



Received: 2020/01/17
Revised: 2020/02/26
Accepted: 2020/03/15
Published: 2020/03/26

***Corresponding Author:**

Sang Gun Park

Tel: +82-2-2079-5873

E-mail: onego778888@gmail.com

미국의 MD를 고려한 능력기반 다층방어체계 구축방안 연구

A Study on the Establishment of Capability-Based Multi-Layered Missile Defense System Considering MD in U.S.

박상건^{1*}, 이경행²

¹방위사업청 호위함사업팀

²방위사업청 항공유도무기사업팀

Sang Gun Park^{1*}, Kyoung Haing Lee²

¹Frigate Ship Program Team, Defense Acquisition Program Administration

²Aerial Guided Weapon Program Team, Defense Acquisition Program Administration

Abstract

우리군은 북한의 탄도미사일방어를 위해 킬 체인(Kill Chain)과 한국형 미사일방어체계(KAMD)를 구축하고 있으나, 중간단계 고각발사-SLBM 대응 등 다양한 제한사항이 제기되고 있다. 이러한 관점에서 본 논문은 미국의 미사일방어(MD)의 개념과 요격체계를 분석하였고, 북한의 탄도미사일 능력과 한국형 미사일방어체계(KAMD) 능력을 비교·분석하여 상호 능력차이(Gaps)를 능력기반모델의 시간, 공간, 확률관점으로 종합 분석했다. 능력차이(Gaps) 극복을 위한 대안으로 다층방어체계를 구축한 미국과 일본의 확장된 해상발사 중간단계 고고도 요격체계 SM-3(Block-IA, Block-IB, Block-IIA) 능력을 식별하였다. 이를 기반으로 한국의 KDX-III Batch II에 탑재발사가 가능하고, 한반도 전장환경에 효과적인 SM-3(Block-IIA)를 최종 대안으로 도출하였다.

South Korea's military is building a Kill Chain and a Korean Air Defense System(KAMD) to defend against North Korea's ballistic missiles, but various restrictions are being raised, including mid-course, high-angle launches and SLBMs. From this point of view, this paper analyzed the concept of U.S. missile defense(MD) and the interception system, and analyzed North Korea's ballistic missile capability and the KAMD capability in a comprehensive analysis of the differences in capabilities-based model's time, space and probability perspectives. The U.S. and Japan's extended mid-course high-altitude interceptor system SM-3(Block-IA, Block-IB, Block-IIA) capabilities, which have been deployed as an alternative to overcoming the Gaps, were identified. Based on this, SM-3(Block-IIA) that can be launched on Korea's KDX-III Batch II and that is effective in the battlefield environment of the Korean Peninsula was derived as the final alternative.

Keywords

BMD(탄도미사일방어),
Kill Chain(킬 체인),
KAMD(한국형미사일방어체계),
능력차이(Gaps)

1. 서론

최근 북한은 지속적인 미사일 발사실험을 통해 한국과 국제사회를 위협하고 있다. 북한이 현재 보유한 탄도미사일 능력은 한국은 물론 일본, 미국본토까지도 공격이 가능하고, 4차례의 핵실험을 통해 상당한 수준의 핵탄두 소형화와 탑재능력을 갖춘 것으로 판단하고 있다. 이러한 북한 탄도미사일은 언제든지 한반도에 위기가 될 수 있으며, 우리군은 킬 체인(Kill Chain)과 한국형 미사일 방어체계(KAMD: Korean Air Missile Defense) 개념을 적용해 능동적인 억제를 구상하고 있다[1]. 그러나 현재의 대응 개념은 종말단계에서 지상기반의 하층방어위주로 구성되어 있어 고각발사에 따른 중간단계 요격, 잠수함발사탄도미사일(SLBM: Submarine Launched Ballistic Missile)의 측·후방 요격, 동시/다수발사 요격 등에 대한 다양한 제한사항이 존재한다. 따라서 본 연구의 목적은 다양한 북한의 탄도미사일 위협으로부터 남한 전역에 효과적인 다층방어를 제공할 수 있는 최적의 한국적 미사일방어체계를 도출하는 것이다.

이러한 관점에서 본 연구는 미국의 미사일방어(MD: missile defense) 개념과 요격체계를 분석하고, 북한의 탄도미사일과 KAMD 체계 능력의 차이 분석을 통해 효과적인 대안을 제시하고자 한다.

연구방법은 관련 자료분석 및 전문가 인터뷰 등을 통해 미국의 MD와 북한 탄도미사일 능력 대비 한국의 부족능력을 분석하고, Fig. 1과 같이 시

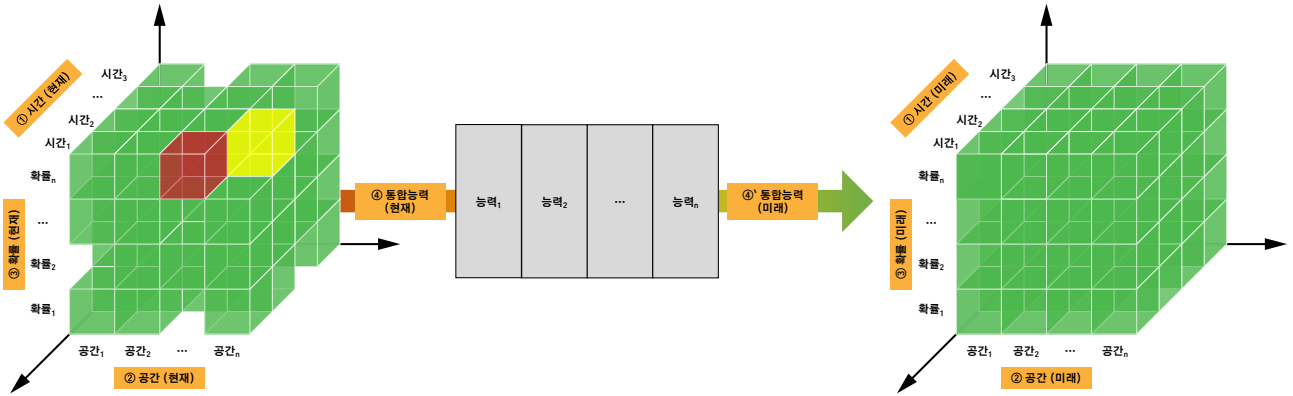


Fig. 1. 능력기반모델(시간, 공간, 확률 관점)

스텝엔지니어링의 COI(critical operational issue)를 적용하여 시간, 공간, 확률의 3가지 관점으로 구분하여 능력 기반모델로 분석 및 대안을 도출하는 것이다.

