

장갑차량의 능동방호체계의 전투효과도 분석

박성한^{1,2}, 박진호², 서승범³, 김주희^{2*}

¹연세대학교 기술정책협동과정, ²육군사관학교 기계시스템공학과, ³한화시스템 지상전투체계센터

Analysis of combat effectiveness of active protection system of armored vehicles

Seong Han Park^{1,2}, Jin-ho Park², Seungbum Suh³, Ju Hee Kim^{2*}

¹Graduate Program in Technology Policy, Yonsei University

²Mechanical & System Engineering, Korea Military Academy

³Land Combat System Center, Hanwha Systems

요약 우크라이나-러시아 전쟁의 교훈으로 전투차량의 대전차화기에 대한 방호능력에 대한 관심은 지속적으로 증가하고 있다. 기존 대전차화기에 대한 능동방호체계(APS : Active Protection System)는 전차 위주로 개발되어 왔으나, 인명중시 및 병력 감축 등 보병전투력에 대한 생존성 보장을 위해 차세대 보병전투차량에 대한 능동방호체계(APS)에 대한 연구도 진행되고 있다. 따라서, 본 연구에서는 지상무기효과분석모델(AWAM)을 이용하여 차세대 보병 전투차량의 운용개념을 바탕으로 능동방호체계(APS) 적용 시 전투효과도를 손실교환율을 통해 분석하였다. 시나리오 5가지에 대한 분석결과 차세대 보병전투차량에 능동방호체계(APS)를 적용 시, 다양한 전술 상황에서 생존성 향상에 대한 효과가 있음을 확인할 수 있었다. 특히, 지형적으로는 개활지 보다 산악지역에서 효과가 높을 것으로 판단되고, 적 전차가 포함된 대 기계화전 보다 대 보병부대에 더욱 효과가 좋을 것으로 판단된다. 장착여부에 따라서는 미장착에 대비 1.17~16.09배의 효과가 있는 것으로 확인 되었다. 따라서 차세대 보병전투차량에 능동방호체계(APS)를 적용할 경우 전투원의 생존성 향상을 기대할 수 있으며, 또한 지향성 에너지 등을 추가하는 다층방호체계의 개념으로 전력화될 경우에는 보다 효율적인 방호능력을 갖출 것으로 기대된다.

Abstract As a foundation for the Russian-Ukrainian war, the ability of a combat vehicle to protect against anti-tank weapons is increasing. An active protection system (APS) against anti-tank weapons is being researched and developed for tanks. On the other hand, research on the APS for infantry fighting vehicles (IFVs) is also ongoing. This study analyzed the combat effectiveness of a future IFV-applied APS using the Army Weapon Effectiveness Analysis Model (AWAM). The results from five scenarios showed that it can improve survivability in various tactical situations, particularly in mountainous terrain over open ground, and against infantry units over mechanized units with enemy tanks. In addition, it was 1.17 to 16.09 times more effective when an APS was applied to an IFV than not installing one. Therefore, applying an APS to next-generation IFV is expected to enhance the survivability of combat personnel. Furthermore, there is greater protection when deployed under the concept of layer-to-layer protection that adds energy from a directed-energy weapon.

Keywords : IFV, Infantry Fighting Vehicle, Active Protection System, AWAM(Army Weapon effectiveness Analysis Model), Concept of Layer-to-layer Protection

본 논문은 2023년 정부(방위사업청)의 재원으로 국방기술진흥연구소의 지원을 받아 수행된 연구임(KRIT-CT-23-004).

또한, 육군사관학교 화랑대연구소의 2024년도 연구활동비 지원을 받아 연구되었음(연구번호 : 2024B1004).

*Corresponding Author : Ju Hee Kim(Korea Military Academy)

email: kjh6452@kma.ac.kr

Received April 16, 2024

Revised June 12, 2024

Accepted July 5, 2024

Published July 31, 2024

1. 서론

우크라이나-러시아 전쟁은 개전 시부터 전문가들의 다양한 예상을 깨뜨리는 전쟁으로 계속 이어지고 있다. 개전 초 특별군사작전이라는 명목으로, 짧은 기간 전쟁을 마무리하고자 한 러시아는 기갑전력의 신속한 기동력을 활용하여 목표를 달성할 수 있을 것으로 예상하였다. 하지만 세계 2위의 군사강국 러시아의 기갑전력은 우크라이나 군의 대전차 화기에 의해 전장 곳곳에서 파괴되며, 현재까지 전쟁의 승기를 잡지 못하고 있다. 특히 전투차량의 약한 상부를 공격하는 대전차미사일과 소형 공격드론에 의한 기갑전력의 피해는 전쟁의 판도를 가를 수 있는 새로운 무기체계로 급부상하면서 재래식 전력과 최첨단 기술이 공존하는 상식을 벗어난 원시전쟁의 양상으로 치닫고 있다. Fig. 1은 최신 대전차화기로 무장한 우크라이나 군과 파괴된 전차의 모습을 보여주고 있다 [1].



