

국방 온톨로지를 통한 지능형 의사결정지원시스템 구축 및 활용 - 공군 군수상황관리체계 적용 사례*

조원기

연세대학교 경영대학
(leo-wongji@hanmail.net)

김학진

연세대학교 경영대학
(hakjin@yonsei.ac.kr)

제 4차 산업혁명의 초연결 환경에서 발생하는 많은 양의 데이터는 제 4차 산업혁명을 기존의 생산 환경과 구분지어 주는 주요한 요소이다. 이러한 환경은 데이터를 필요로 하는 동시에 데이터를 생산하는 양면적인 특징을 가진다. 때문에 앞으로의 정보 시스템은 기존의 정보시스템보다 양적인 측면에서 더 많은 데이터를 처리해야 하며, 질적인 측면에서는 많은 데이터 중 사용자의 목적에 부합하는 목표 데이터만을 추출하는 능력이 요구된다. 작은 규모의 정보 시스템에서는 사람이 그 시스템을 정확히 이해하고 필요한 정보를 획득하는 것이 가능하지만, 시스템에 대해 정확한 이해가 어려워진 다양하고 복잡한 시스템에서는 원하는 정보를 획득하는 것이 점점 더 어려워진다. 이러한 문제는 데이터를 사람뿐 아니라 컴퓨터가 이해할 수 있는 온톨로지로 표현하여 다양한 정보처리가 가능하도록 하는 시맨틱 웹(Semantic Web) 구축이 해결책이 될 수 있다.

군에서도 현재 대부분의 업무가 정보 시스템을 통해 이루어지고 있는데, 정보의 입력이나 가공 등 단순처리 중심으로 구축된 기존 시스템이 점점 더 많은 양의 데이터를 포함하게 되면서 시스템을 쉽게 활용하기 위한 노력이 필요한 상황이다.

본 연구에서는 온톨로지를 통한 지능형 의사결정지원시스템의 예로 온톨로지 기반 군수상황관리체계를 제안하고자 한다. 온톨로지 기반 군수상황관리체계는 기존의 군수정보체계의 복잡한 정보를 직관적으로 보여주기 위해 구축된 군수상황관리체계를 온톨로지를 통해 구축하였으며, 성과기반군수지원 계약관리, 부품사전 등의 유용한 기능을 추가 식별하여 온톨로지에 포함하였다. 또한 구축된 온톨로지가 의사결정지원에 활용할 수 있는지를 확인하기 위해 시맨틱 웹 기술을 통해 기본적인 질의응답은 물론 추론 및 함수를 통한 분석기능을 구현하였다.

주제어 : 온톨로지, 의사결정지원시스템, 로지스틱스 상황관리 시스템, 성과기반 로지스틱스, 신뢰성

논문접수일 : 2018년 2월 15일 논문수정일 : 2019년 6월 7일 게재확정일 : 2019년 6월 10일
원고유형 : 일반논문 교신저자 : 김학진

1. 서론

군에서 사용하고 있는 정보체계의 경우, 시스템의 규모도 크고 데이터의 양도 매우 많다. 이에 이러한 복잡하고 거대한 시스템의 효율적인

활용을 위한 방안을 지속 연구 중에 있는데, 방대한 양의 데이터를 가지고 있는 군수시스템에 있는 정보를 직관적으로 정보를 보여줄 수 있는 ‘군수상황관리체계’를 구축하여 공군의 주요 전력에 대한 지휘관의 의사결정을 돕는 등 실무자

* 이 논문은 2018년도 연세대학교 연구비의 지원을 받아 수행된 것임. (2018-22-0156)

의 업무처리에 도움을 주고 있다.

한편, 무기체계의 효율적 운영을 위해 전투기와 같은 주요 군수자산에 대한 정비 및 유지보수를 성과기반군수계약을 통해 수행하는 경우가 늘어나고 있다. 이와 같이 군수자산에 대한 운영을 단순히 군 안에서 해결하는 것이 아니라 민간 정비업체 등외부와 연결되어 있는 경우가 있어, 군수자산 및 체계 운영시 이러한 사항을 포함해서 관리하는 것이 요구되고 있다. 이처럼 시스템 활용에 대한 수요는 계속해서 증가하고 있는 추세이며, 기존 시스템의 확장 및 통합을 통해서 기존에 얻을 수 없었던 데이터를 생성하고 관리하는 것뿐 아니라, 그것을 효과적으로 활용하기 위한 노력이 계속되고 있다.

이러한 내외부적 환경을 고려하여 사용자가 쉽게 사용할 수 있는 새로운 접근방법으로 시맨틱 웹(Semantic Web)과 온톨로지(Ontology)를 생각해 보았다. 시맨틱 웹 기술은 현재 인터넷 웹의 발전된 형태로 데이터와 데이터 간의 의미 관계를 사람과 컴퓨터가 모두 이해할 수 있는 환경 구축을 목표로 한다. 온톨로지는 이러한 시맨틱 웹 환경에서의 핵심 기술로 특정 도메인을 계층적 구조와 의미 관계 등으로 구성하여 해당 도메인의 모든 정보를 표현한다(Noy et al. 2001). 이러한 온톨로지를 통해 대상이 되는 자원의 개념을 명확하게 이해할 수 있고, 도메인 영역의 지식을 재사용할 수 있으며, 단어간의 관계를 이용한 추론을 통한 검색이 가능하다는 장점이 있다.

