, 무한궤도는 caterpillar.igs, 잠망경은 scope.igs, 해치는 hatches.igs, 무전기는 radio.igs, 안테나는 antenna.igs로 저장하였다.

그림 3에 모델링한 전차 및 부품의 측면 및 상부면의 모습과 각 부분의 명칭을 나타내었다. 그림 3의 (a)는 전차의 측면을 나타낸 것이고, 그림 3의 (b)는 상부면의 모습을 나타낸 것이다. 또한 파란색으로 표시된 부품은 외부 부품, 빨간색으로 표시된 부품은 내부 부품을 의미한다.

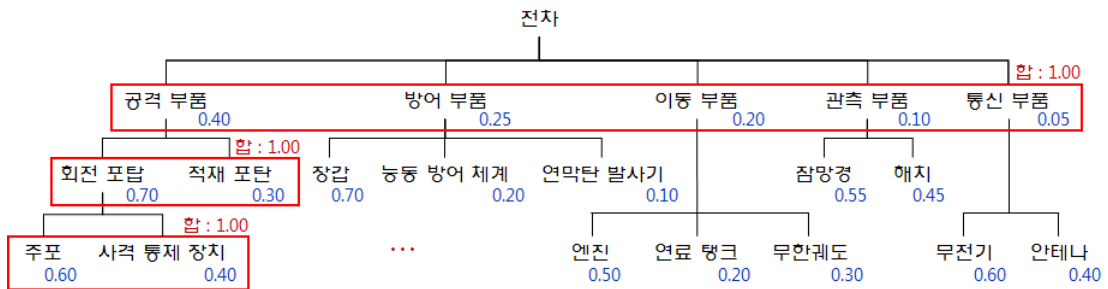
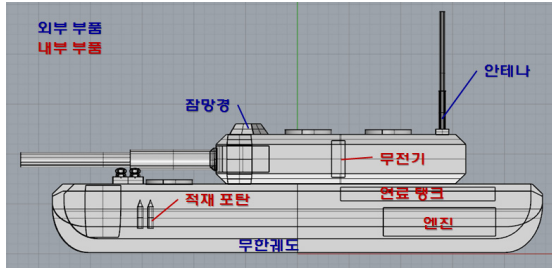
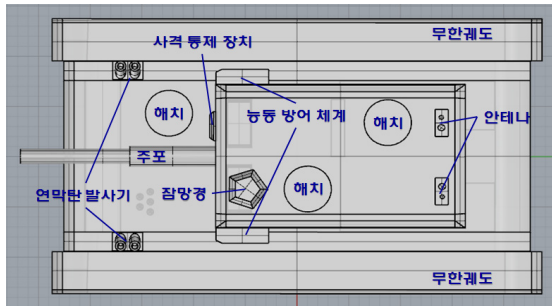


그림 2. 구성된 전차의 가중치 트리
Fig. 2 Weight tree of tank



(a)



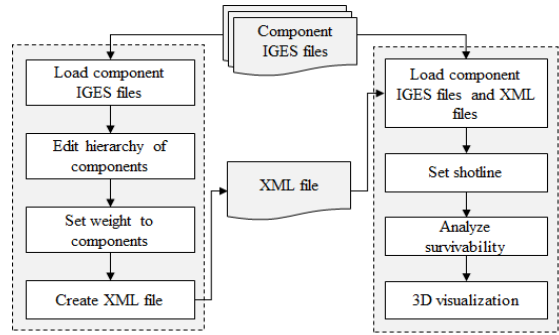
(b)

그림 3. 모델링한 전차의 주요 부품 (a) 측면 (b) 상부면
 Fig. 3 Models of critical components (a) side view (b) top view

4.3. 시스템 구조

본 논문에서 개발한 전차 생존성 분석 시스템은 그림 4와 같이 **부품 구조화 및 가중치 설정 프로그램**과 **생존성 분석 및 시각화 프로그램**의 두 가지 프로그램으로 구성된다. 먼저, 부품 구조화 및 가중치 설정 프로그램은 전차를 구성하는 부품을 계층적으로 편집할 수 있도록 해준다. 이를 통해 각 부품의 가중치를 설정 및 구조

를 정의하며, 그 결과를 데이터를 구조적으로 표현하여 상호 교환이나 처리 등의 장점을 가지는 파일 형식인 XML(extensible markup language) 파일로 출력한다. 또한 생존성 분석 및 시각화 프로그램은 출력된 XML 파일을 이용하여 설정된 관통선 상의 부품의 손상으로 인해 변화하는 전차의 생존성을 분석하고, 그 결과를 3차원으로 시각화해주는 기능을 한다.