Fig. 1. Javelin of Ukraine Army(a), Destroyed TANK of Russia Army(b)[1]

이러한 대전차화기는 우크라이나 국민들에게 ‘나라를 구하는 영웅’이라는 불리며, 우크라이나-러시아 전쟁의 가장 효율적인 무기체계로 급부상하고 있다. 이후 러시아는 기갑전력의 투입을 망설이면서, 미사일 공습 등으로 전쟁수행 방법을 전환하고 있다. 이렇듯 병력이 휴대하여 사용할 수 있는 대전차화기는 상대적으로 중화기인 기갑전력을 무력화 시킬 수 있는 경제성과 효율성을 갖춘 기갑전력의 천적으로 입증되고 있다. 이러한 전쟁교훈을 통해 우리 군은 전투차량에 대한 적 대전차화기를 무력화 시킬 수 있는 다층방호체계 대한 관심과 요구가 증대되고 있다[2]. 또한, 전차에 대한 방호체계 구축과 그 효과도에 관한 연구는 수행되었으나[2-5], 보병 전투차량의 방호체계에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 차세대 보병 전투차량에 적용을 검토하고 있는 능동방호체계(Active Protection System, APS)의 방호능력에 대해 지상무기효과분석모델(AWAM : Army Weapon effectiveness Analysis Model)을 이

용하여 생존성 향상에 따른 전투효과에 대한 분석 방법과 향후 발전방향에 대해 제시하고자 한다.

2. 본론

2.1 능동방호체계

2.1.1 국내·외 방호체계 적용 사례

러시아는 세계 최초로 드로즈드(Drozd)라는 능동방호체계를 1980년대에 전력화하였다. 이후 미국의 퀵킬(Quick Kill), 이스라엘 트로피(Trophy) 등이 전력화되어 운용 중이며, 우리나라는 2012년 K2 전차용 능동방호체계를 개발하였다. 이후 각국은 능동방호체계에 대한 경량화 및 다양한 플랫폼에 적용을 위해 개발 진행 중이다. Table 1은 능동방호체계의 주요 개발 국가들에 대한 현황과 주요 특징을 보여준다.

Table 1. Active Protection System(APS) application cases

Nation	Name	Tech.	Feature
Russia	Arena-E	response bullet	fragments
	Afgnit	integrated response system	vertical launch
Germany	AWISS	interceptor bomb	rotation method
Israel	Trophy	response bullet	threat classification
	Iron Fist		tyranny type
USA	Iron Curtain	undisclosed	for combat vehicles
ROK	KAPS	response bullet	for tanks

2.1.2 수동 및 능동방호 체계

능동방호체계(APS)는 수동방호와 능동방호로 나뉜다. 수동방호체계는 유격장갑과 복합장갑을 말하며, 능동방호체계는 원·근거리에서 발사되는 미사일, 로켓탄 등의 위협체를 탐지하여 승무원에게 경고하고 위협체를 무력화시키는 장치를 말한다[2,4].

2.1.3 소프트킬과 하드킬

능동방호체계(APS)는 소프트킬(Soft-Kill, 유도교란)과 하드킬(Hard-Kill, 대응파괴)로 구분된다. 소프트킬은 장거리 발사 미사일에 대한 방호수단으로, 접근하는 미사일을 자동탐지하고, 이후 복합연막으로 적의 탐지기

능을 마비시키고 동시에 차장 후 위험지역에서 신속한 기동으로 회피하여 생존성을 확보하는 수단이다. 반면에 하드킬은 접근하는 미사일, 로켓탄을 탐지 및 추적하여 대응탄을 발사하여 근거리에서 무력화시키는 적극적인 방호수단으로 요격 성공률은 60~80% 이상이다[2-4]. Fig. 2는 K2 전차에 적용된 소프트킬과 미국 보병전투차량에 적용된 하드킬 체계를 보여준다.



Fig. 2. (a) Soft-Kill & (b) Hard-Kill configuration

2.2 전투효과도 분석

2.2.1 지상무기효과도분석모델

무기체계의 효과도 분석을 위해 사용한 모델은 지상무기효과분석모델(AWAM)로, 2007년 한국국방연구원이 개발하였으며, 합참 및 각 군 연구소 등 다양한 기관에서 활용하고 있다. 전장활동 모의를 통한 소규모 부대의 전투실험을 통해 무기체계의 효과 검증이 가능한 분석 모델이다. 개별 무기체계의 효과도 분석에 활용할 수 있는 AWAM은 신규 예상되는 무기체계에 대한 효과분석을 위해 유일하게 활용할 수 있는 분석 틀이라고 할 수 있다. Table 2에서 보는 바와 같이 AWAM을 활용한 연구 결과로 미래 유·무인 혼합 보병부대 부대구조 보완방향 연구가 수행되었으며[6], 현재 육군에서 진행중인 위리어 플랫폼에 대해 미래 전장에서 전투원의 생존성 향상에 대한 전투효과를 분석하였다[7,8]. 또한, 견마로봇의 성능에 대해 손실교환율을 AWAM을 통해 전투효과도를 분석하였다[9]. 뿐만 아니라, 대화력전에 있어서 전투상황에 따라 비교우위를 가지는 화력무기체계 선택에 관한 연구에도 활용되었다[10]. 유사한 연구로는 전차의 능동방호체계 사례에 대한 획득 의사결정 신뢰성 향상을 위해 활용한 사례가 있다[4]. 특히, 한국지형을 기반으로 모의평가를 실시하여 한국군의 전술환경에 부합하고[7], 개별 무기단위의 피해평가 산출결과를 바탕으로 능동방호체계(APS)의 적용 유무에 대한 효과성을 비교분석하였기 때문에, 능동방호체계의 전투효과도를 분석하기 위한 모델로 적절할 것으로 판단한다. 더구나 개별무기체계의

효과도를 위해 다양한 무기체계에 널리 사용되고 있는 검증수단이기도 하다.