본 연구는 2장에서 온톨로지 선행 연구사례를 소개하였으며, 3장에서는 기존의 군수상황관리 체계에 대해 설명하고, 온톨로지 기반의 의사결정지원시스템으로서의 군수상황관리체계를 구축시 포함하여야 할 시스템 요구사항을 기술하

였다. 4장에서는 온톨로지 기반으로 구축된 군수상황관리체계를 설명하고 5장에서는 3장의 요구사항 및 기타 기능을 구현함으로써 구축된 온톨로지 기반 군수상황관리체계의 성능을 확인할 수 있게 하였으며, 6장에서는 논문에서 제안한 온톨로지의 유용성과 사용성을 설문을 통해 확인한 후, 마지막 7장에서는 결론을 지으며 본 연구의 의의 및 향후 연구계획을 언급하였다.

2. 선행연구

국방분야의 온톨로지는 주로 미국과 영국에서 상호운용성을 향상하기 위한 하나의 방법으로 연구되어 왔는데, 미국은 서로 다른 도메인의 연결도구(loose coupler)로 온톨로지를 사용하는 것을 연구하거나 자동화와 상호 운용성의 문제를 해결하기 위한 국방 전 영역을 포함하는 온톨로지가 필요함을 연구하였다(Marwan, 2006 ; Chaum, 2003). 또한 미국, 영국, 호주, 캐나다가 참여한 IDEAS(International Defence Enterprise Architecture-exchange Specification) Group에서는 국방EA(Enterprise Architecture) 연동을 위해 네이밍 패턴을 이용한 BORO(Business Object Re-Engineering Ontology) 방법론을 통해 IDEA Group 온톨로지를 구축한 바 있다(Bailey et al. 2009).

한국에서도 윤상은은 한국 국방 온톨로지의 기능적, 기술적 요구사항을 제시하고 기존 온톨로지 구축 방법론의 분석을 통해 국방 온톨로지 개발 방법론을 제시하였으며, 김성환은 조달청의 국가 표준 온톨로지 사업을 기초로 군수품 통합 목록관리를 실현하기 위한 국방 군수 표준 온톨로지 구축 방안을 제안하였다(Yoon, 2010 ;

Kim, 2006). 구체적인 적용에 대한 연구로 유동희는 육군의 전술지휘정보체계(ATCIS)를 온톨로지 기반의 지능형 시스템으로 구축하는 연구를 통해 실제 사용되는 전술지휘정보체계의 스키마를 중심으로 온톨로지를 구축하고, 수집한 군사지식을 SPARQL 형태의 규칙으로 변환하여 추론이 가능하게 하였으며, 징후에 따른 적 도발 가능성을 판단하는 기능을 구현하였다(Yoo et al. 2013). 또한 유동희, 나민영은 군의 전자무기 기록 시스템인 국방의료정보체계(DEMIS)를 바탕으로 군 병원을 위한 시맨틱 웹 기반 진료 의사결정지원 시스템을 구축하여 환자관리, 질병 및 약품 관련 정보는 물론 군의관의 진단과 처방을 돕는 진료지식을 포함하여 군의관에게 환자의 진료 의사결정에 도움이 되는 진단과 처방지식을 제공할 수 있음을 보여주었다(Yoo et al. 2010).

3. 온톨로지 구축 요구사항

온톨로지를 구축하기 위해서는 요구사항을 고려하여 스키마(Schema)를 만들고, 스키마에 포함된 각각의 클래스에 대한 세부 인스턴스를 추가하여야 한다. 본 연구에서는 온톨로지로 변경·구축하고자 하는 시스템을 선정하여, 기존의 기능은 물론, 현재 또는 향후 의사결정 지원을 위해 필요한 사항들을 식별 및 추가함으로써 기존 시스템 보다 다양하게 활용할 수 있는 시스템을 제안한다.

3.1 온톨로지 기반 군수상황관리체계

검색 등을 통하여 원하는 정보를 얻는데 있어

서 보다 정확한 정보를 얼마나 빠르게 얻을 수 있는지는 그 시스템의 성능에 대한 판단 기준이 될 수 있다. 의미망으로 형성된 온톨로지는 데이터간의 관계를 컴퓨터가 이해할 수 있는 언어로 표현하고, 링크를 통해 다른 시맨틱 웹 시스템과의 연결을 통해 더욱 커다란 의미망 네트워크를 형성하고 있기 때문에 정확성이나 검색속도에서 뛰어난 성능을 보인다. 컴퓨터를 통해 여러 곳에 분산되어 있는 데이터를 활용함은 물론 각 개념 사이의 규칙을 인식하고 이를 통해 직접 저장하지 않은 정보에 대해서도 추론을 통해 제공이 가능하기 때문이다. 이러한 장점을 활용할 수 있도록 온톨로지를 디자인 한다면 시스템의 활용도는 매우 높아질 수 있다. 본 논문에서는 온톨로지 기반의 공군 군수상황관리체계(가칭)를 구축하고, 구축된 온톨로지를 통해 의사결정에 필요한 정보를 얻는 과정을 구현해 보았다.

