

박사학위 청구논문
2021학년도

한국군 무기체계에 대한 정량화된
상호운용성 평가모델 연구

A Study on the Quantified Interoperability
Assessment Model for the ROK Military Weapon Systems

광운대학교 대학원

방위사업학과

박 중 출

한국군 무기체계에 대한 정량화된
상호운용성 평가모델 연구

A Study on the Quantified Interoperability
Assessment Model for the ROK Military Weapon Systems

광운대학교 대학원

방위사업학과

박 종 출

한국군 무기체계에 대한 정량화된
상호운용성 평가모델 연구

A Study on the Quantified Interoperability
Assessment Model for the ROK Military Weapon Systems

지도교수 최 용 훈

이 논문을 공학 박사학위 청구논문으로 제출함.

2022년 6월 일

광운대학교 대학원

방위사업학과

박 종 출

박종출의 공학 박사학위논문을 인준함

심사위원장 조 재 희 인

심 사 위 원 최 용 훈 인

심 사 위 원 손 채 봉 인

심 사 위 원 정 문 호 인

심 사 위 원 박 찬 봉 인

광운대학교 대학원

2022년 6월 일

감사의 글

내 인생의 모토는 공자의 “知之者 不如好之者, 好之者 不如樂之者”, 장자크 루소의 “인내는 쓰다, 그러나 그 열매는 달다.” 그리고 ”나를 업그레이드 시키는 것“ 입니다. 군 생활 막바지에 석사학위를 받고 20여년이 지나서야 박사학위를 준비한 것은 나를 업그레이드시키기 위해 시작한 일이었지만 인내의 시간이었고 즐기면서 하기에는 쉽지 않았습니다.

다행스럽게도 학위를 받을 수 있도록 내 일처럼 도움을 주며 이끌어주신 최용훈 교수님과 아울러 바쁘신 중에도 심사위원장으로서 논문을 끝까지 정성스럽고 세심하게 지도를 아끼지 않으신 조재희 교수님, 그리고 논문의 완성도를 위해 조언해주신 손채봉 교수님, 정문호 교수님, 박찬봉 교수님이 계셨기에 가능하였습니다. 진심으로 머리 숙여 감사드립니다.

또한 방위사업학과 교수님들과 주말마다 수료하기까지 같이 했던 22기분들, 특히 발표때마다 도움을 주고 공개발표때는 응원까지 와준 송왕근 박사와 김재우 박사께도 감사의 말씀을 드리며, 아울러 설문조사 요청에도 기꺼이 응답해준 후배님들께도 감사의 말씀을 전합니다.

오늘의 나를 있게 한 하늘에 계신 아버지와 항상 포근하고 따듯한 마음으로 격려해주시는 어머니 나금섭 여사님, 형님들과 막내(박사취득 축하) 및 가족분들께 고마움을 전하고, 사랑하는 아내를 현명하게 키워주고 사위로 맞이해주신 장모님 박순례 여사님과 처 가족분들께도 고마움을 전합니다.

설계한 자기인생을 찾기위해 열심히 공부하는 멋쟁이 아들 찬원이, 그리고 인생에서 가장 힘든시기를 보내고 있는 이쁜딸 시온이에게 응원의 박수를 보내며 꿈이 현실이 되는 그날까지 항상 옆에서 응원할게.. 마지막으로 내 마음에 위안을 주고, 34년 군 생활을 마무리하는 이 시점에 학위를 받을 수 있도록 독려해주고 응원해준 사랑하는 아내 연지민과 함께 이 기쁨을 나누고자 합니다.

국문요약

한국군 무기체계에 대한 정량화된 상호운용성 평가모델 연구

1991년 걸프전 당시 미군의 무기체계들은 상호운용성 부족으로 전술적인 작전에 문제가 발생하였고, 1992년 미 합참의장은 상호운용성에 대한 중요성을 제기하였다. 그리고 1992년 상호운용성 인증 프로세스 및 1998년 정보체계 상호운용성 수준(LISI) 모델이 발표되었다. NCW 환경으로 바뀌면서 무기체계도 상호연결된 복합체계 중심으로 발전하게 되었고 평가모델 연구도 체계, 기술, 조직, 개념 등 모든 분야에서 이루어지고 있는 추세이다. 미군은 2006년부터 네트워크 준비도 핵심성능요소(NR-KPP) 개념으로 전환하였고 무기체계 획득단계에 적용하여 상호운용성을 평가 및 인증하고 있다. 그러나 한국군은 2006년 ADD에서 미군의 LISI 모델을 토대로 한국군에 적합한 LISI 모델을 개발하여 현재까지 무기체계 및 비무기체계, 국방정보체계 등의 상호운용성 평가에 사용하고 있다. LISI 모델은 단일체계 중심의 정보체계(C4I체계 포함)간 상호운용성 확보를 위한 평가모델로 개발되어 복합체계 평가 및 비기술적, 정량적인 평가가 제한된다. 국내 연구는 LISI의 단점을 보완하기 위한 부분적인 연구들이 대부분이고 정량적인 모델에 대한 연구는 필요성만을 언급하고 있는 수준이다. 국외연구 역시 LISI 모델의 단점을 보완하기 위한 수준의 연구가 많았으며, 정량적인 평가모델들이 일부 발표되었다. LISI 모델을 포함한 대부분의 모델들은 정성적인 접근방식에 가깝다고 볼 수 있다. 그러나 상호운용성은 정성적인 접근보다는 정량적인 접근이 필요하고, DoD 지침에서도 정보기술(IT) 및 국가보

안시스템은 측정가능한 성능 기반 기준을 통한 상호운용성 평가를 요구하고 있다.

따라서 본 논문 연구는 한국군이 사용하는 LISI 모델에 대한 단점을 보완하고 정량화된 접근방식으로 평가모델을 개선하기 위해 운영스레드 기준이며 정량적인 평가모델인 i-Score 모델의 6단계를 식별하였고, i-Score 모델의 제한사항인 운영스레드 수단체계 집합 기준을 킬체인 이외의 타 작전개념에도 적용하기 위해 LISI 모델의 기 결정된 상호운용성 수준으로 대체하고 6단계를 단순화하는 방안을 연구하였다. 검증은 i-Score 모델과 제안 모델을 비교 검증하여 동일수준의 결과가 도출되었으며, 복합체계에 대한 상호운용성 평가도 가능함을 식별하였다. 적용은 공군 방공작전 중 항적포착 자료전송에 관련된 무기체계를 선정하여 평가하였다. 적용 평가 결과 i-Score 모델의 단점과 LISI 모델의 단점 극복이 가능하며, 직·간접적으로 연동된 체계들에 대한 현재 및 미래의 상호운용성에 대한 제한 및 개선사항 식별이 가능하였다. 또한 정량화된 방식으로 최우선 개선체계 요구가 가능하였다. 그리고 소요제기부서가 소요제기 이전 능력평가의 시나리오 아키텍처 작성시 스킨개념을 적용토록 하고, 소요제기서에 대한 제안 모델의 평가 결과를 소요제기부서에 피드백함으로써 사업기간뿐만이 아니라 운용유지단계에서도 효율적인 예산운영이 가능할 것으로 기대된다.

상호운용성, 상호운용성 평가, LISI 모델, Interoperability Score 모델, NR-KPP, 아키텍처, 정량적 평가모델

ABSTRACT

A Study on the Quantified Interoperability Assessment Model for the ROK Military Weapon Systems

Park, Jong Chool

Dept. of Defense Acquisition Program

The Graduate School

Kwangwoon University

During the 1991 Gulf War, the U.S. military's weapons systems suffered tactical operations due to a lack of interoperability, and in 1992, the U.S. Joint Chiefs of Staff raised the importance of interoperability. In addition, the Interoperability Certification Process in 1992 and the Information System Interoperability Level (LISI) model in 1998 were announced. With the change to the NCW environment, weapon systems have also developed around interconnected system of systems, and assessment model studies are also being conducted in all fields, including systems, technologies, organizations, and concepts. Since 2006, the US military has switched to the concept of net-ready key performance parameter(NR-KPP) and is applying it to the weapon system acquisition stage to assess and certify interoperability. However, the ROK military developed a Korean LISI model by benchmarking

the US military's LISI model at ADD in 2006, and has been using it to assess interoperability of weapon systems, non-weapon systems, and defense information systems. The LISI model was developed as an assessment model to secure interoperability between single system-centered information systems (including C4I systems), so system of systems assessment and non-technical and quantitative assessment are limited. Most of the domestic studies are partial studies to compensate for the shortcomings of LISI, and studies on quantitative models only mention the necessity. There have been many overseas studies to compensate for the shortcomings of the LISI model, and some quantitative assessment models have been published. Most of the models, including the LISI model, are close to a qualitative approach. However, interoperability requires a quantitative rather than a qualitative approach, and even in the DoD guidelines, information technology (IT) and national security systems require interoperability assessment through measurable performance-based standards.

Therefore, this thesis study identified the 6 steps of the i-Score model, which is a quantitative assessment model based on the operational thread, in order to supplement the shortcomings of the LISI model used by the Korean military and improve the assessment model with a quantified approach. In order to apply the operational thread means system set standard, which is a limitation of the i-Score model, to other operational concepts other than the kill chain, a method was studied to replace the LISI

model with a predetermined interoperability level and to simplify the 6 steps. For verification, the same level of results were derived by comparing and validating the i-Score model and the proposed model, and it was identified that interoperability assessment for system of systems was also possible. Application was assess by selecting a weapon system related to tracking data transmission during air defense operations. As a result of application assessment, it is possible to overcome the shortcomings of the i-Score model and the LISI model, and it is possible to identify limitations and improvements for current and future interoperability of directly and indirectly linked systems. In addition, it was possible to request the top priority improvement system in a quantified way. In addition, it is expected that efficient budget operation will be possible not only during the project period but also during the operation and maintenance phase by allowing the requesting department to apply the skin concept when drafting the scenario architecture of the capability assessment prior to raising the requirement, and feeding back the evaluation result of the proposal model for the requesting request to the requesting department.

Interoperability, Interoperability Assessment, LISI Model, Interoperability Score Model, NR-KPP, Architecture, Quantitative Assessment model

차 례

국문요약	i
ABSTRACT	iii
차 례	vi
그림차례	x
표 차례	xii
제1장 서 론	1
제1절 연구의 배경 및 필요성	1
1. 연구의 배경	1
2. 연구의 필요성	4
제2절 연구의 방법 및 범위	6
1. 연구의 방법	6
2. 연구의 범위	7
제2장 국내·외 선행연구	11
제1절 상호운용성 정의 및 유형	11
1. 상호운용성 정의	11
2. 상호운용성 유형 및 범위	13
3. 문제 및 시사점	16

제2절 상호운용성 평가 및 절차	17
1. 상호운용성 평가	17
2. 상호운용성 평가 절차	18
가. 선진국(미군) 절차	18
1) NR-KPP 유래	21
2) NR-KPP 정의	22
3) NR-KPP 구성요소	23
4) Net-Ready 아키텍처 개발	26
나. 한국군 절차	30
1) 획득단계별 상호운용성 평가	30
2) 국방 아키텍처	37
3. 상호운용성 평가모델	43
가. 선진국 상호운용성 평가모델	43
1) Spectrum of Interoperability Model(SoIM)	46
2) Quantification of Interoperability Methodology(QoIM) ...	47
3) Military Communications and Information Systems Interoperability(MCISI)	48
4) Levels of Information System Interoperability(LISI) Model ...	49
5) Interoperability Assessment Methodology(IAM)	54
6) System of Systems Interoperability(SoSI) Model	55
7) The Layered Interoperability Score(i-Score)	56

가) 방법론 6단계 프로세스	57
나) 6단계 프로세스 적용(예)	61
나. 한국군 상호운용성 평가모델	65
1) LISI 모델의 PAID 확장 연구	65
2) 복합체계 상호운용성 평가 모델 연구	67
3) 정량화된 상호운용성 평가모델 연구	69
4. 문제 및 시사점	70
제3장 정량화된 상호운용성 평가모델 제안	72
제1절 제안 모델 개념	72
1. i-Score 모델 개선	72
2. 운영스레드 결정 논리 개선	74
3. i-Score 모델을 개선한 제안 모델	75
제2절 정량화된 상호운용성 평가모델 검증	78
1. 제안 모델 검증 방법	78
2. 제안 모델 검증 수행	79
가. 탐지/식별 동일체계로 적용 검증	79
나. LISI 수준 동일한 탐지 및 식별 체계 적용 검증	83
다. LISI 수준 동일한 식별 및 추적 체계 적용 검증	87
3. 제안 모델 검증 결과	91
제3절 정량화된 상호운용성 평가모델 무기체계 적용	94

1. 무기체계 적용 평가 방법	94
2. 무기체계 적용 평가 수행	96
가. B 체계에서 전술조치 명령시	96
나. C 체계에서 전술조치 명령시	99
3. 실 무기체계 적용 평가 결과	102
4. 무기체계 소요제기 및 획득단계 적용	103
5. 제안 모델 개선 효과	105
 제4장 결론 및 고찰	 108
 참고문헌	 111
 부록-설문지	 116

그 립 차 례

그림 1. 연도별 상호운용성 정의 개수	11
그림 2. 상호운용성 문제를 다루는 표준 및 권장 사항	14
그림 3. 상호운용성 범위	15
그림 4. MCA, JCIDS 및 NR 인증 관계 개요	20
그림 5. NR-KPP 4단계 프로세스 개요	25
그림 6. DoD 6단계 아키텍처 개발 프로세스	27
그림 7. JCIDS 및 획득 프로세스에 적용된 Net-Ready 개발	27
그림 8. DoDAF 관점	28
그림 9. 소요평가 절차	33
그림 10. 상호운용성 수준측정 절차도	33
그림 11. SITES 운용개념도	34
그림 12. 단위시스템 획득단계별 아키텍처 구축/등록 절차	40
그림 13. 합동전투발전수행절차	41
그림 14. 운영개념도	42
그림 15. 14개의 상호운용성 모델	44
그림 16. 상호운용성 모델링 결과	48
그림 17. LISI 상호운용성 성숙도 모델	50
그림 18. LISI 참조모델	51
그림 19. LISI 능력모델	52

그림 20. 아키텍처 관점과 LISI의 관계	53
그림 21. 상호운용성 평가 절차	55
그림 22. SOSI 모델	56
그림 23 운영스레드(IDEF0) 예	61
그림 24. 상호운용성 평가모델	70
그림 25. 제안 모델 운영스레드	76
그림 26. 탐지/식별 동일체계로 처리한 운영스레드	79
그림 27. LISI 수준이 동일한 탐지/식별 체계로 처리한 운영스레드	83
그림 28. LISI 수준이 동일한 식별/추적 체계로 처리한 운영스레드	87
그림 29. 항적포착 자료전송 체계 구성도	94
그림 30. 항적포착 자료전송 운영스레드	96
그림 31. 항적포착 자료전송 운영스레드(C 체계 포함)	99
그림 32. 합동전투발전수행절차의 소요평가 단계	104

표 차 례

표 1. NR-KPP 구성요소, 세부사항, 측정도	24
표 2. DoDAF 관점 설명	29
표 3. 획득단계별 평가분류 및 대상	31
표 4. 상호운용성 적용 항목	35
표 5. 상호운용성 적용항목별 평가항목	36
표 6. 국방정보기술 아키텍처 분류	38
표 7 국방정보기술 아키텍처 필수 작성 산출물	39
표 8. 상호운용성 측정모델 요약	45
표 9. 상호운용성의 SoIM 수준	46
표 10. 스레드 스핀 예에 대한 설명	62
표 11. LISI 성숙도 모델	66
표 12. 미군 킬체인 체계(예)	74
표 13. 탐지/식별 동일체계로 적용 결과	82
표 14. LISI 수준 동일한 탐지 및 식별 체계 적용 결과	86
표 15. LISI 수준 동일한 식별 및 추적 체계 적용 결과	90
표 16. 평가 모델 검증 결과	92
표 17. i-Score 모델과 제안 모델 비교	93
표 18. 항적포착 자료전송 스핀	95
표 19. 무기체계 적용 평가 결과	102
표 20. LISI 모델, i-Score 모델과 제안 모델 비교	105
표 21. 전문가 설문조사 결과	107

제1장 서론

제1절 연구의 배경 및 필요성

1. 연구의 배경

인터넷 사용자의 폭발적인 증가와 함께 인공지능(AI¹⁾), 빅데이터, 클라우드, 모바일, 사물인터넷(IOT²), 로봇 등의 발전은 전 세계 사회, 경제, 국방, 문화 등 모든 분야에서 대 혁신을 맞이하고 있다. 4차산업혁명 시대라고 불리는 현재 전 세계가 연결되었을 뿐만 아니라 가상 세계와도 상호연결되고 있다. 가상과 물리 세계가 연결된 복잡한 시스템 환경은 상호운용성에 대한 중요성을 요구하고 있다. 상호운용성은 인터넷이 도래하기 훨씬 전부터 정보 처리 및 교환 커뮤니티에서 논의된 주제였으나, 오늘날의 디지털 정보 환경에서와 같이 많은 커뮤니티에서 그렇게 중요하거나 큰 관심을 받은 적이 없었다.[1] 그리고 군에서 중요성이 크게 제기된 것은 1991년 걸프전으로 Sterling D. Sessions과 Carl R. Jones는 사막의 폭풍사태 연구[2]에서 “1991년 Desert Storm은 많은 국가의 많은 유닛과 많은 서비스가 성공적으로 혼합된 새로운 시대를 전형적으로 보여주었지만 상호운용성의 부족으로 전술적 문제를 야기했다.” 라고 하였다. 일례로 무선장비의 주파수 부족으로 포격지원 제한, E-3A(공중조기경보 및 제어시스템)와 해군 함정간의 조기경보 데이터 수신 제한, 해군의 ATO³(항공 임무명령서) 사용 제한 등이 있었다. 1992년 7월 미 합참의장 콜린파월은 “전투

1) Artificial Intelligence

2) Internet Of Things

3) Air Tasking Order

원이 원하는 시점에, 원하는 장소에서, 원하는 목적으로 정보를 사용할 수 있어야 한다.” 라고 하면서 Joint C4I for the Warrior라는 비전 선언문 발표[3]하였고, 1992년 DISA⁴⁾ 상호운용성 인증 프로세스, 1996년 C4ISR Architecture Framework, 1994년 DII⁵⁾ 마스터플랜, 1998년 정보체계 상호운용성 수준(LIS I⁶⁾) 모델 등이 발표되었다.

한국군은 '06년 국방과학연구소(ADD⁷⁾)에서 미군의 LISI 모델을 토대로 한국형 모델을 개발하였고 무기체계, 비무기체계 및 국방정보체계에 적용하여 평가하고 있다. 상호운용성 평가 업무 수행은 미군의 JITC⁸⁾를 벤치마킹하여 '06년에 창설된 국방상호운용성센터에서 담당하고 있다. 미 JITC는 합동전투용 IT 기능이 상호운용가능하고 임무 요구를 지원하도록 보장하기 위해 위험 기반 테스트, 평가 및 인증 서비스, 도구 및 환경을 제공하는 임무를 수행하고 있다.[4] LISI 모델은 단일체계 기반 PCW(Platform-Centric Warfare) 환경에서 서버중심의 정보체계인 전장관리(전술 C4I), 자원관리(인사, 군수, 조달, 재정 등) 등 체계간 상호운용성 확보를 위하여 카네기멜론대학의 SEI(Software Engineering Institute) 연구소에서 개발되었다.[5] NCW 환경으로 바뀌면서 무기체계도 단일체계 중심에서 무기체계들이 상호연결된 복합체계 중심으로 발전하게 되면서 SOSI(System of Systems Interoperability) 등과 같은 복합체계를 평가하기 위한 모델들이 개발되었다. 미군은 넷중심으로 개념이 바뀌면서 LISI 모델보다 개선된 네트워크 준비도 핵심성능요소(NR-KPP⁹⁾) 개념으로 전환하여

4) Defense Information Services Agency

5) Defense Information Infrastructure

6) Level of Information System Interoperability

7) Agency for Defense Development

8) 1979년 현재 DISA로 알려진 국방 통신국(The Defense Communications Agency)은 TRI-TAC/JTE 및 JTC3A(Joint Tactical Command, Control, and Communications Agency) 조직을 Joint Interoperability Test Center(JITC)로 알려진 하나의 조직으로 통합하였고 '99년에 Joint Interoperability Test Command(JITC)로 변경됨

무기체계 획득단계에 적용하여 상호운용성을 평가하고 인증하고 있으나, 한국군은 현재까지도 LISI 모델을 사용하고 있다.

LISI 모델은 정량화된 접근방식 보다는 정성적인 접근방식에 가깝다고 볼 수 있다. 그러나 상호운용성은 정성적인 접근보다는 정량적인 접근이 필요하다. Kasunic과 Anderson[6]은 "경영진은 그들이 바꾸고자 하는 것을 측정할 수 있어야 한다."라고 하였고, 또한 DoD 지침 4630.8[7]에는 "정보 기술 및 국가 보안 시스템의 상호운용성 및 지원 가능성을 위한 절차는 측정가능한 성능 기반 기준을 통한 상호운용성 평가를 요구한다."라고 하였듯이 정량적인 접근방식의 상호운용성 측정이 필요하다. T. Ford 등의 연구 논문[8]에 따르면 지금까지 실제로 사용할 수 있는 상호운용성 모델은 최소 14개의 모델들이 있다. 대부분의 모델들은 정성적인 접근방법을 적용하였고, 이중 최적화이론, 확률이론 또는 복잡성 이론과 같은 수학적 방법을 적용한 모델은 Interoperability Score(i-Score) 모델이 있으며 3개 모델 정도가 일부만 적용하고 있는 수준이다. 국내에서 대부분 연구되는 모델들은 LISI 모델을 기준으로 조직적, 체계, 기술, 개념 등 모든 분야에서 이루어지고 있으나 정량화된 모델은 필요성만을 제시하는 수준이다. i-Score 모델[9]은 운영스레드를 기반으로 쉽게 계산되고 기존 아키텍처 데이터를 사용한다. 또한 두 가지 이상 유형의 상호운용성이 포함된 시나리오에서 사용할 수 있고 운영스레드를 지원하는 시스템의 상호운용성을 정량적으로 측정하는 수단을 6단계로 제공한다. 그러나 운영스레드에 대한 수단체계의 집합 기준이 킬체인 외 타 작전개념에는 적용이 제한되고 동일 체계내에서 이루어지는 작전단계를 포함하여 평가하는 제한사항이 고려되어야 한다.

본 논문은 한국군이 무기체계 상호운용성 평가에 사용되고 있는 LISI 모델의 제한사항인 단일체계 중심의 정성적인 평가의 한계를 극복하고, 정량화된 방식

의 평가모델인 i-Score 모델의 운영스레드 수단체계 집합 기준 개선 및 단계를 단순화한 모델을 제시 및 검증하여 무기체계 획득단계 중 소요제기서에 적용하는 것을 목표로 한다.

2. 연구의 필요성

한국군이 사용하고 있는 LISI 모델은 체계내(일반상호운용성 수준) 및 직접연동체계(특정상호운용성 수준)의 수준을 상호운용성 수준측정시스템(SITE S10))을 활용하여 정성적인 방법으로 평가한다. 소요제기서에 제시된 일반과 특정 상호운용성 수준을 획득단계별로 충족여부를 평가하고 확인한다. 그러나 직접연동체계 뿐만 아니라 간접연동체계에 대해서도 평가가 필요하며, 무기체계가 복합체계로 구성됨을 고려할 때 신뢰성있는 정량적인 접근방식의 평가가 필요하다. 또한 소요제기서에 작전개념과 연계된 상호운용성 관련 제한사항 및 잠재적인 문제와 제한사항 해소를 위한 개선소요 및 우선순위를 식별하고 제시할 필요가 있다. 민간 GRID 분야에서 MR Knight 등[10]은 “상호운용성 투자에 대한 결정은 개선을 위해 취할 수 있는 대체 조치에 대한 이해와 예상 이점의 정량화를 기반으로 해야 하며, 이를 위해서는 관심 영역의 현재 통합 상태를 이해하고 기존 통합 문제를 명확히 설명하여 현재 상태와 개선된 상호운용성 간의 격차를 식별할 수 있어야 한다.”라고 하였듯이 정량화에 대한 관심이 증대되고 있다. 수학적식을 적용한 i-Score 모델은 정량적인 평가모델이고 운용스레드 기준이므로 LISI 모델의 정성적이고 단일체계 중심적인 평가의 보완이 가능하다. 그러므로 i-Score 모델의 한계인 운영스레드 수단체계 집합 기준을 보완하고 단계를 단순화하여 한국군 무기체계 상호운용성 평가에 적용할 필요가 있다.

10) Systems Interoperability Test and Evaluation System

그리고 한국군 무기체계에 대한 상호운용성 평가는 전력소요서 작성시 상호운용성이 포함되어 획득단계별로 평가가 이루어진다. 소요제기서는 합동전투발전 수행절차에 따라 능력평가 수행을 통하여 소요제기지침서를 작성하고 능력요구를 식별하여 작성한다. 능력평가지 위협 및 대응 시나리오를 작성하고 시나리오에 대한 아키텍처를 포함하여 작성하게 된다. 국방정보화업무훈령[11] 및 국방 상호운용성관리지시[12]에 따르면 소요제기서 및 전력소요서(안)에 대한 소요평가는 상호운용성 적용항목의 작성 적절성과 타당성, 연동대상체계와 관련된 부서간 협의사항을 확인하기 위해 수행된다. 시기는 중기 및 장기 신규, 중기전환 및 소요수정단계에서 수행된다. 소요단계에서 정확한 소요 작성과 평가가 이루어지지 않을 경우 획득단계별, 운영유지 단계에서 많은 비용과 시간이 추가로 소요하게 된다. 상호운용성을 포함한 정확한 소요는 소요제기부서에서 작성하여야 하나, 작전개념과 연계된 시나리오 아키텍처 작성이 미흡한 실정으로 연계된 상호운용성 작성도 제한적이다. 따라서 소요제기서에 작전개념과 연계된 시나리오 아키텍처가 작성될 수 있는 방안 제시가 필요하다.

제2절 연구의 방법 및 범위

1. 연구의 방법

국내외 상호운용성 평가모델을 자료조사하여 정성적인 평가방법과 정량적인 평가방법의 모델을 분류하고, 정량화된 평가모델 중에서 수학적식을 적용한 최초의 정량화 모델이라고 볼 수 있는 i-Score 모델을 식별하였다. 아울러 이 모델의 제한사항인 킬체인에 적합한 운영스레드 수단체계 집합 기준과, 작전단계별 체계는 구분되어 있으나 실질적으로 한 체계 내에서 다수 작전이 수행될 경우의 제한사항에 대한 해결방안을 연구하였다.

i-Score 모델은 수학적인 접근방식의 6단계를 적용하여 정량화된 평가를 수행하고 현재 및 미래의 제한사항을 제시하게 된다. 1단계는 운영스레드를 도표화하고 지원시스템 세트를 정의하며, 2단계는 상호운용성 매트릭스를 작성한다. 3단계는 Interoperability Score를 계산하고, 4단계는 최적의 Interoperability Score를 결정하게 된다. 5단계는 상호운용성 격차를 계산하고, 6단계에서 상호운용성 분석을 수행한다. 6단계 중 1단계인 운영스레드 도표화 및 지원시스템 세트를 정의할 때 운영스레드 수단체계 집합 기준을 작전단계 체계별로 Strategic ISR, Tactical ISR, Command Authority, Shooter 등으로 구분하였으나, 이에 대한 기준정의를 없어 타 작전개념에 적용가능하도록 LISI 모델의 일반 상호운용성 수준을 적용하였다. 또한 한체계내에서 다수 작전단계가 수행될 경우 한체계내의 상호운용성은 완전하므로 한 단계로 처리 가능한지를 연구하였다. 그리고 2단계에서 6단계까지 적용하여 제한사항 여부를 식별하여 개선된 모델을 제안하였다.

제안 모델 검증은 i-Score 모델의 킬체인을 동일하게 적용하였고 단지 1단계

의 운영스레드 수단체계 집합기준을 작전단계별이 아닌 체계별 LISI 모델의 일반 상호운용성 수준을 기준으로 설정하였다. 이때 체계별 일반 상호운용성 수준은 제시된 스핀을 고려하여 선정하였고, 스핀은 동일하게 적용하였다. 스핀은 양자역학의 개념으로 상호운용성 수준을 3단계로 구분한 것으로 완전한 상호운용성(+1), 제한된 상호운용성(0), 상호운용성 없음(-1) 등으로 제시하였다. 또한 체계별 기준에서 한체계내에 두개이상의 작전단계는 중복 개념으로 구분하여 적용한 방법과 하나의 수준으로 적용한 방법 모두를 적용하여 검증하였다. 검증 결과 6단계 분석에서 스핀 업그레이드로 현재 및 미래의 개선사항 식별이 가능하기 때문에 5단계 상호운용성 격차계산은 필요성이 미흡하여 제안 모델에서 제외하였다.

그리고 제안 모델에 대한 실 무기체계 적용은 전장관리정보체계의 메시지 전송에 많은 부분을 차지하고 있는 A 체계의 항적포착 자료전송으로 하였다. 항적자료 포착 자료전송과 직·간접적으로 연동된 체계별 일반 상호운용성 수준을 운영스레드 수단체계 집합기준으로 제시하였고 스핀을 작성하여 실질적인 상호운용성 평가를 수행하였다. 아울러 현재 및 미래의 상호운용성 수준과 제한사항을 식별하고 해결 우선순위를 분석하여 제시하였다.

또한 무기체계 획득단계 중 소요제기서 작성 단계 및 소요제기서에 대한 소요평가시에 제안한 정량화된 상호운용성 평가결과를 적용토록 하였다. 소요제기서 작성단계시 시나리오에 대한 아키텍처 작성에 작전개념과 관련된 직·간접 연동체계를 포함하여 스핀을 작성하고, 소요제기서에 반영되도록 제시하였다.

2. 연구의 범위

선진국인 미군의 경우는 2006년부터 정보시스템에 대한 상호운용성 평가 및 인증을 NR-KPP 개념을 적용하였다. CJCSI 6212.01E[13]는 NR-KPP를 시스템

의 정보에 대한 작전적 소요, 해당정보의 타임라인, 정보보증, 그리고 정보의 기술적 교환과 그러한 교환의 작전적 효과에 대한 네트워크 준비요소를 기술하는 핵심요소로 정의하고 있다. 또한 NR-KPP 구현가이드북[14]에서 “NR-KPP는 주어진 능력의 정보소요를 충족하기 위하여 적시적이고, 정확하며, 완전한 정보의 교환 및 사용을 평가하는 데에 필요한 정보로 구성된다.”고 하였다. 그러나 한국군은 아직도 LISI 모델을 적용하고 있기 때문에 LISI 모델의 제한사항을 점진적으로 해결하는 것이 막대한 예산을 투입하여 새로운 평가모델에 적합한 체계를 구축하는 것보다 효율적이라고 본다. 따라서 본 논문은 한국군이 적용하고 있는 LISI 모델의 제한사항인 복합체계 평가제한과 정성적인 평가를 개선한 정량적인 평가모델로 연구범위를 지정하였다.