2. 관련 연구

2.1 미국의 탄도미사일 방어(MD) 개념

미국의 탄도미사일 방어(MD) 개념이 본격적으로 구상된 것은 1980년대 ‘전략방위구상(SDI: strategic defense initiative)’라고 볼 수 있으며, 이후 1990년대 ‘제한공격에 대한 지구 전역방어(GPALS: global protection against limited strikes)’, ‘전구 미사일방어(TMD: theater missile defense)’ 및 ‘국가 미사일방어(NMD: national missile defense)’ 등의 과정을 거쳐 미사일 방어(MD)’로 발전하게 되었다. 현재 미국의 MD는 미국 전역을 방어할 수 있는 NMD 체계와 세계 각지에 배치되어 있는 미군과 동맹국을 방어하기 위한 TMD 체계를 융합한 확장된 NMD 개념으로 부시 대통령이 2001년 제안하였다. 이는 클린턴 행정부 때 이원화된 NMD와 TMD 체계를 통합하여 단일한 전지구적 미사일방어체계를 구축함으로써 대륙간탄도미사일(ICBM: intercontinental ballistic missile) 공격으로부터 미국 본토를 방어하고, 지역적 차원의 단·중거리 미사일 위협으로부터 미군과 동맹국, 그리고 미국에게 사할적 이익을 제공하는 지역 및 국가들을 보호한다는 개념이다.

Fig. 2는 미국의 MD 개념을 나타내고 있다. 미국은 탄도미사일의 비행궤적 특성을 고려하여 요격체계, 조기경보/감시체계 및 C4I체계로 구성되는 복합체계에 의해 상승단계, 중간단계 및 종말단계까지 단계별로 요격하는 다층복합방어체계 구축을 추진하고 있다. 즉, 적이 발사한 탄도미사일을 인공위성, 지상 및 해상배치 레이더 등을 이용하여

조기에 탐지하고, 탐지한 정보를 지상 또는 해상 통제본부에 송신하며, 이 정보를 바탕으로 지상, 공중 또는 해상 배치 요격체계를 이용하여 적의 탄도미사일을 요격·파괴하는 것이다. 이러한 다층방어의 개념은 종말단계뿐만 아니라 상승단계·중간단계를 포함한 모든 단계에서 지속적으로 탄도미사일 요격을 시도함으로써 완벽한 방어가 이루어질 수 있도록 하는 것이다[2].

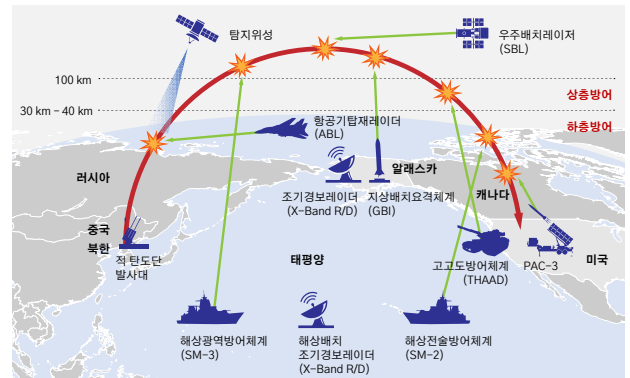


Fig. 2. 미국의 탄도미사일 방어(MD) 개념도

2.2 미국의 탄도미사일 방어(MD) 체계

Table 1은 미국 탄도미사일 방어(MD) 체계의 주요 구성 무기체계이다. 미국은 탄도미사일 방어를 위한 주요 체계로 모든 단계별 다층화된 탐지/정찰, 지휘통제, 요격체계를

Table 1. 미국 MD의 주요 구성 무기체계

구분	무기체계
상승단계	ABL(Air Borne Laser), SM-3
중간단계	GBI(Ground Based Interceptor), SM-3, THAAD(Theater High Altitude Area Defense)
종말단계	THAAD, PAC-3, SM-6, SM-3

보유하기 위해 노력하고 있다[2]. 요격체계는 상승단계의 ABL(공중), SM-3(해상)가 있고, 중간단계의 GBI·THAAD(지상), SM-3(해상)가 있으며, 종말단계에서는 THAAD·PAC-3(지상), SM-3·SM-6(해상)가 있다.

3. 능력 분석

3.1 북한 탄도미사일 능력 분석

북한의 미사일 능력은 이미 한국에 대한 작전 수준의 위협 범위를 넘어 일본과 미국에 대한 직접적인 위협으로 확장되고 있으며, 더불어 일부 반미 중동국가들에 미사일 수

출 및 기술이전 등을 시도하면서 비확산 문제로까지 확산되고 있다.