공군 군수상황관리체계는 장비정보정보체계(DELIS/F) 등 6개의 체계로 이루어진 다양하고 복잡한 군수정보체계를 보다 직관적인 정보로 제공하여 지휘관의 신속한 의사결정을 돕기 위해 2010년부터 운영되고 있는 시스템으로 JSP(Java Server Page)를 통해 다른 체계에서 필요한 정보를 가져와 보여주는 시스템이며 항공기의 가동률, 불가동 항공기의 불가동 사유, 정비 및 보급현황 등 군수자원과 관련된 현황자료를 확인할 수 있게 되어있다. 하지만 현재 군수상황관리체계는 카테고리별로 원하는 화면을 보고, 화면 내에서 클릭을 통해 다른 정보를 확인할 수 있으며, 별도의 검색 기능은 포함하고 있지 않기 때문에 기존의 시스템처럼 세부 구성에 익숙하지 않은 경우 신속한 활용이 어려운 단점이 있다.

3.2 성과기반군수지원 계약 관리

‘성과기반군수지원(Performance Based Logistics : PBL)’이란 군수품의 안정적인 가동률 보장을 위해 소요군이 가동률, 조달기간 등 성과 측정지표를 제시하고 계약상대방은 장기계약 또는 장기계속계약으로 군수지원요소의 일부 또는 전부를 제공하여 그 성과에 따라 대가를 차등 지급하는 제도로서, ‘제품’ 또는 ‘용역’을 포함한 성과를 구매하는 것을 계약의 목적으로 하여 향상된 성과달성을 통해 전투준비태세를 보장하고자 하는 것이다.¹⁾ 군의 무기체계의 첨단정밀 복합화로 인한 민간기술 활용 수요가 늘어남으로 인해 운영유지비용이 크게 증가함에 따라 무기체계의 효율적인 운용을 위해 성과기반군수지원 계약을 체결하는 사례가 늘어나고 있다. 미 공군의 경우 F-117과 F/A-18등을, 일본의 경우 F-100과 T-7등을 성과기반군수계약을 통해 운영하고 있으며, 한국 공군도 KF-16, T-50, KT/A-1은 물론 F-15K 전투기도 2012년부터 항공기 제작사와 성과기반군수계약을 통해 운영하고 있다. F-15K를 예를 들면, 성과기반군수계약을 통해 일부 부품들을 지원받으며, 해당 부품들로 인한 항공기 가동률을 성과지표로 하여 계약업체가 성과보상 및 패널티를 받도록 하였다.

F-15K 항공기의 주요 부품이 성과기반 군수계약을 통해 지원 받는 상황에서 해당 기종의 원활한 운영을 위해서는 성과기반군수지원에 대한 적극적인 모니터링을 통한 지휘관 및 실무자의 신속하고 정확한 판단이 매우 중요하다고 볼 수 있다. 따라서 온톨로지 기반 군수상황관리체계 구축시 성과기반군수계약과 관련된 정보들을 온

톨로지에 추가하여 접근성을 높이고, 의사결정에 도움이 될 수 있는 기능을 추가하고자 하였다. 특히 성과기반군수계약 품목에 대한 부품청구/납품 현황, 기술지원 문의 진행현황 등의 다양한 데이터를 통하여 신속한 의사결정 및 사용자 만족도를 높일 수 있는 새로운 성과지표 검토할 수 있도록 하였다.

3.3 항공기 현황자료 추출

군수상황에 대한 신속하고 정확한 정보 제공은 전력 파악의 중요한 요소이며, 대부분의 사용자들은 군수상황관리체계를 통해 항공기 가동률 및 운영 상태 등을 파악할 수 있다. 가동률을 산정하는 방법은 장비대수기준, 시간기준, 일일단위개념의 세가지 방법이 있다(Lee et al. 2010). 장비대수기준 산정방식은 국방부 훈령 제846호 ‘전투준비태세 업무규정’에서 규정한 것으로 가용장비수를 총보유 장비수로 나눈 것이고, 시간기준 장비가동률은 임의의 시점에서의 실질적인 가동률을 말하는데, 가동시간을 전체시간으로 나눈 식을 통해 산출한다. 마지막으로 일일단위 개념의 장비가동률은 시간기준 장비가동률 산정식을 부분적으로 개선한 것으로 일정한 시점에서 전체일수와 가용일수를 계산하여 구하는 가동률이다. 현재 한국 공군은 장비대수 기준으로 산정한 가동률을 적용하고 있다. 항공기의 불가동 사유는 <Table 1>과 같이 ‘창정비’, ‘계획정비’ 등 6가지로 나눌 수 있다. 또한 항공기 불가동 유형에 따라 나뉘는 ‘G-NORS²⁾’와 ‘F-NORS³⁾’는 물론 성과기반군수 계약 품목으로 인한 불가동 구분 등 가동률은 여러 가지 기준으로 산