Table 2. Prior researches using AWAM

Title	Analysis content	Remark
A Sensitivity Analysis of Dog-Horse Robot Using AWAM	Dog-Horse Robot loss rate, etc	K. Hwang et al, 2011
A study on the proper number of replication to reach reliable results of AWAM simulation	AWAM reliability iteration count	S M Park et al, 2017
The Combat Effectiveness Analysis of Warrior Platform Improvement Using AWAM	Warrior platform effectiveness	S H Lee et al, 2020.
Study on Survival Effectiveness of Intelligent System for Warrior Platform by using AWAM	Warrior platform effectiveness	Youngjin Kwon et al, 2020
A Study on the Complementary Direction of the Future Infantry Squad's Structure in Combat Experiment with Manned and Unmanned	Mixed infantry squad effectiveness	H.-W. Lee et al 2022
Combat effectiveness and efficiency evaluation of firearm weapon systems in different projectile guidance simulations	Firearm effectiveness	Y. Jung and J. Kim, 2023
The Methodology of Effectiveness Analysis Combining M&S and AHP to Improve A Reliability in Decision-Making Process on A Weapon Systems Acquisition: A Case Study of APS System for Tank	Tank APS effectiveness	Hochan Lee et al, 2023

2.2.2 모의분석 진행 절차

모의 분석진행 절차는 선행연구의 절차와 같이 ① 자료수집, ② 적·아 DB 및 시나리오 구축, ③ 워게임 모의, ④ 결과분석 순으로 진행하였다. 워게임 모의의 반복횟수는 시뮬레이션 결과의 신뢰성 보장에 관한 선행연구에 따라 30회 실시하였다[11].

① 자료수집은 차세대 보병전투차량의 운용이 예상되는 기보중대조 및 기보소대로 정의하였다. 현재 IFV (Infantry Fighting Vehicle) 개념의 보병전투차량은 K21 보병전투차량이며, 미래에 운용될 차세대 보병전투차량도 K21 보병전투차량의 후속 전력으로 예상되기 때문이다. 또한, 전투실험환경은 기존 전차(K2)의 능동방호체계에 대한 연구와 유사한 시나리오 환경을 조성하였다. 기존 연구에서는 전차(K2)에 능동방호체계(APS)를 적용하였고, 당시 기보소대인 K21 보병전투차량에는 능동방호체계는 적용되지 않았다[3]. 유사한 환경과 분석 모델로 보병전투차량에 능동방호체계를 적용하여 모의한

다면, 전차가 아닌 보병전투차량 측면에서 전투효과도 분석이 가능하기 때문이다.

② 적·아 DB 및 시나리오 구축은 5가지 시나리오를 선정하였다. 기계화부대 운용개념에 따라 차세대 보병차량과 전차가 편조된 기계화보병 중대조로 편성하여 협동 작전을 하는 상황을 선정하였다.

AWAM 모델은 명중확률(Ph : Hit Probability)과 살상확률(Pk : Kill Probability)을 정확하게 산정하여 모의를 시행해야한다. 따라서 본 연구는 체계의 무장은 변동이 없으므로 AWAM 모델에 입력된 Ph 와 Pk 값을 기본 값으로 사용하였다.

③ 워게임 모의는 모의분석 진행 간 발생하는 다양한 수정 및 보완사항을 확인해가며 진행하였다. 모의 환경 내에서 최초 시작 및 종료 시점 등을 확인하여 목표 도달 등 운용개념 시나리오와 유사한 작전전개가 이루어지는 지 확인하였으며, 시나리오에 대한 이상이 없을 경우 신뢰성 보장을 위해 시나리오별 30회 반복 모의를 실시하였다[11].

결과분석은 각 시나리오별로 적군과 아군의 무기체계 지수를 고려한 손실현황과 손실교환비로 결과자료를 산출하였다[3,9].

2.2.3 모의분석 데이터 및 시나리오 구성

모의대상은 기존 전차의 능동방호체계에 대한 전투효과도 분석과 상대적으로 비교하기 위해 동일한 규모와 적 능력을 편성하였다. 차세대 보병전투차량의 능동방호체계는 집단적인 방호효과가 아닌 각 단위 무기체계에 대한 방호능력을 발휘하는 체계로 전차와 편조 가능한 최소부대 단위인 소대(3대)로 구성하였다.

또한, 지형은 개활지 지역과 산악지역으로 구분하여 실시하였으며, 공격작전을 대상으로 모의하였다. 아군의 공격작전 시 적에게 노출되는 위험이 가장 크고, 방어작전인 경우에는 적의 전차 및 대전차화기에 대한 접근이 매우 불리한 상황이 전개되어 충분한 모의가 제한되기 때문이다[3].

보병전투차량의 전투효과도를 중점적으로 분석하기 위해 아군 부대의 일부를 조정하여 모의를 시행하였다. 기존 시나리오에서는 전차 중대조로 편성되었지만 보병전투차량의 전투효과도 분석을 위해 기보중대조로 변경하였고, 보병전투차량이 없이 전차소대만으로 진행된 시나리오는 기계화보병 소대로 구성하여 모의하였다.