Table 2와 같이 북한의 미사일 능력은 1970년대부터 탄도미사일을 개발하여 1980년대에 사정거리 300 km - 500 km의 스커드-B/C 작전 배치 이후 1990년대에는 노동 미사일(사정거리 1,300 km), 2007년에는 무수단 미사일(사정거리 3,000 km 이상) 배치, 2008년에는 최초의 ICBM KN-08(사정거리 12,000 km)이 발견되었고, 2012년 개량형 ICBM 대포동 2호(사정거리 15,000 km)를 발사하여 탑재한 광명성 3호의 인공위성 궤도진입에 성공하였다. 현재 북한 스커드 미사일은 한반도 전역, 노동 미사일은 일본 열도, 무수단 미사일은 괌/하와이, KN-08 장거리 미사일

Table 2. 북한 탄도미사일 능력

구분	지상발사					해상발사	
	스커드-B	스커드-C	스커드-D/ER	노동	무수단		
미국명칭	-	-	KN-04	KN-03	KN-07	KN-11	
종류	SRBM	SRBM	SRBM	MRBM	IRBM	SLBM	
사정거리 (km)	50 - 300	50 - 500	150 - 1,000	300 - 1,000 300 - 1,300	300 - 3,000 300 - 4,000	2,000	
탄두중량(kg)	985	770	500	1,200	1,250	-	
탄두종류	HE, 화학/생물		HE, 화학	핵, HE, 화학/생물	핵, HE,	-	
추진체	액체(1단)		액체(1단)	액체(1단)	액체(1단)	액체(1단)	
비행시간	정점	12분56초	3분34초	4분50초	4분50초 -	11분39초 -	-
	재진입	-	5분12초 (+1분46초)	7분48초 (+2분58초)	7분48초 (+2분58초) -	14분20초 (+2분41초) -	-
	최종	5분15초	6분36초 (+48초)	8분35초 (+47초)	8분35초 (+47초) 11분20초	14분51초 (+31초) 18분30초	12분
고도 (km)	연소종료	31.1	43.2	61.2	61.2 -	185 -	-
	정점	80.05	130.08	176.25	264.50 316.03	764.94 -	-
	재진입	-	100	100	100 100	100 100	100
속도 (마하)	연소종료	4.4	5.8	8.5	8.5 9.5	13.9 -	-
	정점	3.3	4.2	6.3	6.3 -	10.6 -	-
	재진입	-	5.0	8.5	8.5 9.5	14.4 -	11
최초배치	1985년	1990년	2003년	1995년 - 2001년	2007년	2016년(발사 성공)	
보유량	355 - 685		155 - 185	220 - 320	50 - 75	-	
발사대(TEL등)	36 - 40		24	36	-	-	
운영여부	운영중		운영중	운영중	운영중	-	
타격범위	한국		한국	일본	괌/하와이	-	

은 미국 서부지역까지 타격 범위에 포함시키고 있다. 조만간 북한 핵무기의 소형화가 이루어진다면 핵무기가 탑재된 대륙간탄도미사일(ICBM)도 보유할 것으로 보인다. 또한, 단/중/장거리 탄도미사일을 약 1,000여 발 이상 배치하고 있으며 TEL도 200여 대 이상 보유하고 있다. 여기에 북한의 상당량의 미사일 시설들이 지하화되어 있다. 북한은 2016년 SLBM 발사에 성공하면서 전 세계에 상당한 충격을 안겨주었다. 북한은 최초 사출시험을 공개하며 자신들이 북극성 1호(KN-11)라고 명명한 SLBM을 개발 중이라 주장한 이후 불과 15개월 만에 수중 사출, 점화, 분리, 대기권 재진입 등 중거리 SLBM의 기술적 필요조건을 모두 성공시켜 조만간 실전 배치될 가능성이 높아 보인다. SLBM 수중사출시험 성공은 핵무기를 소형화하여 미사일 탄두 부분에 장착 후 이를 수중잠수함에서 발사할 수 있도록 최종적으로 발사체계를 점검하는 과정이다. 이는 지상에 있는 핵무기를 수중에 감추고 언제 어디서라도 은밀하게 공격하겠다는 의지를 드러낸 것이기 때문에 위협성과 공격성은 실로 가공할 만한 것으로 핵 억제력 측면에서 SLBM 상당한 실효성을 가진 무기로 평가받고 있다. 향후 북한은 핵무기의 소형화를 바탕으로 이동식 발사대를 통한 미사일 발사, SLBM 발사 등 다양한 비대칭 방식의 핵/미사일 공격력을 강화해 나갈 것이다[3,4].

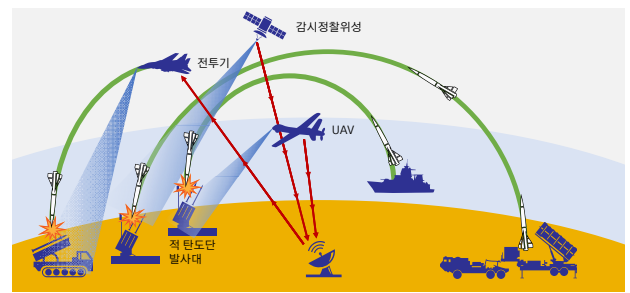
3.2 한국 방어 능력 분석

북한의 핵/미사일 위협에 대한 한국의 대응 개념은 크게 킬 체인(Kill Chain), 한국형 미사일방어체계(KAMD), 대량응징보복(KMPR)의 3축 체계를 구축하고 있다. 킬 체인(Kill Chain)은 북한의 비대칭 위협에 대한 억제전략으로, 북한의 도발 징후가 포착되면 선제공격을 통해 북한의 주요전력을 무력화시키는 전략이다. 한국형미사일방어체계(KAMD)는 Kill Chain에서 살아남은 북한의 탄도미사일을 미사일로 방어하는 개념이다[2]. 대량응징보복(KMPR)은 미사일 타격의 피해를 입은 이후에 공격을 실시하는 것이다. 본 연구의 범위를 고려 킬 체인과(Kill Chain)과 한국형 미사일방어체계(KAMD)를 다음과 같이 분석한다[5,6].