수학식을 적용한 정량화 모델인 i-Score 모델은 향후 연구가 필요한 6가지를 제안하였다. 이들 6가지 제안 중에 i-Score를 계산할 때 운영 스펙트럼에서 결정 논리를 어떻게 설명할 수 있나? 등의 4가지 개선방안을 연구하였다. i-Score 모델은 시스템 간 상호운용의 품질을 나타내는 고유속성인 스핀 행렬을 기반으로 하였으나, 이후 시스템 간의 유사도를 거리 메트릭으로 측정한 결과인 유사도 계수 집합을 유사 행렬로 개선한 모델[15]을 발표하였다. 유사도 계수 집합은 상호운용성과 관련된 시스템 집합의 특성(속성 또는 기능)을 식별하고 분류하여 나타낸 것으로 스핀 행렬보다 더 충실하고 정확하다고 하지만, 한국군은 시스템 집합의 특성을 식별하고 분류하여 적용한 논문도 없는 실정으로 추가 연구가 필요하여 본 논문은 스핀 행렬 기반 i-Score 6단계를 개선한 모델로 연구를 한정하였다.

검증은 동일체계로 비교검증하는 방안을 제시하였으나 i-Score 모델의 작전 단계별 체계 구성이 현재와는 다른 이전의 미군 체계 구성이고 이전의 미군 LISI 수준을 판단하기가 제한되어 제시된 스핀을 고려하여 LISI 수준을 적용하

였다. 또한 스핀을 새롭게 작성하게 되면 비교검증이 제한되어 동일한 스핀을 적용하여 평가하였다. LISI 모델의 평가 결과 측정된 수준은 국방정보화업무훈령상 제시된 무기체계만을 동일하게 적용하였다. 만약 제시되지 않은 무기체계가 있다면 소요제기서에 원하는 상호운용성 수준을 제시한 수준으로 적용하더라도 문제가 없으며, 스핀 작성시에도 작전단계별 상호운용성 상태를 판단할 수 있다.

실제 무기체계 적용 평가는 무기체계 중 A 체계를 선정하였으며 A 체계의 가장 중요한 임무 중 하나인 항적포착 자료전송 관련 직·간접 연동체계에 대한 상호운용성을 정량화 평가하였다. 아울러 직·간접 연동된 체계들 중 국방정보화업무훈령에 LISI 측정수준이 제시된 체계들을 우선적으로 적용하여 평가하였다.

평가결과에 대한 적용은 무기체계 전 획득단계에서 수행되어야 한다. 소요평가는 작성된 스핀 개념과 작전과 관련된 운영스레드 작성의 적절성, 정량화된 평가결과로 식별된 현재 및 미래의 제한사항 여부와 개선계획을 검증하고, 수준측정시는 위 사항에 대한 적용 및 개선 결과를 토대로 수준을 재측정하게 된다. 또한 최종 적용 결과는 운용시험평가에서 확인한다. 그러나 본 논문은 소요제기서 단계로 국한하여 연구하였고 스핀작성만 소요제기서 작성단계시 시나리오와 연계된 아키텍처 작성에 포함되도록 하였다.

따라서 본 논문은 정량화된 측정모델인 i-Score 모델을 기반으로 한국군 실정에 맞는 정량화된 상호운용성 평가모델을 제시하고 비교 검증하였으며 실제 무기체계를 대상으로 평가하였고 획득단계 평가 중 소요평가단계에 적용하였다. 2장은 국내·외 선행연구를 통하여 상호운용성에 대한 정의와 상호운용성 평가 절차, 상호운용성 평가모델과 정량화 평가모델을 연구하여 제한사항을 식별하였다. 3장은 정량화된 상호운용성 평가모델을 제안하고 기존 모델과 비교

검증 및 실 무기체계에 대한 평가를 실시하였으며, 획득단계 중 소요제기서에 적용하는 방안을 제시하였다. 아울러 제안 모델에 대한 전문가 의견을 추가 확인하였다. 4장은 결론 및 향후 연구과제를 제시하였다.

제2장 국내·외 선행연구

제1절 상호운용성 정의 및 유형

1. 상호운용성 정의

상호운용성에 대한 정의는 정치, 군사, 학계 등 다양한 분야에서 연구되고 정의되었다. T. Ford 등의 논문[8]에서 지난 30년 동안 연구논문, 표준 및 기타 정부 문서에서 사용된 상호운용성에 대한 34개의 정의를 확인하였고, 기간별 제안된 정의를 그림 1과 같이 히스토그램으로 제시하였다. 아울러 대표적으로 많이 사용되는 정의를 DoD의 “상호운용성은 시스템, 부대 또는 부대가 다른 체계, 부대 또는 부대에서 서비스를 제공하고 그로부터 서비스를 수락하며, 함께 효과적으로 작동할 수 있도록 교환된 서비스를 사용할 수 있는 능력”으로 제시하였다.

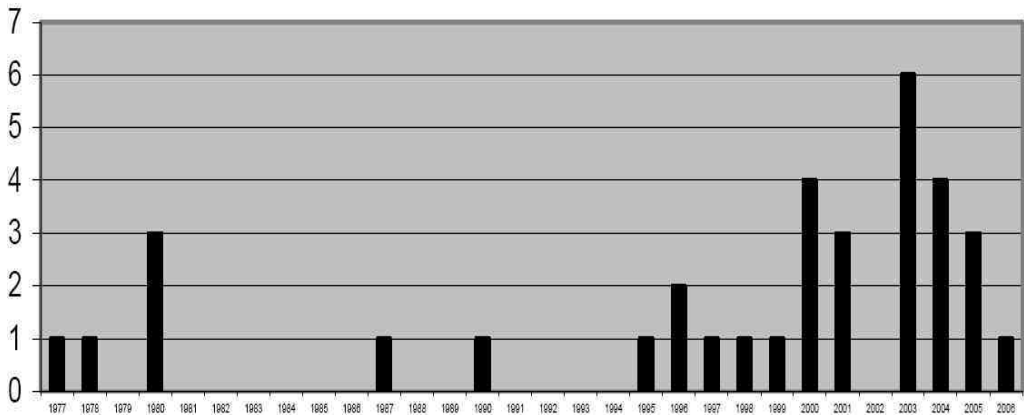


그림 1. 연도별 상호운용성 정의 개수

Figure 1. Interoperability Definition Popularity

<자료출처 : T. Ford 외 2인, 2007, pp. 3.>

ISO 25964-2:2013[16]은 상호운용성(Interoperability, 相互運用性)을 “정보를 교환하고 교환된 정보를 사용할 수 있는 둘 이상의 시스템 또는 구성 요소의 능력”으로 정의하였고, NISO Press(2004)[17]에는 “상호 운용성은 콘텐츠 및 기능의 손실을 최소화하면서 데이터를 교환하기 위해 서로 다른 하드웨어 및 소프트웨어 플랫폼, 데이터 구조 및 인터페이스를 가진 여러 시스템의 능력”이라고 명시하였다.

위키백과[18]에는 “하나의 시스템이 동일 또는 이기종의 다른 시스템과 아무런 제약이 없이 서로 호환되어 사용할 수 있는 성질을 말한다. 처음에는 정보통신(IT) 또는 소프트웨어 개발 분야에서 사용되는 용어였으나, 이후 정치, 법률, 군사, 사회, 조직 등 다양한 분야로 확산되어 사용되고 있다.”라고 정의하였다. 한국군 국방정보화업무훈령[11]에는 “상호운용성(Interoperability)은 서로 다른 군, 부대 또는 체계 간 특정 서비스, 정보 또는 데이터를 막힘없이 공유, 교환 및 운용할 수 있는 능력을 말한다.”로 정의하였다.

임병윤의 전투발전요소 중심의 상호운용성 평가모델 제안[19]에서 “정의를 통해 살펴본 상호운용성 특징은 ① 다양한 상호운용성 개체 타입(군, 부대, 시스템 등) ② 상호운용성을 개체간의 관계로 정의 ③ 상호운용성은 교환임을 표현 ④ 상호작용은 효과적인 작전임을 설명하는 것 등 4가지의 포괄적인 의미를 내포하고 있다.” 또한 4단계를 거쳐서 진화했음을 제시하였다. 1세대 정의는 하드웨어 기반의 물리도메인 영역에서 발생되며 PCW의 특징을 갖고, 2세대 정의는 소프트웨어 기반의 정보도메인 영역에서 발생하며 형태는 PCW이다. 3세대 정의는 시스템 기반이며 정보도메인 영역에서 발생하고 PCW 형태이다. 4세대 정의는 조직기반 상호운용성이며 인지도메인내에서 발생하고 NCW 형태의 특징을 보여준다. 한국군은 3세대에 속하는 것으로 제시하였다.

정찬기는 상호운용성에 대한 정의를 연구[20]하면서 “상호운용성은 주로 기술적인 시스템 엔지니어링 측면에서 사용되어 왔으며, 최근에 들어서 넓은 의미

로 체계와 체계 성능에 영향을 미치는 사회적, 정책적 또는 조직적 요소까지 고려하고 있다.”라고 하였듯이 현재의 상호운용성은 기술적인 측면만이 아닌 사회, 조직 등 비기술적인 측면까지 고려하여 정의되고 있으며, 분야도 ISO 정의와 같이 정치, 법률, 사회, 조직, 의료, 가상화폐 등 다양한 분야로 확대되고 있는 추세이다.

2. 상호운용성 유형 및 범위

상호운용성에 대한 정의가 많은 것은 다양한 유형을 받아들일 수 있을 정도로 유연하기 때문이며, 대부분의 국내·외 연구에서 상호운용성은 기술적 또는 비기술적 유형으로 분류를 한다. 기술적 상호운용성 유형에는 통신, 전자, 응용프로그램 및 다중 데이터베이스 상호운용성 등이 있으며, 비기술적 상호운용성 유형에는 조직, 운영, 프로세스, 연합 상호운용성 등이 있다.

Zeng, Marcia Lei[1]는 정보 시스템의 상호운용성에 대한 중심이 시스템, 구문 및 구조에서 의미론으로 바뀌어 가고 있다고 하면서 그림 2와 같이 네가지 유형을 제시하였다. 네가지 유형에 대한 설명을 요약하여 제시하였다. 시스템(System) 상호운용성은 네트워크, 컴퓨터, 응용 프로그램 및 웹 서비스를 통한 데이터의 기술적 교환을 위해 하드웨어와 운영 체제 간의 비호환성 문제를 해결하는 것으로 2010년대에 개발되었으며 정보 제공자와 밀접하게 연결된다. 구문적(Syntactic) 상호운용성은 데이터 인코딩, 디코딩 및 표현의 차이를 해결하는 것으로 공통 데이터 형식을 통한 데이터 교환을 가능하게 하는 가장 중요한 데이터 언어 표준은 시맨틱 웹용으로 개발된 W3C(World Wide Web Consortium)가 공식 권장 사항이다. 구조적(Structural) 상호운용성은 데이터 프레임워크, 데이터 모델, 데이터 구조 및 스키마의 정보 아키텍처 차이를 해결하는 것으로 상호운용성 문제의 또 다른 계층을 추가한다. 사전 정의된 구조를

통한 데이터 교환을 가능하게 하려는 노력의 일환으로 디지털 시대의 LAM(library, archive, and museum) 커뮤니티에서 개념적 모델을 수립하였다.

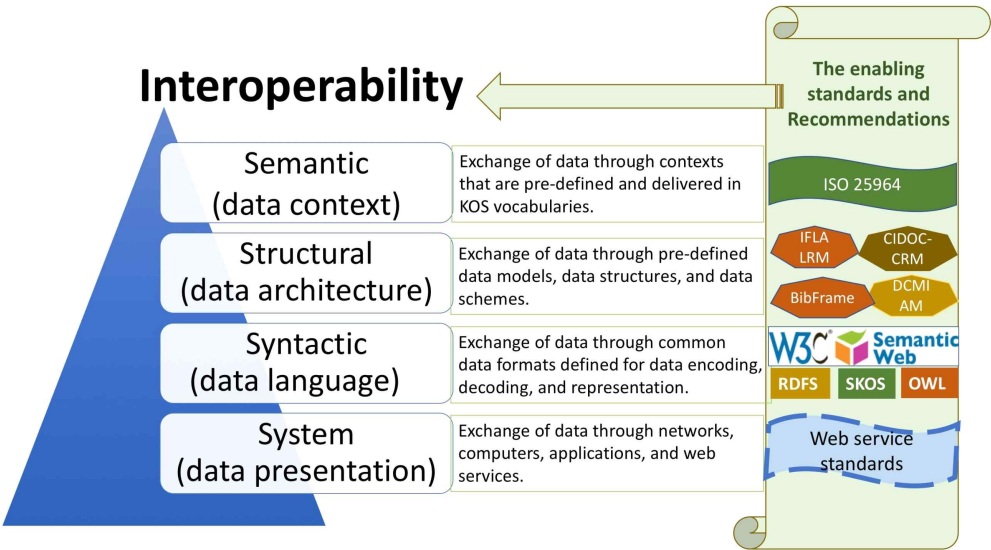


그림 2. 상호운용성 문제를 다루는 표준 및 권장 사항
Figure 2. Standards and Recommendations Addressing Interoperability Issues

<자료출처 : Zeng, Marcia Lei, 2019, pp. 124.>

의미론적(Semantic) 상호운용성은 기본적으로 일관된 목적의 커뮤니케이션에 의해 주도된다. 상호운용성 달성을 위해 여러 컨텍스트(시간, 공간 프레임, 신뢰 및 용어를 포함하지만 이에 국한되지 않음)를 처리해야 하며, 이들의 유사점, 차이점 및 관계를 이해해야 한다. OntologPSMW[21]에서 컨텍스트는 일반적으로 사건, 진술, 과정 또는 아이디어의 배경을 형성하고 사건, 진술, 과정 또는 아이디어를 이해하고 평가할 수 있는 상황으로 이해된다고 하였다. 컨텍스트가 의미하는 바를 정의하는 데 있어 다양하고 복잡하지만 특정 개발 방법론을 사용할 때 컨텍스트의 일부 측면을 명시하는 데 도움이 되는 지침이 있을

수 있다.

일부는 상호운용성을 유형으로 분류하는 대신 범위로 분류하기도 한다. 김경희 [22]는 지휘통제체계에 대한 상호운용성 범위를 그림 3과 같이 “운용적, 체계적, 기술적 상호운용성과 공통적으로 적용해야 하는 정책 및 제도, 표준화 그리고 상호운용성 평가 분야로 구성된다.”고 하였다.



그림 3. 상호운용성 범위

Figure 3. Interoperability Scope

<자료출처 : 김경희 외 1인, 2012, pp. 787.>

국방과학기술 용어사전¹¹⁾에 따르면 “기술적 상호운용성(Technical Interoperability)은 시스템을 구성하는 표준·메시지 양식·기술 참조 모델 등을 정의하고, 서비스·인터페이스 표준 및 이들 간의 관계성을 식별하는 등 체계 간 상호운용을 구현하기 위하여 필요한 기술적인 지침을 제공하는 능력”을 말하며, “체계적 상호운용성(System Interoperability)은 운용적 상호운용성에서 합의되고 정의된 체계 간에 필요한 데이터를 공유하고 교환하기 위해 필요한 연동 기술을 만족시키는 능력”을 말하고, “운용적 상호운용성(Operational Interoperability)은

11) <http://dtims.dtaq.re.kr:8070/search/list/index.do>(2022.5.7.)

전략, 작전, 전술, 업무 부대(요소)와 이들에 할당된 직무 및 전투 기능을 수행하거나 지원하기 위해 필요한 정보 흐름을 연동하는 능력”을 말한다. 또한 정찬기[20]는 “운용적 상호운용성을 군사작전에 대한 지원측면을 다루며, 종단 간에 상호작용하는 사람과 절차를 포함하며 체계를 넘는 것을 의미한다. 그리고 운용적 상호운용성은 구현의 표준을 정의하는 전통적인 접근뿐만 아니라 시험과 인증, 구성, 버전관리, 교육훈련 등과 같은 활동을 내포한다. 운용적 상호운용성을 달성하기 위해서는 기술적 수준에서 상호운용성이 필수적이다.”라고 하였다.

3. 문제 및 시사점

상호운용성 정의를 통하여 유형 및 범위를 살펴보면 크게 기술적, 비기술적으로 분류하고, 정보시스템으로 국한해서 볼 때는 시스템, 구문, 구조, 의미론으로 분류하며, 범위를 기술적, 체계적, 운용적으로 본다. 그러나 유형 및 범위가 상호연관성은 있으면서 서로가 동일한 개념들을 내포하고 있다고 볼 수 있다. 시스템, 구문, 구조, 의미론 등은 기술적, 비기술적인 것을 다 포함하며, 반면 비기술적인 것에는 체계적, 운용적 개념이 포함되고, 운용적 개념에는 의미론이 포함된다고 볼 수 있다.

정찬기[20]는 “상호운용성은 NCW 개념을 구현하기 위해서 필수적인 요소로, NCW는 사람, 조직, 기관, 군, 국가 등의 네트워크화 및 관련된 조직적 행위에 관한 것이고, 기술적 네트워크에 국한되는 것이 아니며, 기술에만 초점을 맞추지 않는다.”라고 하였다. 문화, 조직 구조, 절차 및 교육훈련 등과 같은 비기술적인 상호운용성의 다른 측면들도 연합 및 합동작전에서 체계 간 또는 군, 부대 간의 상호작용 효과에 영향을 미치는 것으로 볼 수 있다. 따라서 상호운용성을 평가하는 모델도 기술적인 요소 뿐만 아니라 비기술적인 요소들도 같이 포함하여 평가되어야 한다.

제2절 상호운용성 평가 및 절차

1. 상호운용성 평가

상호운용성 평가는 모든 측면을 평가하는 보편적인 방법은 없지만 잠재적인 문제 방지와 협업을 위해 필요하다. 정찬기[20]는 “상호운용성은 공통의 목적을 달성하기 위해 다른 조직과 함께 효과적인 방법으로 작전 또는 업무를 수행하고 자원을 효과적으로 사용하기 위해서 매우 중요하며, 이러한 잠재적인 협업에서 조직 간의 상호운용성의 모든 측면을 평가할 수 있는 보편적인 방법은 존재하지 않는다.”라고 하였다. 또한 Gabriel Leal 등[23]은 “상호운용성 평가의 목표는 잠재적인 문제를 방지하고 엔터프라이즈 협업을 더 잘 지원하기 위해 엔터프라이즈 시스템 간의 상호운용성을 지속적으로 개선하는데 있다. 이러한 능력을 향상시키기 위해 조직은 상호운용성에 관한 현재의 상황을 인식해야 한다.”고 하였다.

그리고 상호운용성에 대한 평가 유형 및 측정 메카니즘은 Gabriel Leal 등의 논문을 정리하였다. 상호운용성 평가 유형에는 잠재력 평가, 호환성 평가, 성능 평가 등 3가지가 있다. 잠재력 평가는 잠재적 파트너와 상호작용할 때 가능한 장벽을 극복하기 위해 적응하고 동적으로 수용하기 위해 시스템의 잠재력을 평가하는 것이다. 호환성 평가는 상호운용 전후에 알려진 두 시스템간의 상호운용성을 평가하는 것으로, 가장 중요한 목적은 두 관련 시스템의 현재 상태를 분석하여 문제를 유발하거나 일으킬 수 있는 충돌을 식별하는 것이다. 성능 평가는 런타임 동안의 상호운용을 평가한다. 상호운용성 애플리케이션 구현 비용, 정보가 요청되는 시간과 요청된 정보가 사용되는 시간 사이의 기간, 교환의 품질, 사용 품질 및 적합성 품질을 고려한다. 상호운용성 측정 메카니즘에는 정성

적 측정과 정량적 측정 등 두가지 유형이 있다. 정성적 측정은 주로 주관적이다. 대부분의 경우 시스템의 자격을 얻기 위해 언어변수로 구성된 등급 척도를 사용하며, 주로 성숙도 모델에 의해 사용되는 다소 포괄적인 기준 세트를 기반으로 선택된 도메인의 품질을 평가하기 위해 설계된 접근법이다. 정량적 측정은 상호운용성을 숫자 값으로 정의한다. 일례로, 일부 접근법에서는 실제/기대 비율, 상호운용성 지표 등에 기초한 상호운용성을 결정하기 위한 방정식을 사용하기도 한다. 그리고 정량적 측정은 대부분 호환성 평가 및 성능평가에 적용된다.

2. 상호운용성 평가 절차

가. 선진국(미군) 절차

SMI안보경영연구원의 연구[24]에서 미군의 NR-KPP 개발 및 상호운용성 평가인증 적용 과정 요약내용을 보면 미군은 2003년에 네트워크중심의 복합체계 운용에 대비하여 합동능력 위주의 전력발전을 위한 합동능력통합발전체계(JCIDS¹²⁾)를 개발하였다. 능력중심 전력 격차를 검토, 식별하여 전투발전요소(DOTMLPF-P¹³⁾)에 반영하고 초도생산문서(ICD¹⁴⁾) 작성을 통하여 성능요구사항을 국방획득체계(DAS¹⁵⁾)에 반영하고, 기획계획집행예산(PPBE¹⁶⁾) 절차에 관련 정보를 제공하고 있다. 2006년부터는 작전적 효과 기반의 측정기준인

12) Joint Capability Integration Development System

13) Doctrine, Organization, Training, Materiel, Leadership and Education, Personnel, and Facilities

14) Initial Capability Document

15) Defense Acquisition System

16) Planning, Programming, Budgeting & Execution

NR-KPP를 개발하여, 무기체계에 대한 상호운용성 평가 및 인증에 적용하고 있다. 합동능력의 핵심성능요소(KPP)에는 Force Protection KPP, System Survivability KPP, Sustainment KPP, Net-Ready KPP, Energy KPP, Training KPP 등 6개의 필수요소가 있으며, NR-KPP(Net-Ready KPP)는 이 중에 하나이다. NR-KPP의 3가지 속성은 군사작전 지원, 네트워크 접속/관리, 효과적인 정보교환 등이다. 이후 2013년에 합동정보교환(JIE¹⁷⁾) 개념이 대두되면서 NR-KPP 개발 및 적용지침인 합참의장지시(CJCSI 6212.01E)가 개정되었으며, JIE 개념에 적합한 NR-KPP 개발절차 및 인증절차, 아키텍처 개발방법론 등을 제시하였다. 2015년에는 합참(J-8)이 JCIDS 매뉴얼[25]을 발행하면서 종전의 JCIDS 매뉴얼 및 합참의장지시(CJCSI 6212.01F)를 폐기하고 개별적으로 작성되었던 NR-KPP 매뉴얼과 통합하여 전반적인 업무지침서를 제시하였다.

그리고 JCIDS 매뉴얼을 보면 2021년에는 능력발전문서(CDD¹⁸⁾) 필수 성능 속성(KPP/KSA¹⁹)/APA²⁰)으로 상호운용성이 추가되었으며, 속성에는 Net-Ready 상호운용성, 물리적 상호운용성 및 공동 교육 상호운용성이 포함되었다. 그리고 Net-Ready 가이드를 상호운용성 가이드로 변경되었다. 여기서 Net-Ready 성능 속성은 상호운용성 및 관련 운영 컨텍스트로 추적할 수 있고 기술적으로 달성 가능하고, 수량화 가능하고, 측정 가능하고, 테스트 가능하고, 문서화된 절충 분석에 의해 지원되는 운영상 효과적인 중단 간 정보 교환에 대한 기준을 결정하며, 효율적이고 효과적인 T&E를 지원하는 방식으로 정의된다.

JCIDS 매뉴얼의 상호운용성 가이드에서 Net-Ready 평가는 잠재적인 상호운

17) Joint Information Environment

18) Capability Design Document

19) Key System Attributes

20) Additional Performance Attributes

용성 및/또는 새로운 통신 및 컴퓨터 문제를 식별 및 해결하고 전투원에게 상호운용 불가능한 기능을 제공하는 위험을 완화하기 위해 IT 수명 주기 전반에 걸쳐 수행된다. 그림 4는 DoD 획득, JCIDS, Net-Ready 인증 및 스펙트럼 요구사항 준수 프로세스 관계를 보여준다. J-6은 시스템이 Net-Ready 및 스펙트럼 요구사항 준수를 충족하는지 평가하고 인증한다. 먼저 마일스톤 A 이전에 J-6은 ICD, IS-ICD²¹⁾, DCR²²⁾ 및 CONOPS²³⁾를 검토한다.

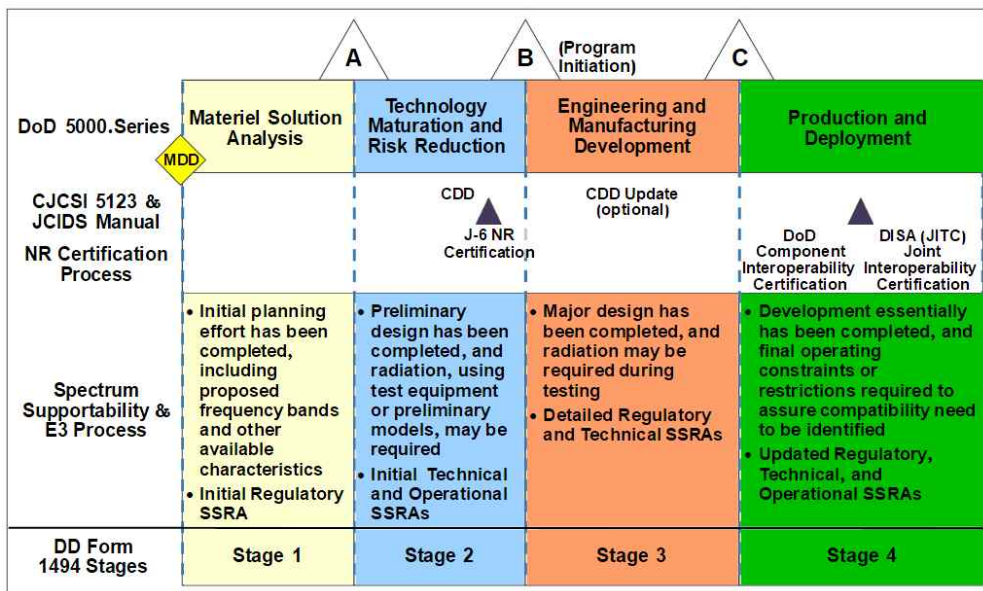


그림 4. MCA, JCIDS 및 NR 인증 관계 개요

Figure 4. MCA, JCIDS, and NR Certification Relationship Overview

<자료출처 : JCIDS Manual, 2021, pp. B-G-A-9.>

Net-Ready 성능 속성은 DoDAF²⁴⁾ 아키텍처 데이터, 관련 아티팩트/뷰 및 스

21) Information System ICD

22) DOTMLPF-P Change Recommendation(DOTMLPF-P 개정 제안서)

23) Concept of Operations

24) DOD Architecture Framework

펙트럼 요구사항 준수를 사용하여 KM/DS²⁵⁾를 통해 인증된다. 마일스톤 A 이후 인증은 Net-Ready 성능 속성, DoDIN²⁶⁾ 목표 및 특성, 기능 포트폴리오 관리 권장 사항, 현재 DoDAF에 대한 조정 준수를 평가한다. 인증은 Milestone B 이전에 발생하며 기능 변경시는 Net-Ready 인증이 업데이트된다. Net-Ready 인증은 IS-CDD 변형에도 적용된다. 초기 Net-Ready 인증은 IS-CDD 검토 프로세스 중에 발생하고, 최종 Net-Ready 인증은 Milestone C 이전에 완료되어야 한다. ISP에 포함된 Net-Ready는 현재 DoDAF 아키텍처, 관련 아티팩트/뷰 및 스펙트럼 요구 사항 준수를 포함하여 DoD CIO에 대한 권장 사항에 대해 검토된다. 또한 시스템은 생산 결정에 앞서 JITC 상호운용성 테스트 인증 및/또는 구성 요소별 Joint Interoperability 인증을 보유해야 한다.

다음의 NR-KPP 유래 및 정의, 구성요소 항목 등은 NR-KPP 구현 가이드북 [14]을 토대로 작성하였으며, Net-Ready 아키텍처 개발 항목은 JCIDS 매뉴얼 DoDAF PRIMER를 참조하여 작성하였다.

1) NR-KPP 유래

NR-KPP는 2002년 4월 미 국방부 훈령 5000.2에 상호운용성 핵심성능요소(Interoperability KPP)라는 명칭으로 제시되었고, 상호운용성 KPP는 네트워크 중심 작전(NCO)를 통한 효과적 정보교류의 중요성을 강조하기 위해 미 국방부 지시 4630.05와 이에 대응하는 미 국방부 훈령 4630.08 2004년 개정본에서 네트워크 준비도(NR) KPP로 개명되었다.

핵심성능요소(KPP)는 미 합참의장 훈령(CJCSI) 3170.01G의 정의에 따라 합동능력통합발전체계(JCIDS)에 확립되어 있다. 미 합참의장 훈령 6212.01E는

25) Knowledge Management/Decision Support

26) Department of Defense information networks

NR-KPP를 해당 사업의 JCIDS 문서의 일부분으로 관리되어야 하는 준수보고서라는 맥락에서 명시하고 있으며, 해당문서는 보통 정보지원계획(ISP) 뿐만 아니라 CDD와 능력생산문서(CPD²⁷⁾)로 명칭된다. 여타 KPP와 마찬가지로, NR-KPP를 구성하는 작전적 소요는 JCIDS 프로세스의 일환으로 수행되는 분석에서 도출되어야 한다.

2) NR-KPP 정의

네트워크 준비도(Net-Ready)는 임무에 중요한 정보를 적시적으로 제공하고 수신하는 능력으로 정의된다. 시스템 대 시스템 정보교류 성능에 주로 초점이 맞춰져 있으며, 정보보증의 기본원칙-즉, 가용성, 무결성, 기밀성, 인증, 부인방지-을 보완하는 형태이다. 네트워크적 통신 경로의 사용이 기본 가정으로 암시되어 있으나, 네트워크가 두 개 노드만을 사용하는 경우에도 외부와 통신하는 거의 대부분의 정보관리체계가 네트워크적인 체계로 서술된다. 정보관리체계의 경우, 네트워크 준비도 측정도는 임무효과와 연결되는 효과척도/성능척도라는 맥락에서 설명할 수 있다. 임무효과는 보통 전쟁 수행 임무를 평가하는 데에 쓰이는 성능지수 혹은 측정도이다. 효과척도(MOE²⁸⁾)는 일반적으로 한 조직이 얼마나 잘 작전적 과업을 성취하는지를 나타내며, 성능척도(MOP²⁹⁾)는 한 시스템이 얼마나 잘 하위 작전적 기능을 수행하는지를 나타낸다.