모의대상은 기존 전차의 능동방호체계에 대한 전투효과도 분석과 상대적으로 비교하기 위해 동일한 규모와

적 능력을 편성하였다. 차세대 보병전투차량의 능동방호체계는 집단적인 방호효과가 아닌 각 단위 무기체계에 대한 방호능력을 발휘하는 체계로 전차와 편조 가능한 최소부대 단위인 소대(3대)로 구성하였다. 또한, 지형은 개활지 지역과 산악지역으로 구분하여 실시하였으며, 공격작전을 대상으로 모의하였다. 아군의 공격작전 시 적에게 노출되는 위험이 가장 크고, 방어작전인 경우에는 적의 전차 및 대전차화기에 대한 접근이 매우 불리한 상황이 전개되어 충분한 모의가 제한되기 때문이다[3].

보병전투차량의 전투효과도를 중점적으로 분석하기 위해 아군 부대의 일부를 조정하여 모의를 시행하였다. 기존 시나리오에서는 전차 중대조로 편성되었지만 보병전투차량의 전투효과도 분석을 위해 기보중대조로 변경하였고, 보병전투차량이 없이 전차소대만으로 진행된 시나리오는 기계화보병 소대로 구성하여 모의하였다.

2.2.3.1 모의분석 데이터

모의에 사용된 전차는 K2 1개 소대 3대형으로 구성하였고, 차세대 보병전투차량은 유사무기체계인 K21 보병전투차량 1개 소대 3대형으로 구성하였다. 기본적인 장갑능력으로 피해가 없는 일반소총병은 제외하였고, 능동방호체계의 위협체로 분류되지 않는 이유 등으로 기존 연구와 동일하게 양측 모두 포병은 모의에서 제외하였으며, 직사화기에 의한 피해만을 산정하였다[3]. 모의시간은 1시간 내외로 구성하고, 신뢰도 향상을 위해 30회씩 반복 수행하였다.

분석대상인 능동방호체계의 방호성능은 미장착 보병전투차량은 K21 보병전투차량의 기존 P_k 를 그대로 적용하였으며, 능동방호체계가 장착된 보병전투차량은 차세대 보병전투차량에 장착이 가능한 능동방호체계의 위협체별 방호율을 적 화기의 P_k 를 감소시키는 방식으로 식 (1)을 사용하였다[7].

$$Enemythreat P_k = (1 - protectionrate) \times P_k \quad (1)$$

2.2.3.2 모의분석 시나리오

시나리오는 기존 전차의 능동방호체계 전투효과도 분석에 사용된 시나리오와 차세대 보병전투차량 운용개념 등을 참고하여 총 5가지를 선정하였다. 5가지 시나리오는 ①개활지 지역에서의 대 기계화전, ②개활지 지역에서의 대 보병전, ③산악지역에서의 기계화보병부대와 교전, ④산악지역에서 전차로 편조된 기계화보병부대와 교전, ⑤산악지역의 대 보병전으로 Table 3과 같이 구성하였

으며, 아군의 편성은 보병전투차량의 전투효과도를 볼 수 있도록, 기존 연구의 전차중대조는 기보중대조로 기존 전차소대는 기보소대로 변경하여 모의하였다.

Table 3. Scenario composition for combat effectiveness

Division	Scenario	Troop	Composition
Open land	① Scenario	Mechanized infantry Company (+1)	K21: 0 units, K2: 0 units
	② Scenario	Infantry Company	K21: 0 units
Mountainous terrain	③ Scenario	Mechanized infantry Platoon × 5	K21: 0 units, K2: 0 units
	④ Scenario	Mechanized infantry Platoon × 4	K21: 0 units, K2: 0 units
	⑤ Scenario	Infantry Company × 2	K21: 0 units,

①시나리오는 개활지 지역에서 홍군이 전차와 보병전투차량이 중대조로 청군의 공격을 대비하기 위해 방어작전을 실시하고, 대전차화기를 포함한 반땅크지탱점을 편성하였다. 전투차량 위협체는 주로 원거리에서 방어를 실시한다.

②시나리오는 개활지 지역에서 대 보병전이다. 홍군이 최초진지를 편성하고 보병대대의 일부로 보병중대가 방어작전을 실시한다. 홍군은 할당받은 대전차화기로 원거리로부터 방어를 실시한다. 전투력 투입전 청군 보병전투차량 1개 소대가 적 지역 정찰을 실시한다.

③시나리오는 산악지역에서 대기계화전으로, 홍군은 전차를 포함하지 않은 기계화보병으로 구성하였다. 홍군이 급편방어를 실시하고, 종으로 발달된 지역에 주요 애로지점에 건부진지를 점령하여 방어를 실시한다. 전투차량의 주요 위협체는 대전차 유도무기로 편제되어 있다. 청군은 전차소대-기보소대-기보소대 순으로 공격을 실시한다.

④시나리오는 산악지역의 대기계화전으로, 홍군은 전차를 포함한 기계화보병으로 구성하였다. 홍군은 급편진지를 편성하여 방어작전을 실시하고, 종으로 발달된 지형에서 건부진지를 점령하여 대전차 화기 등을 포함하여 방어하는 상황을 모의하였다. 청군의 보병전투차량은 전차와 함께 중대 중대 대형으로 기동을 실시한다.

⑤시나리오는 산악지역의 대보병전으로, 홍군이 종으로 발달된 지형에 급편진지를 편성하여 방어 작전을 실시하며, 주요 애로지점에 건부진지를 점령하는 시나리오로 구성하였다.

