

해상기반 탄도미사일 방어체계의 임무효과에 관한 연구

이경행^{1,†} · 최정환²

¹해군사관학교 무기체계공학과

²해군본부

A Study on the Mission Effect of a Sea-based BMD system

Kyoung Haing Lee^{1,†}, Jeong Hwan Choi²

¹Dept. of Weapon Systems Engineering, Naval Academy,

²Republic of Korea Navy Headquarters

Abstract : North Korea has continued developing ballistic missiles with various ranges. Even through the recent launch long-range missiles, it can be inferred that North Korea's Missile technology has reached a level where it can even threaten the US. moreover, through the three times nuclear tests, North Korea is known to have succeeded at gaining 10~20KT of explosive power as well as the minimization and lightening of nuclear warhead. Considering the short length of war zone in Korean peninsula and the possibility of nuclear equipment, it be the most severe threat across the whole peninsula. Since the midcourse phase flight takes the longest time, ROK should establish the ability to intercept at this middle phase. From this perspective, this paper describes mission effect of a sea-based BMD system through empirical threat and flight characteristic analysis using MIT model that was not suggested in original research.

Key Words : Ballistic Missile, Mission Effect, Nuclear Test, Sea-based BMD

1. 서 론

과거 반세기 동안 북한은 탄도미사일을 지속적으로 개발하였으며, 한반도를 비롯한 주변국에게 심각한 위협으로 평가되어 왔다. 2015년 10월 북한은 열병식에 서 재진입기술이 개선된 사거리 10,000km이상의 대륙간탄도미사일(ICBM: Intercontinental Ballistic Missile) KN-08과 중거리 탄도미사일 무수단, KN-02 단거리 미사일 등을 공개했다. 또한 2015년 5월 이후 3차례의 잠수함 발사 탄도미사일(SLBM:

Submarine Launched Ballistic Missile) 수중 사출시험을 통해 이제 동북아를 넘어 세계평화의 안전을 위협하는 수준에 이르고 있다.

북한의 탄도미사일 개발 능력은 중거리 뿐만 아니라 제3세계 국가의 미사일 개발 커넥션을 통해 비약적으로 증대되고 있다. 북한이 현재 보유한 탄도미사일 능력은 한국은 물론 일본, 미국본토까지도 공격이 가능하며, 은하2/3호, 광명성4호와 같은 우주발사체를 가 장한 장거리 탄도미사일 시험발사를 통해 ICBM에 필 요한 미사일 기술을 확보해 나가고 있다. 이렇게 축적 된 기술과 4차례의 핵실험을 통해 노동 미사일급 미사 일에 탑재가 가능한 핵탄두 소형화에 이른 것으로 판 단된다[1]. 북한이 핵을 포함한 대량살상무기(WMD: Weapon Mass Destruction) 투발 수단을 보유한 것으

로 판단되어짐에 따라 국방부는 킬 체인(Kill Chain)과 한국형 미사일 방어체계(KAMD: Korean Air Missile Defense) 개념을 적용해 북한의 미사일 위협에 대한 능동적인 억제를 구상하고 있다. 그러나 지상기반 하층방어위주의 Kill Chain/KAMD 정책방향으로 인해 북한의 전략적 중심인 잠수함, SLBM 및 핵을 탑재한 중장거리미사일에 대한 대응이 제한되고 있다[2].

기존의 연구에서는 2006년 7월 깃대령에서 발사된 노동 미사일이 로프트각(lofted angle) 조절방법에 의해 발사된 사실이 알려진 이후에 사거리 조절방법에 따른 노동 미사일 비행특성에 관한 연구가 국내·외적으로 활발히 진행되어 왔다. 2011년부터 KAMD 구축을 위한 한·미공동연구(PAWG: Program Analysis Working Group)가 본격화 되면서 탄도미사일 사거리 조절방법에 대한 논쟁 및 상층방어체계(중간단계 요격체계)의 필요성이 대두되기 시작하였다. 북한의 4차례 핵실험(nuclear test)과 SLBM이 현실화되면서 하층방어체계 구축중심의 현 KAMD 정책에 대한 문제점이 더욱 증폭되었다[3].

이러한 관점에서 본 논문은 상층방어의 핵심체계인 해상기반 탄도미사일 방어체계의 임무효과를 분석하기

위해 북한의 탄도미사일 위협을 미래 관점에서 국제적으로 공인된 자료를 기반으로 체계적으로 정리하였으며 운용자 관점의 일반화된 비행체적 특성을 해석하였다. 이를 기반으로 시스템엔지니어링 접근방법을 적용하여 해상기반 탄도미사일 방어개념에 따른 임무효과를 도출하고자 한다.