CJCSI 6212.01E는 NR-KPP를 시스템의 정보에 대한 작전적 소요, 해당정보의 타임라인, 정보보증, 그리고 정보의 기술적 교환과 그러한 교환의 작전적 효과에 대한 네트워크 준비요소를 기술하는 핵심요소로 정의하고 있다. 뿐만 아

27) Capability Production Document

28) Measure Of Effectiveness

29) Measure Of Performance

나라 해당 교환의 작전적 효과에 소요되는 정보소요, 정보적시성, 정보보증, 네트워크 준비 구성요소를 설명하는 핵심 요소이다. NR-KPP는 주어진 능력의 정보소요를 충족하기 위하여 적시적이고, 정확하며, 완전한 정보의 교환 및 사용을 평가하는데에 필요한 정보로 구성된다. NR-KPP는 다음의 준수 조치가 있다. 1) 통합 DoDAF 콘텐츠를 기반으로 하는 DoD 엔터프라이즈 아키텍처와 호환되는 솔루션 아키텍처 제품, 2) DoD IEA³⁰⁾에서 식별된 원칙 및 규칙 준수, 3) TV-1에 식별된 IT 표준과 GTP³¹⁾10의 구현 지침을 포함하는 GIG³²⁾ 기술 지침 준수, 4) 가용성, 무결성, 인증, 기밀성 및 부인방지를 포함한 정보보증 요구 사항 및 지정 인가 기관(DAA³³⁾)의 임시 운영 허가(IATO³⁴⁾) 또는 운영 허가(ATO) 발급, 5) SAASM³⁵⁾, 스펙트럼 및 JTRS³⁶⁾ 요구 사항을 포함하는 지원 가능성 요구 사항 등이다.

3) NR-KPP 구성요소

NR-KPP는 표 1과 같이 네트워크 중심 군사작전을 지원할 것, 네트워크에 접속하고 네트워크 내에서 관리할 것, 효과적 정보교환 등 3가지 구성요소를 가진다. 구성요소 1, 네트워크 중심 군사작전을 지원할 것은 시스템이 어떤 군사작전(예 : 임무 혹은 임무 목록)을 지원하는지, 어떠한 조건에서 지원하는지, 그리고 임무 성공도를 평가하기 위해 무슨 효과 기준을 사용하는지를 명시하고 있다. 해당목록은 시스템이 해당 군사작전(임무)를 지원하기 위해 필요한 작전적(그리고 전술적) 과업을 명시하기 위해 더 세부적인 수준까지 나뉘져야 한다.

30) Information Enterprise Architecture

31) GIG Technical Profiles

32) Global Information Grid

33) Designated Accrediting Authority

34) Interim Authorization to Operate

35) Selective Availability Anti-Spoofing Module

36) Joint Tactical Radio System

합동필수임무과업목록(JMETL) 프레임워크와 각 군 필수임무과업목록은 이러한 기본적인 구성요소를 명시하기 위한 표준화 메커니즘을 제공한다. 구성요소 2, 네트워크에 접속하고 네트워크 내에서 관리할 것은 시스템이 작전과업을 지원하는 데에 필요한 정보를 교환하기 위해 어떠한 네트워크와 외부 시스템에 연결해야 하는지 명시하고 있다. 이는 인증과 부인방지와 같은 정보보증 영역에 포함되는 많은 구성 요소들을 암시하고 있다.

표 1. NR-KPP 구성요소, 세부사항, 측정도

Table 1. NR-KPP Attributes, Details, and Measures

<자료출처 : Deputy Assistant Secretary of the Navy, 2011, pp. 11., 한글번역>

개정 이전 NR-KPP 설명문 내 구성요소	개정 후 구성요소 세부사항	측정도	샘플 데이터 소스	NR-KPP 구성부분
네트워크 중심 군사작전을 지원할 것	군사작전(예: 임무영역 혹은 임무목록)	군사작전 성공도 판단을 위한 효과 측정도	JMETL과 NMETL	NR-KPP 효과 측정도
		군사작전이 수행되어야 할 조건		
	군사작전이 소요하는 작전적 과업	활동 성과판단을 위한 작전적 성능 측정도	JMETL과 NMETL	NR-KPP 성능 측정도
		활동이 수행되어야 할 조건		
네트워크에 접속하고 네트워크 내에서 관리할 것	네트워크 중심 군사작전을 위해 어떤 네트워크가 소요되는가	네트워크 접속을 위한 작전적 성능 측정도	적용사항 없음	NR-KPP 성능 측정도
		네트워크 내 관리를 위한 작전적 성능 측정도		
정보를 교환할 것	각 군사작전 및 작전과업이 생산하고 소비하는 정보	교환이 다음을 충족시킬 수 있도록 하기 위한 작전적 성능 측정도 : 지속성, 생존성, 상호운용성, 비화성, 작전적 효율성	DoDAF OV-3 작전적 정보교환 매트릭스	NR-KPP 성능 측정도

구성요소 3, 효과적인 정보교환은 네트워크 중심 군사작전 맥락에서 식별된 각

임무와 과업이 생산하고 소비하는 기본 정보요소를 명시하고 있다. 또한 기본 정보요소의 생산 및 소비 효과도를 측정하는데에 쓰이는 작전적 성능기준이 명시되어야 한다. 성능기준은 기본구성요소의 지속적 생존성, 상호운용성, 비화성, 그리고 작전적 효과를 서술해야 한다.

또한 NR-KPP 구성요소를 수행하기 위해 그림 5와 같이 임무수준 시스템 엔지니어링 분석, 정보분석, 시스템 엔지니어링/소요 도출, NR-KPP 문서화 등 4단계 프로세스를 가진다. 1단계 임무수준 시스템 엔지니어링 분석은 도출된 NR-KPP 작전소요를 임무, 임무활동, 효과 및 작전적 성능 관련 측정도 맥락에서 설명한다. 또한 JCIDS 프로세스 중 CBA³⁷⁾ 단계 간 개발된 작전적 과업을 검증하기도 한다. 2단계 정보분석은 소요 네트워크 및 작전 성능 측정도 측면에서 정보교환 소요를 결정한다. 그리고 네트워크에 접속하고 네트워크 내에서 관리될 것과 정보를 교환할 것에 해당하는 개정 NR-KPP 구성요소들이 도출된다.

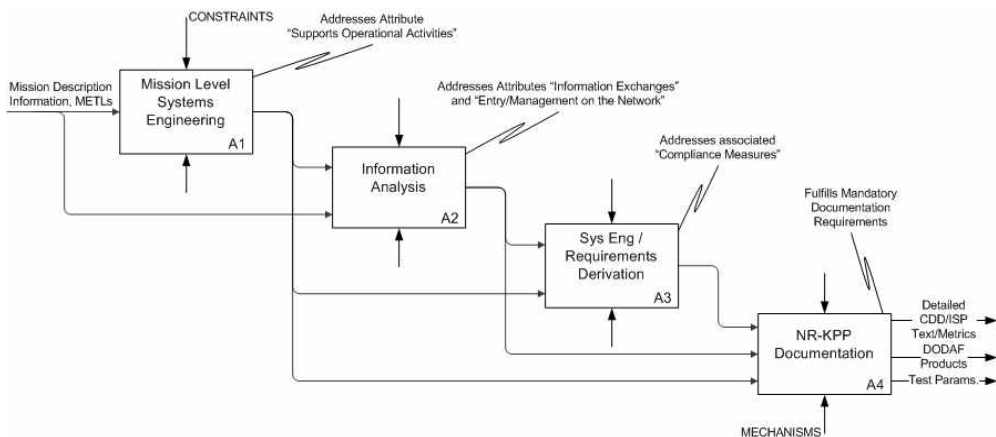


그림 5. NR-KPP 4단계 프로세스 개요

Figure 5. Overview of the NR-KPP Four Step Process

<자료출처 : 상계서., pp. 13.>

37) Capabilities-Based Assessment

이들 구성요소들은 NR-KPP의 목적에 부합하기 위해 반드시 측정 및 시험 가능한 방식으로 표현되어야 한다. 3단계 시스템 엔지니어링/소요 도출은 시스템 설계와 구현시 사용하기 위하여, NR-KPP 소요를 임무분석 및 정보분석 수준에서 시스템 성능 소요로 분해하는 것이다. 4단계 문서화는 정보를 통합하고 준비하여 NR-KPP를 소요양식에 명시하고, 완성된 NR-KPP를 지원하고자 하는 획득문서(예: JCIDS 능력문서와 정보지원 계획)로 통합하는 것이다. 또한 원본 NR-KPP 준수보고서의 작전적 소요, 개정 NR-KPP 준수보고서의 도출소요, 그리고 시스템 설계 사이의 공식적 관계성을 제공한다.

4) Net-Ready 아키텍처 개발

DoDAF 버전 2.0 릴리스와 함께 아키텍처 초점이 "products"에서 "data"로 전환되었다. 마찬가지로 Net-Ready 인증 프로세스는 NR 아키텍처 개발을 아키텍처 제품 프로세스에서 데이터 중심으로 변경하여 서비스, 시스템 및 프로그램 간의 분석이 가능하고, NR 인증 아키텍처는 최신 DoDAF 버전 또는 선택적 NR 아키텍처 데이터 평가 템플릿을 사용하여 개발된다. 따라서 아키텍처 개발은 NR의 개발을 가능하게 한다. 엄격한 검증 및 검증 프로세스를 통해 개발된 아키텍처 기반 솔루션은 개선된 상호운용성, 더 나은 정보공유, 더 엄격한 규정 준수 및 간소화된 프로세스를 위한 기본이다. 또한 시스템 엔지니어링 프로세스에 영향을 미치며 궁극적으로 수명 주기 비용을 줄이고 보다 효과적인 임무를 수행한다. 그림 6은 DoD를 위한 6단계 아키텍처 개발 프로세스이다. 6단계 아키텍처 개발 프로세스는 3단계 Net-Ready 개발을 지원한다. 현재 DoDAF 표준을 준수하는 솔루션 아키텍처는 공동 운영 프로세스, 인프라 및 솔루션을 개선하고 공통 어휘, 재사용 및 통합을 촉진하기 위한 도구로 개발, 등록 및 사용된다.

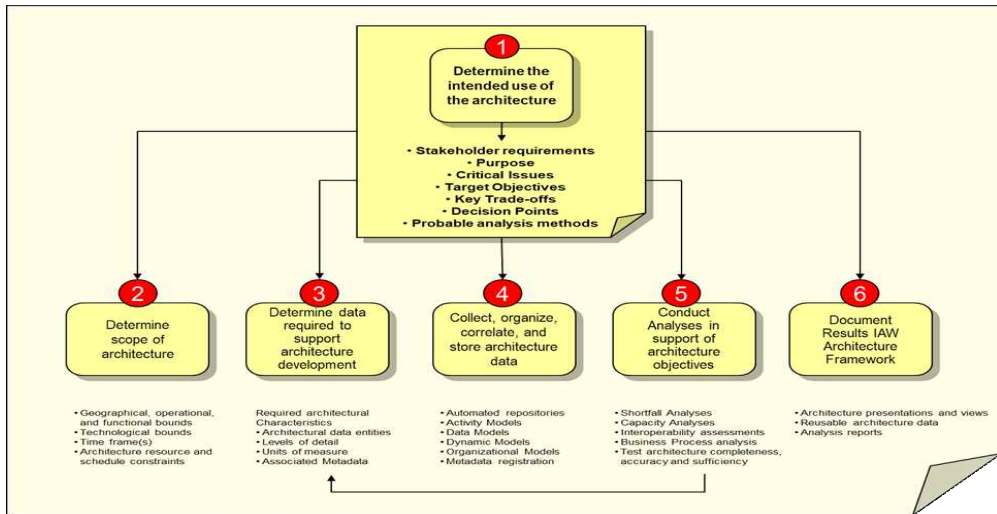


그림 6. DoD 6단계 아키텍처 개발 프로세스

Figure 6. DoD Six-Step Architecture Development Process

<자료출처 : JCIDS Manual, 2021, pp. B-H-4.>

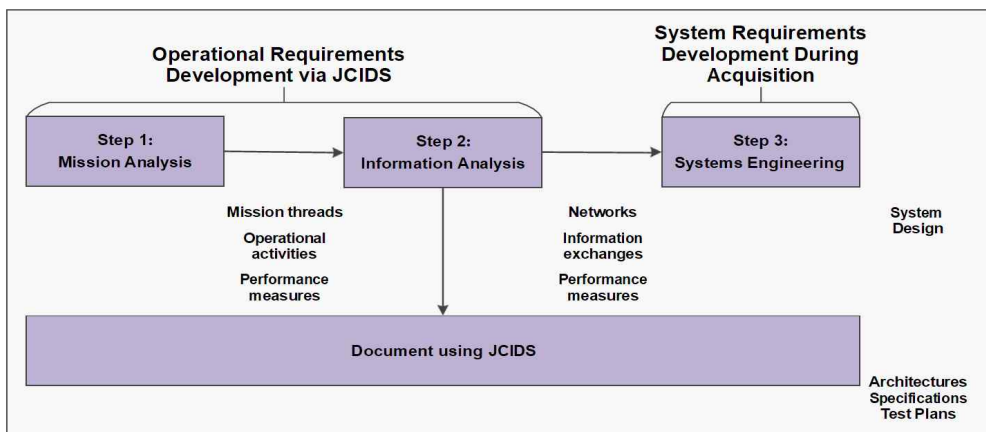


그림 7. JCIDS 및 획득 프로세스에 적용된 Net-Ready 개발

Figure 7. Net-Ready Development Applied to the JCIDS and Acquisition Processes

<자료출처 : 상계서., pp. B-H-5.>

또한 아키텍처 개발을 통해 Net-Ready 인증 요구 사항을 준수할 수 있다. 그림 7은 JCIDS 및 획득 프로세스와 관련된 Net-Ready 개발 단계를 보여준다. JCIDS를 통한 작전요구사항 개발은 임무분석과 정보분석 단계에서 이루어지게 되고 획득기간 동안 시스템 요구사항 개발은 시스템 엔지니어링 단계에서 이루어진다. 최신 DoDAF 버전을 사용하여 Net-Ready 인증을 위한 아키텍처를 개발하고, 기존 아키텍처는 후속 문서가 제출되기 전에 최신 DoDAF 버전으로 업데이트된다. 데이터 공유 및 데이터 상호운용성은 아키텍처를 통해 가능하게 된다. 모든 JCIDS 문서에 대해 필수 아키텍처 데이터, 참조 및 관련 아티팩트/관점(artifacts/views)을 식별해야 한다. 그림 8은 DoDAF 관점이며, 표 2는 이에 대한 관점별 간략한 설명이다.

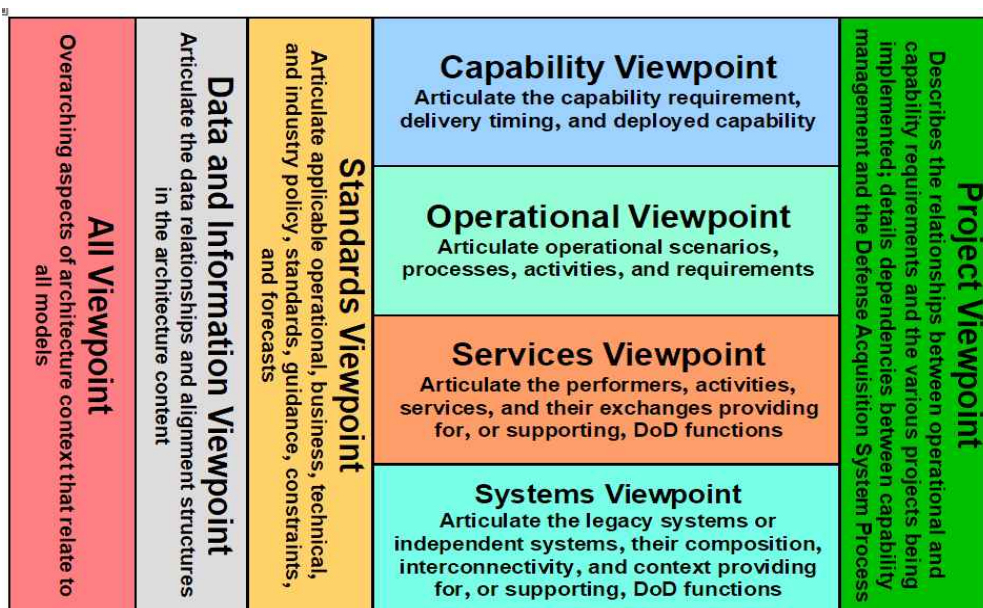


그림 8. DoDAF 관점
Figure 8. DoDAF Viewpoints

<자료출처 : 상계서., pp. B-H-7.>

표 2. DoDAF 관점 설명
Table 2. DoDAF Viewpoint Explanation

구 분		설 명	구 분		설 명
AV	AV-1	개요 및 요약 정보	SV	SV-1	시스템 인터페이스 설명
	AV-2	통합 사전		SV-2	시스템 리소스 흐름 설명
OV	OV-1	높은 수준의 운영 개념 모델		SV-3	시스템-시스템 매트릭스
	OV-2	운영 자원 흐름 설명		SV-4	시스템 기능 설명
	OV-3	운영 자원 흐름 매트릭스		SV-5a	시스템 기능 추적성 매트릭스에 대한 운영 활동
	OV-4	조직 관계 차트		SV-5b	시스템 추적 가능성 매트릭스에 대한 운영 활동
	OV-5a	운영 활동 분해 트리		SV-6	시스템 리소스 흐름 매트릭스
	OV-5b	운영 활동 모델		SV-7	시스템 측정 매트릭스
	OV-6a	운영 규칙 모델		SV-8	시스템 진화 설명
	OV-6b	상태 전환 설명		SV-9	시스템 기술 및 기술 예측
	OV-6c	이벤트 추적 설명		SV-10a	시스템 규칙 모델
	OV-6c	이벤트 추적 설명		SV-10b	시스템 상태 전환 설명.
CV	CV-1	비전		SV-10c	시스템 이벤트 추적 설명
	CV-2	기능 분류	SvcV	SvcV-1	서비스 컨텍스트 설명
	CV-3	능력 단계		SvcV-2	서비스 리소스 흐름 설명
	CV-4	기능 종속성		SvcV-3a	시스템 서비스 매트릭스
	CV-5	조직 개발 매핑 기능		SvcV-3b	서비스-서비스 매트릭스
	CV-6	운영 활동 매핑 기능		SvcV-4	서비스 기능 설명
	CV-7	서비스 매핑 기능		SvcV-5	서비스 추적 가능성 매트릭스에 대한 운영 활동
PV	PV-1	프로젝트 포트폴리오 관계		SvcV-6	서비스 리소스 흐름 매트릭스
	PV-2	프로젝트 타임라인		SvcV-7	서비스 측정 매트릭스
	PV-3	기능 매핑에 대한 프로젝트		SvcV-8	서비스 진화 설명
DIV	DIV-1	개념적 데이터 모델		SvcV-9	서비스 기술 및 기술 예측
	DIV-2	논리적 데이터 모델		SvcV-10a	서비스 규칙 모델
	DIV-3	물리적 데이터 모델		SvcV-10b	서비스 상태 전환 설명
StdV	StdV-1	표준 프로파일		SvcV-10c	서비스 이벤트 추적 설명
	StdV-2	표준 예측			

* AV : All Viewpoint, OV : Operational Viewpoint, CV : Capability Viewpoint,
PV : Project Viewpoint, DIV : Data and Information Viewpoint,
StdV : Standards Viewpoint, SV : System Viewpoint, SvcV : Services Viewpoint

나. 한국군 절차

한국군에 대한 정보시스템, 무기체계 및 전력지원체계 등의 상호운용성 평가 절차는 획득단계별로 평가가 이루어지고 있다. 국방 정보화업무훈령, 국방 전력 발전업무훈령[26] 및 국방 상호운용성 관리지시를 토대로 전체적인 절차 및 국방 아키텍처에 대해서 작성하였다.

1) 획득단계별 상호운용성 평가

한국군은 소요제기부터 획득 단계별, 운영유지단계까지 상호운용성을 평가한다. 국방 정보화업무훈령에 보면 상호운용성 관리 목적은 네트워크 중심의 국방정보화 환경에서 정보의 원활한 유통을 보장하여 업무의 효율성을 증진하고 의사결정을 지원하여 전투력을 극대화 하는데 있다. 대상 시스템은 정보시스템, 정보시스템과 연동되는 무기체계 및 전력지원체계, 또한 정보통신기능이 장착되어 타 체계와 연동되는 그 밖의 무기체계 및 전력지원체계 등이다. 상호운용성 평가 적용항목은 운용개념 및 체계특성, 연동성 및 정보교환, 표준 및 아키텍처, 정보보호, 주파수 등이다.

상호운용성 획득단계별 평가 분류 및 대상을 살펴보면 표 3과 같다. 소요기획 및 소요제기 단계에서는 소요제기서에 대한 상호운용성 작성 적절성 및 직접 연동대상체계 관련부서간 협의결과를 확인하는 소요평가를 실시하며, 탐색개발단계·정보화전략계획수립단계(사업종료이전) 및 체계개발단계(상세설계단계 이후에서 체계통합시험 이전)에 상호운용성 요구수준의 적합성(탐색개발단계·정보화전략계획수립단계) 및 상호운용성 구현수준(체계개발단계)을 평가하기 위하여 상호운용성 수준측정을 실시한다. 또한 탐색개발단계에 작성된 상호운용성 요구사항 반영여부 및 구현 가능성을 확인하기 위하여 운용성 확인을 실시한다. 체계개발단계의 시험평가 시는 적합성 시험, 상호운용성 요구사항

충족 점검을 실시하며, 표준적합성 시험은 국방정보화 표준의 요구사항 구현의 적합성을 점검하고, 상호운용성시험평가는 체계의 운용개념 및 체계 특성, 체계 연동성 및 정보교환 능력과 표준, 정보보호, 주파수 등을 포함한 내용 중 야전운용 필수요소 등을 점검한다.

표 3. 획득단계별 평가분류 및 대상

Table 3. Evaluation Classification and Target by Acquisition Stage

<자료출처 : 국방부지시 제2020-003, 2022, pp. 103.>

구분	획 득 순 기						구 매 (기종 결정)	
	소요기획/ 소요제기			탐색개발, 정보화전략 계획수립	체계개발			
	장기 신규	중기 신규	중기 전환		체계 설계	시험평가		
					개발시험	운용시험		
평가 분류	소요평가			수준측정Ⅰ, 운용성확인	수준 측정Ⅱ	표준적합 성시험	상호운용성 시험평가	상호운용성 구매시험 평가
대상	소요제기서, 전력소요서(안)			산출물	산출물	실 체계	실 체계	산출물, 실 체계

여기서 표준적합성 시험 대상체계는 한국형 가변 메시지 포맷(KVMF³⁸⁾)을 적용한 무기체계, 한국형 표준 메시지 포맷(KMTF³⁹⁾)을 적용한 무기·전력지원체계, 한국형 합동전술데이터링크(Link-K)를 적용한 무기체계, 연합전술데이터링크(Link-16)를 적용한 무기체계 등이다. 구매사업에 대한 상호운용성평가는 구매사업 계획서, 제안요청서, 상호운용성 확보계획 등을 기준으로 평가를 수행한다. 실물에 의한 평가를 수행하는 것을 원칙으로 하며, 실물에 의한

38) Korean Variable Message Format

39) Korean Message Text Format

평가가 제한될 경우 자료에 의한 평가를 수행할 수 있다. 운영유지단계에서 시험평가 지적사항 보완여부 및 무기체계 변경에 의한 상호운용성 영향성을 평가하기 위하여 운영유지단계 평가를 실시한다.

상호운용성 평가 중 소요평가는 무기체계 소요제기서 대한 작성 적절성 및 연동대상체계간 관련부서를 확인하는 단계로 전장관리체계와 M&S체계 등은 그림 9와 같이 국본 정보화기획관실 국방 CIO실무협의회에서, 그 외 무기체계 등은 합참 사이버지휘통신부 상호운용성위원회에서 소요제기기관에서 제기한 소요제기서를 국통사 및 사이버사에서 평가한 결과를 심의하게 된다.

무기체계 등을 도입하기 위한 최초의 소요제기서에 대한 상호운용성을 평가하는 단계로 적절하고 정확한 평가가 이루어지지 않는다면 획득사업 진행간 그리고 운영유지 단계에 막대한 추가비용과 기간이 필요하게 된다. 이처럼 중요한 소요평가가 제대로 이루어 지려면 가장 먼저 소요제기서를 작성하는 작성기관에서 정확한 작전개념에 입각한 상호운용성 요구사항을 식별할 필요가 있다. 아울러 소요평가를 하는 국통사나 사이버사에서 작전개념에 입각한 작성여부와 제한사항과 개선사항 등을 식별하여 상호운용성위원회에 제시할 필요가 있다.

탐색개발 및 체계개발단계의 상호운용성 평가인 수준측정은 그림 10과 같이 진행되며, 우리군은 LISI 모델의 평가도구인 상호운용성 수준측정시스템(SITES)를 활용하여 측정하게 된다.

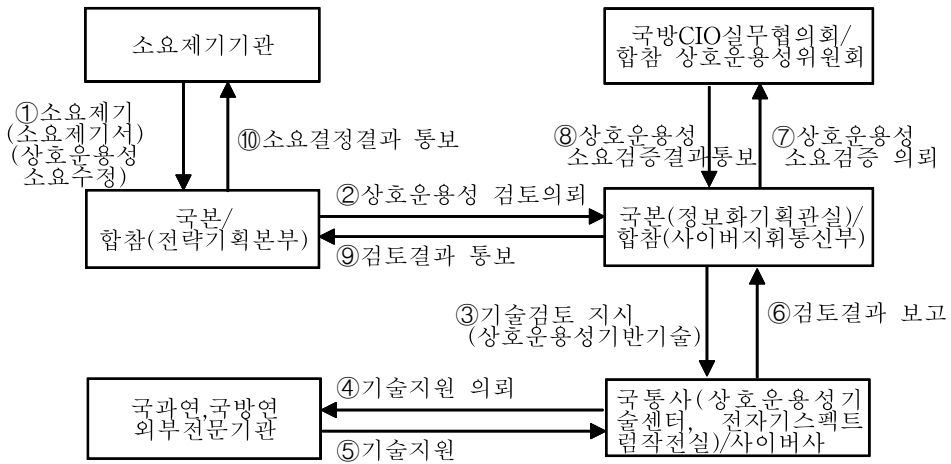


그림 9. 소요평가 절차

Figure 9. Requirement Assessment Procedure

<자료출처 : 국방부훈령 제2576호, 2021, pp. 168.>

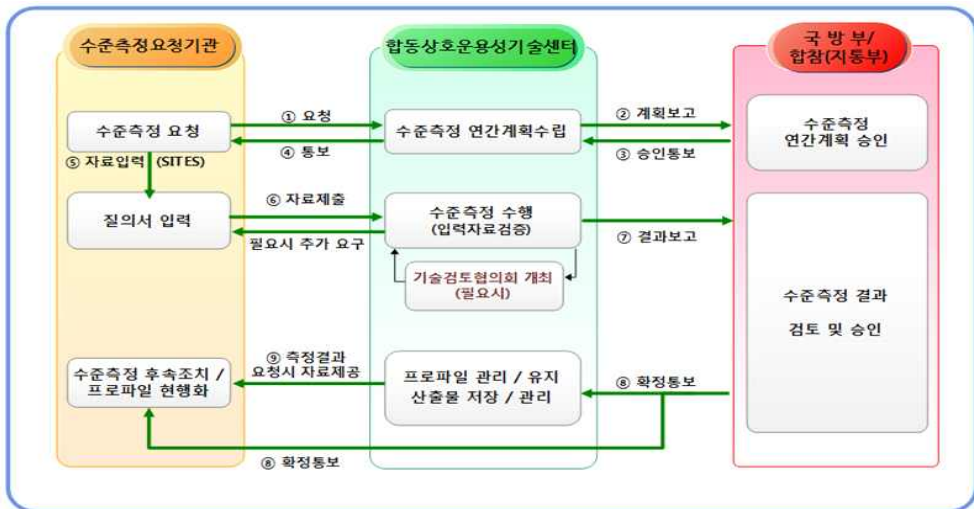


그림 10. 상호운용성 수준측정 절차도

Figure 10. Interoperability Level Measurement Procedure Diagram

<자료출처 : 상계서, pp. 169.>

SITES는 체계 자체 및 연동대상체계 간 상호운용성 수준측정을 자동화한 시스템으로 운용개념도는 그림 11과 같으며 주요기능은 설문지 형식의 최신화된 질의서에 대한 질의 및 응답처리 기능 제공, 체계자체(일반) 및 연동대상체계(특정)간 프로파일 생성·분석·관리, 사용자 유형별 접근권한 차등 제공 등이다.



그림 11. SITES 운용개념도

Figure 11. SITES Operation Concept Diagram

<자료출처 : 국방부지시 제2020-003, 2022, pp. 94.>

상호운용성 평가를 위한 적용항목은 운용개념 및 체계특성, 표준 및 아키텍처, 정보보호, 주파수 등으로 표 4와 같다. 이중 운용개념은 운용개념도를 통해 설명되므로 정확한 작전개념이 포함된 개념도 제시가 필요하며, 연동성 및 정보교환은 연동개념도를 통해 연동대상체계에 대한 일반 및 특정 상호운용성 수준을 제시하도록 하고 있으므로 현재의 수준과 소요제기서에서 요구하는 수준을 정확하게 판단할 필요가 있다.

표 4. 상호운용성 적용 항목

Table 4. Interoperability Applicable Items

<자료출처 : 국방부훈령 제2576호, 2021, pp. 171.>

체계구분		구 분		
무기	전력지원			
○	○	운용개념 및 체계특성	• 사업특성분류 • 운용방식 • 주요 응용기술	• 운용개념도 • 생존성 보장능력
○	○	연동성 및 정보교환	• 연동대상체계 • 정보교환내역 • 특정 상호운용성 수준	• 연동개념도 • 일반 상호운용성 수준 • 수준측정 질의서
○	○	표준 및 아키텍처	• 국방정보기술표준 • 표준데이터 • 아키텍처 산출물	• 국방공통컴포넌트 • 아키텍처 작성 • 아키텍처 현행화
○	○	정보보호	• 정보보호 수준 • 관제체계 구축 • 응용체계 정보보호 • 단말기 정보보호	• 네트워크 정보보호 • 키 관리체계 구축 • 서버 정보보호 • 암호장비 적용
○	○	주파수	• 주파수 확보계획 • 전자전 대비능력	• 주파수 사용가능성

표 5는 연동성 및 정보교환에 대한 획득단계별 적용기준을 제시한 것으로 연동개념도 및 일반/특정 상호운용성 수준을 소요평가시에 중요하게 평가 할 필요가 있다.