1) 국방부 훈령 제2238호(2018.12.27.) 성과기반군수지원 훈령

2) G-NORS(Grounded Not Operational Ready Supply) : 수리부속 부족으로 인한 비행불능

〈Table 1〉 Reason for Aircraft on Ground

불가동 사유	내 용
창정비	정비개념 중 최상위의 정비단계로 대규모 정비시설이나 장비를 통해 정비하는 것. 하위 정비단계의 능력을 초과하는 경우 실시
계획정비	항공기 운영시간에 따라 사전에 계획된 정비
비계획정비	갑작스런 결함과 같은 상황에 실시하는 불시 정비
TCIO	시한성 기술지시, 항공기 관련 특정 품목에 대해 한·미 공군 또는 제작사가 발행하는 지시로 부품 및 지원장비의 안전성을 유지하고, 성능향상과 품질 보강을 목적으로 실시
자재	정비 및 기타 사유로 인한 자재 대기
시험비행	시험비행으로 인한 불가동

정이 가능하며, 각각의 특성에 따라 적용하는 기준도 다르다. 현재 군수상황관리체계에서는 완전 불가동 항공기에 대한 원인에 대해서만 확인이 가능하며, 불가동 유형 및 불가동 세부사유 등 기타 정보는 확인이 불가능한 상황이다.

따라서 F-15K 성과기반군수계약의 성과지표인 NMCS⁴⁾는 성과기반군수계약 품목으로 인한 불가동 항공기 파악 후 별도의 수기식 절차를 통해 이를 산출하고 있다. 본 연구를 통해 구축된 온톨로지 기반 군수상황 관리체계는 현재 체계에서 확인할 수 있는 항공기 가동률은 물론, 다양한 기준에 따른 가동률 관련 정보 산출이 가능하도록 항공기 상태에 대한 세부 정보를 포함할 것을 고려하였다.

3.4 항공기 부품 관련 자료 추출

항공기가 정비나 부품 대기와 같은 사유로 불가동되는 경우 이를 세부정보와 연관지어 파악하거나, 납품이 지연되고 있는 특정 부품의 세부 정보를 확인할 수 있다면 사용자 입장에서는 다

양한 측면에서 불가동 상황을 분석하고 판단할 수 있다. 이러한 분석을 위해서는 활용목적에 맞도록 군수품 정보를 온톨로지에 포함하여야 한다. 항공기 부품을 포함한 모든 군수품에 대한 정보는 장비정비정보체계(DELIS/F) 등을 통해 확인이 가능하지만, 시스템이 최종사용자(end user)의 기준에서 구축되었기 때문에 축적된 데이터의 종류와 양이 너무 많아 담당자가 아니면 쉽게 사용하기가 힘들다. 앞 절에서는 온톨로지 기반 군수상황관리체계에 항공기의 가동률과 성과기반군수계약과 관련한 내용을 확인할 수 있도록 구축할 것을 요구하였다. 항공기 가동률과 성과기반군수지원 계약 모두 항공기 부품과 연관이 있으므로, 온톨로지 기반 군수상황관리체계에 사전적으로 목록화된 항공기 부품과 관련한 정보를 포함한다면, 단순히 항공기 가동률과 그 원인을 보여주는 것에서 나아가 원인이 되는 부품의 청구목표나 재고수준이 얼마인지, 청구 및 완료된 실적은 어떻게 되는지 세부적인 내용을 확인할 수 있으며, 또한 원하는 기능이 있을

3) F-HORS(Functioning Not Operational Ready Due to Supply

4) NMCS(Not Mission Capable Supply) : 자재대기로 인한 항공기 불가동

경우 스키마의 확장을 통하여 새로운 데이터를 추가하고 다양한 분석에 활용하는 것도 가능하다. 본 연구에서는 주요 부품정보 활용목표를 정하고, 그 목표에 맞도록 필요한 데이터를 온톨로지에 포함하는 것을 고려하였으며, 그 예로 장비 정비정보체계의 MTBF⁵⁾를 이용하여 항공기의 고장률과 신뢰도 또는 각 부품의 청구목표나 재고현황 등을 통해 특정 부품에 대한 직관적인 판단을 도출 수 있도록 하였다.

4. 온톨로지 구축

분야 또는 구축 목적에 따라 온톨로지를 구축하는 방법은 다르다. 원하는 기능을 구현을 염두에 두고 어떻게 디자인하느냐에 따라 온톨로지의 성능이 달라지게 된다. 온톨로지 기반 군수상황관리체계는 앞장에서 명시한 요구사항을 충족하기 위한 데이터를 포함하고, 해당 데이터를 통해 예상되는 질의에 대한 추론이 가능하도록 구축하였다. 온톨로지 구축 언어는 2016년부터 구글에서 structured data marked up을 위해 사용하고 있는 JSON-LD⁶⁾를 사용하였다.

