

극초음속 미사일 대응을 위한 방어체계에 관한 연구

이경행

중원대학교

A Study on the Defense System of the Hypersonic Missile Systems

Kyoung-haing Lee

Department of Military Studies, Jungwon University

Abstract

The Kinzhal missile launched by Russia in Ukraine and flew on March 5 or more speeds is the first hypersonic cruise missile used in combat. High speed leads to destructive solid power, and the security system's interception time is significantly reduced. Therefore, hypersonic missiles could be a game-changer. Even the United States, with its multi-layered defense system, admits the difficulty of intercepting it. Military powers like the United States, Russia, China and North Korea are focus on developing hypersonic missiles as offensive weapons, but their defense system capabilities are inadequate. From this perspective, this paper identifies significant countries' hypersonic missile development status and defense system capabilities and seeks to derive a countermeasure for the ROK military.

초 록

최근 러시아가 우크라이나에 발사한 킨잘 미사일은 실전에서 최초로 사용된 극초음속 순항미사일 마하 5이상의 빠른 속력으로 비행한다. 빠른 속력은 강력한 파괴력으로 이어지며, 방어체계의 요격가능시간을 극단적으로 단축시킨다. 따라서 극초음속 미사일은 다층화된 방어체계가 구축된 미국조차도 요격에 어려움을 인정하고 있는 게임체인저가 될 수 있다. 미국, 러시아, 중국 및 북한 등 군사강국 들은 공격무기인 극초음속 미사일 개발에 집중하고 있으나 방어체계 능력은 부족한 실정이다. 이러한 관점에서 본 논문은 주요국의 극초음속 미사일 개발현황과 방어체계 능력을 식별하고 이를 기반으로 우리 군의 대응방안을 모색하고자 한다.

Key Words : Hypersonic Cruise Missile(극초음속 순항미사일), Hypersonic Glide Vehicle(극초음속 활공체), Missile Defense Agency(미사일방어국), Ground Based Interceptor(지상기반요격체), SM-6(해상기반저고도요격체), SM-3(해상기반고고도요격체)

1. 서 론

극초음속 무기(Hypersonic Weapon)는 극초음속 활공체(HGV; Hypersonic Glide Vehicle)와 극초음속 순항미사일(HCM; Hypersonic Cruise Missile)로 분

류된다[1]. 일반적으로 극초음속 비행체는 탄도미사일 탄두에 장착하여 대기권 재진입 후 초고속 비행에 활용되며, 마하 20 이상으로 비행한다. 극초음속 순항미사일은 속도를 초음속으로 유지한 상태에서 외부 공기를 흡입하여 연료를 연소시켜 추력을 얻는 스크램제트(scramjet) 엔진을 장착한다[2]. 저고도 고속 회피기능 능력을 갖추고 있어 기존의 미사일 방어체계 무력화, 핵무기 대체 가능성 등 차세대 게임체인저(game changer)로서 역할이 가능하다[3]. 최근 러시아가 우

Received: Aug. 28, 2022 Revised: Oct. 06, 2022 Accepted: Oct. 17, 2022

† Corresponding Author

Tel: +82-43-830-8682, E-mail: onego778888@jwu.ac.kr

© The Society for Aerospace System Engineering

크라이나에 발사한 킨잘(Kinzal) 미사일은 실전에서 최초로 사용된 극초음속 순항미사일로 MIG-31 항공기를 플랫폼으로 사용하며, 마하 10 이상의 빠른 속력으로 비행한다. Fig.1은 극초음속미사일 비행체적의 다양한 형태를 나타낸다[4]. 2022년 1월에 발사된 북한의 극초음속 미사일 “화성-8B”는 중국의 DF-17과 유사한 형태로 액체연료를 사용하며, 사거리 2,000km 이상으로 한반도 전역을 3분 이내 타격이 가능한 것으로 추정된다.