Component structuralization and weight value setting program

Survivability analysis and visualization program

그림 4. 시스템 구성 및 동작 과정

Fig. 4 System architecture and operational process

V. 실험

5.1. 부품 구조화 및 가중치 설정 프로그램

개발한 부품 구조화 및 가중치 설정 프로그램의 동작 화면은 그림 5와 같다. 사용자 인터페이스를 보면 화면의 왼쪽에 불러온 주요 부품 파일 목록 출력부가 있고,

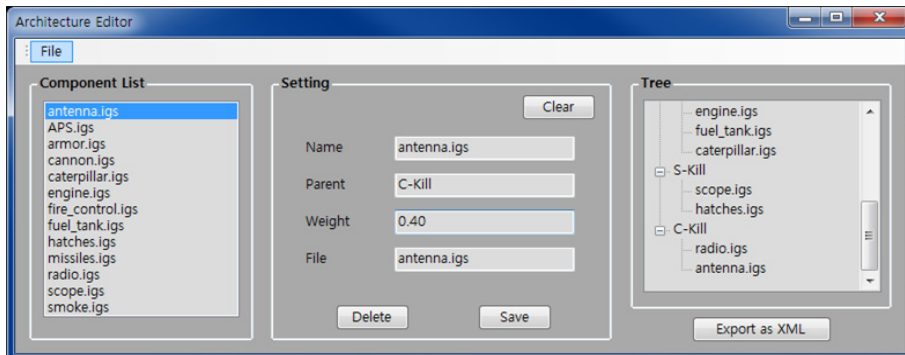


그림 5. 부품 구조화 및 가중치 설정 프로그램의 동작화면

Fig. 5 Captured image of component structuralization and weight value setting program