사업특성은 0, I 형, II 형, III 형으로 분류한다. 0형은 일반 무기체계 사업(외부와 정보공유 및 교환을 하지 않는 체계 획득 사업)으로 음성통신장비 획득, 타 체계 간 연동성이 없는 전력, 전투체계를 탑재하지 않는 함정/항공기/전차 사업 등이다. I 형은 정보통신 인프라 구축 사업 (통신 전용 체계, 타체계에 장착하여 사용, 자체적으로 사용자 수준의 정보교환 요구없음)으로 TICN 개발, SPIDER 성능개량, 단위전력 간 단순메시지 연동 무기체계 사업 등이다.

표 5. 상호운용성 적용항목별 평가항목

Table 5. Evaluation Items for each Interoperability Application Item

<자료출처 : 국방부지시 제2020-003, 2022, pp. 105.>

상호운용성 평가항목		적용기준													
		사업 특성분류				획득순기									
						상호운용성평가									
구 분	항 목	0	I	II	III	소요제기	탐색개발	체계설계	개발시험	운용시험	구매				
						소요평가	수준측정 I	운용성확인	수준측정 II	표준적합성시험	상호운용성시험평가	상호운용성구시평가		자료	실물
												장기신규	중기신규		
연동성 및 정보교환	연대체 동상계	9. 연동대상체계(현존, 미래확보예정)의 적절성	×	○	○	○	○	○	×	○	×	×	×	○	×
		10. 연동대상체계 간 합의계획(연동합의서) 제시/작성의 적절성	×	○	○	○	○	○	○	×	×	×	○	×	×
		11. 연동통제문서의 적절성	×	○	○	○	×	×	×	○	○	×	×	×	○
	연동개념도	12. 연동개념도의 적절성	×	○	○	○	○	○	×	○	×	×	×	○	×
	정보내보환역	13. 정보교환요구사항의 적절성	×	×	○	○	×	○	○	×	×	×	×	○	○
		14. 연동통제문서(ICD) 정보교환내역 구현의 적절성	×	×	○	○	×	×	×	×	×	○	×	○	○
		15. 전술데이터링크 관리도구(KVMS, eSMART 등) DB확보계획 제시/확보의 적절성	×	×	○	×	×	○	○	×	×	×	○	○	○
	일반 상호운용성 수준	16. 일반 상호운용성 수준의 적절성	×	×	○	○	×	○	○	×	○	×	×	×	×
	특정 상호운용성 수준	17. 특정 상호운용성 수준의 적절성	×	×	○	○	×	○	○	×	○	×	×	×	×
	수준측정 질의서	18. 질의서 및 체계산출물 일관성 여부	×	×	○	○	×	×	×	○	×	×	×	×	×

Ⅱ형은 전술데이터링크 탑재 무기체계 사업 (Link-K 및 KVMF 전력, Link-16, 기존의 표준데이터링크 등을 장착하여 외부체계와 정보를 교환하는 무기체계를 획득하는 사업, 전투체계를 탑재하는 함정/항공기(전투기 포함), 전차(탱크포함) 사업, 전술데이터링크를 이용하여 정보를 타 체계에 전달하는 무기체계 사업 등)이다. Ⅲ형은 국방정보시스템과 데이터를 교환하는 정보시스템 및 무기체계 구축 사업으로 국방정보통신망을 통해 국방정보시스템과 정보를 교환하는 정보시스템 구축 사업이다.

2) 국방 아키텍처

2005년 정부의 정보시스템 효율적 도입 및 운영 등에 관한 법률(법률제7816호)(일명 ITA법) 제정으로 국방분야의 정보기술 아키텍처 도입이 요구되었고, 군은 아키텍처 개발을 위한 지침으로 미군의 DoDAF v1.0을 벤치마킹한 MNDAF⁴⁰⁾ v1.0을 제정하였다. 2019년 12월 정보기술의 발전에 따라 군의 정보화 환경과 대내·외 변화를 반영하기 위해, 그리고 넷-중심 개념과 서비스지향 개념, 데이터 중심 개념을 반영하기 위해 MNDAF v 1.5를 개정하였다. 아울러 MNDAF를 기반으로 한 EA⁴¹⁾, 시스템 아키텍처, 운용 아키텍처 등 다양한 아키텍처를 개발해 왔다.

국방정보화업무훈령 용어 정의에 따르면 국방 아키텍처는 국방 전체 관점에서 체계적인 정보서비스를 업무지원의 도구로 활용하기 위해 일정 기준과 절차에 따라 업무, 체계, 기술 등 정보화 구성요소를 통합 분석하고, 이들의 관계를 구조적으로 정리한 업무에서부터 정보기술까지의 살아있는 정보화 종합설계도로서 모든 국방 관련 아키텍처를 포괄하는 개념이다. 그리고 MNDAF는 국방아키텍처 구축 시 작

40) Ministry of National Defense Architecture Framework

41) Enterprise Architecture

성해야 하는 업무관점, 시스템관점, 기술관점의 표준 산출물로서 산출물 종류 및 속성 등을 정의한 국방 표준을 말한다.

국방아키텍처는 표 6과 같이 전군적 아키텍처, 기관별 아키텍처, 단위시스템 아키텍처로 분류한다. 국방아키텍처의 주요 도입 목적은 국방 전체 관점의 종합 설계도를 수립하여 국방정보화 투자의 효율성과 정보시스템 간 상호운용성을 증진하는 것이다. 국방아키텍처의 구체적인 활용 분야는 국방정보화기본계획수립 및 국방정보화평가, 정보시스템 간 상호운용성 증진 및 표준화, 정보화사업의 소요기획, 예산편성, 사업관리 및 성과평가, 무기체계 장기소요기획을 위한 능력평가 시 활용, 그 밖에 국방정보화를 효율적으로 추진하는 데에 필요한 업무 등이다.

표 6. 국방정보기술 아키텍처 분류

Table 6. Defense Information Technology Architecture Classification

<자료출처 : 국방부훈령 제2576호, 2021, pp. 160>

분 류		대 상
국방 아키텍 처	전군적 아키텍처	▪ 효율적인 정보화 추진 및 상호운용성 확보에 활용하기 위한 전군 차원의 정보화 분야 아키텍처
	기관별 아키텍처	▪ 전자정부법 제46조에 따라 추진하는 각 기관별 아키텍처
	단위시스템 아키텍처	▪ 전력지원체계 중 특정 정보시스템에 대한 아키텍처
		▪ 무기체계 중 특정 정보시스템에 대한 아키텍처

기관별 아키텍처와 단위시스템 아키텍처는 전군적 아키텍처에 부합하도록 구축해야 하고, 국방아키텍처 도입 시 표 7에 정한 필수 산출물을 중심으로 아키텍처 산출물을 작성하여야 한다. 전군적·기관별 아키텍처는 국방아키텍처관리시스템 등

록 60일 전에 제출하며, 단위시스템 아키텍처는 사업 종료 60일 전에 제출한다. 단, 상호운용성 수준 측정 대상 사업의 단위시스템 아키텍처는 수준 측정 60일 전에 제출한다. 다만, 제출시기는 사업특성을 고려하여 조정할 수 있다.

표 7 국방정보기술 아키텍처 필수 작성 산출물

Table 7. Defense Information Technology Architecture Required Output

<자료출처 : 상계서., pp. 161.>

구 분 (● : 필수)		AV		OV									SV														TV				
		1	2	1	2	3	4	5	6			7	1	2	3	4			5			6	7	8	9	10			11	1	2
기관별/ 전군적 아키텍처 구축	현행 아키텍처	●	●	●			●	●					●	●		●															
	목표 아키텍처	●	●	●			●	●					●	●		●															
	아키텍처 구축	●	●	●			●	●					●	●		●															
	이행계획	일반 문서로 작성																													
국방정보시스 템 단위시스템 아키텍처 구축	소요기획	OV-1(운용개념도), SV-1(체계/서비스 인터페이스기술서), SV-4a(체계기능기술서)를 일반문서로 작성																													
	개념연구 탐색개발 단계	●	●	●			●	●					●	●		●						●									

단위시스템 아키텍처를 도입해야 하는 대상 사업은 지휘통제, 전투지휘, 군사정보체계 등의 전장관리정보체계와 기획·재정, 인사·동원, 군수·시설, 전자행정, 군사정보지원, 상호운용성 등의 자원관리정보체계, 그리고 연습·훈련용, 분석용, 획득용 등의 국방M&S체계 등 정보화전략계획수립(무기체계는 탐색개발) 사업 중 예산이 2억원 이상인 사업과 이들 정보시스템과 정보를 교환하는 무기체계 사업(이 경우 아키텍처 구축 범위는 연동 범위에 한함), 그 밖에 장관이 정하는 정보시스템 사업 등이다. 다만, 국방아키텍처 정책총괄 부서(국본 정보화기획관실)와 협의하여 사전 승인을 득한 후 도입을 생략 할 수 있다.

단위시스템 아키텍처는 소요제기 단계부터 그림 12의 절차에 따라 현행아키텍처

와 목표아키텍처를 작성하고, 정보화전략계획 수립 시 이를 구체화하며, 해당 정보 시스템을 포함하는 전군적 아키텍처와 기관별 아키텍처를 현행화하여야 한다. 다만, 무기체계의 사업추진 단계는 국방전력발전업무훈령에 정한 단계를 준용한다.

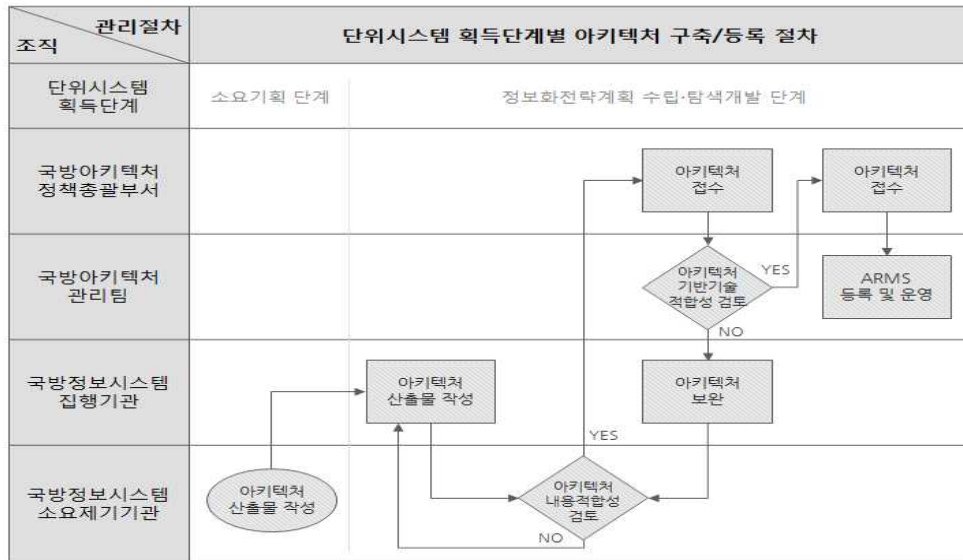


그림 12. 단위시스템 획득단계별 아키텍처 구축/등록 절차

Figure 12. Architecture Establishment/Registration Procedure for each Stage of Unit System Acquisition

<자료출처 : 상계서, pp. 163.>

먼저 정보화사업의 경우 단위시스템 아키텍처 도입 대상 사업의 소요제기기관은 아키텍처 도입 계획을 수립하고 그 결과를 소요제기서 및 사업설명서에 포함하여야 한다. 소요제기서 및 사업설명서의 사업타당성에는 국방정보기술아키텍처와 연계성 검토 결과(전군적 아키텍처 등록 여부 등)와 중복투자 검토 결과(전군적 아키텍처 기반 체계, 체계기능 중복 여부 등)가 포함되어야 한다. 그리고 체계 운용개념에는 현 체계 및 목표체계 구성도, 운용개념 등에 OV-1 운용개념도, SV-4a 체계기능기술서가 포함되어야 하며, 연관 체계 (전장·자원체계 포함)에는 SV-1 체계인터

페이스기술서가 포함되어야 한다. 또한 체계요구사항에서는 전군적, 기관별 아키텍처 개발 사업의 경우 국방아키텍처 개발방안이 포함되어야 한다.

무기체계 사업의 경우는 국방전력발전업무훈령에 따르면 중기전력소요서(안)을 작성 시에는 과학적이고 합리적인 소요결정을 위해 작전효과분석 결과, 개략적인 비용추정 결과 및 비용절감방안, 합동실험, 전투실험 및 특정연구 결과, 통합아키텍처 산출물 등 소요결정과정의 분석·평가결과를 첨부하는 것을 원칙으로 하고, 장기전력소요서(안)에는 필요시 첨부하도록 하고 있다. 그림 13은 이종화[27]의 합동전투발전수행절차를 나타낸 것으로 소요제기서(중장기전력소요서(안)) 작성할 경우 능력평가를 수행한 결과를 토대로 요구능력을 식별하여 반영하여야 한다.

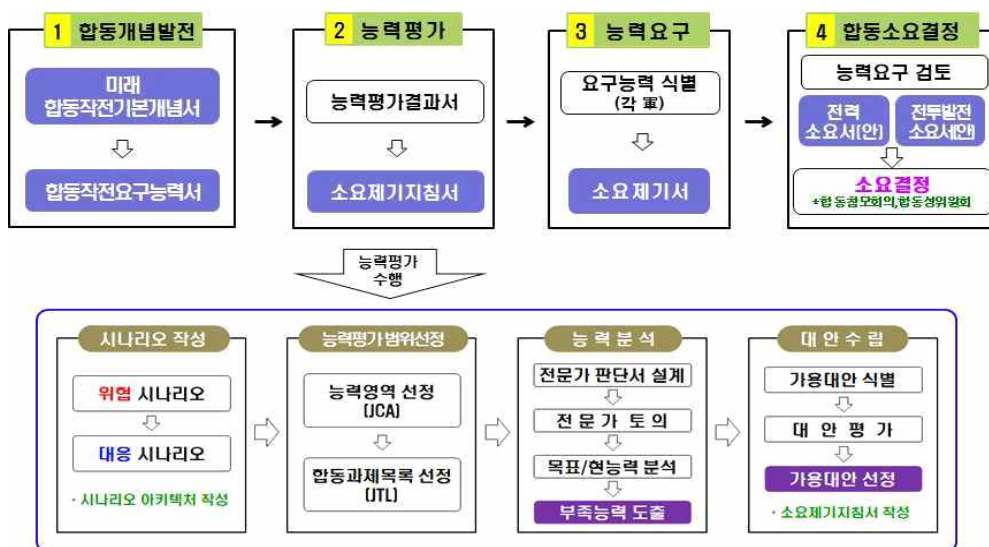


그림 13. 합동전투발전수행절차

Figure 13. Joint Combat Development Implementation Procedure

<자료출처 : 이종화, 2021, pp. 12.>

능력평가시 위협과 대응 시나리오를 작성하고 시나리오 아키텍처를 함께 작

성하도록 하고 있다. 이처럼 사업 초기부터 아키텍처 산출물을 작성하고, 국방아키텍처 통합 및 연계 영역을 고려하여 일관성 있게 작성하도록 하고 있다.

작성된 아키텍처 산출물 등은 국방아키텍처 관리시스템(MND-ARMS⁴²⁾)에 의해서 관리되고 있다. MND-ARMS는 국방부 기관 아키텍처, 자원관리 정보 체계 통합 아키텍처, 단위체계 아키텍처 등의 국방아키텍처 산출물 및 관련 정보를 포함하는 참고자료를 저장, 관리하는 시스템이다. 그림 14는 운영개념도로 아키텍처 개발자들은 상용 아키텍처 개발도구를 이용하여 개발한 아키텍처 산출물을 저장소에 저장하고, 적재한 산출물은 신규 체계의 소요계획자, 개발자, 혹은 기존 체계의 성능개선사업 담당자 등이 참조하여 체계개발 혹은 성능개선에 활용하며, 또한 식별된 상호 운용체계의 아키텍처 정보를 참고하여 체계간의 상호운용성을 보장하기 위하여 활용한다.

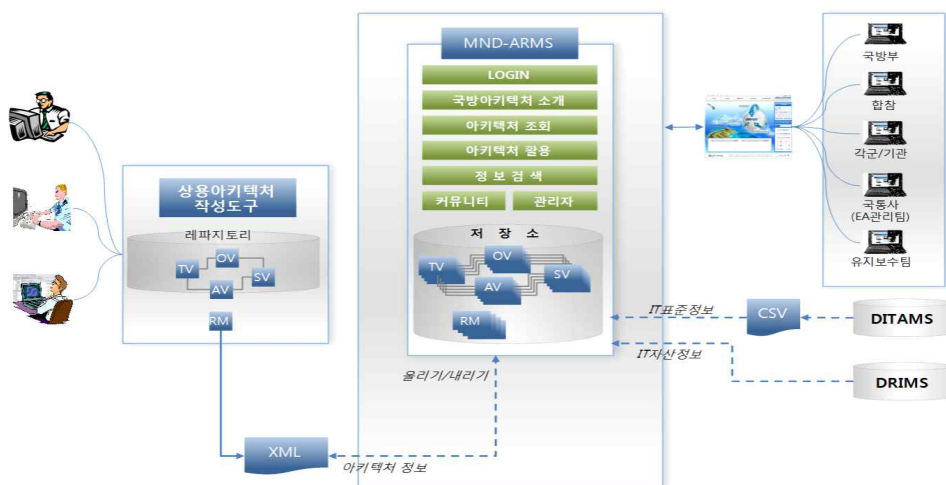


그림 14. 운영개념도

Figure 14. Operation Concept Diagram

<자료출처 : 국방부지시 제2020-003, 2022, pp. 96.>

42) MND-Architecture Repository Management System

주요기능은 국방 아키텍처 산출물 조회, 탐색, 산출물 적재 및 내려받기와 연관정보 조회 및 분석, 업무 및 체계간 분석, 상호운용성 분석, 그리고 산출물 변경 요청 내역 관리, 통계 정보 조회 및 활용과 국방정보기술표준관리체계(DITAMS⁴³⁾) 및 국방정보자원관리체계(DRIMS⁴⁴⁾) 연계정보 제공과 상용 아키텍처 개발 도구와의 표준 인터페이스 제공 등이다.

3. 상호운용성 평가모델

가. 선진국 상호운용성 평가모델

대부분 기업이나 군 등은 조직의 목표를 달성하고 새로운 시장기회나 전장승리 보장을 위해서 상호운용성을 개발하며, 개발된 상호운용성을 통해 중요정보들을 교환하고 공유된 목표를 달성한다. 이러한 조직의 달성된 목표를 지속적으로 검증 및 개선하기 위해서는 상호운용성 평가를 해야하며 관련된 평가모델을 개발하는 것이 중요하다.

선진국 정부와 산업계는 지난 30년 이상을 사람, 장비, 프로세스 및 조직의 복잡한 네트워크의 상호운용성을 측정하고 보고하는 간단한 방법을 만드는 것을 목표로 상호운용성 측정에 대한 연구를 적극적으로 탐구해 왔다. 프레임워크와 모델을 만들고, 측정을 제안하고, 수준을 설명하고, 상호운용성 측정을 지원하는 다양한 정성적 요소를 나열하였다.[8] 그렇지만 대부분의 모델은 초기 및 학술적 수준이며, 단지 LISI와 NMI⁴⁵⁾ 만이 미국방성, NATO 등과 같은 큰 규모의 조직에서 채택되어 활용되었다.[24]

43) Defense Information Technology Standard Management System

44) Defense Resource Information System

45) NATO C2 Technical Architecture Reference Model for Interoperability

Gabriel Leal 등의 상호운용성 평가의 체계적인 문헌검토[23]에서 제시한 22개의 접근방식이 실제사례에 적용된 사례를 확인하였다. 제시한 22개의 접근법 중 정성 측정 메커니즘을 사용하는 접근법은 18개이며 정량 측정 메커니즘을 사용하는 접근법은 13개, 정성과 정량 측정 메커니즘을 결합한 8개의 접근법을 제시하였다. 이중에서 정량 측정 메커니즘을 사용하는 접근법 중 수학적식을 적용한 i-Score 모델을 식별하였다. T. Ford 등은 상호운용성 측정 조사[8]에서 거의 34가지의 정의와 54가지 이상의 고유한 상호운용성 유형, 그리고 i-Score 모델을 포함한 14개의 기본 상호운용성 측정 모델 및 방법론을 제시하였다. 그림 15는 14개 모델에 대한 타임라인이다.

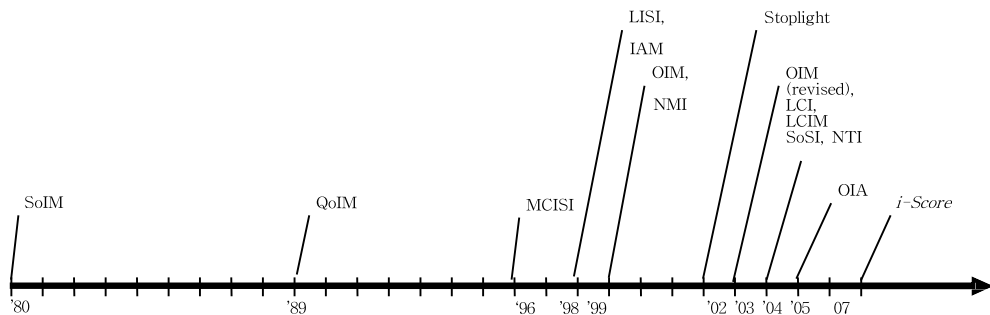


그림 15. 14개의 상호운용성 모델

Figure 15. 14 Interoperability Models Identified

<자료출처 : T. Ford 외 2인, 2007, pp. 5.>

Gabriel Leal 등의 제시한 22개의 논문에 T. Ford 등이 제시한 14개의 논문이 포함되어있다. 따라서 T. Ford 등의 14개 모델 중 최초의 상호운용성 평가 모델인 SoIM과 정량화 평가 모델인 QOIM, MCISI, IAM, 그리고 한국군이 적용하고 있는 LISI 모델, 복합체계 상호운용성 평가 모델인 SOSI 등에 대해서 정리하였고, 수학적식을 적용하여 정량화된 평가가 가능한 i-Score 모델에 대해서 심층적인 조사를 하였다. 표 8은 14개 측정 모델에 대한 요약을 나타낸 것

으로 수학적식을 적용한 모델은 I-Score 모델 한 개이며, 일부를 적용한 모델은 QOIM, MCISI, IAM 등 3개를 보여주고 있다.

표 8. 상호운용성 측정모델 요약

Table 8. Summary of Interoperability Measurement Models

<자료출처 : 상계서., 수정보완>

구 분	SoIM	QoIM	MCISI	LISI	IAM	OIM	Stoplight	LCI	LCIM	NMI	SoSI	NTI	OLAM	i-Score
발표년도	1980	1989	1996	1998	1998	1999, 2003	2002	2003	2003	2003	2004	2004	2005	2007
저 자	LaVean	Mensh, Kite, Darby	Ammowicz, Gajewski	Various	Leite	Clark, Jones, Fewell	Hamilton, Rosen, Summers	Tolk	Tolk, Muguira	Various	Morris, et al.	Stewart, et al.	Kingston, Fewell, Richer	Ford, et al.
Math Operations Possible on Measurement(s)?														
Yes														X
No	X			X		X	X	X	X	X	X	X	X	
Maybe, or only on part of model		X	X		X									
Type of Interoperability Measured														
Operational Interoperability						X								
Technical Interoperability	X		X	X	X					X	X			
Operational Interoperability Agility													X	
Non-Technical Interoperability												X		
Coalition Interoperability								X						
Conceptual Interoperability									X					
Programmatic Interoperability							X				X			
Constructive Interoperability											X			
Multiple Types		X									X			X
Type of Measurement(s)											N/A			
Non-number			X	X	X	X	X		X	X		X	X	
Number	X		X		X			X	X			X		X
Aggregate (roll up to single measure?)			X				X							X
Non-aggregate or multiple measurement(s)		X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	
Basis of Measurement											N/A			
System				X	X	X	X			X				
System Pair	X		X	X		X			X	X				X
More than two systems	X		X											X
Mission, scenario, thread, coalition, unit, etc.		X				X		X				X	X	X

1) Spectrum of Interoperability Model(SoIM)

현 DISA⁴⁶⁾의 이전 조직의 직원인 Gilbert LaVean은 1980년 IEEE Transactions on Communications에서 "시스템 간의 상호운용성은 특정 시스템에 대한 목표를 기술하는 상호운용성 측정의 문제가 존재하기 때문에 불충분했다." 라고 하면서 이를 해결하기 위해 상호운용성을 측정하는 최초의 모델인 Spectrum of Interoperability Model(SoIM)을 만들었다.[28] 표 9와 같이 상호운용성의 가장 중요한 두 가지 측정인 기술적 가능성과 관리/제어 가능성을 정의하였고, 이 두 가지 측정을 결합함으로써 비용 대 이익의 절충을 허용하는 상호운용성의 스펙트럼을 도출하는 것이 가능하였다. SoIM의 목적은 프로그램 관리자가 시스템 및 서비스의 현재 상호운용성을 평가하고 미래의 상호운용성을 위한 목표를 설정하며 현재 및 미래의 상호운용성 상태를 시각화할 수 있는 간단한 도구를 제공하는 것이다.

표 9. 상호운용성의 SoIM 수준

Table 9. SoIM Levels of Interoperability

<자료출처 : 상계서., pp. 6>

Level	Name	Technical Measure	Management/Control Measure
1	Separate Systems	1	1
2	Shared Resources	1	2
3	Gateways	2	3
4	Multiple Entry Points	2	4
5	Conformable/Compatible Systems	3	4
6	Completely Interoperable Systems	3	5
7	Same System	4	6

46) Defense Information Systems Agency

2) Quantification of Interoperability Methodology(QoIM)

1989년 Dennis Mensh 등은 Naval Engineer's Journal에 "The Quantification of Interoperability"라는 논문을 발표[29]하였다. 논문은 광역 감시(WAS⁴⁷⁾), 초수평선표적획득(OTH-T⁴⁸⁾) 및 전자전(EW⁴⁹⁾)의 세 가지 임무 영역에 대한 상호운용성 문제를 평가하고 7가지 상호운용성 구성요소를 정량화하는 것이다. 그리고 시스템, 군대 등의 상호운용성은 상호운용성을 정량화할 수 있는 구성요소들의 집합에 포함될 수 있다고 언급하였고, 미디어, 언어, 표준, 요구사항, 환경, 절차 및 인적 요소로 7가지 구성요소를 식별하고 정의하였다. 또한 각 구성요소에 대한 MOE 논리 함수를 정의하고 해당 논리 함수를 사용하여 각 구성요소에 대한 진리표를 생성한다. 진리표는 연습 또는 시뮬레이션 중에 발생한 다양한 중요한 이벤트에 대한 이진 MOE 값(예: 메시지 정확성, 이해도, 수동 개입 및 오류)을 나열하며, 0은 상호운용성의 부족을 나타내고 1은 상호운용이 가능했음을 나타낸다. 따라서 7개의 상호운용성 구성요소에 대한 진리표 결과를 보여주는 최종 상호운용성 데이터 테이블이 만들어진다.

진리표는 세 가지 이점을 설명한다. 먼저 상호운용성의 전반적인 정량화를 보여주고, 특정 이벤트의 경우 해당 이벤트의 측면에서 7개의 상호운용성 구성요소 측면에서 시스템의 상호운용성 평가가 가능하며, 또한 두 개의 서로 다른 아키텍처에 대해 상대적 장점을 비교할 수 있다. 그러나 논문은 상호운용성을 정량화하기 위한 방법론이 추구되고 있다고 하였듯이 방법론이 개발되지는 않았다.

47) Wide Area Surveillance

48) Over-The-Horizon Targeting

49) Electronic Warfare

3) Military Communications and Information Systems Interoperability(MCISI)

1996년에 Amanowicz와 Gajewski는 수학적 방식으로 통신 정보 시스템(CIS⁵⁰⁾) 상호운용성을 모델링하도록 설계된 Military Communications and Information Systems Interoperability(MCISI) 논문을 발표[30]하였다. 상호운용성 모델링의 적절한 방법론과 함께 많은 양의 데이터가 필요함을 인식하였고, 상호운용성 모델링이 운영요건, CIS 데이터, 표준, 인터페이스 및 모델링 기능을 결합하는 다단계 프로세스라고 하였다. 그림 16과 같이 상호운용성 모델링의 결과는 특정 서비스(운영 절차)에 대한 전체 시스템에서 부분적으로 시작하여 상호운용 불가능한 시스템에 이르기까지 3단계 척도로 제시하였으며, 컬러 큐브를 사용하여 한 축이 명령 수준, 두 번째 축이 CIS 서비스, 세 번째 축이 전송 매체인 모델을 시각화하였다. 교차점의 색상은 빨간색, 노란색 또는 녹색으로 특정 서비스의 상호운용성이 없거나 부분적이거나 전체적임을 나타낸다.

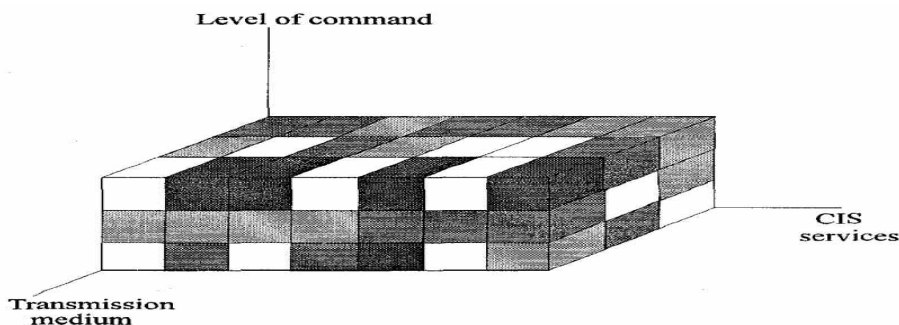


그림 16. 상호운용성 모델링 결과

Figure 16. Results of Interoperability Modelling

<자료출처 : M. Amanowicz 외 1인, 1996, pp. 282.>

그리고 시스템 집합을 "다차원 공간의 점"으로 설명하고 이러한 시스템의 기능

50) Communications and Information Systems

을 "이 점의 좌표"로 설명함에 따라 방법론의 수학적 나온다. 두 점 사이의 정규화된 "거리"를 다음과 같이 정의하였다.

$$d(A,B) = \frac{\sum_{i=1}^n |a_i - b_i|}{n} \quad (2.1)$$

여기서 a_i, b_i 는 각각 시스템 A와 시스템 B를 나타내며, $d(A,B)=0$ 일 때 시스템 A와 B가 완전한 상호운용성이 있고, $d(A,B)>1$ 일 때 상호운용성이 감소된다. 주어진 시스템 세트의 상호운용성의 상한/하한을 측정할 수 있고, 상호운용성을 최대화하기 위한 시스템의 최상 배열을 결정할 수 있다고 하였다.

4) Levels of Information System Interoperability(LISI) Model

LISI 모델 개발은 1993년 MITRE Corporation과의 계약으로 시작되었으며 1998년 C4ISR Architecture Working Group(AWG)에서 발표[31]되었다. LISI는 시스템 또는 시스템 쌍 중심의 임무, 시나리오 또는 운영스레드 중심으로 정보 시스템의 상호운용성을 정의, 평가, 측정 및 평가하는 프로세스로 정보시스템 상호운용성 측정에 가장 적합하다.