2. 북한 탄도미사일 위협 특성

2.1 군사적 측면

30년 이상의 탄도미사일 개발 경험을 갖고 있는 북한은 Table 1에서와 같이 KN-02, 스커드- B/C/D, 노동, 무수단 및 대포동 등 다양한 사정거리의 미사일을 1,000여기 이상 보유하고 있다[3, 4, 5]. Fig. 1은 미국의 미사일방어국(MDA: Missile Defense Agency)에서 제시한 2024년 기준 한반도에 위협이 되는 북한의 탄도미사일의 공개 브리핑 자료를 종합한 것으로 Table 1의 현재 보유량 기준 스커드 계열의 단거리 미사일은 수량이 점차적으로 감소되고 현재의 소형화 수준으로 핵 탑재가 가능한 노동/무수단 미사일의 보유량이 증대됨을 알 수 있다. 이는 북한이 핵

Table 1 North Korean Ballistic Missile

구분	KN-02	스커드			노동	KN-11	무수단 (노동-2)	KN-08	대포동	
		B	C	D					2	2(Long)
사거리 (km)	20~200	50~300	50~500	150~700/800	300~1,300	300~2,500	300~4,000	12,000	2,000~8,000	2,000~15,000
탄두중량 (kg)	250/485	985	700~770	500	1,200	1,250	1,250	N/A	1,000~1,500	500
탄두직경 (m)	0.7~0.8	0.88	0.88	1.025	1.25	1.5	1.5	1.9 (1.3/2 nd 3 rd)	1.5	2.4
추진체	고체 (1단)	액체 (1단)		액체 (1단)	액체 (1단)	액체 (1단)	액체 (1단)	액체 (2단)	액체+고체 (2단/3단)	액체+고체 (3단)
연료	SS-21 Scarab	연료 TM-185 (20% Gasoline, 80% Kerosene) 산화제 AK271	연료 UDMH 산화제 IRFNA	연료 UDMH 산화제 IRFNA	연료 TM-185 (20% Gasoline, 80% Kerosene) 산화제 AK271	연료 UDMH 산화제 IRFNA NTO	연료 UDMH 산화제 IRFNA NTO		연료 TM-185 (20% Gasoline, 80% Kerosene) 산화제 AK271	연료 TM-185 (20% Gasoline, 80% Kerosene) 산화제 AK271
탄두종류	HE, 화학	HE, 화학/생물		HE, 화학	핵, HE, 화학/생물	핵, HE	핵, HE	핵, HE, 화학/생물	핵, HE, 화학/생물	
조정	4개의 조종날개(Steering Vane) 추력제어					짐벌형 버니어제어			Steering Vane + 1단 DACS	
보유량	100~150	355~685		155~185	220~320	-	50~75	N/A	6~11	0~1
2024년 보유량	120	200	400	400	550	-	150	N/A	20	6
최초매치	2006	1985~1988	1990~1991	2003	1995~2001	-	2007	N/A	N/A	N/A
CEP(m)	100	450	1,000	3,000	2,000	1,900	1,600	-	-	-
발사대	N/A	36~40		24	36	12	N/A		N/A	N/A

무기 경량화 및 재진입체를 포함하는 일부 기술적 문제와 신뢰성만 보완한다면 가까운 장래에 10,000km급 ICBM 개발에 성공할 가능성을 배제할 수 없음을 의미한다.

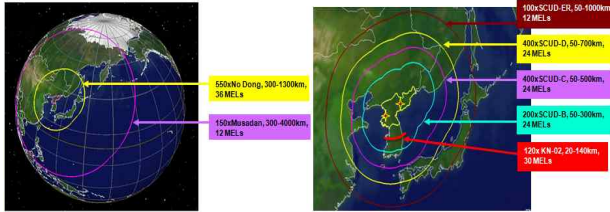


Fig. 1 Nimble Titan 14 Seac Threat

북한이 핵실험을 통해 6자회담 의장국인 중국에 제출한 플루토늄 생산량 총량은 38.5kg이며, 중급 핵무기 1기에 플루토늄 3kg이 사용되는 점을 감안할 때 2014년 10kt 기준 핵무기 최대 12기를 생산했을 가능성이 있다[6, 7]. 고농축 우라늄은 180kg 정도로 약 7기의 핵무기를 생산할 잠재적인 능력을 보유하고 있다[8]. 북한의 4차례의 핵실험 중 현재까지 밝혀진 3차 핵실험까지의 분석결과는 노동 미사일급에 장착 가능한 소형화 수준인 직경 1m 이상, 무게 1,000kg 이상으로 평가하고 있다[9]. 따라서 현재의 소형화 수준으로 핵을 탑재할 수 있는 노동미사일에 대한 방어능력은 미사일방어체계 구축의 최우선 고려사항이 되어야 한다.