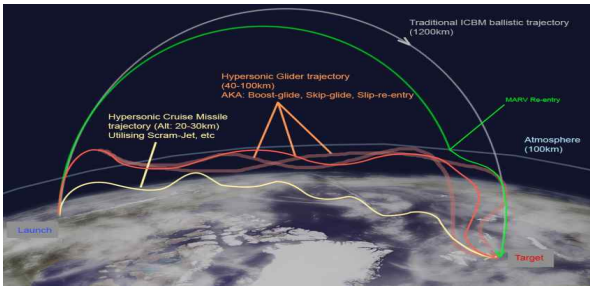


Fig. 1 Hypersonic Missile Trajectory

극초음속 미사일 관련 기존 연구는 손현승 등 “극초음속 무기체계의 개발 경쟁과 국가 안보의 함의(2022)”, 황기영 등 “극초음속 활공 비행체(HGV)의 연구개발 동향(2020)”, 이선희 “북한 극초음속활강체 개발 의도와 함의(2022)”, 최윤규 등 “열분석 시험 및 삭마 해석을 통한 극초음속 유도탄의 열분해 특성 및 표면 침식량 확인(2021)” 등 최근 연구가 활발히 진행되고 있으나 극초음속 미사일의 능력분석 연구에 집중되어 있고 방어체계 관련 연구는 미비한 실정이다[5-8].

이러한 관점에서 본 논문은 주요국의 극초음속 미사일 개발현황과 방어체계 능력을 식별하고 이를 기반으로 우리 군의 대응 방안을 모색하고자 한다.

2. 주요국의 극초음속 미사일 개발현황

2.1 미국

미국은 2000년대 초부터 기존의 재래식 글로벌 신속 타격(CPGS: Conventional Prompt Global Strike) 프로그램의 일환으로 극초음속 무기 개발을 추진하였으며, 지역분쟁에 활용될 수 있는 중·단거리 극초음속

활공체 및 순항미사일 개발에 집중하고 있다[9]. 특히, 중국의 반접근/지역 거부(A2/AD: Anti-Access/Area Denial) 전략 무력화에 집중하고 있다. 이를 위해 호주의 우메라(Woomera) 공군비행장, 노르웨이의 아뇌위아(Andøya) 로켓시험장을 공동으로 사용하면서 2030년까지 대규모 극초음속 시험시설 구비 추진 중에 있다. 세부적으로 10개의 DoD 극초음속 지상시험시설, 11개의 DoD 야외시험장, 11개의 DoD 모바일 자산, 9개의 NASA 시설, 2개의 에너지부 시설, 5개의 산업 또는 학술 시설 구축 추진 중이다[10].

재래식 신속타격무기(CPS: Conventional Prompt Strike), 장거리 극초음속 미사일(LRHW: Long-Range Hypersonic Weapon), AGM-183 공중발사 신속대응무기(ARRW: AGM-183 Air-launched Rapid Response Weapon, ‘arrow’), 극초음속 재래식 타격무기(HCSW: Hypersonic Conventional Strike Weapon, ‘hacksaw’), 전술 추진형 활공체(TBG: Tactical Boost Glide), OpFires(Operational Fires), 공기흡입식 극초음속 무기(HAWC: Hypersonic Air-breathing Weapon Concept, ‘hawk’) 등을 개발 중이다[11].

2.2 러시아

러시아는 1980년대부터 극초음속 무기체계 연구를 수행해왔으며, 2001년 미국의 탄도탄 요격미사일 규제 조약(ABMT: Anti-Ballistic Missile Treaty) 탈퇴 및 EPAA(European Phased Adaptive Approach)에 대응하기 위해 개발 노력을 가속화 하였다[12].

아방가르드(Avangard) 프로그램은 ICBM에서 탑재되는 극초음속 비행체로, 최신형 ICBM 사르마트(Sarmat) 탑재를 목표로 SS-19 Stiletto ICBM에서 시험발사한 것으로 2019년에 실전배치 되었다. 지르콘(Tsirkon or Zircon) 프로그램은 지상과 해상 목표물을 모두 타격이 가능한 함정발사 초음속 순항미사일(마하6~8)로 2023년에 실전배치될 예정이다. 최근 러시아가 우크라이나에 발사한 킨잘 프로그램은 저위력 핵탄두 전술 극초음속미사일을 MIG-31에 탑재하는 프로그램이다.

2.3 중국

미국의 극초음속 무기체계는 중국의 핵무기와 지원

2014년부터 최소 9차례 이상 DF-ZF 극초음속활공체 시험을 실시하였다[13]. 또한 2020년부터 H-6K 폭격기에서 발사 가능한 사거리 1,500km 이상의 CH-AS-X-13 신형 극초음속 미사일을 보유한 것으로 추정된다[14].