CJCSI 6212.01C에서 정보 기술 및 국가 보안 시스템의 상호운용성 및 지원 가능성은 프로그램 관리자가 LISI 프로파일 요구사항의 범위를 준수하도록 요구했으나, CJCSI 6212.01D에는 LISI와 관련된 요구사항이 삭제되었다. AWG는 원래 LISI를 DoDD 4630.5, DoDI 4830.8, DoDI 5000.2 및 DoDD 5000.1에 제도화하는 목표를 명시했지만 1998년 이후부터 발행된 문서에 언급된 적은 없다. 그러나 LISI는 2002년 상호운용성 핵심성능요소(KPP)가 나오기 전까지 미 국방부 내에서 가장 뛰어난 상호운용성 측정 모델로 인정받았다.

LISI 모델은 LISI 평가 기반과 LISI 평가 제품으로 구성된다. 평가 기준에는

상호운용성 성숙도, 참조, 능력 모델 및 구현 옵션 테이블이 포함된다. 평가 제품에는 상호운용성 프로파일, 상호운용성 메트릭, 상호운용성 매트릭스, 비교 테이블 및 아키텍처 제품이 포함된다. LISI 평가 기반으로 그림 17의 LISI 상호운용성 성숙도 모델은 상호운용성 수준을 설명한다는 점에서 SoIM과 유사하다. SoIM에는 7개의 수준이 있는 반면 LISI에는 성숙도 수준이라는 5개의 수준이 있다. 그러나 SoIM과 달리 LISI는 각 수준 내에서 전체 범위의 상호운용성 고려 사항을 포괄하는 네 가지 속성인 PAID(Procedures, Applications, Infrastructure, Data)를 설명하여 개선 단계를 수행한다. 그림 18의 LISI 참조 모델은 행렬의 행에 5개 수준을 표시하고 열에 4개 속성을 표시한다. 교차점에 있는 셀은 특정 속성에 대해 지정된 수준의 상호운용성을 달성하는 데 필요한 기능을 설명한다.

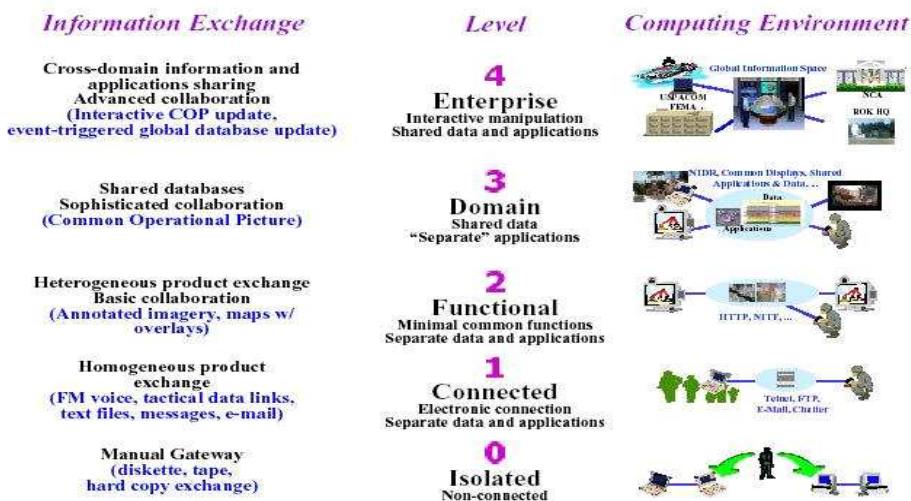


그림 17. LISI 상호운용성 성숙도 모델

Figure 17. The LISI Interoperability Maturity Model

<자료출처 : C4ISR AWG, 1998, pp. D-5.>

Nature of Operational Information Interaction	Corresponding Interoperability Level		Implications			
			P	A	I	D
Cross-Domain Interactive Manipulation	Enterprise	4	Enterprise Level	Interactive	Multiple Topologies	Enterprise Model
Shared Applications & Databases	Domain	3	Domain Level	Groupware	World Wide Networks	Domain Model
Complex Media Exchange	Functional	2	Program Level	Desktop Automation	Local Networks	Program Model
Simple Electronic Exchange	Connected	1	Local/Site Level	Standard System Drivers	Simple Connection	Local
Manual Gateway	Isolated	0	Access Control	N/A	Independent	Private

그림 18. LISI 참조 모델

Figure 18. LISI Reference Model

<자료출처 : 상계서, pp. D-8.>

그림 19와 같이 LISI 능력 모델은 특정 속성에 대해 지정된 수준의 상호운용성을 달성하는 데 필요한 특정 기능을 설명하는 참조 모델이다.

LISI 평가 제품으로 시스템 상호운용성 프로파일이다. 프로파일은 네 가지 상호운용성 속성 모두에 대한 시스템 정보를 수집하는 웹 기반 질의응답으로 작성되며 설문이 완료되면 상호운용성 메트릭을 얻게 된다. 메트릭은 메트릭 유형(일반, 예상 및 특정), 수준(0~4) 및 하위 수준(a~z)의 삼중항이다. 메트릭은 한 시스템(일반) 또는 한 쌍의 시스템(예상 및 특정)에 대한 상호운용성 수준을 정량적으로 설명한다. 일반 메트릭은 단일 시스템이 수행할 수 있는 가장 높은 수준의 상호운용성이며, 예상 메트릭은 두 시스템 간의 가장 높은 공통 수준의 상호운용성을 설명한다. 특정 메트릭은 모든 PAID 속성에서 두 정보시스템 간의 상호운용성의 가장 높은 공통 수준을 설명한다. 상호운용성 매트릭스는 여러 시스템에 대한 상호운용성 메트릭을 가져와 시스템이 행과 열에 레

이블이 지정된 그리드에 배열하고 교차에는 해당 시스템 쌍에 대한 상호운용성 수준이 포함된다. 교차점의 색상은 시스템 쌍에 대한 특정 상호운용성이 해당 쌍에 대한 예상 수준을 초과하는지, 같거나 낮은지 여부를 표시한다.

LEVEL (Environment)			Interoperability Attributes				
			Procedures	Applications	Infrastructure	Data	
Enterprise Level (Universal)	4	c	Multi-National Enterprises	Interactive (cross applications)	Multi-Dimensional Topologies	Cross-Enterprise Models	
		b	Federal Enterprise			Enterprise Model	
		a	DoD Enterprise	Full Object Cut & Paste			
Domain Level (Integrated)	3	c	Domain	Shared Data (Situation Displays Direct DB Exchanges)	WAN	DBMS	
		b	Service/Agency Doctrine, Procedures, Training, etc.	Group Collaboration (White Boards, VTC)		Domain Models	
		a		Full Text Cut and Paste			
Functional Level (Distributed)	2	c	Common Operating Environment (DII-COE Level 5) Compliance	Web Browser	LAN	Program Models and Advanced Data Formats	
		b		Basic Operations (Documents, Maps, Briefings, Pictures, Spreadsheets, Data)			
		a	Program Standard Procedures, Training, etc.	Advanced Messaging (Parsers, E-Mail+)	Network		
Connected Level (Peer-to-Peer)	1	d	Standards Compliant (JTA, IEEE)	Basic Messaging (Plain Text, E-mail w/o attachments)	Two Way	Basic Data Formats	
		c		Data File Transfer			
		b	Security Profile	Simple Interaction Text Chatter, Voice, Fax, Remote Access, Telemetry)	One Way		
		a					
Isolated Level (Manual)	0	d	Media Exchange Procedures	N/A	Removable Media	Media Formats	
		c	Manual Access Controls		Manual Re-entry	Private Data	
		b					NATO Level 3
		a					NATO Level 2
		o					NATO Level 1
			No Known Interoperability				

그림 19. LISI 능력모델

Figure 19. LISI Capabilities Model

<자료출처 : 상계서, pp. D.>

따라서 매트릭스는 시스템 그룹의 상호운용성을 시각화하는 데 사용가능하다. 비교 테이블은 PAID 측면에서 시스템 간의 상호운용성을 구현한 정보의 비교를 제공하는 데 사용한다. 그리고 LISI 평가 데이터를 이용하여 다양한 아키텍

치 제품을 생성할 수 있다. 일례로 개별 시스템에 대한 LISI 일반 메트릭은 시스템 인터페이스 설명에 오버레이될 수 있으므로 시스템 연결의 시각화뿐만 아니라 해당 시스템의 연결 품질도 제공한다. 그림 20은 LISI 참조모델과 운영, 시스템 및 기술 아키텍처 관점 간의 관계를 간략하게 보여준다. 운영 아키텍처 관점은 상호운용성 요구사항을 설명하고, LISI 모델은 해당 요구사항을 특정 상호운용성 수준과 연관시킨다. 시스템 아키텍처 관점은 시스템 간 할당을 설명하며, LISI 모델은 필요한 상호운용성 수준을 충족하는 데 필요한 기능과 관련하여 시스템 기능을 식별하는 수단을 제공한다.

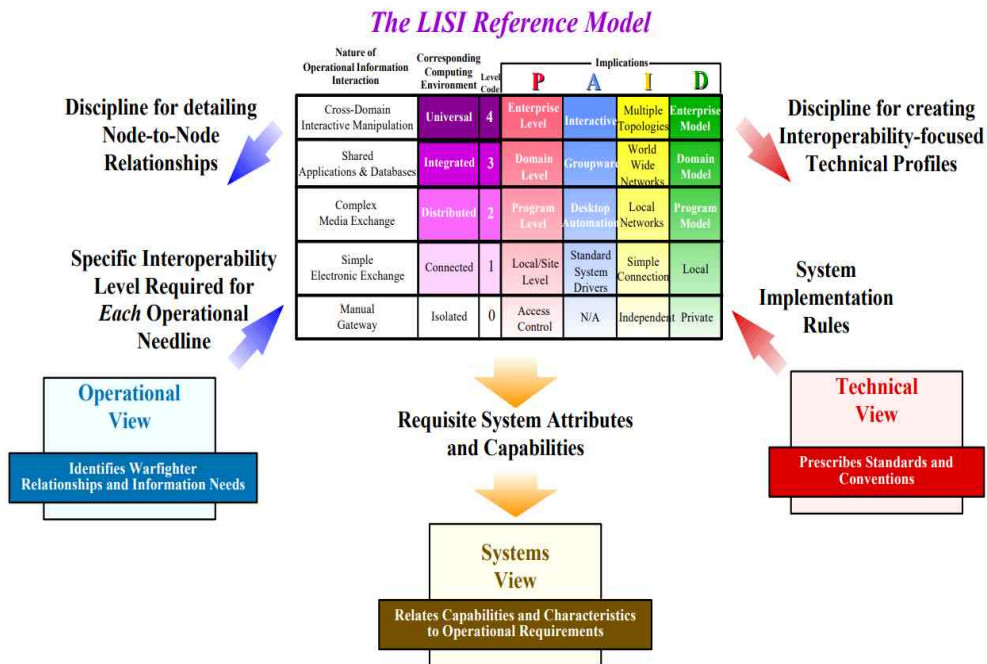


그림 20. 아키텍처 관점과 LISI의 관계

Figure 20. LISI Relationship to Architecture Views

<자료출처 : 상계서, pp. D-12.>

기술 아키텍처 관점은 필수 시스템 기능에 대한 구현 규칙을 프로파일하고,

LISI 모델은 상호운용성 수준에 의해 정의된 능력 모음과 관련하여 적용 가능한 규칙 세트를 명확히 표현하기 위한 수단을 제공한다.

5) Interoperability Assessment Methodology(IAM)

IAM은 LISI가 발표된 후 3개월 만에 제66회 MORS(Military Operations Research Society) 심포지엄에서 발표[32]되었고 1999년과 2003년에 개정되었다. QoIM과 마찬가지로 IAM은 "상호운용성 시스템 구성 요소 집합의 측정 및 정량화"라는 아이디어를 기반으로 한다. IAM은 요구사항(Requirements), 표준(Standards), 데이터 요소(Data Elements), 노드 연결(Node Connectivity), 프로토콜(Protocols), 정보 흐름(Information Flow), 대기 시간(Data Latency), 해석(Interpretation) 및 정보 활용(Information Utilization)의 9가지 구성요소(vice QoIM의 7가지)를 식별하였다.

9개의 구성요소 각각은 예 또는 아니오 대답과 이와 관련된 수학 방정식을 가지고 있다. 또한 연결성, 가용성, 해석, 이해, 유용성, 실행 및 피드백인 상호 연결 정도를 정의한다. 그림 21은 상호운용성 평가 프로세스를 순서도 형식으로 표현한 것으로, 해군의 전술 탄도 미사일 방어 프로그램에 예로 적용하였다.

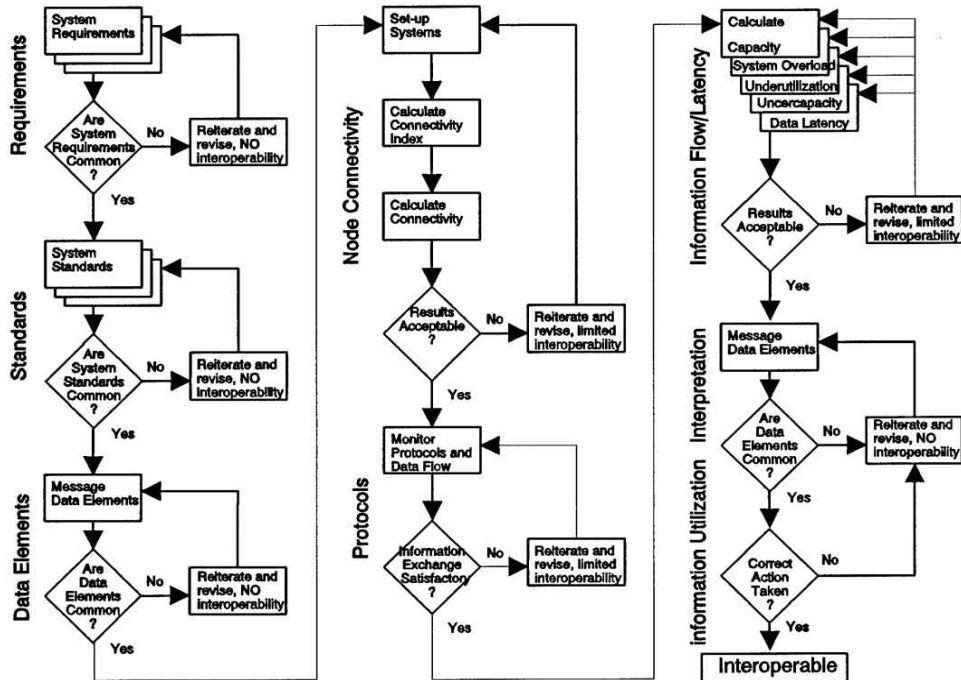


그림 21. 상호운용성 평가 절차

Figure 21. Interoperability Assessment Process

<자료출처 : M. Leite, 1998, pp. 11.>

6) System of Systems Interoperability(SoSI) Model

2004년 Morris 등이 카네기멜론대학의 SEI(Software Engineering Institute)에서 SoSI를 발표[33]하였다. SoSI는 복합체계 상호운용성 연구를 더 효과적으로 수행할 수 있도록 개발되었으며, 그림 22와 같이 세 가지 유형의 상호운용성(운영성, 구조성, 프로그램 방식)과 각각에 관련된 활동을 기반으로 한다. SoSI는 복합체계 개발 및 통합에 유용한 방법으로 개발되었지만 복합체계 내의 상호운용성을 구체적으로 측정할 수 있는 지표가 부족한 제한사항이 있다. 그러나 분석가가 복합체계의 상호운용성을 측정하기 위해 사용할 수 있는 프레

임워크를 제공한다.



그림 22. SOSI 모델

Figure 22. SOSI Model

<자료출처 : E. Morris 외 4인, 2004, pp. 10.>

7) The Layered Interoperability Score(i-Score)

i-Score는 시스템 공학 연구에 관한 CSER(Conference on Systems Engineering Research) 2007에서 발표[9]되었다. i-Score는 기술, 생물학적, 조직 및 환경 등 모든 유형의 시스템 상호운용성을 측정하는 수학적 방법이다. 운영스레드 기반으로 계산이 쉽고 기존 아키텍처 데이터를 사용하며 두 가지 이상 유형의 상호운용성이 포함된 시나리오에서 사용 가능하다. 또한 운영스레드를 지원하는 시스템의 상호운용성을 정량적으로 측정하는 수단을 제공한다. i-Score 방법론은 운영스레드를 지원하는 시스템의 상호운용성에 대한 현재의 i-Score와 이론적 최적 i-Score 사이의 상호운용성 격차를 줄이는 방법을 신속하게 결정할 수 있다. 또한 수학적이기 때문에 최대 상호운용성을 위한 최상의 설정을 결정하기 위해 최적화가 수행될 수 있도록 상호운용성 관련 변수의 사용자 정의 기능 포함이 가능하다. 방법론은 조직 또는 정책 상호운용성 측정과

같은 비전통적 상호운용성 측정을 수행하는 데 사용할 수 있다. i-Score 상호운용성 측정 방법론은 6단계 프로세스이며 장점은 다음과 같다. 다양한 유형의 상호운용성 표현 가능, 상호운용성을 있는 그대로 측정할 수 있을 뿐만 아니라 또한 현실적인 이론적 최적 상호운용성 측정, 시스템 네트워크를 개선하는 데 사용할 수 있는 상호운용성을 측정하는 수학적 수단 제공, 시스템의 동종 및 이종 네트워크에 대한 상호운용성 측정 수단 제공, 서로 다른 상호운용성 관련 매개변수의 계층분석 가능하고 사용자 정의 가능한 모델 제공 등이다.

i-Score 모델은 발표된 이후 개선된 모델과 스마트 그리드 분야에 적용한 사례가 발표되었다. i-Score 모델 개발자들은 2008년 시스템간의 유사도 계수집합을 유사행렬로 개선한 모델을 발표[15]하였고, 또한 2015년에는 Marie van Amelsvoort 등[34]이 스마트 그리드 도메인인 에너지 영역에서 에너지 소비와 생산의 동기화에 문제가 되는 모든 행위자(예: 시장, 배전 시스템 운영자, 고객 등) 간의 높은 연계성과 실시간 커뮤니케이션을 개선하기 위해서 i-Score 모델을 적용하였으며, Mohamamd Mehdi Nayeypour[35]는 i-Score 모델을 개선한 서로 다른 시스템 간의 직접연동체계 인터페이스를 설명하고 각각에 가중치를 부여하여 시스템 통합을 위한 정량적 기반과 구성 가능성에 대한 표준을 제공하는 모델인 상호운용성 지수 모델(Interoperability Index Model)을 발표하였다.

가) 방법론 6단계 프로세스

i-Score 방법론은 운영스레드와 상호운용성 스핀의 개념을 기반으로 한다. 운영스레드는 각 활동이 정확히 하나의 시스템(메커니즘)에 의해 지원되는 일련의 활동으로 정의하며, 상호운용성 스핀은 상호운용 품질을 나타내는 시스템 쌍의 고유속성 $s_{ij} \in \{-1, 0, +1\}$ 으로 정의된다. 물리학에서 차용한 개념인 스핀

은 양자화된 고유속성으로 두 시스템 i, j 간의 고유한 상호운용성을 설명한다. +1은 시스템간 번역없이 통신가능한 완전한 상호운용성 수준을 나타내며, 0은 기계번역이 필요한 제한된 상호운용성 수준이고, -1은 인간 개입이 필요한 상호운용성이 없는 수준을 말한다.

1단계는 DoDAF OV-5, IDEF0, BPML⁵¹⁾ 또는 UML⁵²⁾ 활동 다이어그램을 사용하여 운영스레드(예: 시간 결정적 타겟팅)를 다이어그램으로 작성하고 스레드에서 각 활동을 지원하는 시스템의 정렬된 집합 T 를 정의한다. 2단계는 1단계에서 작성된 활동 다이어그램을 토대로 상호운용성 행렬을 작성한다. 먼저 운영스레드를 지원하는 n 개의 시스템 집합을 정점집합 V 로 정의하고, 루프를 포함하는 시스템간의 직접연결 집합을 에지집합 E 로 정의할 때 완전유향다중 그래프(Complete directed multigraph)는 다음과 같이 표현된다.

$$D=(V,E), V=\{v_1,v_2,...v_n\}, E=\{e_1,e_2,...e_n\} \quad (2.2)$$

여기서 V 는 T 이고 E 는 T 의 요소를 정방향으로 한번에 두 개씩 설정한 A 로 정의한다. 또한 시스템이 둘 이상의 활동을 지원하는 경우에는 $n \neq |T|$ 이다.

DoDAF SV-3와 유사한 스핀 행렬(Spin Matrix)은 운영스레드에서 시스템 쌍의 모든 순열에 대해 회전하며 다음과 같이 정의하였다.

$$S=[s_{ij}]_{n \times n}, s_{ij} \in \{-1, 0, +1\}, i, j=1,...n \quad (2.3)$$

앞서 설명한 것처럼 (+1)은 완벽한 상호운용성, (0)은 기계 번역 필요, (-1)은 사람 번역 필요를 나타내는 변수이다.

51) BPML(Business Process Modeling Language)는 비즈니스 프로세스 관리 전문 단체(BPMI)가 비즈니스 프로세스를 만드는 수단으로 개발한 확장성 생성 언어(XML) 기반의 메타 언어

52) UML(Unified Modeling Language)은 요구분석, 시스템설계, 시스템 구현 등의 시스템 개발 과정에서, 개발자간의 의사소통을 원활하게 이루어지게 하기 위하여 표준화한 모델링 언어

다중도 행렬(Multiplicity Matrix)은 T의 요소가 반복될 때 시스템 쌍이 반복되는 횟수, 즉 시스템이 사용되는 횟수를 나타내는 것으로 다음과 같다.

$$C = [c_{ij}]_{n \times n}, c_{ij} \in T \geq 0, i, j = 1, \dots, n \quad (2.4)$$

다중도 행렬이 필요한 이유는 프로세스 초기에 사용된 시스템은 스레드의 다음 연속 시스템과 직접 상호작용하지만 생성하거나 변환하는 정보가 결국 연속 시스템으로 전달되기 때문에 스레드의 모든 연속 시스템과 간접적으로 상호작용하기 때문이다.

스핀 행렬과 다중도 행렬을 토대로 상호운용성 행렬(Interoperability Matrix)을 다음과 같이 정의하였다.

$$M = [c_{ij} s_{ij}] \quad (2.5)$$

M은 정규화된 대역폭, 시스템 쌍 간의 연결 확률, 시스템의 임무 가능 속도, 정규화된 비용, 시스템 신뢰성 등과 같은 추가 행렬(계층)을 곱하여 증가가 가능하다.

3단계는 운영스레드를 따라 모든 시스템 쌍 간의 회전 합계를 최대화한 i-Score를 계산하는 단계로 수식은 다음과 같다.

$$I = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n m_{ij} \quad (2.6)$$

4단계는 최적의 i-Score를 계산한다. 운영스레드의 상호운용성을 얼마나 개선할 수 있는지 결정하려면 물리적 및 운영상의 제약을 고려하여 스레드에 대한 최적의 i-Score를 알아야 하기 때문이다. 스핀 행렬의 모든 원소들이 +1일 경우는 모든 시스템들의 상호운용성이 완전한 상태가 되며 다음과 같다.

$$S = [+1]_{n \times n} \text{ 일때 } M = [c_{ij} \cdot (+1)] = [c_{ij}]$$

그러나, 물리적, 재정적 및 운영적 제약에 비추어 업그레이드할 수 있는 시스템은 제한되므로 제한된 시스템을 제외한 모든 스핀을 업그레이드한 상태를 다음과 같이 정의하였다.

$$S_{opt} = [s_{ij}]_{n \times n}, s_{ij} = \max\{s_{ij}\} \quad (2.7)$$

따라서 최대로 업그레이드된 상호운용성 행렬은 다음과 같다.

$$M_{opt} = [c_{ij}s_{ij} | s_{ij} = \max\{s_{ij}\}] \quad (2.8)$$

따라서 최대 i-Score는 다음과 같다.

$$I_{opt} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n m_{ij} | M_{opt} \quad (2.9)$$

5단계는 상호운용성 차이를 계산한다. 상호운용성 격차는 운영 스레드에 대한 물리적 및 운영적 제약을 고려하여 상호운용성이 얼마나 개선될 수 있는지를 측정하는 것으로 다음과 같다.

$$I_{gap} = I_{opt} - I \quad (2.10)$$

6단계는 상호운용성 분석을 수행한다. 스핀이 +1이 아닌 모든 시스템 쌍은 상호운용성 향상이 가능한 영역을 나타낸다. 어떤 시스템 쌍을 먼저 업그레이드하는 것이 좋을지를 결정해야 한다. 비용 및 기타 요소는 체쳐두고, 개선이 운영 스레드의 활동에 더 많은 혜택을 주기 때문에 분석결과를 토대로 운영 스레드의 초기에 시스템을 업그레이드하는 것이 좋다.

나) 6단계 프로세스 적용(예)

① 1단계. 운영 스레드 도표화, 지원 시스템 세트 정의

- 운영스레드(Operational Thread) : Kill Chain

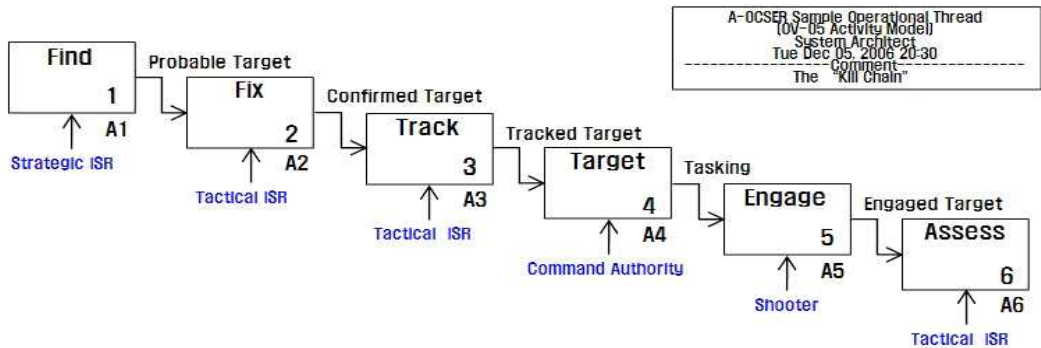


그림 23 운영스레드(IDEF0) 예

Figure 23. Sample Operational Thread(IDEF0)

<자료출처 : T. Ford 외 3인, 2007, pp. 3, 수정보완>

- 1 : Strategic ISR, 2 : Tactical ISR, 3 : Command Authority, 4 : Shooter

- Thread T = {1, 2, 2, 3, 4, 2}

- Thread Spin : 표 10

② 2단계. 상호운용성 매트릭스 작성

- 스핀 행렬(Spin Matrix) $S = [s_{ij}]_{n \times n}$, $s_{ij} \in \{-1, 0, +1\}$, $i, j = 1, \dots, n$

- 예)
$$S = \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

표 10. 스레드 스핀 예에 대한 설명

Table 10. Explanation of Example Thread Spin

<자료출처 : 상계서, pp. 10.>

Spin	Upgradeable? (Max Spin)	Rationale for Spin
$s_{ii} = +1$	NO	All systems have perfect interoperability with themselves
$s_{12} = -1$	YES(0)	Strategic ISR can only communicate with Tactical ISR through a human (no automated cueing)
$s_{13} = -1$	NO	Strategic ISR can only interoperate with the Command Authority through a human (i.e., strategic ISR intelligence is first interpreted by a human and then passed to the command authority)
$s_{14} = -1$	YES(0)	Strategic ISR intelligence can only be passed to the Shooter through a human
$s_{21} = -1$	NO	Tactical ISR intelligence can only be used to re-cue the Strategic ISR system through human intervention
$s_{23} = 0$	NO	Tactical ISR intelligence can be seen directly by the Command Authority without human intervention (i.e., Predator video feed).
$s_{24} = -1$	YES(+1)	Tactical ISR intelligence can be communicated to the Shooter only through a human-to-human radio call.
$s_{31} = -1$	NO	Command Authority can re-cue the Strategic ISR system only through a human ground station operator.
$s_{32} = -1$	NO	Command Authority can re-cue the Tactical ISR system only through a human operator.
$s_{34} = 0$	NO	Command Authority can pass targeting information machine-to-machine to the Shooter.
$s_{41} = -1$	NO	Shooter can request re-cueing of the Strategic ISR system, but only through human controllers.
$s_{42} = -1$	YES(+1)	Shooter can request re-cueing of the Tactical ISR system, but only through human controllers.
$s_{43} = 0$	NO	Shooter can interoperate directly with the Command Authority by radio.

- 다중도 행렬(Multiplicity Matrix) $C = [c_{ij}]_{n \times n}, c_{ij} \in T \geq 0, i, j = 1, \dots, n$

- $T = \{1, 2, 2, 3, 4, 2\}$

- $A = \{(1,2), (1,2), (1,3), (1,4), (1,2), (2,2), (2,3), (2,4), (2,2), (2,3), (2,4), (2,2), (3,4), (3,2), (4,2)\}$

- 예) $c_{12} = 3, c_{13} = 1, c_{14} = 1, c_{22} = 3, c_{23} = 2, c_{24} = 2, c_{32} = 1, c_{34} = 1, c_{42} = 1$

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 3 & 1 & 1 \\ 0 & 3 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

- 상호운용성 행렬 (Interoperability Matrix) $M = [c_{ij} \cdot s_{ij}]$

- 예)

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 3 & 1 & 1 \\ 0 & 3 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}, S = \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \Rightarrow M = \begin{bmatrix} 0 & -3 & -1 & -1 \\ 0 & 3 & 0 & -2 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

③ 3단계. i-Score 계산 $I = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n m_{ij}$

- 예) $I = -6$

④ 4단계. 최적의 i-Score 결정

- $S = [+1]_{n \times n}$ 일 때 $M = [c_{ij} \cdot (+1)] = [c_{ij}]$
- $S_{opt} = [s_{ij}]_{n \times n}, s_{ij} = \max\{s_{ij}\}$,
- $M_{opt} = [c_{ij} \cdot s_{ij}]_{s_{ij} = \max\{s_{ij}\}}$

- $I_{opt} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n m_{ij} |_{M_{opt}}$

- 예) $C = \begin{bmatrix} 0 & 3 & 1 & 1 \\ 0 & 3 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}, S_{opt} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \Rightarrow M_{opt} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 3 & 0 & 2 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$

따라서, $I_{opt} = 4$

⑤ 5단계. 상호운용성 격차 계산 $I_{gap} = I_{opt} - I$

- 예) $I_{gap} = I_{opt} - I = 4 - (-6) = 10$

⑥ 6단계. 상호운용성 분석 수행

- Spin upgrade

s_{12}, s_{14} 는 -1에서 0으로, s_{24}, s_{42} 는 -1에서 1로 *upgrade*

$s_{12} = 0$ 일 경우

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 3 & 1 & 1 \\ 0 & 3 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}, S = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \Rightarrow M = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & -1 \\ 0 & 3 & 0 & -2 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}, I = -3$$

$s_{14} = 0$ 일 경우

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 3 & 1 & 1 \\ 0 & 3 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}, S = \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \Rightarrow M = \begin{bmatrix} 0 & -3 & -1 & 0 \\ 0 & 3 & 0 & -2 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}, I = -5$$

$s_{24} = 1$ 일 경우

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 3 & 1 & 1 \\ 0 & 3 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}, S = \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \Rightarrow M = \begin{bmatrix} 0 & -3 & -1 & -1 \\ 0 & 3 & 0 & 2 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix}, I = -2$$

$s_{42} = 1$ 일 경우

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 3 & 1 & 1 \\ 0 & 3 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}, S = \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \Rightarrow M = \begin{bmatrix} 0 & -3 & -1 & -1 \\ 0 & 3 & 0 & -2 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}, I = -4$$

스핀을 각각 업그레이드 할 경우 $I_{opt} = 4$, I 는 각각 $-2 \sim -5$ 이므로 상호운용성 격차 I_{gap} 은 각각 $6 \sim 9$ 이다. 따라서 상호운용성 격차를 줄힐 수 있고 최우선적으로 업그레이드 해야 하는 스핀은 $I_{gap} = 6$ 인 $s_{24} = 1$ 일 경우이다.