3.2.1 킬 체인(Kill Chain)

Fig. 3은 킬 체인(Kill Chain) 체계의 작전개념 4단계(표적탐지 → 좌표식별 → 공격결심 → 타격)를 묘사한 것이다. 탐지(Find)는 한국(아리랑 3호 위성, 금강·백두 정찰기)

과 미국의 ISR 자산(정찰·첩보위성, U-2 정찰기, 무인정찰기)을 이용하여 북한 전 지역의 핵과 미사일 관련 표적을 중첩감시하는 것으로 현재 운용되고 있는 탐지자산의 90%는 미국 자산이다. 식별(Fix)은 타출처 첩보와 중첩 확인을 통해 탐지표적의 정체를 판별하고 공격을 위해 정밀한 위치좌표를 획득하는 일련의 활동이다. 결심(Target)은 사거리 및 임무환경에 따라 획득된 표적을 가장 효과적으로 파괴할 수 있는 적절한 무기체계를 선정하고 공격임박 징후 및 부수적 피해 발생 여부 등에 대한 판단 이후 공격에 대한 지휘결심을 내리는 것이다. 타격(Engage)은 미군자산과 한국의 합동자산을 운용하여 적의 핵시설을 선제 타격하는 것으로 우리의 타격자산은 사거리 180 km의 현무-1, 사거리 300 km의 현무-2와 ATACMS 등 탄도미사일, 그리고 사거리 1,500 km의 현무-3와 SLAM-ER, 2016년부터 도입된 신형 사거리 500 km인 타우러스(Taurus) 공대지 미사일, 2017년 시험발사를 끝낸 800 km의 신형 탄도미사일 등이다. 세계 여섯 번째 미사일 강국 북한과 비교하면 상당히 미흡한 상황이다[5,7].

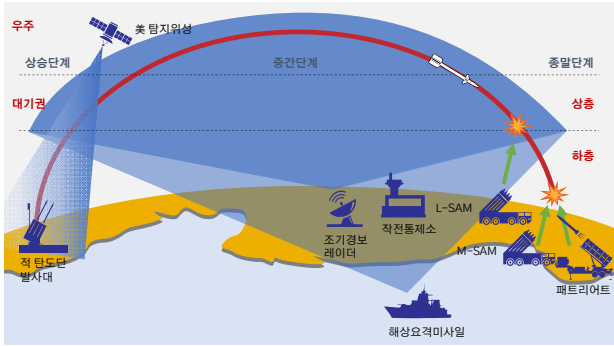


① 탐지(표적탐지) → ② 식별(좌표확인) → ③ 결심(공격수단결정) → ④ 타격(발사)

Fig. 3. Kill Chain 체계 작전개념도

3.2.2 KAMD[3]

Fig. 4는 KAMD의 기본적인 작전개념 3단계(탐지 → 통제 → 요격)를 묘사한 것이다. 탐지 단계는 발사된 북한 탄도미사일을 감시자산으로 탐지 및 지속 추적하는 것으로 탐지자산은 이지스함의 AN/SPY-1D(V) 레이더, 공군의 그린파인(Green-Pine) 조기경보 레이더와 공중 조기경보기 피스아이(Peace Eye) 등이다. 통제 단계는 탄도탄 작전통제소(KTMO Cell)가 발사지점, 비행경로, 탄착지점 등의 탐지된 정보를 종합 분석하고 가용한 요격 자산을 배당하여 교전통제를 실시하는 단계이다. 마지막으로 요격 단계는 요격 명령을 받은 임무 부대에서 자체 추적레이더를 이용해서 미사일을 탐지/추적 후 하층에서 종말요격을 실시하는 것이다[5,7].



① 탐지(탄도탄 탐지·추적) → ② 통제(경보전파/요격체계 통제) → ③ 요격(발사)

Fig. 4. KAMD 체계 작전개념도

Table 3은 KAMD 요격자산 방어능력이다. 현재 탄도미사일의 비행 중간단계의 요격자산은 없으며, 종말단계를 고도 40 km를 기준으로 상층과 하층으로 구분하여 상층방어는 미 THAAD, L-SAM, 하층방어는 M-SAM, 패트리엇(PAC-2/3) 등이 구축되어 있다. M-SAM(PIP)은 북한 탄도미사일 하층 방어를 위해 기존의 천궁(철매-II)를 성능개량하여 국내 개발한 중거리지대공유도무기이고, L-SAM은 사드급 고고도 상층 요격용으로 국내 개발중인 장거리지대공유도무기이다. 패트리엇(PAC-2(파편탄)/3(직격탄))는 해외에서 도입한 하층방어 유도무기이다[7].

Table 3. KAMD 요격자산 방어능력

구분	중간단계	종말단계				
		상층	하층			
	-	THAAD	L-SAM	M-SAM	PAC-3	PAC-2
사거리 (km)	-	200	90 - 120	40	15 - 90	15 - 20
요격고도 (km)	-	40 - 150	40 - 60	10 - 15	15 - 30	10 - 15
최대속도 (마하)	-	8.2 - 9.8	8.0	5.0	5.0 이상	5.0
요격방법	-	직격탄	직격탄	직격탄	직격탄	파편탄

4. 능력차이(Gaps) 분석

북한 탄도미사일 능력 대비 우리의 탄도미사일 방어능력 차이(Gaps)를 시간, 공간, 확률의 3가지 관점으로 분석하여 부족한 능력을 도출한다.