중양에 가중치 설정부가 있으며, 오른쪽에 설정에 따라 구조화된 트리 구조 출력부가 있다. 각 부품의 구조화 및 가중치를 설정한 후, 오른쪽 하단의 “Export as XML” 버튼을 클릭하면 그림 6과 같은 구조의 XML 파일이 출력되며, 출력된 XML 파일은 구조화 정보(Part 혹은 Component)를 비롯하여 가중치(weight), 이름(name), 파일 이름(file)과 같은 정보를 포함하고 있다.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
- <Category>
  - <Part weight="0.4" name="F-Kill">
    - <Part weight="0.7" name="fire_tower">
      <Component weight="0.6" name="cannon.igs" file="cannon.igs"/>
      <Component weight="0.4" name="fire_control.igs" file="fire_control.igs"/>
    </Part>
    <Component weight="0.3" name="missiles.igs" file="missiles.igs"/>
  </Part>
  - <Part weight="0.25" name="A-Kill">
    <Component weight="0.7" name="armor.igs" file="armor.igs"/>
    <Component weight="0.2" name="APS.igs" file="APS.igs"/>
    <Component weight="0.1" name="smoke.igs" file="smoke.igs"/>
  </Part>
  - <Part weight="0.2" name="M-Kill">
    <Component weight="0.3" name="caterpillar.igs" file="caterpillar.igs"/>
    <Component weight="0.2" name="fuel_tank.igs" file="fuel_tank.igs"/>
    <Component weight="0.5" name="engine.igs" file="engine.igs"/>
  </Part>
  - <Part weight="0.1" name="S-Kill">
    <Component weight="0.55" name="scope.igs" file="scope.igs"/>
    <Component weight="0.45" name="hatches.igs" file="hatches.igs"/>
  </Part>
  - <Part weight="0.05" name="C-Kill">
    <Component weight="0.6" name="radio.igs" file="radio.igs"/>
    <Component weight="0.4" name="antenna.igs" file="antenna.igs"/>
  </Part>
</Category>
```

그림 6. XML 출력 파일
Fig. 6 XML output file

또한, 설정한 가중치에 관한 오류가 있을 경우 메시지 박스를 통해 오류가 있는 부분을 알려주며, 올바르게 수정되기 전까지 XML 파일은 생성되지 않는다.

5.2. 생존성 분석 및 시각화 프로그램

개발한 생존성 분석 및 시각화 프로그램은 주요 부품의 IGES 파일 및 부품 구조화 및 가중치 설정 프로그램을 통해 출력된 XML 파일을 불러온 후, 더블 클릭으로 시작점과 끝점을 지정하는 방법으로 관통선을 설정하여 관통선 상의 부품 손상에 의한 생존성을 분석한다. 개발한 생존성 분석 및 시각화 프로그램의 동작 화면은 그림 7과 같다.

사용자 인터페이스를 보면 화면의 중앙의 3차원 시각화 및 관통선 설정을 위한 뷰어창(이동/회전/확대 및 축소 가능), 오른쪽의 각 개별 부품의 중요도 출력창, 아래쪽의 생존성 분석 결과 출력창이 있다. 그림 7의 경우는 장갑, 무한궤도, 적재 포탄을 지나는 관통선을 설정한 것으로 관통선과 교차하는 부품은 빨간색으로 표시되며(armor는 와이어프레임으로 변환한 모습), 이에 따른 생존성 분석 결과는 아래에 있는 결과창에 출력된다. 만약, 피격에 의해 전차의 장갑, 무한궤도, 적재 포탄이

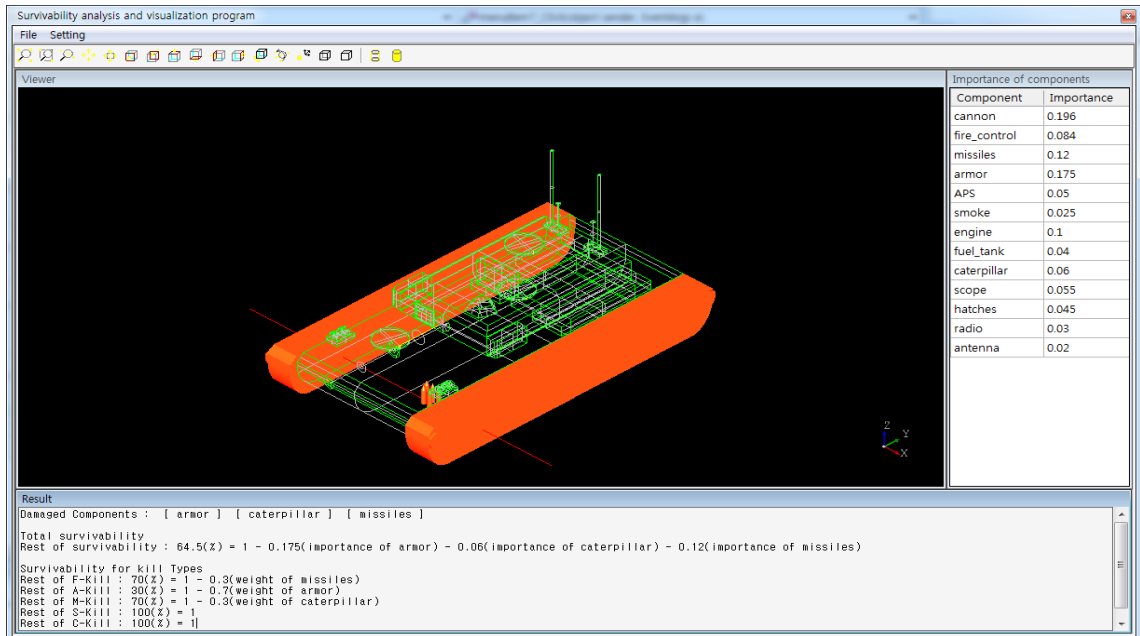


그림 7. 생존성 분석 및 시각화 프로그램의 동작화면
Fig. 7 Captured image of survivability analysis and visualization program

손상되면, 전차의 잔여 생존성은 64.5%(35.5%의 생존성 저하)가 된다. 또한 피해 기준별로는 잔여 F-Kill이 70%(30%의 F-Kill 발생)이고, 잔여 A-Kill이 30%(70%의 A-Kill 발생)이며, 잔여 M-Kill이 70%(30%의 M-Kill 발생)인 것을 알 수 있다.

VI. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 중요도를 기반으로 전차를 구성하는 부품 손상이 생존성에 미치는 영향을 분석하는 시스템을 개발하였다. 이를 위해 생존성과 관련한 연구를 분석하고, 전차의 주요 부품들을 선정하였으며, 선정된 부품에 가중치를 부여하여 가중치 트리를 구성하였다.

이를 부품 구조화 및 가중치 설정 프로그램을 이용하여 설정하고, 구조화하여 XML 파일로 출력하였다. 또한 출력된 XML 파일과 3차원 CAD로 모델링된 전차의 구성 부품을 이용하여 생존성 분석 및 시각화 프로그램에서 관통선에 의한 생존성 변화를 분석하고 그 결과를 시각화해주었다. 개발한 시스템은 부품의 손상으로 인한 생존성을 분석해주어 전차의 설계 단계에서부터 주요 부품의 공간 배치 등의 작업에 활용될 수 있을 것이다.