시나리오에 사용된 적 위협체는 Table 4에서 보는 바와 같이 시나리오별 RPG-7, AT-3, 82mm 비반충포 등을 편성하였으며, 기존 적 전차 T-80은 선군호로, 적 IFV 차량은 BMP-3를 M2011로 최신화하여 구성하였다. 이는 AWAM 모델 버전이 최신화(2018년) 됨에 따라 교전이 가능한 적 유사 무기체계를 적용하기 위해서이다.

Table 4. Threats for each scenario of combat effectiveness

Scenario	Threats	Troop
①	M2010, RPG-7, AT-3, Songun-Ho(Tank)	Mechanized infantry Company (+1)
②	RPG-7, AT-3, 82mm recoilless rifle	Infantry Company
③	M2010, RPG-7, AT-3	Mechanized infantry Platoon × 5
④	M2010, RPG-7, AT-3, Songun-Ho(Tank)	Mechanized infantry Platoon × 4
⑤	RPG-7, AT-3, 82mm recoilless rifle	Infantry Company × 2

2.2.4 실험결과 및 분석

전투모의실험은 위에서 설명한 시나리오를 바탕으로 보병전투차량에 능동방호체계(APS)가 적용되지 않은 기존상태(Normal)와 능동방호체계(APS)가 적용된 개선상태(Upgrade)를 모사하여 전투를 수행하였으며, 상호 결과를 비교 분석하였다.

본 연구에서 활용한 효과 분석 척도는 기존 연구에서 사용된 홍군과 청군의 손실현황을 바탕으로 손실 교환율로 비교하였다. 여기서 손실교환율을 아래 식 (2)와 같이 산출하였다.

$$Loss\ exchange\ rate = \frac{Red\ team\ loss}{Blue\ team\ loss} \quad (2)$$

능동방호체계 적용에 따른 손실교환율 측정을 위해 청군의 방호율 적용은 기존 선행연구와 APS 특성 등을 참고하여 60~80%까지 10% 단위로 나누어 분석을 실시하였다.

2.3 전투효과도 분석결과

시나리오 ① 개활지 지역에서 대 기계화전의 기계화보병 중대조의 보병전투차량의 손실현황과 손실교환율은 Table 5와 Fig. 3과 같다. 능동방호체계 미적용 시 청군

의 손실현황을 1이라 하였을 때, 손실교환율은 3.45이다. 보병전투차량에 능동방호체계(APS)를 적용하였을 때 0.84배에서 0.64배의 손실현황을 보이고, 손실교환율은 4.05~5.41이다.

개활지 지역에서 대 기계화전에서 능동방호체계(APS)를 장착한 효과도는 최소 1.17배에서 최대 1.57배의 효과도를 있는 것으로 확인되었다.

Table 5. ① Scenario loss status

Division	Loss status		loss exchange rate
			combat effectiveness
Not installed	Red Team	3.45	3.45
	Blue Team	1.00	1.00
60%	Red Team	3.42	4.05
	Blue Team	0.84	1.17
70%	Red Team	3.50	4.19
	Blue Team	0.83	1.21
80%	Red Team	3.46	5.41
	Blue Team	0.64	1.57

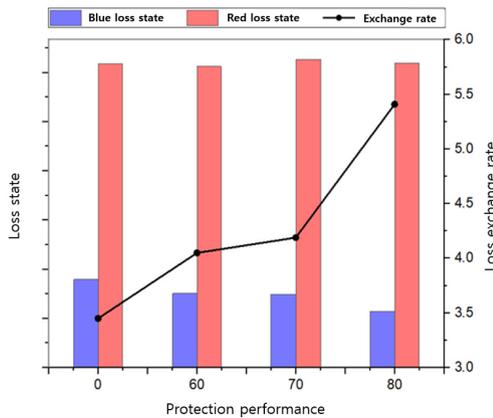


Fig. 3. ① Scenario loss exchange rate according to protection performance

시나리오 ② 개활지 지역에서 대 보병전의 기계화보병 중대의 보병전투차량에 대한 손실현황과 손실교환율은 Table 6과 Fig. 3에서 보는 바와 같다. 손실현황은 미적용 시를 1이라고 할 때, 손실교환율은 2.33이다. 능동방호체계(APS)를 적용하여 모의한 결과 손실현황은 0.29배에서 0.16배로 줄었고, 손실교환율은 7.81~13.1이다.

개활지 지역에서 대 보병전에서 능동방호체계(APS)를

장착한 효과도는 최소 3.35배에서 최대 5.62배의 효과가 있을 것으로 예측하였다.