4.1 시간

4.1.1 요격단계/다층 관점

Fig. 5는 탄도미사일이 최소의 에너지로 최대 사거리를

비행할 수 있는 방식인 최소에너지 발사방식을 적용하여 북한이 보유한 스킨드-B(300 km급), 스킨드-C(500 km급), 스킨드-D(700 km급), 노동미사일(1,000 km급), 노동개량형(1,300 km급), 무수단 미사일(3,000 km급)에 대한 비행 궤적을 분석한 그래프이다[8]. 스킨드-B, 스킨드-C, 스킨드-D, 노동 미사일, 노동 개량형 및 무수단 미사일의 정점고도는 각각 80.05 km, 130.08 km, 176.25 km, 264.50 km, 316.03 km 및 764.94 km로 사거리에 비례하여 증가됨을 알 수 있다. 스킨드-B의 최고 고도는 80.05 km로 전 비행구간을 대기권 내에서 비행하고, 스킨드-B를 제외하고는 대부분이 대기권 밖에서 비행한다. Fig. 6과 같이 현재 한국 KAMD 자산 중에는 중간단계 고고도 방어 체계는 없으며, 종말단계(상·하층) 요격 자산만을 보유하고 있다[5,9].

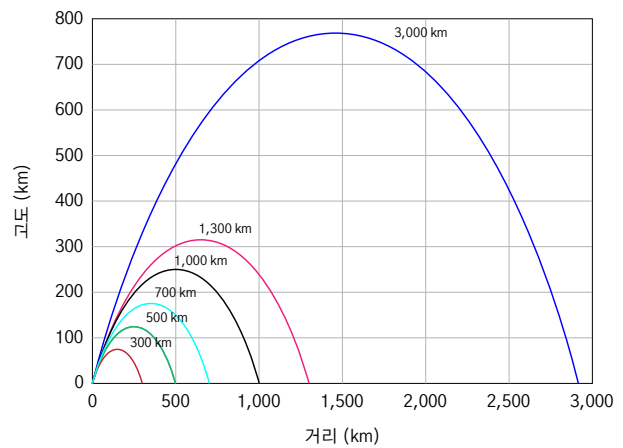


Fig. 5. 탄도미사일별 고도 특성

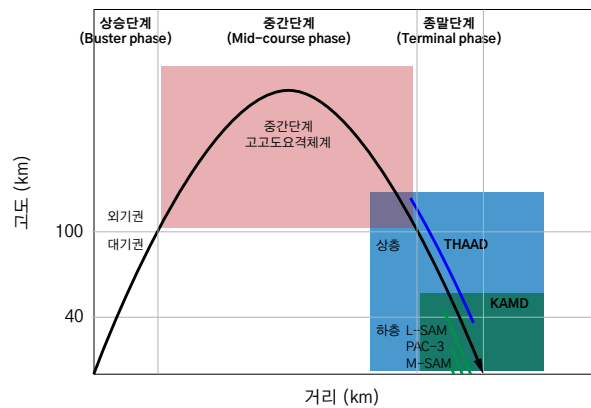


Fig. 6. 요격단계/다층 분석

4.1.2 요격시간 관점

Table 4와 같이 북한 탄도미사일 중 SCUD, 노동, 무수단 미사일은 모두 고각발사로 한반도 전역에 타격이 가능하며, 대기권 재진입후 종말단계 교전 가능한 요격시간은 1분 이내이다.

Table 4. 북한 탄도미사일 능력: 시간

구분	지상발사					해상발사
	스커드 -B	스커드 -C	스커드 -D/ER	노동	무수단	북극성 1호
정점	12분56초	3분34초	4분50초	4분50초	11분39초	-
비행 시간	-	5분12초 (+1분46초)	7분48초 (+2분58초)	7분48초 (+2분58초)	14분20초 (+2분41초)	-
최종	5분15초	6분36초 (+48초)	8분35초 (+47초)	8분35초 (+47초)	14분51초 (+31초)	12분
				11분20초	18분30초	

Table 5와 같이 우리군 요격체계는 탐지·추적·평가 시간과 요격 고도를 고려시 1회만 교전이 가능할 것으로 분석되고, 미 THADD는 최대 2회까지 교전이 가능할 것으로 분석된다.

Table 5. KAMD 요격체계: 시간

구분	종말단계					
	중간단계			상층		
	SM3	THAAD	L-SAM	M-SAM	PAC-3	PAC-2
사거리 (km)	1,500	200	90 - 120	40	15 - 90	15 - 20
요격고도 (km)	70 - 500	40 - 150	40 - 60	10 - 15	15 - 30	10 - 15

Fig. 7과 같이 노동미사일을 다양한 고각으로 발사하여 한반도 전역을 타격 가능하며 대기권 재진입 이후 최종타격까지 교전 가능한 시간은 1분 이내이다. Table 6과 같이 KAMD 요격 자산의 사거리 및 요격고도를 고려 시 교전 가능시간은 M-SAM·PAC이 10초 이내, 미 THADD는 1분 이내이고, 참고로 미국의 SM-3는 6~9분이다[10].

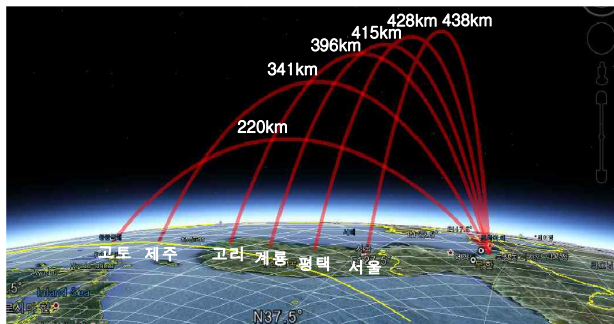


Fig. 7. 노동미사일 비행특성

Table 6. 노동미사일 요격가능시간

사거리	M-SAM	PAC-2	PAC-3	THAAD	SM-3
300 km	2초	2초	6초	41초	575초
400 km	2초	2초	6초	44초	567초
500 km	2초	2초	7초	47초	557초
600 km	2초	2초	7초	49초	538초
700 km	2초	2초	7초	50초	519초
800 km	2초	2초	7초	54초	487초
900 km	2초	2초	8초	60초	440초
1,000 km	2초	2초	8초	68초	362초

4.1.3 요격속도 관점

Table 7과 같이 탄도미사일은 발사 후 연소 종료시점까지 속도가 증가되다가 이후 점차 감소되어 정점에서 최저속도가 되며, 대기권 재진입 후 탄착 시까지 점차속도가 증가되어 최고 속도에 이르게 된다.