2.2 비행특성적 측면

탄도미사일은 Fig. 2에서 보이는 바와 같이 발사되면 수직으로 상승하며, 원하는 목적지로 비행하기 위해 연료의 연소가 종료되는 시점에서 약 10~15초간 사전에 입력된 프로그램으로 선회기동을 한다[10]. 선회가 종료되면 추진체에 의해 발생한 추력으로 대기권 밖에서 비행을 하게 된다. 결국 탄도미사일의 능력(사거리, 고도, 속도 등)은 연소종료시의 속도, 발사각 등에 의해 결정되며, 이러한 값의 오차는 탄도미사일의 탄착거리오차에 큰 영향을 미친다. 또한 탄도미사일은 Table 2와 같이 임무 및 운용환경에 따라 연소종료시점의 자세각(loft angle) 조절, 비추력(Isp: Specific Impulse) 조절, 탑재중량(payload) 조절, 연료차단시점

(cutting off) 조절, 연료량 조절 및 중간·종말단계 조절 등의 다양한 방법이 적용되고 있다

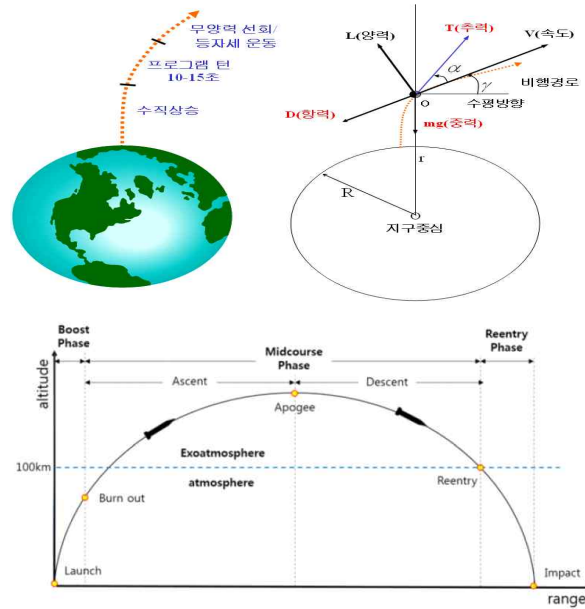


Fig. 2 General BM Flight Characteristics

Table 2 The Method of Control the Missile Range

Categories	Methods
Loft Angle	Minimum Energy, Over-Lofted, depressed
Isp	Specific Impulse, Fuel & Oxidizing Agent
Payload	Reduce Warhead-Mass
Cutting-off	Control Burn-Out Time
Fuel-Mass	Reduce Fuel Injection in Pre-Launching
Mid-Terminal	Control Loft Angle in Mid-Terminal Phase

탄도미사일의 비행궤적은 연소종료 시점에서의 속도, 에너지 및 자세 등에 의해 결정된다. 일반적으로 가장 많이 사용되는 방법인 자세각 조절은 발사각을 최소에너지 발사각(minimum energy) 크게 하거나(over-lofted) 작게 하여(depressed) 사거리를 조절하는 방법이다.

over-lofted는 북한이 2007년도 깃대령에서 발사 시험한 노동미사일의 발사방법으로 자세각을 증가시켜 정점고도를 높이므로 가속도의 변화량이 크며, 중간·종말단계에서 RCS(Radar Cross Section)는 매우 작고 비행시간이 늘어나게 된다. 이는 방어체계 입장에서 탐지와 요격이 매우 어려워짐을 의미한다. 이러한 관점에서 본 연구는 북한 탄도미사일의 발사방법으로

가장 위협적인 over-lofted 관점에서 비행궤적을 시뮬레이션하고 종합적으로 해석하였다.