Table 6. ② Scenario loss status

Division	Loss status		loss exchange rate
			combat effectiveness
Not installed	Red Team	1.61	2.33
	Blue Team	1.00	1.00
60%	Red Team	2.24	7.81
	Blue Team	0.29	3.35
70%	Red Team	2.22	11.44
	Blue Team	0.19	4.91
80%	Red Team	2.13	13.1
	Blue Team	0.16	5.62

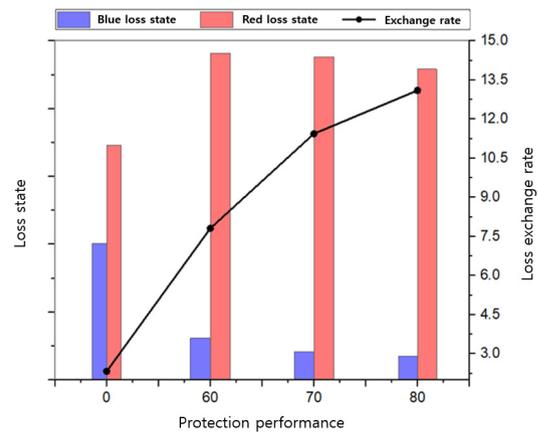


Fig. 4. ② Scenario loss exchange rate according to protection performance

시나리오 ③ 산악지역에서 대 기계화전에서 기계화중대조의 보병전투차량에 대한 결과는 Table 7과 Fig. 5와 같다. 홍군은 전차가 없는 상황으로 전차탄에 의한 손실이 고려되지 않은 상황의 결과값이다. 손실현황은 미적용 시를 1이라고 할 때, 손실교환율은 4.22이다. 보병전투차량에 능동방호체계(APS)를 적용하였을 때 손실현황은 0.6배에서 0.45배로 줄었으며, 손실교환율은 7.26~9.62이다.

산악지역의 전차가 없는 적 기계화부대와 교전하는 상황에서 능동방호체계(APS)를 장착한 효과도는 최소 1.72배에서 최대 2.28배로 확인되었다.

Table 7. ③ Scenario loss status

Division	Loss status		loss exchange rate
			combat effectiveness
Not installed	Red Team	4.22	4.22
	Blue Team	1.00	1.00
60%	Red Team	4.38	7.26
	Blue Team	0.60	1.72
70%	Red Team	4.40	8.5
	Blue Team	0.52	2.01
80%	Red Team	4.31	9.62
	Blue Team	0.45	2.28

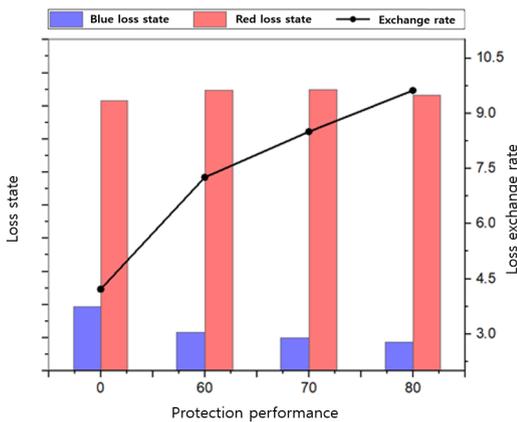


Fig. 5. ③ Scenario loss exchange rate according to protection performance

시나리오 ④ 산악지역에서 대 기계화전에서 전차가 포함되어 방어하는 기계화중대조의 보병전투차량에 대한 결과는 Table 8과 Fig. 6에서 보는 바와 같다. 손실현황은 미적용시를 1이라 하였을 때, 손실교환율은 2.76이다. 보병전투차량에 능동방호체계(APS)를 적용하여 모의한 결과 손실현황은 0.95배에서 0.55배로 줄었고, 손실교환율은 3.31~6.47이다.

산악지역의 대 기계화전의 능동방호체계(APS)를 장착한 효과도는 최소 1.2배에서 최대 2.34배의 효과도를 나타내었다.

시나리오 ⑤ 산악지역에서 대 보병전에서 기계화소대의 보병전투차량에 대한 모의결과는 Table 9와 Fig. 7에서 보는 바와 같다. 소대 단독 임무에 따른 효과도를 볼 수 있는 상황으로, 손실현황은 미적용시를 1이라 하였을 때, 손실교환율은 2.78이다. 보병전투차량에 능동방호체계(APS)를 적용하여 모의한 결과는 손실현황은 0.55배에서 0.16배로 감소하고, 손실교환율은 7.67~44.75이다.

Table 8. ④ Scenario loss status

Division	Loss status		loss exchange rate
			combat effectiveness
Not installed	Red Team	2.76	2.76
	Blue Team	1.00	1.00
60%	Red Team	3.15	3.31
	Blue Team	0.95	1.2
70%	Red Team	3.31	4.1
	Blue Team	0.81	1.49
80%	Red Team	3.53	6.47
	Blue Team	0.55	2.34

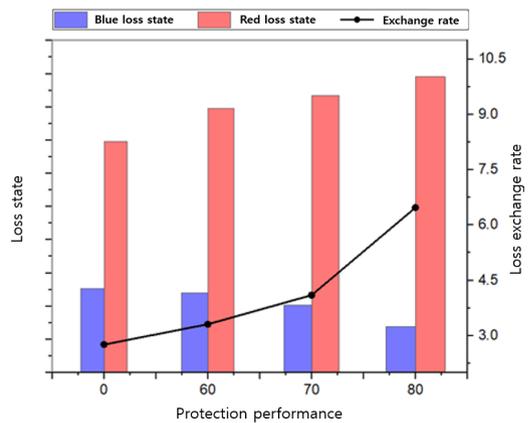


Fig. 6. ④ Scenario loss exchange rate according to protection performance

산악지역의 대 보병전의 능동방호체계(APS)를 장착하고 단독 임무 수행 시 효과도는 최소 2.76배에서 최대 16.09배의 효과도가 있는 것으로 확인되었다.