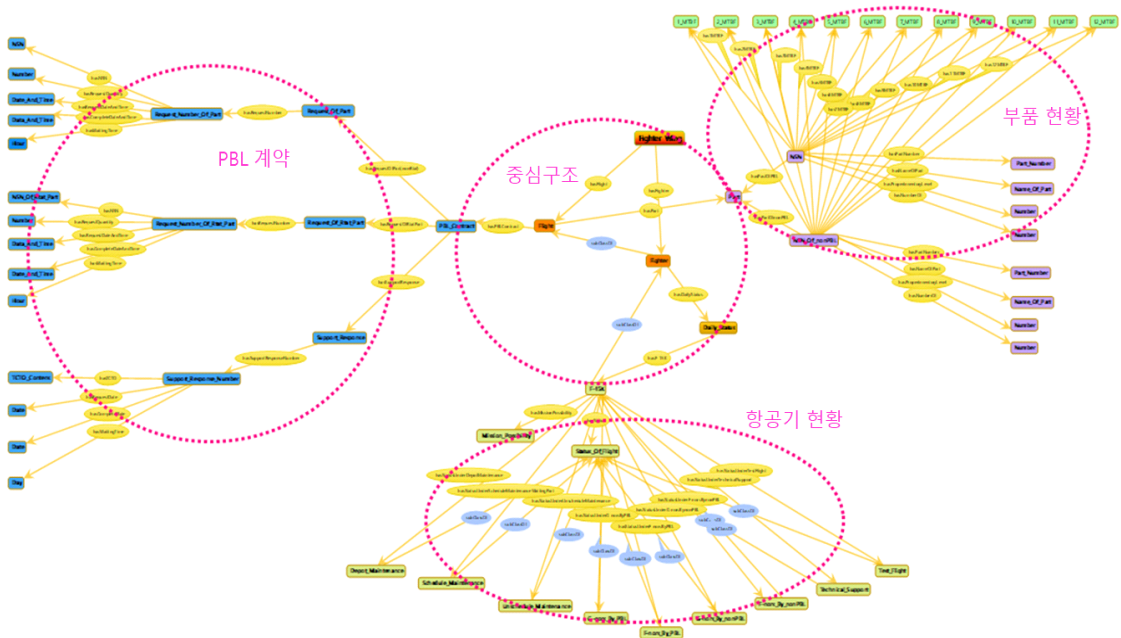
4.1 스키마(Schema)

데이터베이스 스키마는 데이터베이스에서 자료의 구조, 자료의 표현방법, 자료 간의 관계를 형식언어로 정의한 구조이다.[위키피디아] 스키마는 클래스들의 관계를 나타내는 것으로 이루어져 있으며, 정의된 스키마에 따라 데이터베이스에 실제로 저장되는 값이 인스턴스이다. 또한

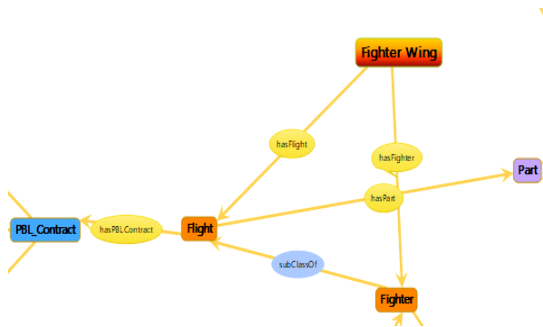
스키마의 확장은 클래스를 추가하는 간단한 작업을 통해 가능하다. 본 연구를 통해 구축한 온톨로지 기반 군수상황관리체계에서 00부대에 대한 온톨로지 스키마는 <Figure 1>과 같다. 온톨로지 스키마는 크게 ‘항공기 현황’, ‘부품 현황’, ‘PBL 계약’ 부분과 비행단 명칭 및 기종 등의 일반사항과 앞선 세 부분을 연결하는 ‘중심구조’ 부분까지 총 네 부분으로 구성되어 있다. 이 스키마는 00부대를 표현하기 위하여 구축된 것으로 부대의 임무나 운용 장비의 성격 등에 따라 달라질 수 있다. <Figure 2>의 ‘중심구조’ 부분을 보면 ‘공군부대(Airforce Base)’의 하위 클래스인 ‘전투비행단(Fighter Wing)’이 프로퍼티 ‘hasFlight’를 통해 ‘항공기(Flight)’를 Range로 가지고, ‘hasFighter’를 통해 ‘항공기(Flight)’의 하위 클래스인 ‘전투기(Fighter)’를 Range로 가진다. ‘항공기(Flight)’는 ‘hasPart’를 통해 ‘부품(Part)’을, ‘hasPBLContract’를 통해 ‘PBL 계약(PBL Contract)’을 각각 Range로 가진다. ‘항공기 현황’ 부분은 각 비행단이 보유하고 있는 항공기의 기종별로 분류가 되어있고, 각각의 항공기 개체를 인스턴스로 하여 각각의 상태를 파악할 수 있도록 하였다. ‘전투기(Fighter)’는 프로퍼티 ‘hasDailyStatus’를 통해 ‘일일현황(Daily Status)’을 가지고, ‘일일현황(Daily Status)’은 프로퍼티 ‘hasF-15K’를 통해 ‘F-15K’를 가진다. 그리고 ‘F-15K’는 ‘임무가능여부(Mission Possibility)’와 ‘항공기상태(Status Of Flight)’를 Range로 가지게 하여 개별 항공기에 대한 특정일자의 임무가능여부 및 항공기 상태를 파악할 수 있도록 하였다. 또한 ‘항공기상태(Status Of Flight)’는 하위 클래스로 ‘창정비(Depot Maintenance)’, ‘계획정비(Schedule Maintenance)’,