3. 임무효과 측정기준 도출

임무효과는 시스템 내에서 임무수행 평가에 관련된 함수로서 사용자/운영자의 요구(needs)로부터 도출된 운용개념으로부터 정의된다. 운용개념은 미래전장의 임무영역 및 위협에 대한 분석을 기반으로 도출된 사용자/운영자의 임무요구서(MNS: Mission Needs Statement)로부터 작성된다. 임무효과 분석은 Fig. 3 과 같이 운용개념으로부터 도출된 시스템 임무요구사항(mission requirement)과 기능(functions)의 충족 여부에 대한 정량적인 평가 수단이다[11]. 주요 척도(measures)로 효과 척도(MoE: Measure of Effectiveness)는 임무레벨에서의 시스템 거동에 대한 정량적 척도(measures)로 요구 임무를 수행함에 있어 효용성이나 가치를 나타낸다. 적합 척도(MoS: Measure of Suitability)는 시스템의 의도된 운용환경에서 지원되어야 할 항목에 대한 척도를 말하며, 전형적으로 MoS는 준비성(readiness) 또는 운용 가용도, 신뢰도, 정비도 및 항목의 지원구조 등과 관련된다. 성능 척도(MoP: Measure of Performance)는 시스템이 기능을 얼마나 잘 수행하는 지를 정량적으로 측정하는데 사용되며, MoE의 하부 계층구조에 포함된다. 속도, 페이로드(payload), 거리, 시간, 고도 또는 다른 명확한 정량적 성능특성 등과 같은 것으로 표현된다.

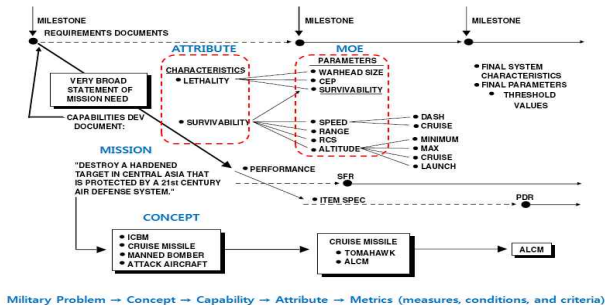


Fig. 3 Example Mission Effect

임무효과 측정기준(metrics)은 일반적으로 Fig. 4와 같이 문제정의로부터 솔루션을 도출하는 전형적인 능

력기반의 하향식 접근방법에 따라 도출된다[12].

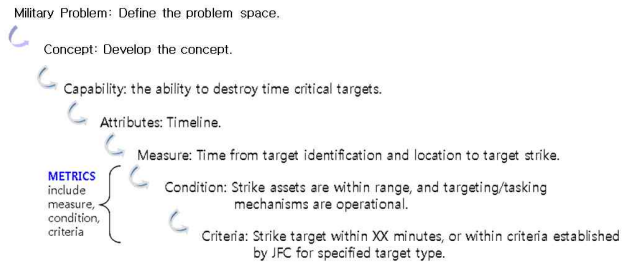


Fig. 4 Mission Effect Process

해상기반 탄도미사일 방어체계의 임무효과는 이시스급 함정으로부터 발사될 SM-3가 신속히 발사되어 북한 탄도미사일을 요격 또는 무력화(mission kill)시킬 수 있는 능력에 대한 정도로 측정기준에 의해 평가된다. 임무효과 측정기준 도출은 군사적 문제 식별로부터 솔루션을 도출하는 전형적인 능력기반의 하향식 접근방법을 적용하며, 척도, 조건(condition) 및 판단기준(criteria)으로 표현된다. 임무효과에 대한 속성(attribute)은 북한 탄도미사일을 요격 또는 무력화시킬 수 있는 정도를 나타내는 치사성(lethality)과 필요시 북한으로부터 파괴됨이 없이 신속하게 발사할 수 있는 생존성(survivability)으로 선정된다. 척도(measures)는 해상기반 탄도미사일 방어체계의 임무효과도 속성인 치사성과 생존성 각각에 대해 도출된다. 이러한 관점에서 치사성은 반응시간, 유도탄의 신관, 탄두, 명중률, 속도, 그리고 사거리(최소/최대)로 볼 수 있으며, 생존성은 자체 방호능력으로 볼 수 있다. Figure. 5는 관련 이해관계자의 요구 도출을 위한 산출물 관계를 나타내고 Table 3은 도출된 해상기반 탄도미사일 방어체계 측정기준을 정리한 것이다[13]. 이 측정기준을 기반으로 임무효과를 분석하고자 한다.