Table 9. ⑤ Scenario loss status

Division	Loss status		loss exchange rate
			combat effectiveness
Not installed	Red Team	2.79	2.78
	Blue Team	1.00	1
60%	Red Team	4.65	7.67
	Blue Team	0.55	2.76
70%	Red Team	5.44	20.89
	Blue Team	0.26	7.51
80%	Red Team	7.37	44.75
	Blue Team	0.16	16.09

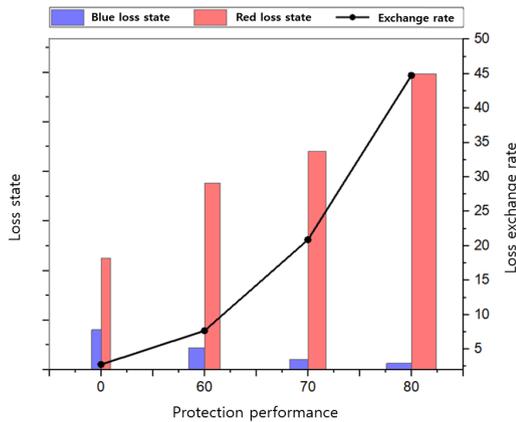


Fig. 7. ⑤ Scenario loss exchange rate according to protection performance

시나리오 ①~⑤까지의 능동방호체계(APS)를 적용하여 모의한 결과에 대한 손실교환율은 Fig. 8에 종합적으로 나타내었다. 각 시나리오별 작전 상황과 홍군의 적 위협체는 다르지만, 일반적으로 다음과 같은 효과로 정리할 수 있다.

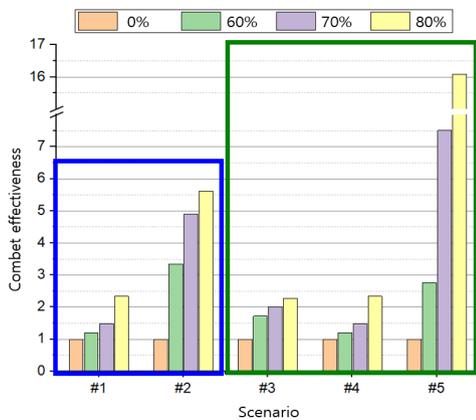


Fig. 8. Comprehensive combat effectiveness by scenario

먼저 홍군의 전차 편성 유무에 따라 손실교환율이 현저하게 차이를 보인다는 점이다. 이는 적의 전차가 없는 상황에서 대전차화기에 대한 보병전투차량 능동방호체계(APS)의 효과가 우수하다는 것을 보여준다. 즉, 적 보병부대가 편제하고 있는 대전차화기에 대한 반응성이 뛰어나다는 것이다. 다음으로 적 전차 유무에 따라 능동방호체계(APS)의 효과도는 개활지 지형보다 산악지형에서 더 우수한 전투효과도를 보인다. 이는 산악지형이 개활지보다 평균 보병전투차량의 기동 및 회피 능력이 감소되는 반면, 홍군은 방어의 지리적 잇점을 바탕으로 청군의 공

격에 효과적으로 대응할 수 있기 때문이다.

이상의 연구결과를 통해 차세대 보병전투차량에 능동방호체계(APS)가 적용될 경우, 다양한 전술 상황에서 생존성 향상에 대한 효과가 있음을 확인할 수 있었다. 지형적으로는 개활지 보다 산악지역에서 효과가 높을 것으로 판단되고, 적 전차가 포함된 대 기계화전 보다 대 보병부대에 더욱 효과가 좋을 것으로 판단된다.

3. 결론

본 연구에서는 차세대 보병전투차량에 능동방호체계(APS)가 적용될 경우 전투효과에 대한 분석방법을 제시하였다. 보병전투차량의 운용개념 및 선행연구 등을 참고하여 개활지와 산악지형에서의 5가지 시나리오에 대해 지상무기효과분석모델(AWAM)을 활용하여 능동방호체계(APS)가 적용된 보병전투차량의 전투효과를 손실현황과 손실교환율을 비교하여 분석하였다. 능동방호체계(APS)가 차세대 보병전투차량에 적용될 경우 개활지에서는 1.17~5.62배의 전투효과도가 있으며, 산악지역에서는 1.72~16.09배의 전투효과도가 있음을 확인하였다. 작전 지형 및 적 상황에 따라 최소 1.17배에서 최대 16.09배까지 전투효과도가 있음을 확인하였고, 개활지 보다는 산악지형에서 더욱 효과가 높은 것으로 확인하였다. 또한, 대 기계화전 보다 대 보병전에서 방호성능이 우수한 것으로 확인되었다.

이러한 전투효과도 결과 분석을 통해 향후 전력화될 차세대 보병전투차량에 하드킬(Hard Kill) 기능이 포함된 능동방호체계(APS)를 적용시킨다면, 인구절벽 현상과 인명중시 사상 증가 등으로 인해 필연적으로 수반될 수밖에 없는 전투차량 승무원의 생존성 보장에 중요한 기능을 담당할 수 있을 것으로 판단된다. 승무원에 대한 생존성 보장과 전투차량의 방호력 향상은 필연적으로 전투력 상승에 기여함으로써 전장에서 우수한 전투능력을 발휘할 수 있을 것이다. 또한, 향후 이러한 능동방호체계의 기능과 더불어 레이저 광원을 이용한 교란, AI를 활용한 각 위협체에 대한 선별 타격 및 우선순위 판단 등 최첨단 다층방호체계가 적용된다면 이미 개발된 어떤 능동방호체계(APS) 보다 더욱 우수한 전투력 발휘가 가능할 것으로 판단된다. 이러한 측면에서 향후 레이저 광원을 이용한 교란체계와 AI를 활용한 위협체 분석 등 최첨단 다층방호체계가 적용된 능동방호체계에 대한 통합 효과도 분석을 위해 본 연구가 작은 디딤돌이 될 수 있기를 기대한다.