나. 한국군 상호운용성 평가모델

한국군은 국방과학연구소(ADD)에서 미군의 LISI 모델을 벤치마킹하여 표 11과 같이 한국형 LISI 모델을 개발하였고, 현재까지도 국방정보체계와 무기체계 및 비 무기체계의 상호운용성 평가모델로 사용하고 있다. 따라서 국내의 상호운용성 평가 관련 연구는 대부분 한국군이 채택하여 적용하고 있는 LISI 모델에 대한 개선 위주로 이루어지고 있다.

1) LISI 모델의 PAID 확장 연구

한국군은 국방정보체계간 상호운용성 시험 및 평가를 위해 LISI 기반 SITES를 개발하여 운용 중이다. 한익준 등[36]은 국방정보체계 뿐만 아니라 무기체계를 포함한 내장형 소프트웨어 및 비기술 요소에 대한 추가 지원이 필요하기 때문

에 표준구현 상세내용 상호비교, 수평적 임계 규칙을 이용한 크로스체킹, 우회 연동체계이용, 전문데이터 상호분석 기능 등 무기체계를 위한 기술요소 관점의 확장 방안과 획득참여 조직, 조직들간의 행위, 산출물 정확성 등 비 기술요소 관점의 평가모형을 제안하였다.

표 11. LISI 성숙도 모델
Table 11. LISI Maturity Model

<자료출처 : 국방상호운용성센터>

수 준	상호운용성 환경	비 고
5 전군적	임무영역 간 정보/응용체계 공유, 향상된 협동 (대화식 공유 상황도 개선, 전역 데이터베이스 개선 등) * 연합 및 국가차원 통합 DB환경 등	연합 C4I(C2) 체계 * MPE(JIE)에서 운용되는 체계
4 임무 영역	공유 데이터베이스 복잡한 연동(공동 상황도) * 합동차원 정보교환 / 각군 간 자료전송	전장관리정보체계
3 기능 단위	이종 산출물 교환 기본적 협동(각 군내 정보교환) - PC 기반프로그램 DB, 웹 브라우징 등	C2체계, 전술데이터링크 + 전술상황 공유가능 적용 무기체계
2 연결	동종 산출물 교환(단순한 메시지 / TDL 교환)	전술데이터링크만 적용한 무기체계
1 불완전	수동교환(디스켓, 테이프, 복사물 교환) - 수동 입력/출력 장치	단순 정보수집 무기체계
0 격리	없음	일반 무기(장비) 체계(소총 등)

장재덕 등[37]은 LISI 모델의 한계점을 제시하고 개선방안을 상호운용성 수준

측정부분에 대해 제시하였다. 제한사항은 한국군이 SITES를 활용하여 상호운용성을 측정하기 위해서는 주기적으로 능력모델과 구현옵션 테이블의 최신화 필요, 소요제기 및 개념연구, 설계 단계에서 상호운용성 수준을 측정하기 위한 질의서 및 체계조사 수행 애로, MNDAF를 기반으로 아키텍처 구축 원칙이나 아키텍처 설계요소 미고려 등이다. 개선사항은 참조모델을 활용한 능력모델/구현 조건표 작성과 상호운용성 요구사항 기반 최적의 아키텍처 선정을 제시하였다. 김철희 등[38]은 LISI 모델의 상호운용성 속성인 P(Process), A(Application), I(Infrastructure), D(Data)의 한계를 식별하여 조직적, 개념적, 관리적 개념을 보완한 e-LISI 확장모델을 제안하였고 한국형전술데이터링크에 적용 방안을 연구하였다. 임병윤[19]은 기존 상호운용성 평가 모델은 하드웨어 중심 평가에서 시스템, 조직, 작전 등으로 범위가 확장되었으며 전투발전요소 일부분을 포함하고 있으나 전투발전요소 전체를 포함하는 전투발전요소 중심의 상호운용성 평가모델을 제안하였다. 이현동[39]은 넷-중심적(Net-Centric) 환경에서는 시너지를 창출하기 위해 조직중심의 상호운용성으로 발전하고 있으나, 이를 구현하기 위해서는 상호운용성 서비스 선정, 표준기반 상호운용성 구현, 통합운용능력 발휘를 위한 상호운용성시험이 서로 연계 및 통합될 때 효율적이지만 현재의 연구들은 통합절차 제공이 미흡한 실정으로, 이를 해소하기 위한 서비스중심의 상호운용성 평가모델을 제시하였다.

2) 복합체계 상호운용성 평가 모델 연구

유철희 등[5]은 미군 국방정보체계에 상호운용성 평가모델로 개발된 LISI 모델을 기반으로 한국군 환경에 적합하게 개선한 LISI 모델의 제한사항을 분석하고 4가지 대안을 제시하였다. 한국형 LISI 모델은 정보체계간 상호운용 평가체제로 정보체계와 무기체계 및 비무기체계를 포함하는 복합체계에 대한 상호운용성 평가에

는 미흡하므로, LISI 모델의 사용 목적을 정확히 하고, 입력데이터(질문지)의 충실성 향상과 평가기준을 최신화하여 평가결과에 대한 신뢰성 확보, 평가 완료 산출물에 대한 전문가 그룹의 정성적 평가 병행 권고, 합동 상호운용성 센터의 전문성 최상상태 확보 등의 대안을 제시하였다.

유철희[40]는 NCW이론에 따른 국방정보체계 구축에 요구되는 상호운용성 발전 방안에 대해 평가모델, 소요 및 획득단계에 대한 정책 및 제도를 분석하여 시사점을 도출하였고, 전문가의 워크숍과 설문기법을 통하여 개선이슈를 도출하였다. 연구결과 사업관리분야는 컨트롤타워 역할 강화, 지원전담 인력 운영, 복합체계 평가 모델 개발 필요, 체계구축관리 분야는 상호운용성 기반 환경보완, 복합체계 수준 국방아키텍처 구축, 서비스 지향 아키텍처(SOA⁵³⁾) 기반 상호운용성 구현, 상호운용성 확보계획서 작성 등의 개선 및 발전, 운용관리 분야는 종합모니터링체계구축 운영, 상호운용성 관련 교리, 교범 및 매뉴얼 작성 필요 등을 제시하였다.

김한욱 등[41]은 LISI는 단일체계 중심의 상호운용성 평가이므로 복합체계에 대한 제한점이 많으므로 복합체계와 단일체계를 혼합하여 3단계로 추진하는 방안을 제시하였다. 1단계는 합동능력영역과 합동과제목록이 포함된 통합아키텍처를 구축하는 것이고, 2단계는 복합과 단일체계 모두 상호운용성 수준을 평가지침서와 SITES 모두 적용해서 평가하는 것이며, 3단계는 아키텍처 기반과 LISI 기반의 평가결과를 종합분석하여 전투발전요소별 개선사항을 포함하는 정보체계에 대한 상호운용성 상태 및 수준을 제시하였다.

이철환 등[42]은 복합시스템간 상호운용성 평가모델 중 SCOPE 모델 기반으로 서비스별 우선순위를 미부여한 NACT⁵⁴⁾ 평가방법론과 다른 우선순위를 부여한 방법론을 제시하였다.

53) Service Oriented Architecture

54) Net Centric Analysis Tool

3) 정량화된 상호운용성 평가모델 연구

국내 정량화된 상호운용성 평가모델에 대한 연구는 희박하다. 정찬기의 한국군의 상호운용성 평가모델 발전방향 논문[20]에서 제시한 정량적 상호운용성 평가 제안이 있다. 한국군이 적용하고 있는 LISI 모델의 제한사항인 복합체계 상호운용성 측정제한, 조직 상호운용성과 같은 비기술적 상호운용성 측정제한, 그리고 정량적 상호운용성 제한 등을 언급하였고, 또한 상호운용성 측정모델에 대한 포괄적인 조사 및 비교를 통해 한국군의 상호운용성 평가 발전방향을 위한 4가지 제안을 하였다. 일반화된 상호운용성 평가모델 제안, 비 기술적 상호운용성 평가, 정량적 상호운용성 평가, 아키텍처 기반 상호운용성 평가 등 4가지이다. 상호운용성을 큰 의미에서 이해하려면, 관련된 모든 요소를 인지 및 모델화하고 설명할 수 있어야 하기 때문에 일반화된 상호운용성 평가모델이 필요하다. 그림 24는 상호운용성 평가를 위해 시스템, 상호운용 특성, 상호운용성 특성상태를 통해 일반화한 상호운용성 평가모델을 나타낸다. 연합작전을 성공적으로 달성하기 위해서는 높은 수준의 상호운용성이 필요하며, 오늘날 군사조직과 비 군사조직이 혼합된 테러와의 전쟁 상황에서 조직적 상호운용성 문제는 중요한 이슈로 대두되기 때문에 비 기술적 상호운용성 평가가 필요하다. 그리고 한국군은 상호운용성에 대한 평가기준도 명확한 지표, 측정방법 등을 포함하고 있지 않기 때문에 측정 및 시험할 수 없는 경우가 대부분으로 상호운용성 기준을 정량화하고 측정, 평가할 수 있는 방법을 찾아야 하므로 정량적 상호운용성 평가가 필요하며, 제한된 일부 활동 및 체계에 대한 상호운용성 평가가 아니라 시나리오 기반의 임무 스펙트럼을 평가할 수 있는 방법을 개발하여야 하고 상호운용성 평가와 작전효과를 연계하는 것이 필요하므로 아키텍처 기반 상호운용성 평가 발전방향이 필요함을 제안하였다.



그림 24. 상호운용성 평가모델

Figure 24. Interoperability Assessment Model

<자료출처 : 정찬기, 2012, pp. 166.>

4. 문제 및 시사점

국내·외적으로 단일 정보시스템에 대한 상호운용성을 평가하는 LISI 모델이 발표된 이후 LISI 모델의 제한사항을 극복하기 위한 많은 연구 논문이 발표되었으며, NCW 환경 도래에 따라 복합 시스템에 대한 상호운용성 평가연구 뿐만 아니라 정성평가에 대한 한계를 극복하기 위한 정량평가에 대한 연구 논문이 발표되었다. 그러나 정량평가에 대한 연구 논문은 정성평가에 비해 많이 부족한 실정이다.

미군은 LISI 모델 이후 상호운용성 정량평가 연구가 미공군 중심으로 이루어졌으나, 현재는 작전개념을 반영한 NR-KPP 개념을 무기체계 소요기획 단계부터 적용하여 상호운용성에 대한 평가 및 인증을 하고 있다.

미군에 비해 한국군은 2006년부터 LISI 모델을 현재까지 사용하고 있다. 무기체계 및 전장관리정보체계에 대한 상호운용성 평가는 LISI 모델을 활용하여 소요제기서에 대한 소요평가부터 획득단계 및 운영유지단계에 걸쳐 이루어지고 있으나 LISI 모델의 제한사항 극복이 어려운 실정이다. 그리고 LISI 모델 제한

사항을 극복하기 위한 국내 연구에 대한 결과를 군내에 적용한 사례는 미흡한 실정이다.

아키텍처 역시 2005년부터 미군의 DoDAF v1.0을 벤치마킹하여 MNDAF v1.0을 개발하여 적용하고 있다. 현재 미군은 DoDAF v2.0 릴리스와 함께 아키텍처 초점이 "products"에서 "data"로 전환되었고, Net-Ready 인증 프로세스는 프로그램과 시스템, 서비스 간의 분석을 가능하게 한 Net-Ready 아키텍처를 개발하여 적용 중에 있다. 그러나 한국군은 MNDAF v1.5를 개발하여 적용 중이나 데이터 중심으로 전환이 부족하고 작전개념 및 작전효과와 연계된 아키텍처 기반의 상호운용성 평가가 부족한 실정이다.

미군과 같이 NR-KPP를 한국군에 바로 적용하기에는 관련 연구가 부족한 실정으로 LISI 모델을 기반으로 하며 NR-KPP의 작전개념을 반영하고 정량적인 상호운용성 평가가 가능한 모델의 개발이 필요하다.

제3장 정량화된 상호운용성 평가모델 제안

제1절 제안 모델 개념

미군이 무기체계에 대한 상호운용성을 평가하고 인증하며 적용하고 있는 NR-KPP를 한국군에 적용하기에는 현재까지의 연구가 부족한 실정이다. 따라서 한국군이 무기체계 상호운용성 평가에 적용하고 있는 단일체계, 정성적인 평가 중심의 LISI 모델의 제한사항을 개선하고 작전개념 반영이 가능한 정량화된 상호운용성 평가모델을 제안하였다.

1. i-Score 모델 개선

국내·외 상호운용성 평가모델 중 정량화 평가모델인 i-Score, QOIM, MCISI, IAM 등 4개의 모델 가운데 수학적식을 적용하고 미군의 킬체인에 대해 적용 연구한 i-Score 모델을 식별하였고 i-Score 모델의 제한사항에 대해 살펴보았다. i-Score 모델은 LISI 모델의 제한사항 해소가 가능하고 NR-KPP 개념의 작전 적용이 가능하다. 그러나 i-Score 모델 논문 저자인 T. Ford 등은 i-Score 모델의 향후 추가 연구가 필요한 항목을 제시하였다. 운영스레드에서 결정 논리를 어떻게 설명할 수 있을까, 운영스레드의 동시 활동을 어떻게 고려할 수 있을까, 여러 시스템이 하나의 활동(IDEF0 다이어그램의 여러 메커니즘)을 지원하는 경우 활동을 분해하지 않고 i-Score를 계산할 수 있을까, 요구사항 정의 또는 초기 시스템 설계 단계에서 i-Score를 사용하는 가장 좋은 방법은 무엇인가, 다양한 계층(예: 프로토콜, 애플리케이션, 시스템, 조직)에서의 상호운용성을 분석할 수 있도록 i-Score를 기술할 수 있을까, i-Score를 비교하는 더 좋은 방법이 있을까 등 6가지이다. 이들 추가 연구가 필요한 6가지 항목 중 4가지에

대해서 i-Score 모델을 기반으로 하는 개선 가능한 평가모델을 연구하였다. 먼저 운영스레드의 수단체계 집합 기준이 어느 단계의 체계가 전략적 단계인지 전술적 단계인지 등을 결정할 수 있는 결정 논리 부족은 기준이 없기 때문에 주관적으로 판단할 수밖에 없다. 그러므로 킬체인 이외의 타 작전개념에 적용하기에는 제한될 수밖에 없다. 따라서 한국군이 적용하고 있는 LISI 모델의 평가결과(수준측정)인 무기체계별 일반/특정 상호운용성 수준을 적용할 경우 운영 스텔드의 결정 논리 해결이 가능할 것으로 보았다. 두 번째로 운영 스텔드의 동시 활동 고려는 킬체인에서 탐지(Find) 및 식별(Fix)을 한 시스템에서 수행하는 경우로 한 시스템의 상호운용성은 완벽하므로 별도 분리할 필요가 없이 하나로 계산할 경우 문제가 해결될 것으로 보았다. 단, 동시에 수행하는 것이 아닌 타 시스템을 경유해서 재 수행할 경우는 수행단계가 다르므로 구분해서 계산하여야 한다. 세 번째는 킬체인에서 탐지(Find)하는 시스템이 두 개 이상으로 이루어져 있을 경우로 각 시스템들의 상호운용성 수준이 동일한 경우는 한 시스템으로 계산하며 다를 경우는 각각 계산하면 문제가 없을 것으로 보았다. 네 번째는 요구사항 정의 또는 초기 설계단계에서 i-Score 모델을 어떻게 적용할 수 있는가로 소요기획단계인 합동전투발전 수행절차의 능력평가 수행시 위협 및 대응 시나리오를 작성하고 시나리오에 대한 아키텍처를 작성할 경우 스핀개념을 적용하여 소요제기서에 포함하고 소요평가서에 평가하면 해결가능할 것으로 보았다.

연구는 i-Score 모델의 첫 번째 개선사항인 운영스레드 수단체계 집합 기준인 T의 결정 논리를 LISI 모델의 SITES로 기 평가한 무기체계의 상호운용성 수준을 적용할 경우 T 기준 결정 논리가 확실하고, 두 번째와 세 번째 개선사항도 해결가능 여부를 검증하였다. 네 번째는 무기체계 소요기획 단계인 소요제기서 작성시 능력평가의 시나리오 아키텍처 작성시 스핀 개념을 반영한 아키텍처

텍처를 작성하고 소요제기서를 상호운용성 평가하는 소요평가시에 개선된 정량화된 상호운용성 평가 모델을 적용하여 평가하고 성능개선이 우선적으로 필요한 시스템을 소요제기부서에 피드백하는 방안을 추가로 제시하였다.

2. 운영스레드 결정 논리 개선

i-Score 모델에서 킬체인을 운영스레드로 설정하고 탐지(Find), 식별(Fix), 추적(Track), 무기선정(Target), 교전(Engage), 평가(Assess) 단계를 각각 하나의 시스템으로 보았다. 그리고 T 집합의 기준을 탐지는 Strategic ISR로, 식별과 추적, 평가는 Tactical ISR로, 무기선정은 Command Authority로, 교전은 Shooter로 결정하였다. 그러나 표 12와 같이 탐지 자산과 식별, 추적 자산은 동일할 수도 있고 Strategic ISR인지 Tactical ISR인지 구분이 되는 기준이 없다. 일례로 탐지 자산에는 정찰위성, 무인정찰기 글로벌호크, U-2 정찰기, JSTAR S55) 등이 있지만, 이들 자산이 식별과 추적, 평가도 가능하다. 어떤 경우에 식별이 Strategic ISR이 되는지, 탐지가 Tactical ISR로 되는지에 대한 명확한 기준이 설정되어 있지 않다.

표 12. 미군 킬체인 체계(예)

Table 12. US Military Kill Chain System(example)

구분	탐 지 (Find)	식 별 (Fix)	추 적 (Track)	무기선정 (Target)	교 전 (Engage)	평 가 (Assess)
수 단	정찰위성, 글로벌호크, 정찰기, JSTARS 등		글로벌호크, JSTARS 등	JADOC ⁵⁶⁾ 등 C2 체계	폭격기, ATACMS ⁵⁷⁾ , 지(함)대지미 사일 등	정찰위성, 글로벌호크, 정찰기 등

55) Joint Surveillance and Target Attack Radar System

56) Joint Air Defense Operations Center

한국군의 킬체인도 미군과 비슷하므로 그대로 i-Score 모델을 적용하기에는 한계가 있다. 또한 킬체인을 제외한 타 작전개념에도 적용할 수 있는 모델의 개발이 필요하였다. 따라서 한국군에게 적합한 i-Score 모델의 운영스레드 결정논리를 개선하였다. 한국군이 상호운용성 평가에 적용하고 있는 LISI 모델의 평가체계인 SITES를 활용하여 킬체인 체계별로 수준측정한 결과를 활용하는 방안이다. 표 12와 같이 탐지 및 식별 체계는 한체계내에서 이루어지는 경우가 많으므로 하나로 볼 수도 있고, 중복 개념을 적용하여 두 개로 처리할 수도 있다. 두 가지 방안을 다 포함하여 검증하고 최적의 방안을 선정하였다. 반면 탐지는 정찰위성으로 하고 식별은 무인정찰기 글로벌호크로 할경우에 두 체계가 상호운용성 수준이 상이하다면 각각으로 계산하여 처리하면 된다. 따라서 킬체인 체계를 무엇으로 활용하던지 처리가 가능하다. 상호운용성 수준이 평가되지 않은 체계의 경우 원하는 수준을 명시하여 계산하고 수준측정시 실질적으로 평가하면 된다.

3. i-Score 모델을 개선한 제안 모델

앞에서 언급한 i-Score 모델의 운영스레드 결정논리 개선을 통해 제안 모델을 제시하였다. 제안 모델은 i-Score 모델을 기반으로 기준이 제시되지 않은 운영스레드 결정논리를 기 결정된 LISI 수준으로 기준을 변경하였고, 한체계내에서 수행되는 작전단계에 대해서는 상호운용성이 완전하므로 한단계로 처리하였으며, 주요 작전 위주로 평가를 단순화한 개선된 모델이다. 방법론은 1단계를 제외한 2에서 6단계까지는 i-Score 모델의 수학적식을 적용하였고, 수학적식 중에서 언급하지 않거나 추가적인 수학적식의 정의를 추가 보완하였다. 제2절에서 제안 모델에 대한 검증을 수행한 후 단계별 추가적인 제한사항과 보완사항을 연

57) Army Tactical Missile System

구하여 최종적인 제안 모델을 제시하였다. 스핀 작성은 i-Score 모델과 동일하게 작성하며, 소요제거서 작성전 능력평가 시나리오 아키텍처 작성시에 스핀개념을 적용하는 것으로 하였다. 또한 제안 모델로 평가한 소요평가 결과를 소요제거부서에 피드백하는 것으로 제안하였다. 다음은 제안 모델 6단계 방법론에 대한 설명으로 변경되거나 추가적인 사항만 언급하였다.

① 1단계 : 운영스레드 도표화

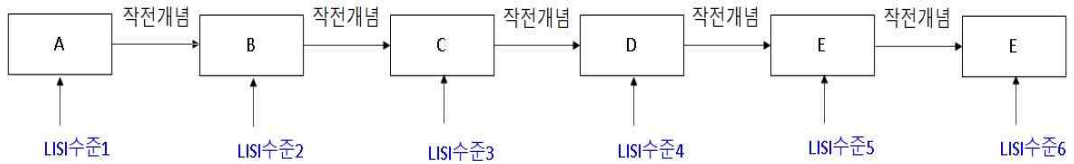


그림 25. 제안 모델 운영스레드

Figure 25. Proposal Model Operational Thread

- LISI수준1 : a, LISI수준2 : b, LISI수준3 : c, LISI수준4 : d, LISI수준5 : e, LISI수준6 : f
- $T = \{a, b, c, d, e, f\}$

② 2단계 : 상호운용성 매트릭스 작성

- 스핀 행렬(Spin Matrix) $S = [s_{ij}]_{n \times n}$, $s_{ij} \in \{-1, 0, +1\}$, $i, j = 1, \dots, n$

$$- S = \begin{bmatrix} s_{aa} & s_{ab} & s_{ac} & s_{ad} & s_{ae} & s_{af} \\ s_{ba} & s_{bb} & s_{bc} & s_{bd} & s_{be} & s_{bf} \\ s_{ca} & s_{cb} & s_{cc} & s_{cd} & s_{ce} & s_{cf} \\ s_{da} & s_{db} & s_{dc} & s_{dd} & s_{de} & s_{df} \\ s_{ea} & s_{eb} & s_{ec} & s_{ed} & s_{ee} & s_{ef} \\ s_{fa} & s_{fb} & s_{fc} & s_{fd} & s_{fe} & s_{ff} \end{bmatrix}$$

- 다중도 행렬(Multiplicity Matrix) $C = [c_{ij}]_{n \times n}, c_{ij} \in T \geq 0, i, j = 1, \dots, n$

- $A = \{(a,b), (a,c), (a,d), (a,e), (a,f), (b,c), (b,d), \dots (e,f)\}$

$$- C = \begin{bmatrix} (a,a) & (a,b) & (a,c) & (a,d) & (a,e) & (a,f) \\ (b,a) & (b,b) & (b,c) & (b,d) & (b,e) & (b,f) \\ (c,a) & (c,b) & (c,c) & (c,d) & (c,e) & (c,f) \\ (d,a) & (d,b) & (d,c) & (d,d) & (d,e) & (d,f) \\ (e,a) & (e,b) & (e,c) & (e,d) & (e,e) & (e,f) \\ (f,a) & (f,b) & (f,c) & (f,d) & (f,e) & (f,f) \end{bmatrix}$$

- 상호운용성 행렬(Interoperability Matrix) : 스핀 행렬과 다중도 행렬간의 곱이므로 Hadamard Product로 수식 정의

$$M = C \circ S \quad (\text{여기서 } \circ \text{ 는 Hadamard Product}) \quad (3.1)$$

③ 3단계. i-Score 계산 $I = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n m_{ij}$

④ 4단계. 최적의 i-Score 결정 $I_{opt} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n m_{ij} |_{M_{opt}}$

⑤ 5단계. 상호운용성 격차 계산 $I_{gap} = I_{opt} - I$

⑥ 6단계. 상호운용성 분석 수행 : 작전개념과 연계되어 현재 및 미래에 예상되는 제한 및 개선 사항을 식별하고 우선순위를 선정하기 위한 위주의 분석 수행

제2절 정량화된 상호운용성 평가모델 검증

1. 제안 모델 검증 방법

운영스레드인 킬체인을 수단계계에 대한 기존 i-Score 모델과 제안 모델을 비교 검증하는 방법을 적용하였다. 제안 모델은 운영스레드에 대한 T 기준을 LISI의 수준으로 변경하였으며, 검증목적상 스핀은 기존 i-Score 모델과 동일하게 적용하였다. 여기서 T는 앞서 설명하였듯이 스레드를 지원하는 모든 시스템의 정렬된 집합이다. 실제 킬체인의 수단계계가 표 12와 같이 탐지 및 식별 단계(또는 식별 및 추적 등)가 동일 체계에서 수행될 수 있기 때문에 두 개 이상의 단계가 동일 체계인 경우를 선정하여 비교 검증하였다. 검증은 먼저 두 단계가 동일 체계에서 동시 수행된 경우 상호운용성 수준은 동일하므로 운영스레드 기준 T를 하나로 처리하는 경우와, 중복 개념을 적용하여 탐지 및 식별과 식별 및 추적을 두 개로 처리하는 경우 등 3가지로 하였다.

킬체인 수단계계에 대한 LISI 모델 수준은 제시된 스핀 기준을 고려하여 선정하였다. 탐지 및 식별을 수행하는 수단계계인 정찰위성이나 무인정찰기 글로벌 호크 등은 쌍방향 통신이 가능하기 때문에 G2c로 선정하였으며, 추적 수단계계인 JSTARS 등은 전술데이터 링크를 활용하는 것으로 보아 G3a로, 무기선정 수단계계인 JADOC 등은 C2체계이므로 G3c로 선정하였다. 또한 교전 수단계계는 폭격기, ATACMS 등은 단방향 통신을 사용하므로 G2a로 선정하였고 평가 수단계계인 정찰위성, 무인정찰기 글로벌 호크 등은 각각 수단계계별로 적용하여 검증을 수행하였다. 평가 수단계계는 탐지 및 식별과 또는 추적과도 같을 수 있고 교전 수단계계도 평가 할 수 있기 때문에 각각 검증을 수행하였다.

2. 제안 모델 검증 수행

가. 탐지/식별 동일체계로 적용 검증

① 1단계 : 운영스레드 도표화, 지원 시스템 세트 정의

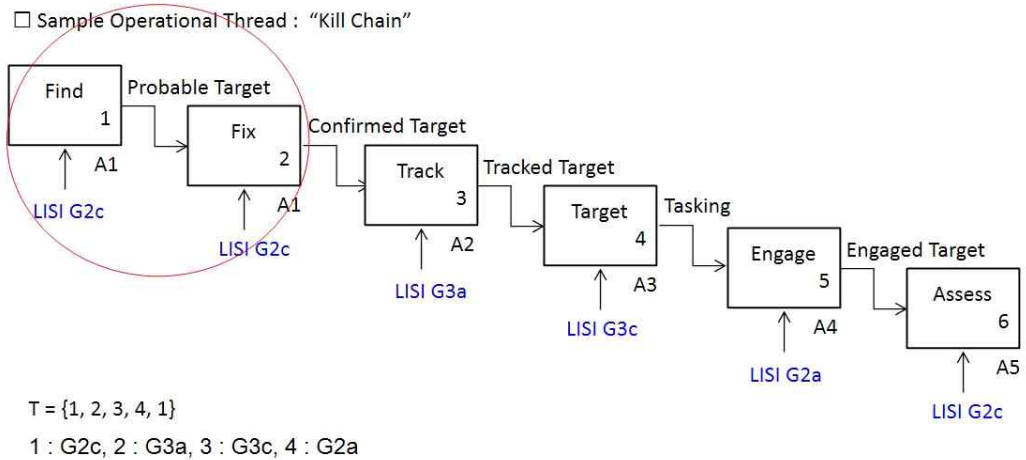


그림 26. 탐지/식별 동일체계로 처리한 운영스레드

Figure 26. Operational Thread Processed with the Same Find/Fix System

② 2단계 : 상호운용성 매트릭스 작성

- 스핀 행렬(Spin Matrix)

$$- S = \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- 다중도 행렬(Multiplicity Matrix)

$$- T = \{1, 2, 3, 4, 1\}$$

$$- A = \{(1,2), (1,3), (1,4), (1,1), (2,3), (2,4), (2,1), (3,4), (3,1), (4,1)\}$$

- 따라서,

$$c_{11} = 1, c_{12} = 1, c_{13} = 1, c_{14} = 1, c_{21} = 1, c_{22} = 0, c_{23} = 1, c_{24} = 1, \\ c_{31} = 1, c_{32} = 0, c_{33} = 0, c_{34} = 1, c_{41} = 1, c_{42} = 0, c_{43} = 0, c_{44} = 0$$

$$- C = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

• 상호운용성 행렬(Interoperability Matrix)

$$- M = C \circ S = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

③ 3단계 : i-Score 계산

$$• I = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n m_{ij} = -6$$

④ 4단계 : 최적의 i-Score 결정

$$• M_{opt} = C \circ S_{opt} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$• I_{opt} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n m_{ij}|_{M_{opt}} = -2$$

⑤ 5단계 : 상호운용성 격차 계산

- $I_{gap} = I_{opt} - I = -2 - (-6) = 4$

⑥ 6단계 : 상호운용성 분석 수행

- Spin upgrade

s_{12}, s_{14} 는 -1 에서 0 으로, s_{24}, s_{42} 는 -1 에서 1 로 *upgrade*시

$s_{12} = 0$ 일 경우

$$M = C \circ S = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, I = -5$$

$s_{14} = 0$ 일 경우

$$M = C \circ S = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, I = -5$$

$s_{24} = 1$ 일 경우

$$M = C \circ S = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, I = -4$$

$s_{42} = 1$ 일 경우

$$M = C \circ S = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, I = -6$$

위와 같은 방법으로 A6 평가 수단체계의 LISI 수준을 G3a, G3c, G2a로 각각 변경하여 계산한 결과가 표 13과 같다. I_{opt} 와 I 의 차이인 I_{gap} 은 4~7이나 스핀

을 각각 업그레이드 할 경우의 I_{gap} 은 0~2이다. 위의 결과는 i-Score 모델에서 예로 들은 것과 동일하게 $s_{24}=1$ 로 업그레이드 할 경우 상호운용성 격차가 2로 나타났고, 가장 최우선적으로 업그레이드 해야 할 체계이다. 그러나 업그레이드 스펜별 결과 값에 대한 편차가 크지 않은 것은 다중도 행렬의 값들이 0 또는 1로 차이가 적기 때문에 나타난 결과이다. 따라서 동일한 체계에서 동시에 수행하는 운영스레드 단계는 상호운용성이 완벽하므로 하나의 수준으로 처리하는 것이 타당하다. 반면 평가 수단체계와 같이 동일체계이나 동시에 수행되는 단계가 아닌 별도의 단계 수행은 중복 개념 적용하여 각각 처리가 필요하다.