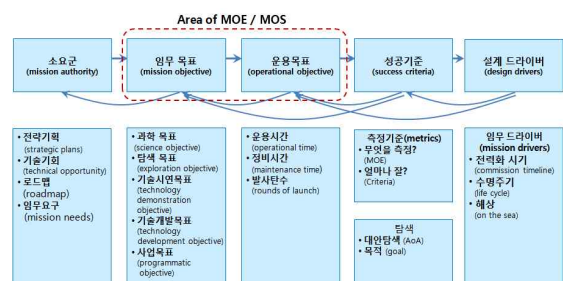


Fig. 5 Relation of Documentations & Stake-holders

Table 3 The Metrics of Sea-based BMD system

구분	속성	측정기준(metrics)		
		척도	조건	판단기준
임무 효과	치사성	요격가능시간	해상상태 5 이하	XX초
		RCS		XXm ²
		요격고도에 따른 최대탐지거리		XXkm
		요격속력		MachXX(T*)
		동시교전수		갯수
	생존성	NEMP 고도		XXkm
		footprint, downrange		XXkm

*T: Threshold

4. 임무효과 분석

본 연구에서는 임무효과 측정기준의 MoE 중 가장 높은 비중을 차지하는 요소이면서 모델을 사용하여 검증이 가능한 요격가능시간에 대한 임무효과 분석을 실시하였다. 분석에 사용된 GUL_Missile_Flyout은 美 MIT 공대에서 개발된 윈도우즈에서 구동되는 자립형(stand alone)으로 탄도탄 궤적분석 전문모델이다. 스커드, 노동, 알후세인(Al Hussein) 및 대포동미사일이 default로 반영되어 있으며, 새로운 미사일에 대한 추가 생성이 가능하다. 또한, Isp, 전향력(Coriolis force), 지구의 곡률 및 자전/공전 등 대부분의 물리적인 요소들을 보정하며, 발사지점과 목표지점을 입력하면 자세각(loft angle)을 시뮬레이션하여 계산하는 개발자 중심의 모델이라 할 수 있다. Fig. 6과 같이 탄도미사일의 3단 분리까지 구현이 가능하고, 다양한 궤적 자료를 그래프로 제공하며, 최적화된 pitch-over 파라미터가 시나리오에 따라 자동적으로 적용된다[14].

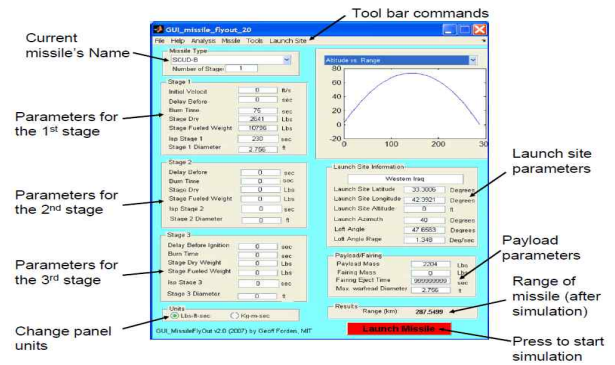


Fig. 6 Ballistic Missile Input Parameters Window

MIT 모델은 탄도미사일의 정확한 비행궤적을 구현하지만 방어체계의 효과도 측정 및 대안별 구조설계에 요구되는 debris, MIRV 및 RCS 등은 구현하지 못하는 제한사항이 있다. 효과적인 방어체계를 구축하기 위해서는 과학적으로 타당한 탄도미사일에 대한 위협 판단이 선행되어야 하며, 특히, 핵 탑재가 가능한 중장거리 탄도미사일은 대부분 대기권 밖을 비행하므로 보다 물리적이고 분석적인 데이터 획득이 필수적으로 요구된다. 이러한 관점에서 한반도에 직접적으로 위협이 되는 대표적인 스커드-B/C, 노동/무수단 미사일에 대한 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 주요 입력파라미터는 Table 4와 같이 일반적으로 공개된 다양한 자료를 바탕으로 일부 값은 특성에 큰 변화가 없는 범위 내에서 의도적으로 조정하였다. 노동/무수단 미사일의 경우 분리형 탄두(separable warhead)이므로 2nd stage의 stage dry는 1st stage의 payload 질량과 동일하게 입력하였다.