2.4 기타 국가

일본은 극초음속 순항미사일(HCM)과 초고속 활공형 발사체(HVGP: Hyper Velocity Gliding Projectile) 개발 중이며, 항모 무력화 및 지역억제를 위해 2030년 가동을 목표로 2028년까지 2개의 초고속 활공형발사체를 배치할 예정이다.

호주는 2007년부터 미국과 극초음속 국제비행연구 실험(HiFiRE: Hypersonic International Flight Research Experimentation) 프로그램을 통해 극초음속 기술 개발하고 있다.

프랑스는 러시아와 계약을 맺고 극초음속 기술 개발에 협력하며, V-max 프로그램에 따라 2022년까지 공대지 ASN4G 초음속 미사일 개조할 예정이다.

독일은 2012년 실험용 극초음속 비행체(SHEFEX II) 시험 성공 후 ATLAS II 프로젝트 일환으로 연구와 시험을 지속하고 있다.

인도는 러시아와 협력하여 극초음속 순항미사일 브라모스-II(BrahMos II)를 2028년까지 실전 배치 예정이다.

3. 극초음속 미사일 방어체계 분석

3.1 방어체계 제한사항 식별[15]

러시아와 중국이 개발한 HGV는 마하 5 이상의 극초음속이며, 대부분 이동식 발사대(TEL)에 탑재되어 발사되므로 사전 탐지가 제한된다. 또한 기존의 램제트(Ramjet) 엔진보다 출력이 강한 스크램제트 엔진으로 HGV보다 낮은 고도에서 비행하여 탐지가 제한된다. HGV는 기존 탄도미사일에 탑재되어 우주공간에서 분리된 후 극초음속 비행을 하며, 자체 정밀타격 체계를 활용하여 다양한 궤적으로 다양한 표적 타격 가능하다. HGV, HCM 모두 30km 정도의 낮은 고도에서 기동이 가능하므로 육상기반의 요격 미사일인 GBI(Ground-Based Interceptor)와 THAAD(Termin

High Altitude Air Defense)는 요격이 불가하다.

해상 기반 요격미사일인 SM-3는 GBI와 같은 이유로 요격이 제한되며[16], SM-6 미사일은 단거리 탄도미사일 방어가 가능한 것으로 알려졌으나 속도가 마하 3.5에 불과하므로 마하 5 이상의 극초음속 미사일에 대응이 제한되어 성능개량이 진행 중이다[17]. 미해군은 알레이버크급 이지스함에 MK41 수직발사관을 활용한 새로운 무기통제 시스템인 RGPWS(Regional Glide Phase Weapon System)의 개발을 진행 중이며, 추후 개발될 극초음속 미사일 요격 시스템과 통합되어 운용할 것으로 판단된다[18].

극초음속 미사일 요격능력을 가진 것은 러시아의 S-500이 우주공간에서 일부 가능하다[19].

3.2 미국의 극초음속 미사일 방어체계[20]

알래스카 지상에 배치된 GBI(Ground Based Interceptor)의 직격요격체(Kill Vehicle)를 다중표적 직격요격체(Multi Object Kill Vehicle)로 재설계하여 대기권 외곽에서 극초음속 미사일 요격하며, 위성·항공기 등을 활용하여 상승단계 요격 고에너지 무기(HEW)를 활용하여 극초음속 미사일을 요격한다. Fig.2는 레이저무기체계 운용개념을 나타낸다[21].



Fig. 2 Laser Weapon Systems Operation Concept

현재 레이저 무기는 출력과 정확도에서 여전히 기술적 한계가 존재하나 미국 의회조사국에 따르면 현재 무인기 요격이 가능한 수준인 150kW급인 레이저 무기 출력은 2023년 300kW, 2025년에는 500kW급으로 발전해 순항미사일 요격이 가능할 것으로 전망되며, 2030년에는 탄도미사일과 극초음속미사일 요격이 가능한 1MW급 출력의 레이저 무기가 개발될 것으로 예측된다. 미국의 제너럴 아토믹스와 보잉은 컨소시엄을 통해 지상차량, 항공기, 함정 탑재가 가능한 300킬로

와트까지 확장이 가능한 100kW 레이저 무기체계 개발 중이다. 미 공군에서는 Fig.3[22]과 같이 SHiELD(Self-product High Energy Laser Demonstrator) 프로그램용 고풍력 광섬유 레이저를 개발하여 2021년까지 전투기에 소형 레이저를 탑재할 계획이었으나 기술적인 문제로 2023년 이후로 연기되었다.