표 13. 탐지/식별 동일체계로 적용 결과
Table 13. Result of Application with the Same Find/Fix System

구 분	I	I_{opt}	UPGRADE I			
			$s_{12}=0$	$s_{14}=0$	$s_{24}=1$	$s_{42}=1$
i-Score $T=\{1,2,2,3,4,2\}$	-6	4	-3	-5	-2	-4
$T=\{1,2,3,4,1\}$	-6	-2	-5	-5	-4	-6
$T=\{1,2,3,4,2\}$	-6	1	-4	-5	-4	-4
$T=\{1,2,3,4,3\}$	-4	0	-3	-3	-2	-4
$T=\{1,2,3,4,4\}$	-5	2	-4	-3	-3	-5

나. LISI 수준 동일한 탐지 및 식별 체계 적용 검증

① 1단계 : 운영스레드 도표화, 지원 시스템 세트 정의

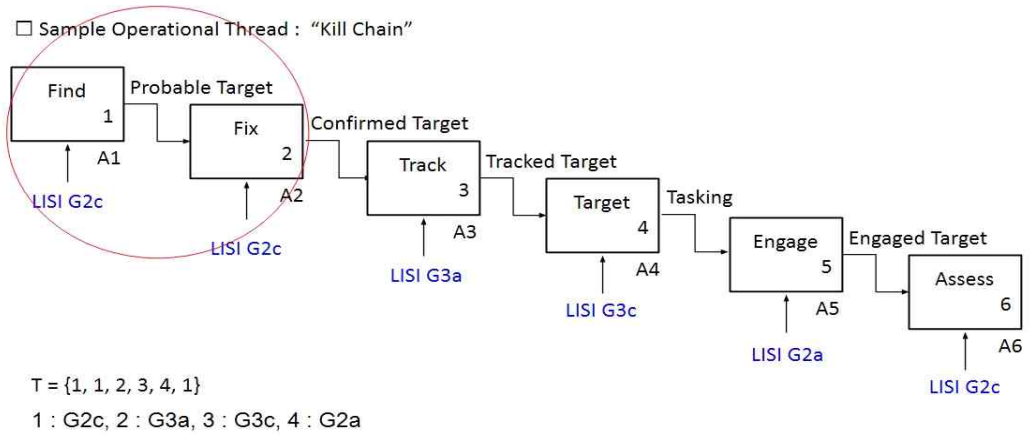


그림 27. LISI 수준이 동일한 탐지/식별 체계로 처리한 운영스레드

Figure 27. Operational Thread Processed by the Find/Fix System with the Same LISI Level

② 2단계 : 상호운용성 매트릭스 작성

- 스핀 행렬(Spin Matrix)

$$- S = \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- 다중도 행렬(Multiplicity Matrix)

$$- T = \{1, 2, 2, 3, 4, 1\}$$

$$- A = \{(1,1), (1,2), (1,3), (1,4), (1,1), (1,2), (1,3), (1,4), (1,1), (2,3), (2,4), (2,1), (3,4), (3,1), (4,1)\}$$

- 따라서, $c_{11} = 3, c_{12} = 2, c_{13} = 2, c_{14} = 2, c_{21} = 1, c_{22} = 0, c_{23} = 1, c_{24} = 1,$
 $c_{31} = 1, c_{32} = 0, c_{33} = 0, c_{34} = 1, c_{41} = 1, c_{42} = 0, c_{43} = 0, c_{44} = 0$

$$- C = \begin{bmatrix} 3 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

- 상호운용성 행렬(Interoperability Matrix)

$$- M = C \circ S = \begin{bmatrix} 3 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 & -2 & -2 & -2 \\ -1 & 0 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

③ 3단계 : i-Score 계산

$$• I = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n m_{ij} = -7$$

④ 4단계 : 최적의 i-Score 결정

$$• M_{opt} = C \circ S_{opt} = \begin{bmatrix} 3 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 & 0 & -2 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$• I_{opt} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n m_{ij}|_{M_{opt}} = -1$$

⑤ 5단계 : 상호운용성 격차 계산

$$• I_{gap} = I_{opt} - I = -1 - (-7) = 6$$

⑥ 6단계 : 상호운용성 분석 수행

- Spin upgrade

s_{12}, s_{14} 는 -1에서 0으로, s_{24}, s_{42} 는 -1에서 1로 *upgrade* 시

$s_{12} = 0$ 일 경우

$$M = C \circ S = \begin{bmatrix} 3 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 & 0 & -2 & -2 \\ -1 & 0 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, I = -5$$

$s_{14} = 0$ 일 경우

$$M = C \circ S = \begin{bmatrix} 3 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 & -2 & -2 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, I = -5$$

$s_{24} = 1$ 일 경우

$$M = C \circ S = \begin{bmatrix} 3 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 & -2 & -2 & -2 \\ -1 & 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, I = -5$$

$s_{42} = 1$ 일 경우

$$M = C \circ S = \begin{bmatrix} 3 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3 & -2 & -2 & -2 \\ -1 & 0 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, I = -7$$

위와 같은 방법으로 A6 평가 수단체계의 LISI 수준을 G3a, G3c, G2a로 각각 변경하여 계산한 결과가 표 14와 같다. I_{opt} 와 I 의 차이인 I_{gap} 은 6~10이나 각각 업그레이드를 할 경우의 I_{gap} 은 0~4이다. I_{gap} 이 0이나 2인 경우는 업그레이드로 인한 개선 효과는 미비하다. 그리고 최우선적으로 업그레이드가 필요한 스

핀은 A6 평가 수단체계가 G3a일 경우를 제외하고 $s_{24}=1$ 이 다른 업그레이드 스핀과 같은 I 값인 경우가 있으나 i-Sore 모델과 유사하다. A6 평가 수단체계가 G3a일 경우 최우선 업그레이드 스핀이 $s_{24}=1$ 이 아닌 $s_{12}=0$ 인 것은 탐지 및 식별, 평가 수단체계 등 T 기준 1과 2의 중복이 많기 때문이다. 또한 대체적으로 I 값의 차이가 크지 않은 것은 탐지/식별 수단체계 스핀이 낮고(-1) 다중도 행렬 값(최대 3)이 크며 업그레이드 수준(-1 $\rightarrow$ 0)도 적기 때문이다.

표 14. LISI 수준 동일한 탐지 및 식별 체계 적용 결과

Table 14. Result of Applying the Same Find/Fix System to the LISI Level

구 분	I	I_{opt}	UPGRADE I			
			$s_{12}=0$	$s_{14}=0$	$s_{24}=1$	$s_{42}=1$
i-Score $T=\{1,2,2,3,4,2\}$	-6	4	-3	-5	-2	-4
$T=\{1,1,2,3,4,1\}$	-7	-1	-5	-5	-5	-7
$T=\{1,1,2,3,4,2\}$	-9	1	-5	-7	-7	-7
$T=\{1,1,2,3,4,3\}$	-7	-1	-5	-5	-5	-7
$T=\{1,1,2,3,4,4\}$	-9	1	-7	-5	-5	-9

다. LISI 수준 동일한 식별 및 추적 체계 적용 검증

① 1단계 : 운영스레드 도표화, 지원 시스템 세트 정의

□ Sample Operational Thread : "Kill Chain"

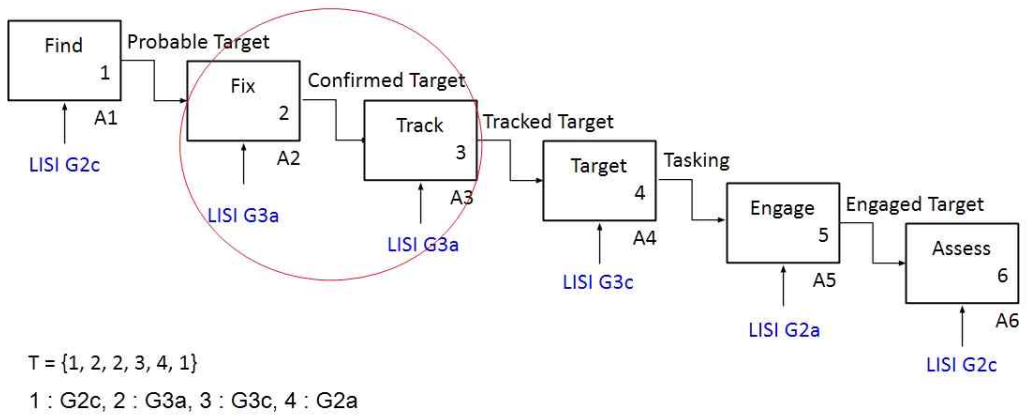


그림 28. LISI 수준이 동일한 식별/추적 체계로 처리한 운영스레드

Figure 28. Operational Thread Processed by the Fix/Track System with the Same LISI Level

② 2단계 : 상호운용성 매트릭스 작성

- 스핀 행렬(Spin Matrix)

$$- S = \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- 다중도 행렬(Multiplicity Matrix)

$$- T = \{1, 2, 2, 3, 4, 1\}$$

$$- A = \{(1,2), (1,2), (1,3), (1,4), (1,1), (2,2), (2,3), (2,4), (2,1), (2,3), (2,4), (2,1), (3,4), (3,1), (4,1)\}$$

- 따라서, $c_{11} = 1, c_{12} = 2, c_{13} = 1, c_{14} = 1, c_{21} = 2, c_{22} = 1, c_{23} = 2, c_{24} = 2,$
 $c_{31} = 1, c_{32} = 0, c_{33} = 0, c_{34} = 1, c_{41} = 1, c_{42} = 0, c_{43} = 0, c_{44} = 0$

$$- C = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 2 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

- 상호운용성 행렬 (Interoperability Matrix)

$$- M = C \circ S = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 2 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -2 & -1 & -1 \\ -2 & 1 & 0 & -2 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

③ 3단계 : i-점수 계산

$$• I = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n m_{ij} = -8$$

④ 4단계 : 최적의 i-Score 결정

$$• M_{opt} = C \circ S_{opt} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 2 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \\ -2 & 1 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$• I_{opt} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n m_{ij}|_{M_{opt}} = -1$$

⑤ 5단계 : 상호운용성 격차 계산

$$• I_{gap} = I_{opt} - I = -1 - (-8) = 7$$

⑥ 6단계 : 상호운용성 분석 수행

- Spin upgrade

s_{12}, s_{14} 는 -1 에서 0 으로, s_{24}, s_{42} 는 -1 에서 1 로 *upgrade*시

$s_{12} = 0$ 일 경우

$$M = C \circ S = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 2 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & -1 \\ -2 & 1 & 0 & -2 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, I = -6$$

$s_{14} = 0$ 일 경우

$$M = C \circ S = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 2 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -2 & -1 & 0 \\ -2 & 1 & 0 & -2 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, I = -7$$

$s_{24} = 1$ 일 경우

$$M = C \circ S = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 2 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \\ -1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -2 & -1 & -1 \\ -2 & 1 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, I = -4$$

$s_{42} = 1$ 일 경우

$$M = C \circ S = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 2 & 2 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 0 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -2 & -1 & -1 \\ -2 & 1 & 0 & -2 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, I = -8$$

위와 같은 방법으로 A6 평가 수단체계의 LISI 수준을 G3c, G2a로 각각 변경하여 계산한 결과가 표 15와 같다. 그러나 G3a인 경우는 i-Score 모델의 T 기준 집합과 동일하여 별도로 계산하지 않았다.

I_{opt} 와 I 의 차이인 I_{gap} 은 7~12이나 각각 업그레이드를 할 경우의 I_{gap} 은 0~8

이다. 최우선적으로 업그레이드가 필요한 스핀은 i-Score 모델과 동일한 것은 전체적인 T 기준 집합이 i-Score 모델과 거의 유사하기 때문이다.

표 15. LISI 수준 동일한 식별 및 추적 체계 적용 결과

Table 15. Result of Applying the Same Fix/Track System to the LISI Level

구 분	I	I_{opt}	UPGRADE I			
			$s_{12} = 0$	$s_{14} = 0$	$s_{24} = 1$	$s_{42} = 1$
i-Score $T = \{1, 2, 2, 3, 4, 2\}$	-6	4	-3	-5	-2	-4
$T = \{1, 2, 2, 3, 4, 1\}$	-8	-1	-6	-7	-4	-8
$T = \{1, 2, 2, 3, 4, 3\}$	-5	2	-3	-4	-1	-5
$T = \{1, 2, 2, 3, 4, 4\}$	-6	6	-4	-4	2	-6

3. 제안 모델 검증 결과

i-Score 모델과 정량화된 개선 모델을 동일 스피ンを 적용하여 비교 검증하였다. 검증시 제시된 스피ンを 고려하여 수행체계의 LISI 수준을 선정하였다. 미군의 수단체계에 대한 LISI 수준을 확인하기 어려웠고 한국군이 현재 운용하고 있는 수단체계(무인정찰기 글로벌호크)와 동일하다고 보기 어려웠기 때문이다. 검증은 3개 그룹으로 구분하여 수행하였다. 운영스레드 수행체계가 동일체계일 경우 T 집합에서 하나로 처리하는 방법과 탐지/식별 및 식별/추적 수단체계가 동일한 수단체계에서 수행되나 중복 개념을 적용하여 T 집합에서 동일수준을 적용하여 각각 처리하는 방법으로 수행하였다.

수행한 결과는 표 16과 같으며, 3개 그룹 모두 업그레이드가 필요한 스피ن 순위는 i-Score 모델과 동일하거나 유사하였다. 2번째 그룹만이 I 값의 변화가 크지 않았는데 중복이 많은 수단체계의 스피ن 수준이 낮고 업그레이드 수준도 낮았기 때문이다.

탐지 및 식별 운영스레드가 무인정찰기 글로벌호크 한 체계내에서 동시에 수행될 경우 중요도를 고려하여 중복 개념을 적용할 수는 있으나, 한 체계내에서 수행되는 운영스레드는 상호운용성에 문제가 없기 때문에 하나로 처리해도 된다. 단 한 체계내라도 동시에 수행되는 것이 아닌 타 체계를 거쳐 다시 수행될 경우는 각각 처리하는 것이 타당하다. 또한 한 체계가 아니라 탐지 및 식별 수단체계가 정찰위성 및 무인정찰기 글로벌호크 등과 같이 상이하면 각각 처리하는 것이 타당하다. 따라서 본 논문에서 제시한 제안 모델은 한 체계내에서 동시에 수행되는 운영스레드는 T 집합의 하나로 처리하고 한 체계내에서 수행되더라도 타체계를 거쳐 수행될 경우는 각각 처리하는 것으로 하였다.

본 논문의 주요 목적은 한국군이 사용하는 LISI 모델과 i-Score 모델의 제한사항을 해소하며, 특히 정량화된 접근방식으로 무기체계 및 국방정보체계의 작

전과 연계된 상호운용성의 현재 및 미래 개선사항 식별이다. 따라서 5단계 격차계산은 6단계 분석에서 최적개선사항 식별에 중점을 두었다면 필요성이 미흡하다. 그러므로 제안 모델에서 5단계를 제외하고 6단계 분석을 단순화하는 것이 가능하다.

표 16. 평가 모델 검증 결과
Table 16. Assessment Model Verification Result

구 분		I	I_{opt}	UPGRADE I			
				$s_{12} = 0$	$s_{14} = 0$	$s_{24} = 1$	$s_{42} = 1$
i-Score	$T=\{1,2,2,3,4,2\}$	-6	4	-3	-5	-2	-4
1 그룹	$T=\{1,2,3,4,2\}$	-6	1	-4	-5	-4	-4
	$T=\{1,2,3,4,1\}$	-6	-2	-5	-5	-5	-6
	$T=\{1,2,3,4,3\}$	-4	0	-3	-3	-2	-4
	$T=\{1,2,3,4,4\}$	-5	2	-4	-3	-3	-5
2 그룹	$T=\{1,1,2,3,4,1\}$	-7	-1	-5	-5	-5	-7
	$T=\{1,1,2,3,4,2\}$	-9	1	-5	-7	-7	-7
	$T=\{1,1,2,3,4,3\}$	-7	-1	-5	-5	-5	-7
	$T=\{1,1,2,3,4,4\}$	-9	1	-7	-5	-5	-9
3 그룹	$T=\{1,2,2,3,4,1\}$	-7	0	-5	-6	-3	-7
	$T=\{1,2,2,3,4,3\}$	-5	2	-3	-4	-1	-5
	$T=\{1,2,2,3,4,4\}$	-6	6	-4	-4	2	-6

표 17은 i-Score 모델과 제안 모델을 최종적으로 비교한 것이다. 제안 모델은 T 집합 기준이 기 결정된 LISI 모델의 수준을 적용하므로 명확하고 타 작전개념에도 적용가능하며, 운영스레드 수단체계가 한 체계내에서 동시에 수행될 경

우 상호운용성은 완전하기 때문에 한 단계로 처리하여 중복의 오류를 해결하였다. 운영스레드 평가도 작전운영개념 기준 핵심 임무 위주로 하여 평가대상을 단순화 하였다. 그리고 5단계 격차계산을 제외하였고 6단계 분석을 단순화하였다.

표 17. i-Score 모델과 제안 모델 비교

Table 17. Comparison of i-Score Model and Proposed Model

구 분	i-Score 모델	제안 모델
1단계 (운영스레드 도표화)	운영스레드 수단체계 집합기준 미흡 (킬체인에 적합)	LISI모델 기 평가수준 적용으로 운영스레드 수단체계 집합기준 명확 (타 작전개념에 적용 가능)
	동일체계내 다른 작전단계 수행시에 중복적용 평가	동일체계내 다른 작전단계라도 상호운용성은 완전하므로 한 단계로 평가
	단계 세분화시 많은 평가수행	주요작전 위주로 단순 평가수행
2~4단계	수행	수행
5단계 (격차계산)	수행	제외 (스핀(spin)업그레이드 위주 분석으로 격차계산 불필요)
6단계 (분석)	스핀업그레이드, 평균스핀, 상호운용성 지형 등 분석	스핀 업그레이드만 분석 (현재/미래 최적개선 식별 위주 분석 수행)

제3절 정량화된 상호운용성 평가모델 무기체계 적용

1. 무기체계 적용 평가 방법

운영스레드는 방공작전 중 공군에서 활용이 가장 많은 임무인 A 체계 항적 포착 자료전송으로 선정하였다. 그림 29와 같이 레이더 등에서 항적자료를 포착하여 A 체계로 전송하면 A 체계는 항적자료를 종합처리하여 직접 연동체계 및 간접 연동체계로 전송하고 최종적으로 전투기에 항적포착 자료에 대한 전술 조치를 음성체계를 활용하여 지시하게 된다. 이때 레이더, 전투기, 조기경보기 등과 같이 항적을 포착하는 수단 체계들이나 C, D, E 체계 등과 같은 직·간접 연동된 작전 수단 체계들이 동일한 LISI 수준일 경우는 이중 하나의 수단 체계만을 선정하여 평가하더라도 동일한 평가 결과가 나오기 때문에 문제가 없다. 만약 LISI 수준이 상이하다면 각각 평가하여야 하며, 또한 동일한 LISI 수준의 체계라도 스핀이 다를 경우는 별도 계산을 하여야 한다. LISI 수준이 같은 체계라도 운영스레드를 수행하는 스핀은 다를 수 있기 때문이다.

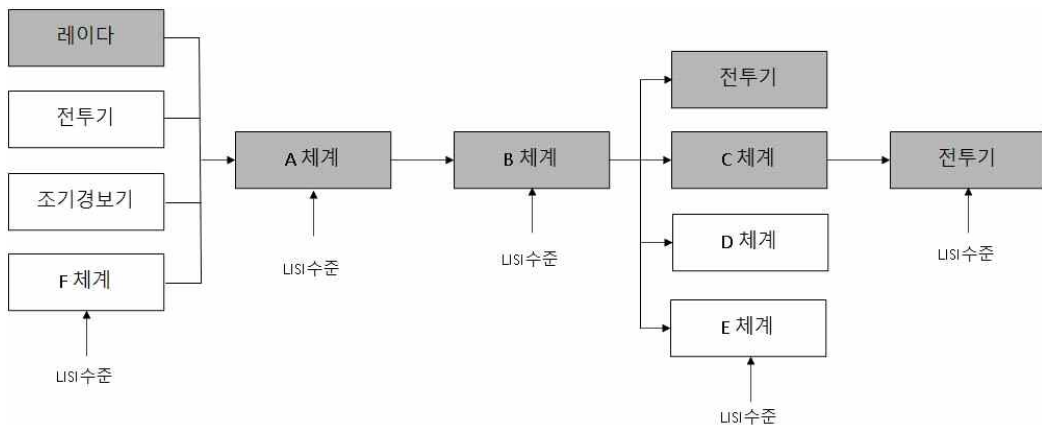


그림 29. 항적포착 자료전송 체계 구성도

Figure 29. Configuration Diagram of Tracking Data Transmission System

본 논문에서는 단계별 체계들이 동일한 LISI 수준임을 고려하여 레이다 및 C 체계 등과 같이 음영처리된 체계들을 선정하여 평가하였으며, 전술조치를 수행하는 전투기의 경우 B 체계에서 명령을 받아 수행하는 경우와 C 체계에서 명령을 수행하는 경우가 있으므로 두가지 방법을 각각 평가 수행하였다. LISI 수준은 LISI 모델의 SITES를 활용하여 상호운용성 수준측정을 기 실시한 결과를 토대로 제시하였다. 만약 LISI 수준 측정이 안 되어 있는 무기체계가 있다면 예상 또는 원하는 수준으로 제시하여 평가하면 된다.

스핀은 현재의 항적포착 전송 상태를 제시한 것으로, 전술조치 명령을 B 체계에서 지시하거나 C 체계에서 지시하더라도 제시된 LISI 수준은 동일하므로 스핀을 동일하게 표 18과 같이 작성하였다.

표 18. 항적포착 자료전송 스핀
Table 18. Tracking Data Transmission Spin

Spin	Upgradable? (Max Spin)	Rationale Spin
$s_{ij} = 1$	없음	체계 자체 상호운용은 완전 가능
$s_{12} = 0$	가능(1)	레이다에서 A 체계로 항적자료 전송은 기계적인 번역 필요
$s_{13} = 0$	가능(1)	레이다에서 A 체계를 경유해서 B 체계로 항적자료 전송은 기계적인 번역 필요
$s_{21} = -1$	없음	A 체계에서 레이다로 상호운용은 음성통신 활용
$s_{23} = 1$	없음	A 체계에서 B 체계로 항적자료 전송은 상호운용 완전 가능
$s_{31} = -1$	없음	B 체계에서 레이다로 상호운용은 필요시 음성통신 활용
$s_{32} = -1$	가능(1)	B 체계에서 A 체계 및 전투기(필요시 C 체계 경유/지시)로 전술조치용 항적포착 자료전송을 위한 상호운용은 음성통신 활용(전술데이터)

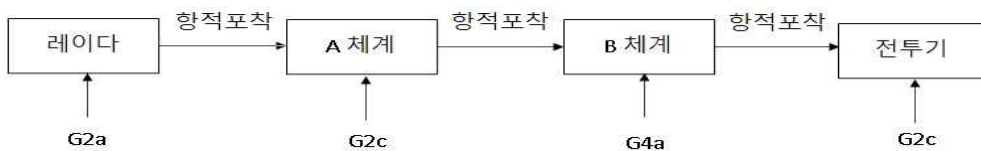
또한 업그레이드 가능여부는 작전운영상 음성통화가 꼭 필요한 스핀을 제외하고 가능으로 제시하였으며, B 체계에서 전투기(필요시 C 체계 경유/지시)로 음성통신의 경우 전술데이터링크를 활용할 경우로 제시하였다.

2. 무기체계 적용 평가 수행

가. B 체계에서 전술조치 명령시

① 1단계 : 운영 스레드 도표화, 지원 시스템 세트 정의

- 운영스레드 : 항적포착 자료전송



1 : G2a, 2 : G2c, 3 : G4a

T={1, 2, 3, 2}

그림 30. 항적포착 자료전송 운영스레드

Figure 30. Tracking Data Transmission Operational Thread

② 2단계 : 상호운용성 매트릭스 작성

- 스핀 행렬(Spin Matrix)

$$- S = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

- 다중도 행렬(Multiplicity Matrix)

- $T=\{1, 2, 3, 2\}$

- $A=\{(1,2), (1,3), (1,2), (2,3), (2,2), (3,2)\}$

- 따라서,

$$c_{11} = 0, c_{12} = 2, c_{13} = 1, c_{21} = 0, c_{22} = 1, c_{23} = 1, c_{31} = 0, c_{32} = 1, c_{33} = 0$$

- $C = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$

- 상호운용성 행렬(Interoperability Matrix)

- $M = C \circ S = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}$

③ 3단계 : i-Score 계산

- $I = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n m_{ij} = 1$

④ 4단계 : 최적의 i-Score 결정

- $S_{opt} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$

- $M_{opt} = C \circ S_{opt} = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$

- $I_{opt} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n m_{ij}|_{M_{opt}} = 6$

⑤ 5단계 : 상호운용성 분석 수행

• Spin upgrade

s_{12}, s_{13} 은 0에서 1으로, s_{32} 는 -1에서 1로 *upgrade*시

$s_{12} = 1$ 일 경우

$$M = C \circ S = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}, I=3$$

$s_{13} = 1$ 일 경우

$$M = C \circ S = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix}, I=2$$

$s_{32} = 1$ 일 경우

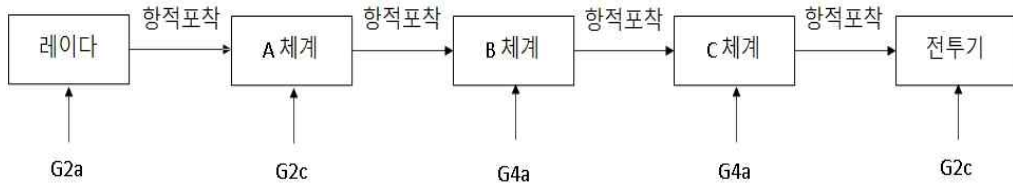
$$M = C \circ S = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, I=3$$

현 체계의 상호운용성 점수인 $I=1$ 이고 최대 업그레이드를 할 경우인 $I_{opt}=6$ 이다. 스핀 $s_{12}=1, s_{32}=1$ 로 각각 업그레이드 할 경우 $I=3$, $s_{13}=1$ 로 업그레이드 할 경우 $I=2$ 이므로 최우선적으로 업그레이드가 필요한 스핀은 $s_{12}=1, s_{32}=1$ 이다. s_{12} 는 레이더에서 A 체계로 항적자료 전송 할 경우 기계적인 번역으로 처리하였으나 상호운용 가능하도록 최우선적으로 업그레이드가 필요하다. 또한 s_{32} 는 B 체계에서 전투기로 음성통신을 사용하여 항적자료를 처리하였으나 전술데이터 링크를 사용하도록 동시에 업그레이드가 필요하다.

나. C 체계에서 전술조치 명령시

① 1단계 : 운영 스레드 도표화, 지원 시스템 세트 정의

- 운영스레드 : 항적포착 자료전송



1 : G2a, 2 : G2c, 3 : G4a

T={1, 2, 3, 3, 2}

그림 31. 항적포착 자료전송 운영스레드(C 체계 포함)

Figure 31. Tracking Data Transmission Operational Thread(including C System)

② 2단계 : 상호운용성 매트릭스 작성

- 스핀 행렬(Spin Matrix) $S = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$
- 다중도 행렬(Multiplicity Matrix)
 - T={1, 2, 3, 3, 2}
 - A={ (1,2), (1,3), (1,3), (1,2), (2,3), (2,3), (2,2), (3,3), (3,2), (3,2) }
 - 따라서,

$$c_{11} = 0, c_{12} = 2, c_{13} = 2, c_{21} = 0, c_{22} = 1, c_{23} = 2, c_{31} = 0, c_{32} = 2, c_{33} = 1$$

- $C = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 2 & 1 \end{bmatrix}$

- 상호운용성 행렬(Interoperability Matrix)

- $M = C \circ S = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 2 & 1 \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & -2 & 1 \end{bmatrix}$

③ 3단계 : i-점수 계산

- $I = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n m_{ij} = 2$

④ 4단계 : 최적의 i-Score 결정

- $S_{opt} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$

- $M_{opt} = C \circ S_{opt} = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 2 & 1 \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 2 & 1 \end{bmatrix}$

- $I_{opt} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n m_{ij}|_{M_{opt}} = 10$

⑤ 5단계 : 상호운용성 분석 수행

- Spin upgrade

s_{12}, s_{13} 은 0에서 1으로, s_{32} 는 -1에서 1로 *upgrade*시

$s_{12} = 1$ 일 경우

$$M = C \circ S = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 2 & 1 \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 0 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & -2 & 1 \end{bmatrix}, I = 4$$

$s_{13} = 1$ 일 경우

$$M = C \circ S = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 2 & 1 \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \\ -1 & -1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 2 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & -2 & 1 \end{bmatrix}, I = 4$$

$s_{32} = 1$ 일 경우

$$M = C \circ S = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 2 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 2 & 1 \end{bmatrix} \circ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 2 \\ 0 & 2 & 1 \end{bmatrix}, I = 6$$

현 체계의 상호운용성 점수인 $I = 2$ 이고 최대 업그레이드를 할 경우인 $I_{opt} = 10$ 이다. 스핀 $s_{12} = 1, s_{13} = 1$ 로 각각 업그레이드 할 경우 $I = 4$, $s_{32} = 1$ 로 업그레이드 할 경우 $I = 6$ 으로 최우선적으로 업그레이드가 필요한 스핀은 $s_{32} = 1$ 이다. 즉, B 체계에서 A 체계 및 전투기로 전술조치용 항적포착 자료전송을 음성통신에서 전술데이터링크 항적자료 전송으로 교체가 우선적으로 필요하다.