다만, 본 연구는 지상무기효과분석모델(AWAM)을 사용하였기 때문에, 우천 상황과 같은 실제 전투 환경에서의 효과성 입증에 불리한 부분이 있다. 또한, 능동방호체계(APS) 적용에 따른 적의 변화된 대응 방식과 훈련 수준 등에 대한 결과를 제시하지 못한다는 점, 그리고 전투효과도에 대해 중점을 둔 연구로서 향후 적용될 능동방호체계(APS)에 대한 포괄적인 논의가 부족한 한계점이 있다.

References

- [1] I.G. Shin, Weekly Donga 1379-ho, p.54-57, Donga, 2023, "British Think Tank: 'Russian Tank Losses in Ukraine Over 3 Times Higher'... Lessons for the South Korean Military?", 2023, p.54-57
- [2] H.S. Kim, J.H. Lee, W.S. Jung, "Development Directions for Next-Generation Active Protection Systems for Military Vehicles.", *Defense & Technology*, Vol.527, pp.154-165, Jan. 2023.
- [3] Hwarang-Dae Research of KMA, "Analysis of the Combat Effectiveness of Active Protection Systems and Study of Battlefield Deployment Concepts"
- [4] H.C. Lee, T.H. Kim, T.H. Kang, J.S. Park, & T.W. Park, "The Methodology of Effectiveness Analysis Combining M&S and AHP to Improve A Reliability in Decision-Making Process on A Weapon Systems Acquisition: A Case Study of APS System for Tank". *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.24, No.3, pp.137-149, Mar 2023. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2023.24.3.137>
- [5] H.S. Kim, "Construction of Protection System for Next Generation Tanks", *Korean Journal of Military Affairs*, Vol. 11, pp. 157-180, Jun 2022. DOI: <https://doi.org/10.33528/kjma.2022.6.11.157>
- [6] H.W. Lee, M.S. Jung, S.H. Park, and J.K. Moon, "A Study on the Complementary Direction of the Future Infantry Squad's Structure in Combat Experiment with Manned and Unmanned," *The journal of the convergence on culture technology*, Vol.8, No.2, pp.171-177, Mar. 2022. DOI: <https://doi.org/10.17703/JCCT.2022.8.2.171>
- [7] S.H. Lee et al. "The Combat Effectiveness Analysis of Warrior Platform Improvement Using AWAM", *Journal of Knowledge Information Technology and Systems*, Vol.15, No3, pp.331-346, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34163/jkits.2020.15.3.003>
- [8] Y.G. Kwon, "Study on Survival Effectiveness of Intelligent System for Warrior Platform by using AWAM", *J. KIMS Technol.*, Vol.23. No.3, pp.277-285, June 2020. DOI: <https://doi.org/10.9766/KIMST.2020.23.3.277>
- [9] K.Y. Hwang, G.I. Kim & H.D. Yoon, "A Sensitivity Analysis of Dog-Horse Robot Using AWAM, *Korean Journal of Military Art and Science*, Vol.67, No.2, pp.345-358., Jun 2011. DOI: <https://doi.org/10.31066/kjmas.2011.67.2.014>
- [10] Y. Jung and J. Kim, "Combat effectiveness and efficiency evaluation of firearm weapon systems in different projectile guidance simulations", *J. Adv. Mil. Stud.*, Vol.6, No.1, pp.119-143, Apr. 2023. DOI: <https://doi.org/10.37944/jams.v6i1.196>
- [11] S.M. Park, H.J. Han, "A study on the proper number of replication to reach reliable results of AWAM simulation", *Journal of the Military Operations Research Society of Korea*, Vol.43, No.2, pp.1-10, Dec 2017.

박 성 한(Seonghan Park)

[정회원]



- 2011년 2월 : 고려대학교 대학원 신소재공학과 (공학석사)
- 2021년 8월 : 연세대학교 대학원 기술정책협동과정 (박사수료)
- 2023년 1월 ~ 현재 : 육군사관학교 기계시스템공학과 무기기계교수

<관심분야>

방위산업, 프로젝트 관리

박 진 호(Jinho Park)

[정회원]



- 2022년 8월 : 퍼듀대학교, 대학원 기계공학과 (공학석사)
- 2022년 8월 ~ 현재 : 육군사관학교 기계시스템공학과 무기기계교수

<관심분야>

로봇, 인공지능

서 승 범(Seungbum Suh)

[정회원]



- 2018년 2월 : 아주대학교, 대학원 국방 IT학과 (공학석사)
- 2015년 5월 ~ 현재 : 한화시스템 지상연구소 지상시스템1팀

<관심분야>

전투차량, 다층방호체계(APS)

김 주 희(Juhee Kim)

[정회원]



- 2004년 8월 ~ 현재 : 육군사관학교 기계시스템공학과 교수
- 2012년 2월 : 고려대학교, 대학원 기계공학과 (공학박사)

<관심분야>

재료 및 파괴