

# 지능형 수출 통제 시스템의 프레임워크 설계

김산성, 김의현, 성우철, 이문용, 신동훈\*

카이스트 지식서비스공학과 대전광역시 유성구 대학로 291

{samsung, uihyun, woochul, munyi}@kaist.ac.kr

\*한국원자력통제기술원 수출입통제실 대전광역시 유성구 유성대로 1534  
nucleo@kinac.re.kr

**요약:** 국제 사회에서 강화되고 있는 핵비확산 및 전략물자 관리의무 요구를 충족시키기 위해서는 전략물자에 관련된 정보를 면밀하게 분석함으로써 전략물자의 구성과 조합에 따른 위험도를 판단하고 이를 사전 판정 및 수출 허가 심사에 반영하는 기술이 필요하다. 본 연구는 전문가 시스템과 문서 유사도 비교 기술을 활용하여 지능형 수출 통제 시스템의 프레임워크를 설계하기 위해 진행되었다. 본 논문에서는 한국 원자력 통제기술원의 요구 사항을 바탕으로 프레임워크를 설계했던 절차 및 그 결과에 대해 논의한다.

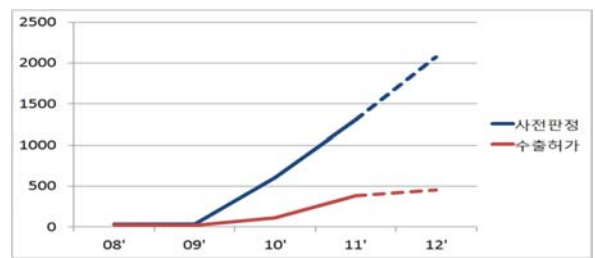
**핵심어:** 전문가 시스템, 문서 유사도 비교, 수출 통제 시스템, 전략물자

## 1. 서론

전 세계적으로 원자력시설이 늘어남에 따라 전략물자 수출 통제의 중요성이 대두되고 있다. 미국 9.11 테러를 계기로 유엔은 대량 살상 무기 확산방지를 위하여 관련 연구, 개발, 생산, 사용, 수송 등의 용도로 이용될 수 있는 물자 및 기술과 같은 전략물자에 대해 통제체제를 구축할 것을 회원국에 요구하였으며, 북한과 이란의 핵 활동에 대해서도 전략물자 수출 통제를 강화하였다. 이와 같이 전략물자 수출 통제의 중요성이 대두되는 가운데 우리나라는 UAE 상용원전 수출 및 요르단 연구로 수출을 성사시킴으로써, 국제사회는 우리나라의 전략물자 수출 통제 이행 현황을 예의 주시하고 있다.

수출 물자는 수출 통제 원칙을 철저히 준수하여 사전 판정과 수출 허가를 통해 수출을 하게 된다. 하지만 UAE 원전 관련 수출물자의 경우 약 5,000 여건(보조기기 80,000 여건)의 사전 판정 신청이 들어왔으며, [그림 1]에 나타난 바와 같이 2010 년 원전 수출 초기 대비 급격히 늘어난 사전 판정

신청으로 정부, 관계기관 그리고 기업의 부담이 커지고 있다. 현재 핀란드 등 약 10 개국에 원전 건설 사업을 추진하고 있으며, 향후 우리나라가 4 기의 원전 건설 사업을 수주한다면 약 20,000 건 이상의 사전 판정 수행이 필요하게 될 것이다 [1]. 때문에 이러한 수 많은 사전 판정 및 수출 허가 신청을 관리하고 나아가 심사 담당자의 의사결정을 지원할 수 있는 지능형 시스템 개발이 필요하다. 이를 활용한 판정 및 심사 기간 단축을 통해 경제적, 행정적 부담을 최소화하며, 보다 체계적이고 객관적인 심사결과를 도출해 낼 수 있을 것으로 기대한다.



[그림 1] 원전 사전 판정과 수출 허가 신청

국내외적으로 한국전력공사의 원전 2 차 계통 수화학 이상진단 전문가 시스템, 특허청의 특허 출원 전문가 시스템, Edinburgh 대학 AIAI 의 CoSAR 등 다양한 분야에서 전문가 시스템의 연구가 진행되어왔다. 이렇듯 인공지능과 축적된 사례를 바탕으로 구축된 판정시스템은 다양한 분야에 적용되어 활용되고 있으나, 전략물자 수출 통제, 특히 기술 문서 이전에 관련한 시스템에 적용한 사례는 지금까지 없었다. 전략물자 수출입 통제 여부 판단과 관련해 전체적으로 자동화된 시스템은 존재하지 않으며, 사람의 자가 진단을 돕는 보조적인 전산 시스템(지식경제부의 Yestrade, U.S. Bureau of Industry and Security 의 SNAP-R, 영국의 SPIRE)만이 존재한다. 하지만 이는 의사결정의 보조적인 역할을 할 뿐, 실제 심사를 하면서 축적된 사례들은 반영되지 않으며 실제적인 판단을 대신하기에는 불충분하다.