5) MTBF(Mean Time Between Failures) : 평균 무고장 시간

6) JSON-LD(JavaScript Object Notation for Linked Data)



〈Figure 1〉 Schema Structure(detail)



〈Figure 2〉 Main Structure

‘PBL 부품대기로 인한 G-nors’ 등 총 9개의 상태로 구분하고 각 내용을 확인할 수 있도록 하였다. ‘부품 현황’ 부분은 항공기에 해당하는 부품에 대한 일반부품과 PBL부품을 나누었으며, 부분품번호, 재고현황, 월별 MTBF값 등의 데이터

를 포함하였다.

‘PBL 계약 현황’ 부분은 PBL 계약내용 중 성과측정 및 진행사항 확인을 위한 정보를 나타내며, PBL 부품의 청구 및 지원 현황을 수리순환품목(RTAT)을 기준으로 임의 구분하였고, 추가로 기술지원요청 현황을 확인할 수 있게 하였다. ‘부품청구’건은 청구번호(Request Number)를 기준으로 관리하도록 하였으며, 각 청구건별로 부분품번호, 수량, 청구 및 지원일자, 대기시간 데이터와 연결된다. 또한 PBL 품목에 대하여 기술적 문의 등과 같이 지원을 요청하는 경우가 있는데, 이러한 기술지원응답과 관련한 진행사항을 확인하기 위하여 기술지원번호별로 요청 및 응답 일자, 대기시간의 정보를 포함하였다.

스키마 구조에 대한 코딩은 각각의 클래스를

정의하는 것부터 시작하여, 이후에는 클래스간의 관계 즉, 프로퍼티를 정의하는 것으로 진행하였다.

4.2 클래스와 인스턴스

온톨로지를 구성하는 클래스와 인스턴스는 <Table 2>와 같다. 클래스와 인스턴스의 구분을 위하여 클래스는 각 단어를 대문자로 시작하였으며, 인스턴스는 부품명을 제외하고는 모두 소문자로, 고유 부품명은 모두 대문자로 표

시하였다.

4.3 데이터 처리

모델구축 및 실험을 위해 공군 제00부대에서 운용 중인 00전투기의 2015년도를 기준 데이터를(MTBF는 2010년부터 2016년) 사용하였다. 하지만 각 데이터의 항공기별 매칭과 정비 및 부품대기 사유 등에 대해서는 보안상의 문제로 랜덤으로 생성된 데이터로 수정하여 입력하였다. 많은 양의 데이터를 쉽게 입력하기 위하여 일자별/

```

[[ "@context":
  {
    "rdf": "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#",
    "rdfs": "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#",
    "xsd": "http://www.w3.org/2001/XMLSchema#",
    "schema": "http://schema.org/",
    "owl": "http://www.w3.org/2002/07/owl#",
    "@id": "http://localhost/myschema.jsonld/Fighter_Wing",
    "@type": "rdfs:Class",
    "rdfs:label": "Fighter_Wing",
  }
  "@context":
  {
    "rdf": "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#",
    "rdfs": "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#",
    "xsd": "http://www.w3.org/2001/XMLSchema#",
    "schema": "http://schema.org/",
  }
  :
  ]]
```

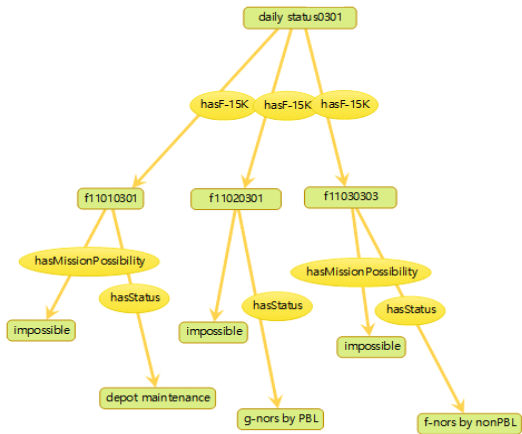
<Figure 3> (Part of) Schema Code

<Table 2> (Part of) Class & Instance

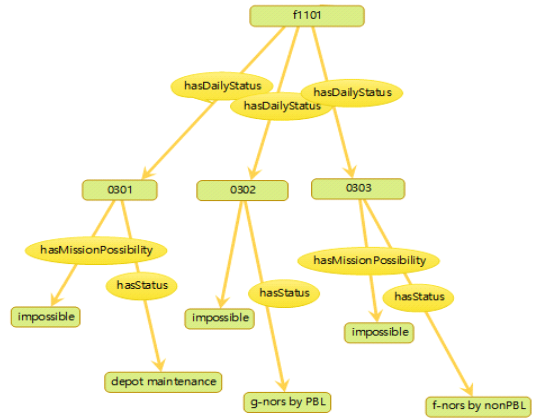
Class	Instance
Fighter Wing	1 fighter wing, 3 fighter wing,.....
Flight	fighter, cargo,
Fighter	f-15k, kf-16, f4,.....
Daily Status	daily status0101, daily status0102,
F-15K	f11010101, f11020101, f11020101, f11020102,.....
Mission Possibility	possible, impossible
Status Of Flight	depot maintenance, schedule maintenance, unschedule maintenance...