Table 7. 북한 탄도미사일 능력: 속도

구분	지상발사					해상발사
	스커드 -B	스커드 -C	스커드 -D/ER	노동	무수단	
연소 종료	4.4	5.8	8.5	8.5	13.9	
속도 (마하)				9.5	-	
정점	3.3	4.2	6.3	6.3	10.6	
				-	-	
재진입	-	5.0	8.5	8.5	14.4	
				9.5	-	

Table 8과 같이 KAMD 요격체계의 속도를 보이고 있으며, 종말 탄착 속도가 증가하여 하층방어 시 방어에 어려움이 증가될 것으로 분석된다. 속도 측면에서 발사 직후가 요격에는 가장 유리하나 탐지가 제한되고, 정점 주변에 이르는 중간단계 요격하는 것이 가장 효과적일 것으로 분석된다[6].

Table 8. KAMD 요격체계(속도 측면)

구분	종말단계					
	중간단계			상층		
	SM3	THAAD	L-SAM	M-SAM	PAC-3	PAC-2
최대속도 (마하)	8.8 - 13.5	8.2 - 9.8	8.0	5.0	5.0 이상	5.0

4.2 공간

4.2.1 요격범위 관점

Fig. 8과 같이 북한 SLBM 탑재 잠수함이 모기지를 이탈하여 남한 내 해역으로 이동 후 탄도미사일을 발사 시 한반도 전방위에서 발사가 가능하며, 북한 지상발사 탄도미사일 위협 방향에 대해 집중 감시하는 미 THAAD의 탐지방위(120도)를 고려 시 측·후방에 대한 요격이 제한된다.

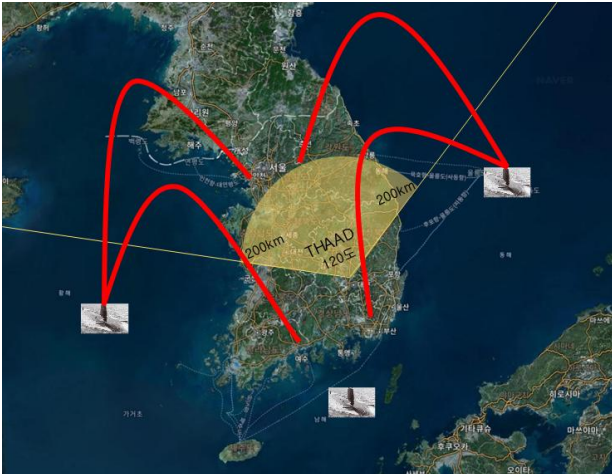


Fig. 8. 북한 잠수함 SLBM 측·후방 공격

4.2.2 요격고도(고각)

Fig. 9는 노동미사일 고각 조절방법이고[7], Fig. 10은 북극성-1호(SLBM) 고각 조절방법이다[8].

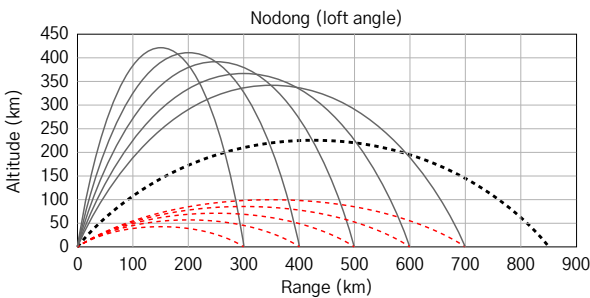


Fig. 9. 노동미사일 자세각 조절방법

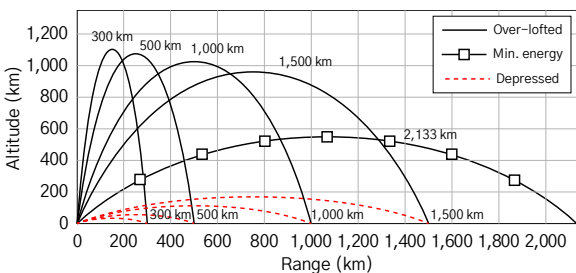


Fig. 10. 북극성-1호 자세각 조절방법

Fig. 11과 같이 북한 탄도미사일 고각발사 시 미 THAAD의 요격 범위/고도를 벗어나서 한반도 남해안의 양육항만 및 주요 산업시설이 타격 가능하다[10,11].

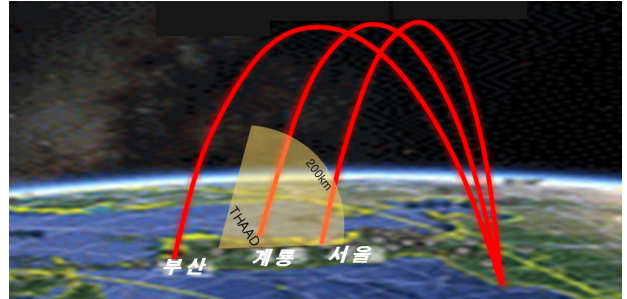


Fig. 11. 고각발사 시 후방 요격제한

4.3 확률

4.3.1 교전능력: 동시다발 요격능력(탐지/요격)

현재 북한은 한국에 대해 공격할 수 있는 스킵드 계열 및 노동 미사일은 800여 기를 보유하고 있어 여러 발사지점에서 동시다발적으로 공격한다면 방어에 상당한 어려움이 초래될 것으로 예상되고, 탐지·추적·평가 시간과 요격 고도를 고려 시 1회만 교전이 가능한 종말단계 하층방어의 KAMD 요격체계로는 1/2차 다중방어의 개념을 적용할 수 없으므로 요격 확률이 현저히 제한된다[9].