본 연구진은 수 많은 사전 판정을 효율적으로 처리하기 위한 지능형 수출 통제 시스템의

이 논문은 2012 년도 원자력안전위원회의 재원(원자력안전규제기술개발사업)으로 한국 원자력통제기술원(KINAC)의 지원을 받아 수행된 연구사업임 (2012M5A4A1027630).

프레임워크 설계를 한국원자력통제기술원 (KINAC) 수출입 통제팀으로부터 요청 받았다. 본 논문에서는 수출입 통제팀의 요구 사항을 바탕으로 프레임워크를 설계했던 절차 및 그 결과에 대해 논의한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 제 2 절에서는 현 수출 통제 절차 및 문제점에 대하여 소개한다. 제 3 절에서는 전체적인 설계 절차 및 요청 받은 설계 요구사항을 정리한다. 제 4 절에서는 문제 해결을 위한 프레임워크 설계 전략 및 결과를 제시한다. 그리고 마지막으로 제 5 절에서는 결론을 맺는다.

## 2. 현 전략물자 수출 통제 절차 및 문제점

현 전략 물자 수출 통제 절차는 크게 (1) 사전 판정과 (2) 수출 허가로 나누어진다. 사전 판정은 제조자, 수출업자가 취급 물품이 원자력 전용품목 및 기술에 해당하는지 여부를 확인하는 절차이며, 수출이 예상될 시 계약 상황 이전에 사전 판정을 신청하여야 한다. 수출 허가란 사전 판정 후 전략물자에 해당하는 원자력 전용품목과 기술을 수출하는 경우 원자력안전위원회 원자력통제팀에 신청하여 허가를 받는 것이다. 수출 허가 역시 사전 판정 절차를 포함하기 때문에 여기서는 사전 판정에 대해 알아본다.

사전 판정은 취급 품목과 기술이 원자력 전용품목 및 기술에 해당되는지 여부를 원자력 안전위원회에 신청하여 확인하는 절차다. 이때 필요한 서류로는 매뉴얼, 상품안내서 또는 사양서 등 수출품목의 성능과 용도 및 수출대상 기술의 내용을 표시하는 서류와 그 밖에 사전 판정기관의 장이 필요하다고 인정하는 서류들을 제출해야 한다. 이는 사전 판정, 수출 허가, 핵 물질 수출입 승인 및 보고 등 관련업무를 소개하고 실제 업무 수행을 도와주는 NEPS[2] 웹 사이트를 통해 이루어진다.

제출된 서류들은 관계법령, NSG (Nuclear Suppliers Group) 핸드북, 심사지침서, 과거판정 DB 를 바탕으로 심사 담당자의 사전 판정을 받게 된다. 이때 심사 담당자는 전략물자에 관련된 정보를 분석함으로써 전략물자의 구성과 조합에 따른 위험도를 판단하고 이를 심사에 반영한다.

하지만 이러한 기술은 아직까지 주로 사람의 암묵적 지식과 경험에 의존하여 수행되어 왔다. 급증하는 전략물자 수출입 통제 수요에 효과적으로 대처하기 위해서는 전문 심사관들의 축적된 지식과 노하우를 컴퓨터에 입력하고 컴퓨터의 뛰어난 정보처리 능력과 추론 및 기계학습 능력을 활용하는 지능형 수출입 통제 기술 개발이 필요하다.

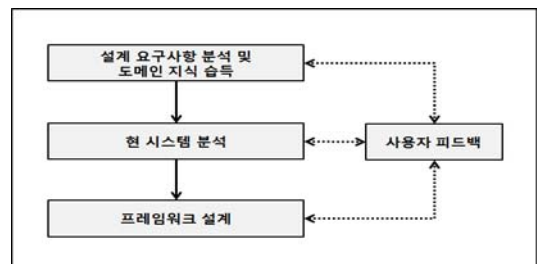
## 3. 설계 요구사항

본 절에서는 전체적인 설계 절차와 수출입 통제팀으로부터 요청받은 설계 요구사항에 대해 기술한다.