향후 연구로는 중요도를 FTA(fault tree analysis)나 FMECA(failure mode, effects and criticality analysis)와 같은 분석 기법과 결합하여 적용하기 위한 연구를 진행하고 있으며, 이를 통해 생존성 분석의 신뢰도를 보다 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 국방과학연구소 생존성기술 특화연구센터의 사업으로 지원받아 연구되었음 (계약번호 UD1200190D)

REFERENCES

- [1] Michael O. Said, "Theory and practice of total ship survivability for ship design," *Naval Engineers Journal*, vol. 107, issue 4, pp. 191-203, 1995.
- [2] H. G. Hwang, H. K. Kim and J. S. Lee, "An agent based modeling and simulation for survivability analysis of combat system," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 16, no. 12, pp. 2581-2588, 2012.
- [3] M. D. Burdeshaw, J. M. Abell, S. K. Price, and L. K. Roach, "Degraded States Vulnerability Analysis of a Foreign Armored Fighting Vehicle," Army Research Laboratory, U. S. 1993.
- [4] H. G. Hwang, D. W. Park, J. I. Park, J. S. Lee and K. S. Rhyu, "A development of facility management system providing alarm function for fault effect and replacement of each component," *Journal of the Korean Society of Marine Engineering*, vol. 38, no. 4, pp. 456-462, 2014.
- [5] D. F. Haskell, "AVVAM-1 (Armored Vehicle Vulnerability Analysis Model) and Tank Vulnerability Sensitivity Studies," Army Ballistic Research Laboratory, Aberdeen Proving Ground, Maryland, U. S. 1973.
- [6] H. G. Hwang, H. K. Kim, J. S. Lee, H. J. Lee and J. S. Park, "A development of penetration analysis program for analyzing survivability of combat system," in *Proceeding of The 2013 Annual Conference of Korea Institute of Military Science and Technology*, Jeju, Korea, pp. 1997-1998, 2013.
- [7] Michael V. Carras Jr, "BDA Enhancement Methodology using Situational Parameter Adjustments", Air Force Institute of Technology, 2006.
- [8] H. G. Hwang, H. K. Kim, J. W. Lee and J. S. Lee, "A study on importance estimation of critical components for combat system survivability analysis," in *Proceeding of The 1st Annual Conference of Next Defense*, Seoul, Korea, pp. 145-146, 2014.
- [9] W. E. Baker, J. H. Smith and W. A. Winner, "Vulnerability/Lethality Modeling of Armored Combat Vehicles - Status and Recommendations," Army Research Laboratory, U. S. 1993.



황훈규(Hun-Gyu Hwang)

2009년 : 한국해양대학교 IT공학부 컴퓨터정보공학전공 (공학사)
2011년 : 한국해양대학교 대학원 컴퓨터공학과 (공학석사)
2011년 ~ 현재 : 한국해양대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사과정
※ 관심분야 : 모델링 및 시뮬레이션, 해양정보시스템, 정보보안, 네트워크



이재욱(Jae-Wook Lee)

2011년 : 한국해양대학교 IT공학부 컴퓨터정보공학전공 (공학사)
2011년 ~ 현재 : 한국해양대학교 대학원 컴퓨터공학과 석사과정
※ 관심분야 : 조선 · 해양IT융합, 이내비게이션 SQA, 소프트웨어 공학



이재웅(Jae-Woong Lee)

2009년 ~ 현재 : 한국해양대학교 IT공학부 컴퓨터정보공학전공
※ 관심분야 : 조선 · 해양IT융합, 네트워크, 모델링 및 시뮬레이션



이장세(Jang-Se Lee)

1997년 : 한국항공대학교 컴퓨터공학과 (공학사)
1999년 : 한국항공대학교 컴퓨터공학과 (공학석사)
2003년 : 한국항공대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)
2004년 ~ 현재 : 한국해양대학교 IT공학부 부교수
※ 관심분야 : 컴퓨터보안, 지능시스템, 모델링 및 시뮬레이션