Table 4 Input Parameter

구분		단위	스커드 B	스커드 C	노동	무수단
1st stage	payload mass	kg	985	770	1,200	1,200
	fueled weight	kg	3,770	4,200	16,000	18,000
	stage dry	kg	1,100	1,220	4,000	1,900
	max warhead diameter	m	0.88	0.88	1.3	1.5
	stage diameter	m	0.88	0.88	1.3	1.5
	ISP	sec	200	230	240	296
	burn time	sec	64	70	70	168
2nd stage	payload mass	kg	0	0	1,200	1,200
	fueled weight	kg	0	0	0	0
	stage dry	kg	0	0	1,200	1,200
	max warhead diameter	m	0	0	1.3	1.5
	stage diameter	m	0	0	1.3	1.5

우선 현실적인 위협시나리오인 스커드-C와 노동미사일로 같은 사거리(400km)로 북한의 동창리 미사일 기지에서 서울을 공격하는 시뮬레이션을 수행하면 Fig. 7과 같은 거리-고도 그래프가 도출된다. 그림에서와 같이 성능이 좋은 노동 미사일의 정점고도가 스커드-C의 3배정도임을 알 수 있다.

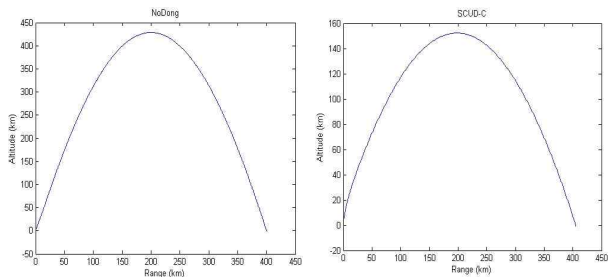


Fig. 7 Range-Altitude Characteristics

Fig. 8은 노동/스커드-C 미사일의 시간-속도 그래프로 노동 미사일의 비행시간이 훨씬 길며, 최고속도는 노동 미사일이(마하 8 이상) 스커드-C(마하 5이상)보다 빠르지만 정점에서의 속도는 오히려 노동 미사일

(마하 1.8)이 스커드-C(마하 3.2)보다 느리다. 이는 핵 탑재가 가능한 노동미사일에 대해서는 대기권 밖에서 주로 요격하는 해상 상층방어체계의 효용성이 높은 환경임을 보여준다.

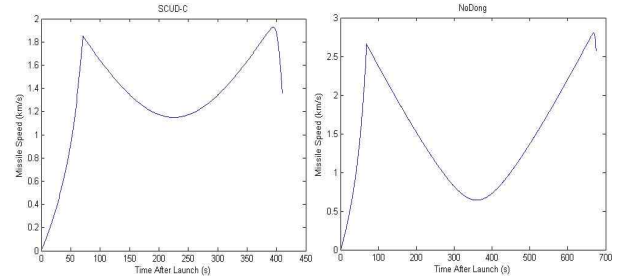


Fig. 8 Time-Velocity Characteristics

Fig. 9에서 스커드-B는 평양인근의 상원기지에서, 스커드-C는 휴전선 인근의 지하리와 깃대령 기지에서 발사하는 시나리오를 시뮬레이션한 결과이다. 스커드-B의 경우 정점고도는 98~134km였으며, 스커드-C의 경우에는 119~193km로 형성되었다. 방어체계별 요격가능시간은 Table 5와 같이 스커드-B의 경우 중상층방어의 THAAD와 상층방어의 SM-3가 타 무기체계에 비해 요격가능시간이 월등히 많은 것을 알 수 있다. 종말단계 요격체계인 THAAD(Terminal High Altitude Air Defense)의 경우는 요격가능시간은 가장 길지만 AN/TPY-2 레이더의 고각 제한사항(5~90°)으로 인해 초기 탐지가 제한된다. 스커드-C의 경우도 Table 6과 같이 THAAD와 SM-3가 타 무기체계에 비해 요격가능시간이 월등히 많은 것을 알 수 있다. 시뮬레이션에서 스커드-C는 제원상의 최대 탄두중량(700kg)에서 최대 440km까지 비행하였다. 스커드-C는 스커드-B의 최대사거리(300km) 이상에서 운용할 확률이 높다. 즉 300~440km 사거리로 수도권을 공격하는 스커드-C의 경우도 THAAD와 SM-3의 효용성이 매우 높음을 확인할 수 있다.