4.3.2 요격성공률: 핵 EMP탄, 확산탄

북한 탄도미사일에 핵 및 확산탄 등을 탑재할 경우 종말 단계 짧은 중심 및 고도로 인해 요격에 성공하여도 핵 방사능으로 인한 피해가 심각할 것이며, 확산탄의 경우 여러 자탄으로 확산되어 요격 자체가 제한되어 요격확률은 현저히 떨어질 것으로 분석된다.

4.4 능력차이(Gaps)

북한 탄도미사일 능력 대비 우리군 KAMD 요격능력 차이(Gaps)를 종합 분석한 결과 Table 9와 같이 시간관점에서 종말단계에서의 짧은 중심으로 인한 대응시간 부족, 공간 관점에서 북한 탄도미사일 고각발사에 따른 후방지역 방어 제한과 SLBM 해상발사에 따른 측·후방 방어 제한, 확률 관점에서 동시 다수발사 및 핵·확산탄에 대한 요격확률 저하 등의 문제가 식별되었다. 따라서 이러한 능력차이(Gaps)을 극복하기 위한 대응방안으로 첫째, 시간과 속도 측면에서 충분한 시간동안 탄도의 속도가 가장 느린 중간

단계 고고도에서의 요격이 가능한 다층방어요격체계가 필요하며, 둘째, 공간측면에서 북한 탄도미사일 고각발사 및 전방위에서 발사가능한 SLBM 요격이 가능한 요격체계가 필요하고, 셋째, 요격확률 측면에서 동시다발 공격에 대한 대응이 가능하고, 요격성공률을 높일 수 있는 요격체계가 필요하다는 것이 도출되었다.

Table 9. 북한 탄도미사일 대비 KAMD 방어자산 능력차이(Gaps) 분석

구분	KAMD		지상 발사			해상 발사
	단계	체계	스커드		노동	무수단 SLBM
			B	C		
① 시간 (T)	대응시간 (단계)	중간	-			
			THAAD			
			L-SAM			
		종말	M-SAM			
			PAC			
	대응속도 (낙하속도)	중간	-			
			THAAD			
			L-SAM			
		종말	M-SAM			
			PAC			
② 공간 (S)	대응방위	중간	-			
			THAAD			
			L-SAM			
		종말	M-SAM			
			PAC			
	대응고도 (고각) *핵 EMP탄 *확산탄	중간	-			
			THAAD			
			L-SAM			
		종말	M-SAM			
			PAC			
③ 확률 (P)	교전능력 동시다발 대응능력 (탐지/요격)	중간	-			
			THAAD			
			L-SAM			
		종말	M-SAM			
			PAC			
	요격성공률 (1/2차 다중방어)	중간	-			
			THAAD			
			L-SAM			
		종말	M-SAM			
			PAC			
종합						

* ■: 불가, ■: 제한, ■: 가능

5. 대안수립

능력차이(Gaps)를 극복하기 위한 대안으로 Table 10과 같이 상호운용성 및 체계통합을 고려 유사 무기체계 운용국가인 미국과 일본의 미사일 방어체계가 식별되었다. 미국과 일본은 해상발사 고고도 요격체계인 SM-3을 보유하여 중간단계 및 종말단계 방어의 다층방어체계를 구축하고 있다. 따라서 고각발사에 따른 중간단계 요격이 가능하며, SLBM의 측·후방 공격에 대한 대응이 가능하며, 상대적으로 깊은 중심과 대응시간으로 동시다발 공격 또는 단일 표적에 대한 다수발사가 가능하여 요격확률이 우수하다. 반면 한국은 중간단계 방어체계 없이 종말단계 방어체계 지상발사체계만을 구축 중이므로 미국과 일본의 방어체계 중 한국이 보유 가능한 요격체계를 선정하는 대안수립이 필요하다.

Table 11과 같이 한국의 다층방어체계를 위한 대안은 SM-3 Block-IA, Block-IB, Block-IIB이며, 이 대안들 모두 발사체계인 이지스함의 BMD 운용버전을 고려 시 현재 BMD 5.1로 개발 중인 한국의 KDX-III Batch II에 탑재할

Table 10. 각국 비행단계별 탄도탄방어체계 현황

구분	중간단계	종말단계	
		상층	하층
한국	-	미 THAAD L-SAM	M-SAM PAC-3 PAC-2
미국	GBI, SM-3 Block-1 A Block-1 B Block-II A	THAAD	SM-6 PAC-3
일본	SM-3 Block-1 A 미Block-1B Block-II A		

Table 11. 탄도탄방어체계 대안 분석 결과

구분	대안 1	대안 2	대안 3
최대사거리	1,000 km	1,000 km	2,500 km
요격고도	90 km - 225 km	90 km - 500 km	- 1,500 km
용도	중간단계방어	중간단계방어	중간단계방어
최대속도	마하 13.5	마하 13.5	마하 15.2
탄두종류	직격탄두	직격탄두	직격탄두
제조사 (개발)	미 Raytheon (2006년)	미 Raytheon (2012년)	미 Raytheon (2018년)
위치	해상	해상	해상
탑체체계 (운용버전)	이지스함 (BMD 3.6~5.1)	이지스함 (BMD 3.6~5.1)	이지스함 (BMD 5.1)
판매승인	생산중단	승인	시험 중

사가 가능하다. 특히, 미국과 일본이 동시에 개발하여 시험 중인 SM-3(Block-IIA)의 경우 1,000 km 이상 고각발사를 통해 한반도를 요격이 가능한 탄도미사일에 대한 중간단계 요격이 가능하며, 전방탐지만 가능한 지상체계와는 달리 360도 전방위 탐지가 가능한 SPY-1D 레이더를 탑재하고 있어 해상에서 측·후방으로 공격하는 SLBM에 요격이 가능한 유일한 요격체계이다. 동시요격이 가능한 시간, 공간, 확률관점에서 능력을 분석한 결과는 Table 12와 같다.