### 3.1 설계 절차

연구 초기에 이 프로젝트에 참여하는 카이스트 연구진은 전략물자 수출 통제 현황 및 절차에 대한 전반적인 이해가 부족한 상황이었으며, 수출입 통제팀은 전반적인 시스템 개발 및 인공지능 기술에 대한 이해가 부족한 상황이었다. 따라서 두 팀의 도메인 지식 격차를 줄이기 위해서, 각 팀의 적극적인 협조가 무엇보다 중요하였다.

이를 위해 두 팀 간의 주기적인 회의를 통해 설계 요구사항을 분석했을 뿐만 아니라, 전략물자 수출 통제의 동향 및 수출 통제 절차에 관한 도메인 지식을 공유할 수 있었다. 뿐만 아니라, 현 수출 통제 시스템을 분석하고, 문제를 해결하기 위한 새로운 프레임워크를 설계하는 과정에서도 두 팀 간의 주기적인 회의와 상호 피드백을 통해 시스템을 개선할 수 있었다. 전체적인 설계 절차를 아래의 [그림 2]에 정리하였다.



[그림 2] 수출 통제 시스템 개발 절차 Overview

### 3.2 설계 요구사항

지능형 수출 통제 시스템 개발의 최종 목적은 기하급수적으로 증가하는 사전 판정 및 수출 허가 신청건에 대해 신속하게 판정을 내릴 수 있도록 심사 담당자의 의사 결정을 지원할 수 있는 지능형 시스템을 개발하는 것이다. 이를 위해 심사 담당자의 의사 결정 프로세스와 지금까지의 판정 사례, 각종 기술 기준(법령, 계통설명서, 기술기준, NSG 통제품목 리스트 핸드북 등)을 유기적으로 연결하는 통합 시스템을 필요로 하였다.

## 4. 문제 해결을 위한 프레임워크 설계

본 절에서는 설계 요구사항을 바탕으로 현 수출 통제 시스템 분석 및 지능형 수출 통제 시스템을 설계하기 위한 프레임워크에 대해 기술한다.

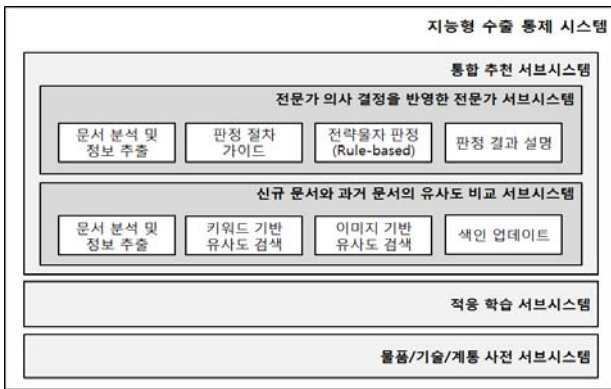
### 4.1 현 시스템 분석

현재 수출입 통제팀에서 사용하는 수출 통제 시스템을 분석하기 위해 [그림 3]과 같이 컨텍스트 다이어그램(context) 다이어그램[3]을 작성하였다. 데이터 플로우 다이어그램의 가장 상위 레벨인 컨텍스트 다이어그램을 통해 수출 통제 시스템과 외부 엔티티(entity) 간의 관계를 알 수 있었고, 우리가 개발하려는 시스템의 범위를 결정할 수 있었다. 현 시스템은 수출 신청기업으로부터 신청 서류를 받아 전문가들이 직접 심사를 한 뒤에 최종 판정을 내린다.



[그림 3] 수출 통제 시스템 컨텍스트 다이어그램

## 4.2 기능 관점 프레임워크



[그림 4] 시스템의 기능 관점 프레임워크

앞 절에서 다룬 사용자 설계 요구사항을 바탕으로 [그림 4]와 같이 시스템의 기능 관점 프레임워크를 설계하였다. 전문가 서비스시스템은 사전 판정 심사 및 수출 허가 절차를 가이드하는 시스템이다. 전문가 서비스시스템은 컴퓨터가 특정 영역에서 전문가의 판단을 대신할 수 있도록 설계된 시스템이다 [4]. 전문가의 의사 결정을 반영하여 판단 규칙을 만들고 이를 기반으로 추론을 하여 전문가의 판단을 일정부분 대신하거나, 전문가와의 상호작용을 통해 전문가의 판단이 필요한 시점에서는 전문가의 도움을 받아 이전보다 신속하고 정확하게 판단을 내리는 기능을 수행한다.

문서 유사도 비교 서비스시스템은 새로운 문서를 판정할 때에 기존에 판정을 내렸던 문서 중에 가장 비슷한 문서를 찾아 참조하여 판정 시간을 줄이기 위해 설계하였다. 비슷한 품목에 대해서는 비슷한 근거 및 법령을 기준으로 판단할 수 있기 때문이다.