기종별 항공기 상태 및 부품 소모실적 등의 csv 데이터를 JSON-LD 로 변환하여 입력하였다.

각각 항공기의 일자별 임무가능여부, 항공기 불가동 사유 등의 데이터는 시간의 흐름에 따라 값이 변하는 것이다. 이러한 시계열 데이터에 대해, 날짜별로 원하는 값을 산출하기 위해서는 각 개체마다 날짜를 구분할 수 있도록 이름을 지정하여야 한다. 예를 들어 '1번 항공기(f1101이라 지정)'의 3월1일 기준 데이터는 'f11010301'이라는 인스턴스를 만들어 항공기와 날짜가 지정될 수 있도록 해야 한다. 그림00과 그림00는 3월1일 기준 항공기 현황을 나타내는 인스턴스의 일부 분이다. 본 연구에서는 항공기 가동률 산출을 주목적으로 <Figure 4>와 같이 'daily status'에 대해 각각의 항공기를 연결하고 날짜별 가동률 데이터를 쉽게 추가할 수 있도록 하였지만, 의도에 따라 <Figure 5>와 같이 항공기를 기준으로 모델을 구성할 수도 있다.



<Figure 4> Daily Status Basis



<Figure 5> Flight Basis

5. 온톨로지 기능 구현

5.1 SQL) 질의문을 이용한 질의응답

온톨로지를 기반으로 구축된 군수상황관리체계는 SQL 질의문을 통해 활용이 가능하다. 온톨로지의 각 부분에 해당하는 기본 질문들을 통해 parsing 및 그래프가 제대로 그려졌는지 확인하였다. <Figure 6>의 각 질의에 대한 답변내용을 확인해보면, 사전에 입력한 데이터를 정확하게 산출하였다.

- 질의 1 : 00비행단의 전투기 기종은?

```
>>> list(g.query("""Select ?b where{ex:f11_fighter_wing my:hasFighter ?b}""", initNs={"rdfs": "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#", "owl": "http://www.w3.org/2002/07/owl#", "my": "http://localhost/myschema.jsonld/"}, "ex": "http://www.example.org/"))
[(rdflib.term.URIRef("http://www.example.org/f-15k"),)]
```

- 질의 2 : 3월1일 임무 불가동 항공기 수는?

```
>>> len(list(g.query("""Select ?c where{ex:daily_status0301 my:hasF-15K ?c. ?c my:hasMissionPossibility ex:Impossible}""", initNs={"rdfs": "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#", "owl": "http://www.w3.org/2002/07/owl#", "my": "http://localhost/myschema.jsonld/"}, "ex": "http://www.example.org/"))))
```

14

<Figure 6> Example of Q&A

7) SQL(Structured Query Language) : 데이터 정의어(DDL)와 데이터 조작어(DML)을 포함한 데이터베이스 질의 언어

5.2 항공기 가동률 산출

현재 군수상황관리체계에서 확인할 수 있는 항공기 가동률을 온톨로지를 통해 산출할 수 있으며, 해당 과정을 함수로 저장하여 쉽게 사용할 수 있게 하였다.

$$\text{항공기 가동률} = \frac{\text{임무가능 항공기 수}}{\text{총 보유 항공기 수}} \times 100$$

$$\text{일정기간 항공기 가동률} = \frac{\text{일일 가동률의 합}}{\text{측정일수}}$$

가동률 계산함수 = 항공기 가동률('시작일', '종료일')

```
>>> 항공기가동률('0603', '1231')
Dear commander the 항공기 가동률 from 0603 to 1231 is <function 항공기 가동률 at 0x000001F7F3A30EAD>
```

8.32

<Figure 7> Example of Operating Rate Calculations

현재 담당자가 엑셀로 관리하고 수기식으로 산출하고 있는 성과지표인 NMCS는 온톨로지 기반 시스템을 통해 산출이 가능하다. SQL 질의문을 여러차례 수행해야하는 번거로움을 해소하기 위하여 산출과정을 함수 'NMCS ForDuration'으로 저장하고, 시간의 흐름에 따른 NMCS 변화 추세를 그래프로 표현하였다. 기타 분석이 필요한 사항을 고려하여 기능을 추가할 수 있다.

$$\text{일일 NMCS} = \frac{\text{PBL 품목으로 인한 } G \cdot F - \text{NORS 항공기 수}}{\text{총 보유 항공기 수}} \times 100$$

```
>>> NMCSForDuration('0603', '1231')
Dear commander the NMCS from 0603 to 1231 is 8.01113516857408
```

8.01

<Figure 8> Example of NMCS Calculations

5.3 새로운 성과지표 산출 검토

계약에 있어 강제성을 가지고 계약 상대방의 이행을 유도할 수 있는 방법은 계약내용에 해당 내용을 포함하는 것이다. 성과기반군수계약에 있어서는 달성여부에 따라 가산금 또는 패널티를 받게 되는 성과지표에 포함하는 것이 가장 효과적이라 할 수 있다. 본 연구에서는 F-15K 성과기반군수계약의 새로운 성과지표를 검토하였으며, 온톨로지 기반 군수상황관리체계를 통해 이 과정을 수행하였다.