Fig. 3 Compact Laser Weapon Systems, SHiELD

반응시간 단축을 위해 우주개발청(SDA)의 국가우주방어 아키텍처(National Defense Space Architecture)와 미사일방어청(MDA)의 미사일 방어 이니셔티브 프로그램(Missile Defense Initiative Program)을 통합한 모든 도메인에서 탐지-통제-교전 센서 아키텍처(All Domain Detect Control Engage Architecture) 추진하였고 2021년 11월 우주기반 센서로 적외선을 활용하여 극초음속 탄도미사일을 추적하는 방안(OPIR: Overhead Persistent Infrared)을 적용한 극초음속 탄도미사일 탐지용 우주기반 탐지 센서체계(HBTSS: Hypersonic and Ballistic Tracking Space Sensor) 시제품 개발 성공하였다. 미 우주개발청(SDA: Space Development Agency)은 구축하는 저궤도(LEO: Low Earth Orbit) 군사위성 감시체계에 HBTSS의 일부인 첨단 중간단계 감시센서(MFoV: Medium Field of View Sensors) 추가 탑재로 중국의 Starry Sky-2 추적 및 로켓에서 분리되는 DF-ZF HGV 탐지능력 보유하게 되었다. 2024년까지 트랜체 체로의 1단계 Tranche One)를 위해 기존 초소형 위성을 포함하여 약 150개의 감시위성 구축예정이며, 2026년까지 트랜체 체로의 2단계에서 약 1,000개의 감시위성 구축할 계획이다. 또한 장거리 초음속 위협을 정밀 타격하는 경량 비행기 프로그램인 글라이드 브레이커(Glide Breaker) 프로그램을 개발할 예정이다. Weather and Particle Impact Energies by

Speed 프로그램은 극초음속 무기가 날아가는 흐름을 교란시키기 위해 이동경로에 인공적인 구름 생성, 금속입자를 살포하는 프로그램으로 Fig.4와 같다[23].

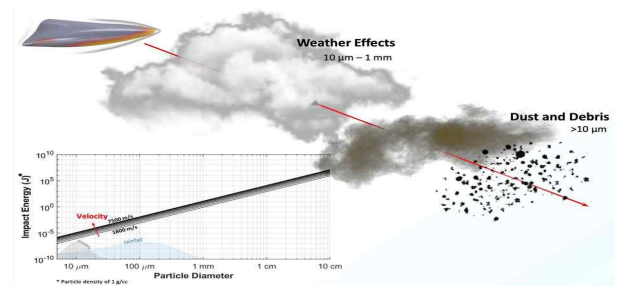


Fig. 4 Weather and Particle Impact Energies by Speed Program

SM-6를 활용한 Glide Phase Intercept 요격은 Fig.5[22]와 같이 HBTSS(Hypersonic and Ballistic Tracking Space Sensor)를 활용한 탐지정보를 C2BMC(Control Command, Ballistic Missile Center) 통해 이지스함, THAAD, PAC-3에게 정보 제공한다.

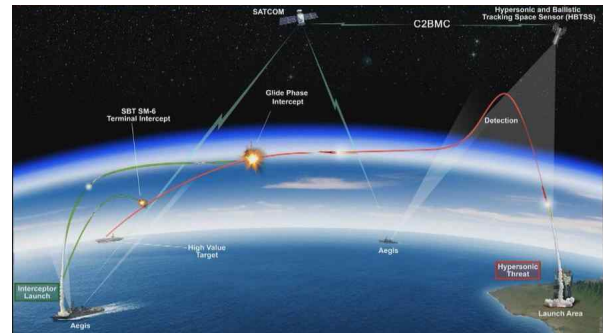


Fig. 5 U.S. Aegis Layer Defense Operation Concept Against Hypersonic Missiles

레일건은 금속 탄자를 전자기력으로 가속하여 발사하는 기구로 개발 중이나 스페이스 건이나 전자기 캐터펄트 등 운송 수단으로도 응용된다.

선형(Linear) 궤도(Rail)를 쓰기 때문에 리니어 건(Linear Gun)이라고도 하고, 전자기력을 사용하여 발사체를 투사하는 의미에서 EML(Electromagnetic Launcher)이라고도 하며, 전자기력을 사용하여 포탄을 쏘는 대포라는 의미에서 EM건(Electromagnetic Gun)

이라고도 하지만 일반적으로 Fig.6[24]과 같은 레일건 (Railgun)으로 알려져 있다.