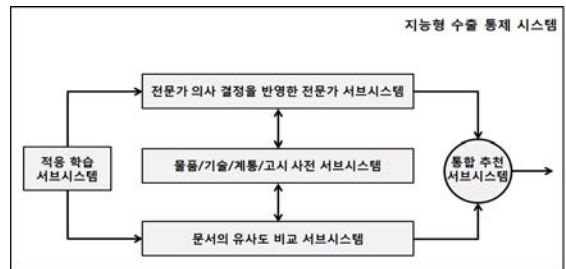
수출 신청 문서는 텍스트뿐만 아니라 많은 이미지를 포함하고 있기 때문에, 키워드를 기반으로 한 유사도 검색뿐만 아니라 이미지를 기반으로 한 유사도 검색 기능까지 포함하였다.

사전 서비스시스템은 전문가가 판단을 내리는 과정에서 참조하는 다양한 관련 자료들, 물품과 계통의 연관관계, 기술과 물품의 연관관계, 계통의 전략물자 여부, 계통에 대한 사전적 정의, 관계법(규정) 등을 종합한 의사 결정 지원용 사전이다. 사용자가 전문가 서비스시스템의 가이드에 따라 판정을 진행하다가 판단을 내려야하는 부분에서 필요한 지식을 쉽게 검색하기 위해 고려되었다.

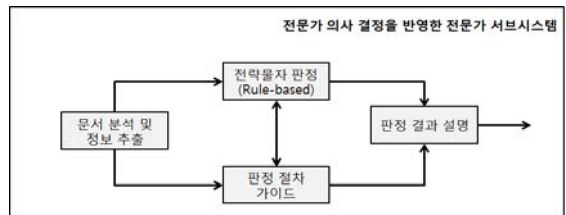
적용 학습 서비스시스템은 시스템에서 사용자에게 추천한 결과에 대해, 사용자로부터 피드백을 받고 시스템의 성능을 향상시키기 위해 고려되었다. 시스템의 최종 목적인 사용자의 신속한 의사 결정을 돕기 위해서는, 꾸준한 피드백을 통해 사용자의 의사 결정 과정을 더욱 잘 반영하는 것이 필요하다.

마지막으로 통합 추천 서비스시스템은 위에서 언급한 전문가 서비스시스템, 유사도 비교 서비스시스템의 결과를 통합하여 사용자에게 최적의 판정결과를 추천하는 시스템이다.

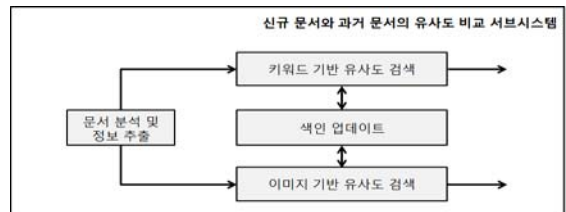
## 4.3 구조 관점 프레임워크



[그림 5] 시스템의 구조 관점 프레임워크



[그림 6] 전문가 서비스시스템의 구조 관점 프레임워크



[그림 7] 문서 유사도 비교 서비스시스템의 구조 관점 프레임워크

앞에서 설명한 기능 위주의 프레임워크의 각 서브시스템 및 세부 모듈간의 관계를 나타내기 위해 [그림 5-7]과 같이 구조 관점의 프레임워크를 제시하였다. 기본적으로 전문가 서브시스템이 전체 판정 단계를 가이드하며, 전문가의 판단이 필요한 경우에 전문가는 사전 서브시스템을 활용하여 쉽게 검색할 수 있다. 마찬가지로, 유사도 비교 서브시스템에서도 사전 서브시스템을 활용하여 필요한 내용을 쉽게 검색하여 활용할 수 있다.

전문가 서브시스템과 유사도 비교 서브시스템의 결과는 통합 추천 서브시스템에서 통합되어 최종 판정을 내리게 된다. 또한 두 개의 시스템은 각각 적응 학습 서브시스템과 연결되어 사용자의 피드백을 반영할 수 있도록 설계하였다. 전문가 서브시스템이 도출한 판정이나, 유사도 비교 서브시스템에서 나온 결과에 대해 사용자가 가중치를 주거나 순위를 바꾸는 식으로 시스템이 적응 학습을 할 수 있도록 하였다.