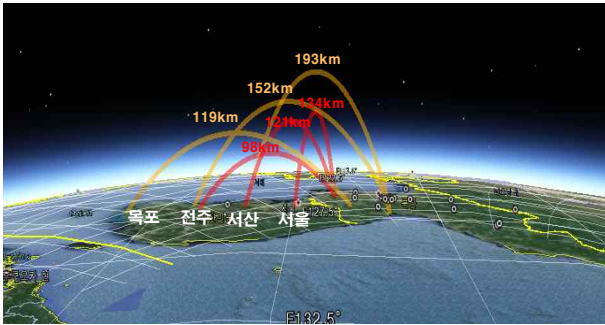


Fig. 9 SCUD-B/C Flight Characteristics

Table 5 Available SCUD-B Intercept Time

사거리	M-SAM	PAC-2	PAC-3	THAAD	SM-3
124km	3초	3초	12초	281초	234초
202km	3초	3초	13초	263초	208초
287km	4초	4초	16초	171초	108초

Table 6 Available SCUD-C Intercept Time

사거리	M-SAM	PAC-2	PAC-3	THAAD	SM-3
300km	2초	2초	10초	170초	326초
400km	2초	2초	10초	191초	266초
440km	3초	3초	12초	240초	207초

현재 북한의 핵 소형화 수준으로 핵탑재가 가능한 노동미사일의 기지는 대부분 중국 국경 인접지역에 배치되어 있으며, 300~1300km 제원 고려 시 수도권을 포함한 남한 전역에 타격이 가능한 미사일이며, 가장 위협적으로 판단된다. 스커드-B/C에 비해 Isp가 높아 연소효율이 좋고 추력이 높은 미사일로 over-lofted 사거리 조절 방법에 의해 남한 공격 시 고도가 높고 낙하 시 최대속력이 마하 8이상이며, 거의 수직으로 낙하하므로 RCS가 매우 작아 마하 8이하의 요격속력을 가지는 지상기반 하층방어체계로는 요격이 사실상 어렵다. Fig. 10은 노동미사일을 동창리에서 서울, 평택, 계룡, 고리, 제주, 고토(일본) 등으로 발사하는 시뮬레이션을 수행한 결과이다. 시뮬레이션 결과 요격가능시간은 Table 7과 같이 해상기반 탄도미사일 방어 체계인 SM-3가 타 무기체계에 비해 10배 이상 요격가능시간이 월등히 많은 것을 확인할 수 있다. 노동미

사일 최대고도는 438km로 SM-3 요격고도 구간(70~500km)에 모두 포함되며, 요격지점(intercept point)이 한국 상공에서 이루어지는 지상기반 하층방어체계에 비해 SM-3는 북한에서 이루어지므로 전략적인 핵억지(deterrence) 효과를 기대할 수 있다.

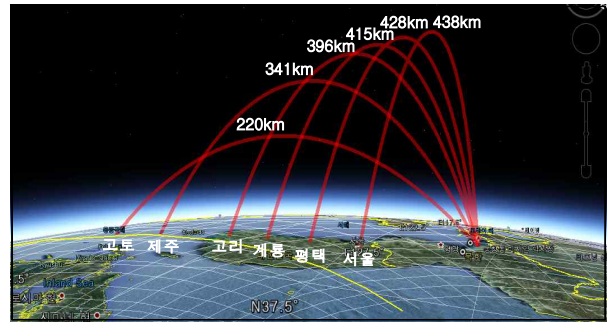


Fig. 10 Nodong Flight Characteristics

Table 7 Available Nodong Intercept Time

사거리	M-SAM	PAC-2	PAC-3	THAAD	SM-3
300km	2초	2초	6초	41초	575초
400km	2초	2초	6초	44초	567초
500km	2초	2초	7초	47초	557초
600km	2초	2초	7초	49초	538초
700km	2초	2초	7초	50초	519초
800km	2초	2초	7초	54초	487초
900km	2초	2초	8초	60초	440초
1000km	2초	2초	8초	68초	362초

Fig. 11은 무수단에서 무수단미사일을 서울, 계룡, 부산으로 공격하는 시뮬레이션을 수행한 결과이다. 정점고도(900km 이상)가 매우 높아 Table 8에서와 같이 요격가능시간이 다른 미사일에 비해 상대적으로 적으며, 매우 높은 종말단계 속도(마하 10 이상)로 인해 요격확률 또한 현저히 떨어질 것으로 예측된다. 무수단미사일은 괌, 일본 등을 공격할 목적으로 개발한 것으로 추정되나 사거리를 조절하면 한반도에도 위협이 될 수 있으므로 요격능력을 갖추는 것도 충분히 고려되어야 한다.