Fig. 6 U.S. Railgun

2018년 이후 미군은 줌왈트급 구축함에 실전 배치를 목표로 연구하여 개발비용만 1조 원이 넘는 예산을 투입하였으나 현재는 예산, 기술적인 문제 등의 사유로 개발을 중단하였다. 현재 미 해군에서 배치된 레일건은 최대사거리 350km로 근접방어무기체계 단점만 보완된 무기체계로 볼 수 있다. 개발비용은 막대하지만 배치 완료 시 중거리 미사일 대비 1/10가격으로 더 경제적이고 분당 20발 수준으로 더 위력적이다. 기존 화포 대비 발사섭광은 1/1,000로 폭음이 1/10로 감소되므로 위치 노출이 최대한 억제될 수 있다.

단점은 강한 반동으로 발사체의 무게가 BB탄의 150배 이상이며, 순간 충격력은 60MN으로 매우 크고, 12V 자동차 배터리 14,000개 분량의 거대한 규모의 전력이 소모된다. 미군에서 적용하려는 레일건은 Fig. 7과 같이 자계(Magnetic Field)의 상호작용과 로렌츠 힘(Lorentz Force)에 기반한 원리가 적용된다.

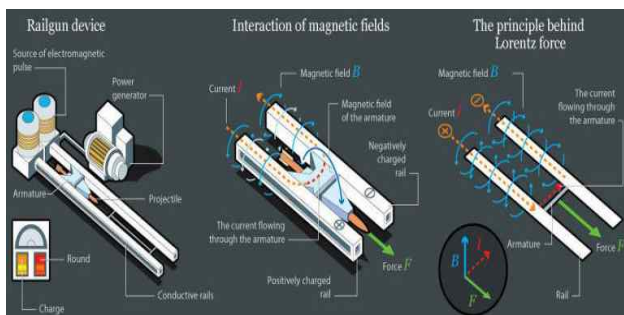


Fig. 7 U.S. Railgun Principle

고출력 전자기파는 전자전 장비의 일종으로, 주파수가 3~30GHz로 매우 높은 마이크로파(HPM) 기술이 적용된다. 레이저처럼 에너지를 모아 쏠 수 있는 강력한

마이크로파를 상대 항공기나 미사일에 발사하여 적 항공기·미사일 센서나 안테나에 허용치를 넘는 대량의 전자공격을 가해 기능을 상실시키기 위함이다. 극초음속 순항미사일에는 효과적이나 극초음속 탄도미사일에 대한 효과는 미지수이다.

3.3 일본의 극초음속미사일 방어체계

일본은 미·일 공동대응체계를 구축하여 북·중·러시아의 극초음속미사일에 대응하기 위해 2022년 1월 7일 미국과 공동연구, 공동개발, 공동생산, 공동유지 및 시험평가에 관한 협정을 체결하였다. 2029년까지 레일건 개발 프로그램을 화약을 이용하는 미사일보다 속도가 빠르고 연속발사가 가능한 전자력 포탄으로 개발을 추진할 예정이며, 2022년 예산에 시제품 개발비 65억엔을 포함하고 있다. 다층방어체계 요격프로그램은 기존의 방어체계에 레일건을 추가하여, 1차 SM-3, 2차 레일건, 3차 PAC-3 요격 프로그램을 구축할 예정이며, 발사원점 타격을 위한 사거리 1,000km급 순항미사일 개발을 추진하고 있다.

4. 우리 군의 대응 방안 및 결론

주요국의 극초음속 미사일 방어체계 개발현황과 3.1절의 제한사항을 고려한 우리 군의 대응 방안은 기존의 KAMD(Korean Air & Missile Defense)의 능력보강과 새로운 개념의 무기체계 획득방안을 고려해 볼 수 있다. 정책적으로 우리 군은 북한 미사일 대응 한·미 워킹그룹을 확장억제전략위원회 산하에 두는 방안을 미측에 제안하였으며, 체계를 갖추기 전까지 미국의 MD(Missile Defense)에 편입하는 방안도 제시될 수 있다.