[그림 6]와 [그림 7]은 각각 전문가 서브시스템과 유사도 비교 서브시스템의 각 모듈간의 관계를 보여준다. 전문가 서브시스템에서는 판정 절차 가이드 모듈과 규칙기반의 전략물자 판정 모듈간의 상호작용을 통해 판정 결과가 도출될 수 있도록 하였고, 유사도 비교 서브시스템에서는 신청 문서의 특성에 따라 키워드 또는 이미지를 기반으로 유사한 문서가 검색될 수 있도록 하였다.

#### 4.4 프레임워크 평가와 사용자 피드백

앞 절에서 다뤘듯이, 프레임워크를 설계하면서 수출입 통제팀과 카이스트 팀은 주기적인 회의를 통해 시스템 기능 및 성능에 대해 피드백을 주고 받았다. 여기서는 하나의 사례로 문서 유사도 비교 서브시스템의 모듈인 키워드 기반 검색 모듈을 소개한다.

수출 및 사전 판정 신청 문서에 대해 카이스트 연구진은 깊은 이해가 없기 때문에 유사한 문서를 구분하는데 어려움이 있었다. 이에 따라 유사도를 비교하는 하나의 방법인 TF-IDF 및 코사인 (cosine) 유사도를 수출입 통제팀의 도움을 받아 여섯 개의 문서에 대해 적용하여 유사도를 도출하고, 통제팀으로부터 도메인 전문가의 입장에서 해당 결과의 의미에 대한 피드백을 받았다. 특정 단어의 빈도수와 문서 빈도수의 역수를 곱한 값을 기준으로 특정 단어의 가중치를 결정하여 각 문서의 벡터 스페이스를 만들고, 코사인 유사도를 이용하여 각 문서의 유사도를 비교하였다[5]. [표 1]은 여섯 개의 문서에 대해 유사도를 비교한 결과이다.

[표 1]에서 보면 문서 1 과 4, 문서 2 와 5, 문서 3 과 6 이 각각 유사도가 가장 높게 나온 것을 확인할 수 있다. 실제로 통제팀이 판단하기에도 유사도가 높게

나온 문서들이 서로 비슷한 주제에 대해 다른 문서라는 피드백을 받을 수 있었다. 또한, 문서 2 와 5 의 유사도가 다른 문서들에 비해 상대적으로 높은 것을 알 수 있는데, 실제로 통제팀이 판단하기에도 다른 문서에 비해 문서 2 와 5 가 가장 비슷한 내용을 다루고 있다는 평가를 받았다. 이와 같은 방식으로 프레임워크 설계시에 시스템의 기능과 성능에 대해 구체적인 피드백을 받았다.

[표 1] 문서 유사도 비교

	문서 1	문서 2	문서 3	문서 4	문서 5	문서 6
문서 1	1.000					
문서 2	0.044	1.000				
문서 3	0.165	0.027	1.000			
문서 4	0.622	0.028	0.168	1.000		
문서 5	0.031	0.845	0.026	0.030	1.000	
문서 6	0.132	0.024	0.624	0.158	0.043	1.000

#### 5. 결론

본 논문에서는 지능형 수출 통제 시스템의 프레임워크 설계 사례 연구를 제시하였다. 현재까지 수출 통제 시스템은 웹을 통해 신청을 받고 전문가가 일일이 신청건들에 대해 판정을 내리는 형태이다. 하지만 본 연구진은 인공지능 분야의 전문가 시스템, 정보 추출 기술, 기계 학습 등을 적용하여 전문가의 신속하고 정확한 의사 결정을 보조할 수 있는 지능형 수출 통제 시스템의 프레임워크를 제시하였다.

현재까지 설계된 프레임워크를 바탕으로 실제 시스템이 구현되게 된다면, 앞으로 기하급수적으로 증가하는 사전 판정 및 수출 허가 신청건에 대해 신속하게 판정을 내릴 수 있게 될 것이다. 더 나아가 핵 비확산 이행기술 확보를 통해 원자력 이용의 투명성을 증진시키고, 수출통제 시스템의 새로운 패러다임 창출로 국제 핵 비확산 체제 및 국가 신인도 제고에 기여할 것으로 기대된다.

#### 참고문헌

- [1] 한국원자력통제기술원: [www.kinac.re.kr](http://www.kinac.re.kr)
- [2] 원자력 수출입 종합지원시스템: [www.neps.go.kr](http://www.neps.go.kr)
- [3] Bass, L., Clements, P., Kazman, R., Software Architecture in Practice, 2nd Edition, Addison-Wesley, 2003.
- [4] Kendal, S.L., Creen, M., An Introduction to Knowledge Engineering, Springer, 2007.
- [5] Manning, C. D., Raghavan, P., Schütze, H., Introduction to Information Retrieval, Cambridge University Press, 2008.