3. 실 무기체계 적용 평가 결과

항적포착 자료전송 관련 실제 무기체계들에 대한 정량화된 상호운용성 평가 모델을 적용하여 평가한 결과는 표 19와 같다. 먼저 B 체계에서 전투기에 전술조치를 위한 항적포착 자료전송하는 운영스레드에 대한 평가는 최적의 상호운용성 점수가 6점으로 기존 1점에 비해 격차가 5점이며, 개선 체계별로 2~3점의 상호운용성 점수로 평가되었다. $s_{12}=1$ 과 $s_{32}=1$ 로 개선할 경우 상호운용성 점수가 3점으로 동일하여 두 개의 체계를 동시에 개선하는 것이 가장 효율적이다. $s_{12}=1$ 은 레이다에서 A 체계로 항적포착 자료를 전송시 기계적인 번역을 번역없이 완벽한 상호운용성이 될 수 있도록 개선하는 것이며, $s_{32}=1$ 은 B 체계에서 전투기로 항적포착 자료를 음성통신에서 전술데이터링크를 사용할 수 있도록 개선하는 것이다. 두 번째 C 체계에서 전투기에 전술조치를 위한 항적포착 자료전송하는 운영스레드에 대한 평가는 모든 체계를 동시에 개선할 경우인 최적의 상호운용성 점수가 10점으로 기존 2점에 비해 8점이나 높아 상호운용성 수준이 매우 향상될 수 있음을 보여준다.

표 19. 무기체계 적용 평가 결과

Table 19. Weapon System Application Evaluation Result

구 분		I	I_{opt}	UPGRADE I		
				$s_{12}=1$	$s_{13}=1$	$s_{32}=1$
B 체계	$T=\{1,2,3,2\}$	1	6	3	2	3
C 체계	$T=\{1,2,3,3,2\}$	2	10	4	4	6

그리고 $s_{32}=1$ 로 개선할 경우 상호운용성 점수는 6점으로 최적의 상호운용

성 점수와 격차가 적어 최우선적으로 개선이 필요한 체계임을 식별할 수 있었다. $s_{32}=1$ 은 C 체계에서 전투기로 음성통신을 활용하던 것을 전술데이터링크를 통하여 항적포착 자료를 전송할 수 있는 상태이다.

체계와 직·간접 연동된 체계의 LISI 모델의 일반 상호운용성 수준이 높더라도 LISI 모델에서 반영되지 못한 작전개념을 적용하였을 경우 상호운용성 수준은 낮을 수 있다. 그러므로 작전개념을 적용한 경우의 상호운용성 수준도 알아야 한다. 본 논문에서는 이 경우를 3단계 수준의 스핀 개념을 적용하였다.

4. 무기체계 소요제기 및 획득단계 적용

합동전투발전 수행체계에 따르면 소요제기서는 능력평가 수행결과를 토대로 소요제기 지침서를 만들고 그에 따른 요구능력을 식별하여 소요제기서를 작성하게 된다. 능력평가 수행시 위협 및 대응 시나리오를 작성하게 되는데 이때 아키텍처 시나리오도 같이 작성한다. 그리고 능력평가 범위선정 및 능력분석을 통하여 부족능력을 도출하고 가용대안을 선정하여 소요제기 지침서를 작성한다. 따라서 소요제기부서에서 소요제기서 작성시 시나리오 아키텍처를 같이 작성하도록 되어있다. 그러나 현재 국방정보화 업무훈령상 소요제기서에 대한 소요평가시 아키텍처에 대한 평가는 아키텍처 작성 대상인 경우에 한해서 단위시스템 아키텍처 작성 계획의 적절성만을 평가하고 있다. 그러므로 능력평가 수행시 작성하여야 하는 시나리오 아키텍처에 대한 산출물이 없다고 볼 수 있다. 따라서 시나리오 아키텍처 작성이 제대로 수행되기 위해서는 먼저 국방 정보화 업무훈령 및 국방 전력발전업무훈령의 개정이 필요하다. 그리고 소요평가시에 단위시스템 아키텍처의 작성계획의 적절성 뿐만 아니라 스핀개념을 적용한 시나리오 아키텍처 작성 적절성을 평가하여야 한다. 아울러 작성된 아키텍처와 스핀을 토대로 정량화된 상호운용성 평가 모델을 통해 체계에 대한 상호운용성

을 평가하고 분석하여야 한다. 분석 결과에 따라 직·간접적으로 연관된 체계의 업그레이드 우선순위를 고려하여 소요제기서 작성부서에 통보하고 반영을 추진하여야 한다. 그림 32는 합동전투발전수행절차에 시나리오 아키텍처 작성시에 스피ن개념을 적용하고, 전력소요서에 대한 소요평가서에 작성된 시나리오 아키텍처의 적절성과 정량화된 상호운용성 평가를 수행토록 한 절차 구성도이다.

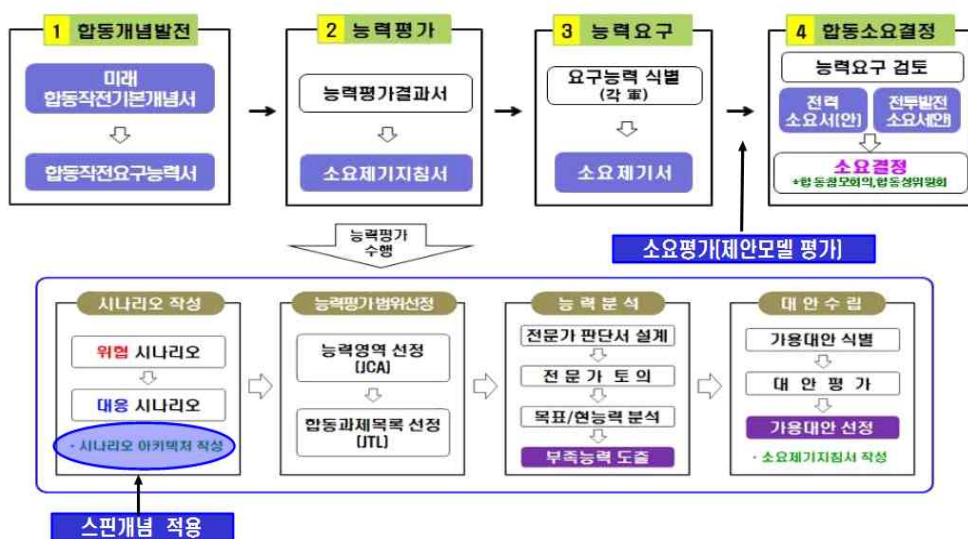


그림 32. 합동전투발전수행절차의 소요평가 단계

Figure 32. Required Evaluation Stage of Joint Combat Development Implementation Procedure

<자료출처 : 이종화, 2021, pp. 12, 수정보완>

5. 제안 모델 개선 효과

제안 모델에 대한 검증과 실제 무기체계에 대한 적용 평가 결과를 볼 때 제안 모델의 개선 효과를 LISI 모델, i-Score 모델과 비교하였다. 표 20은 LISI 모델, i-Score 모델과 제안 모델인 정량화된 상호운용성 평가 모델의 비교 결과이다.

표 20. LISI 모델, i-Score 모델과 제안 모델 비교

Table 20. Comparison of LISI Model, i-Score Model and Proposal Model

(범례 : ×(제한), △(보통), ○(우수))

구 분		LISI 모델	i-Score 모델	제안 모델
평가기준	기준정립	○	△	○
	작전운영개념 적용	△	○	○
평가절차	소요기획단계 적용	△	△	○
	획득단계 적용	○	△	○
	평가툴 적용	○	×	×
	계산용이성	△	○	○
평가수행	정 량 화	×	○	○
	복합체계	×	○	○
	비기술적	×	○	○

비교는 문헌 연구자료와 한국군의 현 실정을 고려하여 평가 기준과 절차 수행, 측면으로 상대 비교하였으며, 기준에는 기준정립, 작전운영개념 적용 등으로 분류하였고, 절차에는 소요기획단계 및 획득단계 적용, 평가툴 적용과 계산용이성 등으로 분류하였으며, 마지막 수행은 정량화, 복합체계, 비기술적 평가로 분류하였다.

평가기준의 기준정립에서 LISI 모델은 많은 연구와 수행툴 개발적용 등을 고려하여 우수로, i-Score 모델은 T 집합 기준이 킬체인에 특화되었음을 고려

하여 보통으로, 제안 모델은 T 집합 기준이 명확하고 타 작전개념에도 적용가능하여 우수로 제시하였다. 작전운영개념은 3개 모델 모두 운영스레드를 활용하지만 한국군이 사용하는 LISI 모델이 상대적으로 적용이 미흡하기 때문에 보통으로 제시하였다. 절차의 소요기획단계 적용은 LISI 모델이 전력소요서 소요평가시부터 평가되기 때문에, 그리고 i-Score 모델이 초기 업그레이드 필요만 언급하였고 미제시되었기 때문에 보통으로 제시하였다. 반면 제안 모델은 능력평가 단계의 시나리오 아키텍처 작성시 스핀 개념을 적용하여 작성토록 하였기 때문에 우수로 제시하였다. 획득단계 적용은 LISI 모델이 한국군 획득단계에 적용되고 있기 때문에 우수로, i-Score 모델은 미제시되어 보통으로 제시하였고, 제안 모델은 소요제기서에 대한 소요평가시 스핀을 확인 검증하고 평가하여 결과를 확인토록 하였고 평가 결과 분석을 통하여 체계의 업그레이드 등 개선이 필요한 사안을 소요제기 부서에 통보토록 하였기 때문에 우수로 제시하였다. 평가를 적용은 SCOPE 틀을 사용하는 LISI 모델을 우수로 나머지는 제한으로 제시하였다. 그리고 계산 용이성은 LISI 모델 대비 수학적식을 적용한 i-Score 모델과 제안 모델을 우수로 제시하였다. 수행의 정량화, 복합체계, 비기술적 평가는 LISI 모델의 제한사항이므로 제한으로, i-Score 모델과 제안 모델은 가능하므로 우수로 제시하였다.

추가로 제안 모델에 대한 전문가 의견을 통하여 위의 개선 효과와 추가적인 적용가능성을 확인 검증하였다. 전문가는 국방부(1명), 합참(2명), 공군본부(2명), 방사청(2명), 상호운용성센터(3명) 등 상호운용성과 관련된 부서에서 10명(준사관 포함 위관 2명, 영관 8명)으로 구성하였으며 부록과 같이 설문지를 통하여 의견을 확인하였다. 설문지 의견 종합 결과는 표 21과 같으며, LISI 모델 관련 7문항과 제안 모델 관련 4문항을 설문하였으며 제시한 답변을 백분율로 계산하였다. 먼저 LISI 모델 관련 항목은 한국군이 사용하는 모델

인지 여부 및 제한사항(2문항), 정보체계 중심 평가, 현재/미래 개선사항 식별 제한, 새로운 모델 필요성, 새로운 모델 개발에 점진적 접근방법의 효율성 등으로 상호운용성 전문가로서 LISI 모델에 대한 인지률은 82~88%이다. 제안 모델 관련 항목은 한국군 평가에 기여, 신뢰성 있고 합리적, 소요기획단계부터 작전개념 반영 기대, 현재/미래 개선사항 사업추진 도움 기대 등으로 전문가 의견은 92~98%로 긍정적으로 응답하였다.

표 21. 전문가 설문조사 결과
Table 21. Expert Survey Results

구 분		설문결과(%)
LISI 모델	한국군 사용모델	84
	정량적, 복합체계, 비기술적 평가 제한	82
	작전보다 정보체계 중심 평가 수행	84
	현재 및 미래 개선사항 식별 제한	82
	제한사항 해소 가능한 신모델 개발 필요	88
	신모델 개발에 점진적 접근방법 효율적	88
제안 모델	한국군 평가에 기여	92
	신뢰성 있고 합리적	92
	소요기획단계부터 작전개념 반영 기대	94
	현재/미래 개선사항 사업추진 도움 기대	98

위 비교자료와 설문조사 결과를 고려해볼 때 제안 모델이 한국군이 사용하는 LISI 모델의 제한사항 및 i-Score 모델의 제한사항 해소가 가능하고, 현재/미래 개선사항을 정량적인 방법으로 식별하여 소요제기부서에 피드백 하고 사업 추진하므로 작전개념과 연계된 한국군 무기체계에 대한 상호운용성 평가에 적합한 모델로 기여할 것으로 기대된다.

제4장 결론 및 고찰

인터넷의 발달과 걸프전을 계기로 군에서 상호운용성은 중요한 문제로 대두 되었으며 그에 따라 단일체계 중심으로 LISI 모델과 같은 평가모델들이 개발되었다. NCW 시대를 맞이하여 정보체계 및 무기체계들은 단일체계에서 복합체계로 변화하면서 기존의 상호운용성 평가로는 제한사항이 발생하였다. 미군은 LISI 모델에서 비기술적, 복합체계, 정량화 평가가 가능한 NR-KPP로 변경하여 상호운용성을 평가하고 인증하고 있으나, 한국군은 단일체계 및 직접연동체계 중심의 LISI 모델을 사용하고 있다. 따라서 한국군도 미군과 같은 모델 또는 새로운 평가모델 개발이 필요하나, 미군과 같은 NR-KPP를 새롭게 개발하는 것보다 LISI 모델을 활용하는 방법이 현재의 군 여건상 효율적이라고 판단하여 수학적식을 적용한 정량적 평가모델인 i-Score 모델을 개선하는 방안으로 연구하여 한국군 무기체계에 적합한 정량화된 상호운용성 평가모델을 제안하였다.

제안 모델은 i-Score 모델의 제한사항인 운영스레드 수단체계들에 대한 집합 기준을 LISI 모델의 평가툴인 SCOPE로 평가한 상호운용성 수준으로 적용하였다. 검증은 i-Score 모델의 운영스레드 수단체계들에 대한 집합 기준을 스피ンを 고려하여 적정한 LISI 모델의 수준을 적용하였고, 스피ンは i-Score 모델과 동일하게 적용하였다. 검증결과 수단체계 집합기준을 LISI 모델의 상호운용성 수준을 적용하여 평가한 결과가 i-Score 모델의 결과와 유사하였고, 또한 한 체계에서 동시에 수행되는 운영스레드는 상호운용성이 완전하므로 하나의 수단체계 집합 기준으로 처리하여도 문제가 없음을 확인하였다. 아울러 격차계산 단계의 필요성이 미흡하여 제외하여도 분석에 문제가 없음을 확인하였고, 또한 i-Score 모델의 제한사항과 LISI 모델의 제한사항 해소도 가능함을 확인하였다. 그리고

실제 A 무기체계에 대한 항적포착 전송과 관련한 직·간접 연동체계에 제안 모델을 적용하였다. 직·간접 연동체계 중에 두 가지 연동체계를 구분하여 적용 평가하였다. 첫 번째는 공군 B 체계에서 전투기가 전술조치를 수행할 수 있도록 항적포착 자료를 전송하는 경우와 두 번째는 합참 C 체계에서 전투기가 전술조치를 수행할 수 있도록 항적포착 자료를 전송하는 경우이다. 첫 번째 평가 결과 레이다에서 A 체계로 항적포착 자료를 기계적인 번역없이 전송가능토록 하는 개선사항과 B 체계에서 전투기로 항적포착 자료를 전술데이터링크로 사용할 수 있도록 개선하는 것이 동시에 최우선적으로 필요하며, 두 번째 평가결과로는 현 체계내에서 최우선적으로 개선이 필요한 체계로는 C 체계에서 전술데이터 링크를 사용할 수 있도록 하는 것으로 확인되었다. 물론 소요제기부서의 사업순기 및 예산 등을 고려하여 상호운용성 개선사항의 사업반영 여부가 결정되어야 하지만 작전적인 측면과 정량적, 객관적인 측면에서 평가한 결과를 같이 고려하여 판단해야 할 것이다.

소요제기서에 대한 소요평가지 아키텍처 평가는 계획유무만을 평가하게 되는데, 아키텍처는 작전적인 시나리오를 토대로 작성하게 되므로 소요제기서 작성 전 능력평가지에 스핀개념을 반영한 시나리오 아키텍처를 작성하도록 규정화 방안을 제안하였다. 스핀개념을 반영한 작성된 시나리오 아키텍처는 소요평가지에 제안 모델을 적용하여 평가하고 평가결과를 제안부서에 피드백하도록 하였으며, 평가결과를 적용하여 사업추진할 경우 획득단계별 상호운용성 평가에서 확인하고 검증한다.

또한 제안 모델에 대해서는 추가적으로 국방부, 합참 등 상호운용성 전문가 의견을 설문조사하여 한국군 무기체계 및 국방정보체계 상호운용성 평가에 적용가능함을 확인하였다.

향후 추가 연구가 필요한 분야는 미군이 한국내에서 운용하는 무기체계 및

C4I체계에 적용하고 있는 NR-KPP와 상호운용이 가능한 한국군 무기체계 및 C4I체계에 대한 상호운용성 평가모델에 대한 분야이다. 아울러 미군은 전작권 전환의 일환으로 사이버보안의 중요성을 강조하며 위협관리 프레임워크(RMF58)) 적용을 요구하면서 상호운용성을 강조하고 있기 때문에 사이버보안과도 연계된 상호운용성 평가모델에 대한 연구도 필요하다.

본 논문에서 제안한 평가모델은 LISI 모델의 제한사항과 i-Score 모델의 제한사항 해소가 가능하며, 소요제기서 작성단계에서부터 작전과 연계된 시나리오 아키텍처를 작성하고 이를 토대로 소요평가시에 정량화된 제안 모델을 적용하여 평가하고 결과를 소요제기부서에 피드백하여 사업 반영여부를 결정토록 하였기 때문에 획득단계나 운영유지단계에서 불필요한 예산 낭비 예방이 가능하다. 그리고 현재 무기체계에 대한 소요평가 항목에 제안 모델의 적용평가를 추가하여 수행할 경우 작전측면과 연계된 상호운용성의 문제를 식별할 수 있을 것으로 기대된다.

58) Risk Management Framework

참 고 문 헌

- [1] Zeng. Marcia Lei, “Interoperability”, Knowledge Organization 46, no. 2: pp. 122~146, April 16, 2019.
- [2] Sterling D. Sessions, Carl R. Jones, “Interoperability(A Desert Storm Case Study”, McNair Paper Eighteen, July, 1993.
- [3] C4 Architecture & Integration Div., J-6, The Joint Staff, Pentagon, Wa, “C4I for the Warrior”, Jun 12, 1992.
- [4] JITC, About JITC, <https://jitc.fhu.disa.mil/organization/aboutJitc/jitcAbout/index.aspx>, 2022. 5. 10.
- [5] 유철희, 이태공, 임재성, “LISI 기반의 무기체계 상호운용성 평가모델 개선 방안 연구”, 한국통신학회 논문지 '10-11 Vol. 35 No. 11, 2010. 10. 29.
- [6] Kasunic, M. and Anderson, W., “Measuring Systems Interoperability: Challenges and Opportunities,” Carnegie-Mellon University – Software Engineering Institute, Pittsburgh, PA, Tech. Note CMU/SEI-2004-TN-003, Apr., 2004.
- [7] DoD Instruction 4630.8, “Procedures for Interoperability and Supportability of Information Technology (IT) and National Security Systems (NSS)”, June 30, 2004.
- [8] Thomas Ford, John Colombi, Scott R. Graham, “A Survey on Interoperability Measurement”, Twelfth International Command and Control Research and Technology Symposium (12th ICCRTS), 19~21

June, 2007.

- [9] Thomas Ford, John Colombi, Scott R. Graham, David Jacques, “The Interoperability Score”, Proceedings of the 5th Annual Conference on System Engineering Research, Hoboken, N.J., 2007.
- [10] MR Knight, JT Kolln, SE Widergren, D Narang, A Khandekar, B Nordman, “Interoperability Maturity Model(A Qualitative and Quantitative Approach for Measuring Interoperability)”, GRID Modernization Laboratory Consortium, January, 2020.
- [11] 국방부훈령 제2576호, “국방 정보화업무 훈령”, 2021. 8. 12.
- [12] 국방부지시 제2020-003, “국방 상호운용성 관리지시”, 2022. 1. 5.
- [13] CJCS Instruction 6212.01E, “Interoperability and Supportability of Information Technology and National Security Systems”, Mar 19, 2009.
- [14] Deputy Assistant Secretary of the Navy, “Net-Ready Key Performance Parameter(NR-KPP) Implementation Guidebook Version 2.0”, Sep. 30, 2011.
- [15] T. Ford, S. Graham, J. Colombi, D. Jacques, “Measuring System Interoperability(An i-Score Improvement)”, April, 2008.
- [16] ISO 25964-2:2013, Information And Documentation – Thesauri And Interoperability With Other Vocabularies – Part 2: Interoperability With Other Vocabularies, March 15, 2013.
- [17] NISO Press, “Understanding Metadata”, pp. 2., January 01, 2004.
- [18] Wikipedia, <https://en.wikipedia.org/wiki/Interoperability>, 2022. 5. 10.
- [19] 임병윤, “전투발전요소 중심의 상호운용성 평가모델 제안”, Journal of

- Information Technology and Architecture Vol. 10, No. 2, pp. 169~180,
2013년 6월
- [20] 정찬기, “한국군의 상호운용성 평가모델 발전방향”, 한국방위산업학회지 제 9권 제2호, 2012년 12월
- [21] OntologPSMW, “Ontology Summit 2018 Communiqué. Contexts in Context”, <http://ontologforum.org/index.php/OntologySummit2018>, 2022. 5. 7.
- [22] 김경희, 강석중, “NCW환경에서 지휘통제체계(C4I) 상호운용성 시험평가체계 개선방안 연구”, 한국군사과학기술학회지 제15권 제6호, pp. 786~801, 2012년 12월
- [23] Gabriel Leal, Wided Guédria, Hervé Panetto, “Interoperability assessment: A systematic literature review”, HAL, Jan. 15, 2019.
- [24] SMI안보경영연구원, “네트워크중심 서비스 기반 무기체계 상호운용성 발전 및 추진방안”, pp. 101~102, 2017년 12월
- [25] JCIDS Manual, “Manual For The Operation Of The Joint Capabilities Integration And Development System”, October 30, 2021.
- [26] 국방부훈령 제2639호, “국방 전력발전업무 훈령”, 2022. 3. 18.
- [27] 이종화, “한국군의 효율적 소요기획체계 발전방안 연구(미국, 독일과의 비교분석을 중심으로)”, 광운대학교, 2021년
- [28] LaVean, G., “Interoperability in Defense Communications,” IEEE Transactions on Communications, vol. COM-28, no. 9, pp. 1445~1455, Sep., 1980.
- [29] Mensh, D., Kite, R., Darby, P., “The Quantification of Interoperability,”

Naval Engineers Journal, pp. 251~259, May, 1989.

- [30] M. Amanowicz, P. Gajewski, “Military communications and information systems interoperability”, in: Proceedings of MILCOM '96 IEEE Military Communications Conference, IEEE, McLean, VA, USA, pp. 280~283 vol.1. doi:10.1109/MILCOM.1996.568629, 1996.
- [31] C4ISR Architecture Working Group, “Levels of Information Systems Interoperability (LISI),” OSD(ASD(C3I)), Washington, D.C., Mar. 30, 1998.
- [32] Leite, M., “Interoperability Assessment,” Proceedings of the 66th MORS Symposium, Naval Postgraduate School, Monterey, CA, Jun 23~25, 1998.
- [33] Morris, E., et al., “System of Systems Interoperability(SoSI): Final Report,” Carnegie-Mellon University – Software Engineering Institute, Pittsburgh, PA, Tech. Rep. CMU/SEI-2004-TR-004, Apr. 2004.
- [34] Marie van Amelsvoort, Christina Delfs, Mathias Usler, “Application of the Interoperability Score in the Smart Grid domain”, INDIN 2015 Conference – IEEE International Conference on Industrial Informatics·At: Cambridge·Volume: 1, July, 2015.
- [35] Mohamamd Mehdi Nayebpour, “The Interoperability Index Model: Improving The i-Score Model for Interoperability Measurement”, International Journal of Advanced Research in Engineering and Applied Sciences, Vol. 4 | No. 11, November, 2015.
- [36] 한익준, 방춘식, 윤광식, 천재영, 김형균, 조병인, “기술 및 비기술 요소를

- 고려한 무기체계 상호운용성 평가 모델”, 한국군사과학기술학회지 제12권 제4호, pp. 424~436, 2009년 8월
- [37] 장재덕, 최상택, 정운호, 최상욱, “국방무기체계 상호운용성 수준측정 개선 방안 연구”, 시스템엔지니어링 학술지 제8권 1호, pp. 41~49, 2012년 6월
- [38] 김철희, 김승춘, 이재각, “운용적 상호운용성 수준 달성을 위한 한국형전술 데이터링크의 확장형 e-LISI모델 적용방안 연구”, 방위산업학회지 22권 4호, pp. 95~111, 2015년 12월
- [39] 이현동, “서비스 중심의 상호운용성 평가 프로세스 모델”, 아주대학교, 2017년 8월
- [40] 유철희, “NCW를 위한 SOSI 기반 국방상호운용성 개선 및 발전방향”, 아주대학교 학위논문, 2012년 2월
- [41] 김한욱, 이태공, “복합체계에 대한 상호운용성 평가 방법론 연구”, Journal of Information Techonology and Architecture Vol. 8. No. 4, December 2011, pp. 333~345, 2011년 11월
- [42] 이철환, 이태공, “SCOPE 모델 기반 상호운용성 평가방법에 관한 연구”, 정보과학회논문지(B), 2012년

부록 - 설문지

1. 한국군이 상호운용성 평가에 사용하고 있는 모델은 LISI모델이다.

- ① 매우 그렇지않다 ② 그렇지않다 ③ 보통이다 ④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다

2. LISI모델은 단일 정보체계 중심의 정성적인 평가에 가까운 모델로 복합체계 및 정량적인 평가가 제한된다.

- ① 매우 그렇지않다 ② 그렇지않다 ③ 보통이다 ④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다

3. LISI모델은 체계 위주의 기술적인 평가모델로 조직적, 개념적, 관리적 개념 등의 비기술적 평가가 제한된다.

- ① 매우 그렇지않다 ② 그렇지않다 ③ 보통이다 ④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다

4. 국방정보체계 및 무기체계 전력소요서에 대한 소요평가지 작전운영개념 보다 정보체계 위주로 상호운용성 평가가 수행된다.

- ① 매우 그렇지않다 ② 그렇지않다 ③ 보통이다 ④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다

5. 소요제기서에 대한 상호운용성 소요평가지 해당 무기체계와 직간접으로 연동된 체계의 연동합의서가 체결되나, 현재 및 미래의 개선사항 식별이 제한된다.

- ① 매우 그렇지않다 ② 그렇지않다 ③ 보통이다 ④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다

6. LISI모델의 제한사항 해소가 가능한 상호운용성 평가모델 개발이 필요하다.

- ① 매우 그렇지않다 ② 그렇지않다 ③ 보통이다 ④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다

7. 평가모델 개발시 미군이 현재 상호운용성 평가 및 인증에 사용하고 있는 NR-KPP(Net-Ready Key Performance Parameter) 개념과 같이 새로운 모델을 한국군에 바로 적용하는 것보다 예산, 기간 등을 고려시 점진적인 접근방법이 효율적이다.

- ① 매우 그렇지않다 ② 그렇지않다 ③ 보통이다 ④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다

8. LISI모델의 제한사항 해소를 위해 수학적식을 적용한 정량화 평가모델인 i-Score모델을 기반으로 LISI모델의 기 수준측정 결과를 활용하고 단계를 단순화한 정량화된 상호운용성 평가모델을 제안하였다.

8-1. 제안한 모델은 복합체계 및 비기술적, 정량적인 평가가 가능하므로 한국군 국방정보체계 및 무기체계 상호운용성 평가에 기여할 것으로 기대된다.

- ① 매우 그렇지않다 ② 그렇지않다 ③ 보통이다 ④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다

8-2. 제안한 모델은 현재 사용중인 국방정보체계 및 무기체계들의 기 측정된 상호운용성 수준을 활용하여 소요제기된 체계의 작전적인 상호운용성을 평가하므로 신뢰성있고 합리적이다.

- ① 매우 그렇지않다 ② 그렇지않다 ③ 보통이다 ④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다

8-3. 제안한 모델은 소요기획단계인 능력평가의 시나리오 아키텍처 작성시 작전적 요구를 토대로 운영개념도와 ROC가 반영된 스펜을 작성하므로 소요기획 단계부터 작전적인 상호운용성이 반영될 것으로 기대된다.

- ① 매우 그렇지않다 ② 그렇지않다 ③ 보통이다 ④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다

8-4. 제안한 모델로 평가한 결과 식별된 현재 및 미래의 개선사항은 정량적이고 객관화된 평가 결과이므로 소요제기서 및 사업에 반영하면 도움이 많이 될 것으로 기대된다.

- ① 매우 그렇지않다 ② 그렇지않다 ③ 보통이다 ④ 그렇다 ⑤ 매우 그렇다

□ 설문 참고자료

1. 제안 모델 : 운영스레드(Operational Thread)를 지원하는 체계의 상호운용성을 정량적으로 측정하는 수단을 제공하는 i-Score 모델을 개선한 모델을 제안

구 분	i-Score 모델	제안 모델
1단계 (운영스레드 도표화)	운영스레드 수단체계 집합기준 미흡 (킬체인에 적합)	LISI모델 기 평가수준 적용으로 운영스레드 수단체계 집합기준 명확 (타 작전개념에 적용 가능)
	동일체계내 다른 작전단계 수행시에 중복적용 평가	동일체계내 다른 작전단계라도 상호운용성은 완전하므로 한 단계로 평가
	단계 세분화시 많은 평가수행	주요작전 위주로 단순 평가수행
2~4단계	수행	수행
5단계 (격차계산)	수행	제외 (스핀(spin)업그레이드 위주 분석으로 격차계산 불필요)
6단계 (분석)	스핀업그레이드, 평균스핀, 상호운용성 지형 등 분석	스핀 업그레이드만 분석 (현재/미래 최적개선 식별 위주 분석 수행)

2. LISI 모델, i-Score 모델과 제안 모델 비교 (범례 : ×(제한), △(보통), ○(우수))

구 분		LISI 모델	i-Score 모델	제안 모델
평가기준	기준정립	○	△	○
	작전운영개념 적용	△	○	○
평가절차	소요기획단계 적용	△	△	○
	획득단계 적용	○	△	○
	평가툴 적용	○	×	×
	계산용이성	△	○	○
평가수행	정 량 화	×	○	○
	복합체계	×	○	○
	비기술적	×	○	○