하층방어 위주의 기존의 KAMD 체계에 레일건과 SM-6를 보강하며, L-SAM-II 미사일의 성능을 강화하여 극초음속 미사일 활강구간이며 블라인드 요격구간인 30~40km 대응능력을 갖추는 것도 필요하다.

또한 차세대 미사일 방어체계는 기존의 직접요격(Hit-to-kill) 체계와는 구분된 레이저, 고출력전자파무기를 활용한 복합 개념의 방어체계를 고려할 필요가 있다.

References

- [1] Kelley M. Sayler, "Hypersonic Weapons: Background and Issues for Congress," *CRS Report*, pp. 2-3, March 2020.
- [2] H. H. Choi, "Hypersonic weapon development competition - extreme efforts to neutralize defense speed competition," *Defense Technology*, vol. 463, pp. 31-32, 2017.
- [3] Gliding missiles that fly faster than Mach 5 are coming, *The Economist*, Berlin and Washington, 2021.
- [4] <https://space.stackexchange.com/questions/58197/what-is-the-difference-between-a-marv-and-a-hypersonic-glide-vehicle>
- [5] H. S. Son et al, "Hypersonic Weapons and National Security," *Journal of Aerospace System Engineering*, Vol. 16, No. 1, pp. 56-69, 2022.
- [6] K. Y. Hwang and H. N. Huh, "Research and Development Trends of a Hypersonic Glide Vehicle(HGV)," *JKSAS*, Vol. 48, No. 9, pp. 731-743, 2020.
- [7] S. H. Lee, "North Korea's Hypersonic Glide Vehicle(HGV) Development Intent and Implications," *KIDA Defense Issues & Analyses*, Vol. 22, No. 5, 2022.
- [8] Y. G. Choi et al, "The DSC/TGA and Ablation Analysis to Conforming Pyrolysis Characteristic and Surface Recession of Hypersonic Missile," *JKSPE*, Vol. 38, No. 4, 2021.
- [9] U.S. Congress, Senate Committee on Armed Services, "Testimony of Michael Griffin," Hearing on New Technologies to Meet Emerging Threats, April 18, 2018., Kelley M. Sayler, Hypersonic Weapons: Background and Issues for Congress, CRS Report, March 17, 2020, p.1.
- [10] DoD, Department of Defense Tests Hypersonic Glide Body, March 20, 2020.
- [11] CRS, Program information taken from U.S. Navy, Army, Air Force, and DARPA FY2020 Justification Books.; Program information taken from U.S. Navy, Army, Air Force, and DARPA FY2021 Justification Books.
- [12] Presidential Address to the Federal Assembly<<http://en.kremlin.ru/events/president/news/56957>>.
- [13] James M. Acton, China's Advanced Weapons, Testimony: U.S.-China Economic and Security Review Commission, Carnegie Endowment for International Peace, February 23, 2017.
- [14] H. I. Sutton, "China's New Aircraft Carrier Killer Is World's Largest Air-Launched Missile", <https://www.navalnews.com/naval-news/2020/11/chinas-new-aircraft-carrier-killer-is-worlds-largest-air-launched-missile>.
- [15] Missile Defense: Assessment of Testing Approach Needed as Delays and Changes Persist, GAO, 2017.
- [16] GKyle Mizokami, "How Do You Stop a Hypersonic Weapon? DARPA is Looking for the Answer," *Popular Mechanics*, 2020.
- [17] Steve Trimble, "Document likely shows SM-6 hypersonic speed, anti surface role," *Aviation Week*, 2020.
- [18] The Moscow Times, "Russia Touts S-500's Ability to Destroy Hypersonic Weapons in Space," *The Moscow Times*, 2020.
- [19] Jen Judson, "MDA pauses defensive hypersonic missile design to refocus plan," *Defense News*, 2020.
- [20] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Seal_of_the_United_States_Space_Force.svg10.
- [21] GA-EMS and Boeing Team to Develop 300kW-class HELWS Prototype for US Army Laser Weapon System Prototype for U.S. Army, SAN DIEGO, 2021.
- [22] <https://www.lockheedmartin.com/en-us/news/features/2020/tactical-airborne-laser-pods-are-coming.html>.
- [23] CSIS, complex air defense countering the hypersonic missile threat, center for strategic international studies, 2022.1.
- [24] <https://learningenglish.voanews.com/a/us-navy-cancels-development-of-high-tech-railgun-weapon/5951475.html>
- [25] <https://www.electroboom.com/?p=856>.