Table 12. 대탄도탄방어체계 대안수립 시 능력분석

구분	KAMD		지상 발사		해상 발사		
	단계	체계	스커드 -C	노동	무수단	무수단 (노동-2)	SLBM
① 시간 (T)	대응시간 (단계)	중간	SM-3	가능			
			THAAD	제한			
		종말	L-SAM	제한			
			M-SAM	제한			
			PAC	제한			
	대응속도 (낙하속도)	중간	SM-3	가능			
			THAAD	가능		불가	
		종말	L-SAM	제한		불가	
			M-SAM	제한		불가	
			PAC	제한		불가	
② 공간 (S)	대응방위	중간	SM-3	가능			
			THAAD	가능		불가	
		종말	L-SAM	제한		불가	
			M-SAM	제한		불가	
			PAC	제한		불가	
	대응고도 (고각) *핵 EMP탄 *확산탄	중간	SM-3	가능			
			THAAD	제한			
		종말	L-SAM	제한			
			M-SAM	제한			
			PAC	제한			
③ 확률 (P)	교전능력 동시다발 대응능력 (탐지/요격)	중간	SM-3	가능			
			THAAD	제한			
		종말	L-SAM	제한			
			M-SAM	제한			
			PAC	제한			
	요격성공률 (1/2차 다중방어)	중간	SM-3	가능			
			THAAD	제한			
		종말	L-SAM	제한			
			M-SAM	제한			
			PAC	제한			
종합			가능				

* : 불가, ◻ : 제한, ◻ : 가능

6. 결론

북한은 지속적인 미사일 발사실험을 통해 한국과 국제 사회를 위협하고 있다. 이러한 북한 탄도미사일은 언제든 한반도에 위기가 될 수 있으나 현재의 대응 개념은 종말 단계에서 지상기반의 하층방어위주로 구성되어 있어 많은 문제가 제기되고 있다.

따라서 미국의 MD 분석과 북한의 탄도미사일 능력 및 한국의 KAMD 능력차이(Gaps) 분석을 통해 능력기반모형을 적용한 시간, 공간, 확률관점의 대안을 수립할 수 있었다.

한국군이 도입 예정인 KDX-III Batch II 기반체계 (Baseline) 고려 BMD 5.1로 탐제가 가능하고 한반도 전장 환경에 가장 효과적인 SM-3(Block-IIA)를 최종 대안을 선정했다. SM-3(Block-IIA)를 통해 중간단계 대응으로 충분한 요격시간 확보, 북한 탄도미사일 고각발사에 따른 후방지역 방어, 잠수함 SLBM 해상발사에 따른 측·후방 방어, 동시/다수발사 및 핵·확산탄에 대한 요격확률이 증가 될 수 있다.

본 연구의 능력기반모형은 우리군 탄도미사일 다층방어 체계 구축 논리에 크게 기여할 것으로 판단된다.

향후 다층방어체계 구축에 필요한 정량적인 효과도 분석과 비용을 적용한 다층방어체계 효율성 연구가 추가적으로 요구된다.

참고문헌

[1] 이경행·최정환, “해상기반 탄도미사일 방어체계의 임무효과에 관한 연구,” Journal of Aerospace System Engineering, Vol.10, No.1, pp.119, 2016.

[2] 조영삼·김정규·박성제, “한국해군 이지스 구축함의 탄도미사일 방어능력 보강을 위한 정책적 제언,” 『한국군사학논총』, 제7집 제1권, pp. 45~46, 2018.

[3] 최현수·최진환·이경행, 『한반도에 사드를 끌어들이는 북한 미사일』, 경당, pp.54~57, 2017.

[4] 이경행·최정환, “해상기반 탄도미사일 방어체계의 임무효과에 관한 연구,” Journal of Aerospace System Engineering, Vol.10, No.1, pp.119, 2016.

[5] 김홍철, “전작권 전환 조건 충족기준에 대한 연구 : 한국의 Kill Chain과 KAMD 체계에 관한 실태분석과 바람직한 접근방향 중심으로,” 군사논단, 84호, pp.83~84, 2016.

[6] 최현수·최진환·이경행, 『한반도에 사드를 끌어들이는 북한 미사일』, 경당, pp.259, 2017.

[7] 최현수·최진환·이경행, 『한반도에 사드를 끌어들이는 북한 미사일』, 경당, pp.262~269, 2017.

[8] 국방대학교, “DDG 최적 배치위치 분석을 위한 탄도탄 교전효과분석 연구,” 해군 체계분석 용역연구, 2014.

- [9] 조영삼, 김정규, 박성제, “한국해군 이지스 구축함의 탄도미사일 방어능력 보강을 위한 정책적 제언,” 한국군사학논총, 제7집 제1권, pp.56, 2018
- [10] 권영재, “한국의 탄도미사일 방어체계 구축 방안,” 국방대학교 연구논문, pp.6, 2013.
- [11] 이경행·최정환, “해상기반 탄도미사일 방어체계의 임무효과에 관한 연구”, Journal of Aerospace System Engineering, Vol.10, No.1, pp.124~125, 2016.