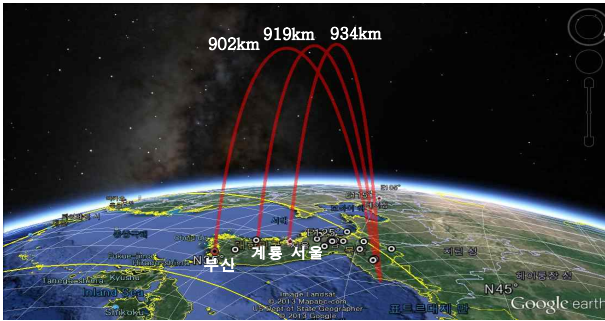


Fig. 11 Musudan Flight Characteristics

Table 8 Available Musudan Intercept Time

사거리	M-SAM	PAC-2	PAC-3	THAAD	SM-3
476km	2초	2초	6초	30초	280초
573km	2초	2초	6초	30초	284초
666km	2초	2초	6초	30초	284초

5. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 북한 탄도미사일의 위협을 식별하고 임무효과 측정기준 도출을 통해 해상기반 탄도미사일 방어체계의 요격가능시간에 대한 임무효과를 제시하였다. 단 한발의 핵미사일이라도 피격을 받게 되면 수많은 인적·물적 피해와 복구하는데 매우 긴 시간이 예상되므로 북한의 탄도미사일에 대한 방어는 국가의 존망을 좌우하는 핵심 안보현안이다. 본 논문에서 살펴본 바와 같이 북한 탄도미사일에 대해 효과적으로 대응하기 위해서는 다층방어체계를 구축해야 하며, 해상기반 탄도미사일 요격체계는 반드시 필요하다. 본 논문에서는 제시되지 않았지만 임무효과 측정기준으로 도출된 RCS, 요격고도에 따른 최대탐지거리, 요격속력, 동시교전수, NEMP 고도, footprint 및 downrange에 대해서도 추가적인 임무효과 분석이 요구된다. 본 논문은 탄도미사일의 위협과 이에 따른 해상기반 탄도미사일 방어체계의 임무효과에 대한 체계적이고 논리적인 가이드라인을 제공하며 분석적인 시각을 갖게 하는 데 큰 의미가 있다고 하겠다.

참고 문헌

- [1] David Albright and Andrea Stricker, "ISIS Statement on North Korean Nuclear Test," Washington, DC: US Intelligence Community ISIS Report, pp. 1-2, 2013.
- [2] DoD, "Report to Congress on Theater Missile Defense Architecture Options for the Asia-Pacific Region," pp. 1-4, 1999.
- [3] K. H. Lee and K. H. Lim, "North Korea SLBM Threat Analysis and its Implications on ROK National Security," The Studies of International Affairs, Vol. 15, no. 3, 2015.
- [4] K. H. Lee, "Analysis of the Flight Trajectory Characteristics of North Korea SLBM," Journal of the Korea Society for Simulation, Vol. 24, no. 3, 2015.
- [5] Y. S. Kwon, "Missile Defense Strategy," RINSA, KNDU pp. 2-16, 2015.
- [6] Larry A. Nicksch, "North Korea's Nuclear Weapon Program," CRS Report for Congress pp. 11, 2006.
- [7] Robert S. Norris and Hans M. Kristensen, "North Korea's Nuclear Program 2005," Bulletin of the Atomic Scientist, Vol. 61, No. 3, NRDC, pp. 65, 2005.
- [8] ISIS, "North Korea's Uranium Programme Heightens Concern," ISIS Strategic Comments, Volume 17 Comment 2, 2011.
- [9] ISIS, "North Korean Miniaturization", ISIS report, 2013.
- [10] Jeffrey A. Isaacson, David R. Vaughan, "Estimation and Prediction of Ballistic Missile Trajectories," RAND: Santa Monica, pp. 27-40, 1996.
- [11] Y. S. Kwon, "System Engineering Fundamentals (workbook)", 2011.
- [12] ASN, "Naval Systems of Systems. Systems Engineering Guidebook Volume II," Prepared by the Office of the ASN (RDA) Chief Systems Engineer Version 2.0, pp. 2, 2006.
- [13] NASA, "Systems Engineering Handbook," pp. 34, 2007.
- [14] Geoffrey Forden, "GUI_Missile_Flyout: A General Program for Simulating Ballistic Missiles," MIT, Program on Science Technology and Society, pp. 1, 2007.

저 자 소 개



이 경 행

2002년 서울대 수학과 졸업. 2008년 국방대학 석사. 2014년 동 대학 박사. 2015년~현재 해군사관학교 무기체계 공학과 교수. 관심분야는 M&S, 유도무기 체계, 유도제어.



최 정 환

1999년 목포해양대 해상운송시스템공학부 졸업. 2009년 서울대학교 대학원석사. 2013년 동 대학원 박사. 1999년~현재 해군복무. 관심분야는 기술혁신, 시스템다이내믹스, 방위력 개선