<Table 3> Example of PBL Performance Index

구 분	성 과 지 표	비 중 (%)
공군 KT/A-1	인도응답대기율	90
	고객지원반응률	10
	후불대기시간	-10
해군 홍상어	전투준비태세	22
	평균고장시간간격	24
	발당고장수리비용	11
	사용자대기기간	10
호주 E-7A	Mission Success	2
	Launch Success	15
	Aircraft - Serviceability	4
	Aircraft - Mission Success	4
	Aircraft - Launch Success	30
	Aircraft-Down due to Engineering	15
	Aircraft-Down Due to DM	15
	Aircraft-Down Due to Supply	15
미국 F-117	NMCS	25
	Mission Capable Supply Delivery	15
	RSPs Kits ND	15
	Depot Aircraft Quality	15
	Depot Delivery(Days Late)	15
	Delinquent DRS	10
	WST Available	5

성과지표 검토를 위해 국내 및 국외 성과기반 군수계약의 성과목표를 확인해 보면, 단일 성과 지표로 계약이 된 사례는 찾아보기 힘들다는 것을 알 수 있고, 대부분의 성과지표에 대기시간이 포함되는 것을 알 수 있다. 미군이 경영목표와 연관된 성과관리를 위해 미 국방부가 발간한 LSP에 근거하여 발표한 5개 분야의 최상위 성과 지표에도 군수지원 소요기간이 포함되어 있고, 군수지원에 대한 만족도에 영향을 주는 요인 중 신뢰성과 대응성은 그 영향정도가 매우 높은 항목임을 밝힌 바 있다(Jeon, 2012 ; Kim, 2010). F-15K 성과기반군수계약에서도 청구된 부품에 대한 납품 대기시간은 계약업체의 신뢰성과 대응성을 측정할 수 있는 요인이라 볼 수 있다. 실제로 전체적인 NMCS는 충족 했지만, 특정 부품 청구전에 대해 장기적으로 납품이 지연되는 것은 성실한 계약이행이라 보기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 사용자 만족도를 높이기 위하여 고객대기시간(ACWT)을 반영한 새로운 성과지표를 제안하였다.

F-15K의 ‘고객대기시간’은 결함 등으로 문제가 된 교체 품목에 대해 한국 공군이 보잉사에 청구한 후 지원받을 때까지의 대기시간을 말하는 것으로, 일반적으로 다음의 식을 통해 구할 수 있다.

$$\text{고객대기시간} = \frac{(\text{지원된 시간의 합} + \text{미지원된 시간의 합})}{\text{총 청구수량}}$$

위 식은 전체 청구품목에 대한 대기시간을 청구수량으로 나눈 평균대기시간 개념으로 볼 수 있는데, 이와 같은 계산은 일찍 지원된 품목에 의해 지원이 지연된 품목의 대기시간이 상쇄되어 납품지연으로 인한 불만족이 제대로 반영되

기 어렵다. 따라서 대기시간을 점수로 환산하여 청구건별로 대기시간을 평가한 후, 대기시간평가점수와 기존의 가동률 성과지표의 조합을 통해 새로운 평가지표를 제안해 보았다. 또한 대기시간 평가결과를 반영함에 있어 성과지표상 일부 배점을 두고 평가결과를 반영하는 것과 평가결과에 대해 가점 또는 감점으로 이를 반영하는 방법을 모두 적용이 가능하도록 온톨로지를 구축하고, PBL 부품을 ‘일반 품목’과 ‘관심 품목’으로 나누어 각각의 방법으로 평가해 보았다. 부품 청구에 따른 대기시간별 평가기준표는 <Table 4>와 같다. 12시간 간격으로 점수를 정하여 각 부품별로 대기시간을 평가하여 배점으로 반영하되, 대기시간이 길수록 즉 지연 정도에 따라 감점이 커지도록 설정하였다.

<Table 4> Points by Waiting time

대기시간	점수	대기시간	점수
12시간 이내	100	60~72시간 이내	70
12~24시간 이내	98	72~84시간 이내	58
24~36시간 이내	94	84~96시간 이내	44
36~48시간 이내	88	96시간 초과	28
48~60시간 이내	80		

부품대기시간을 평가하기 위해 ‘and’는 ‘&&’, ‘or’는 ‘||’를 사용한 복수의 조건문을 이용하여 query를 진행하고, 사용이 용이하도록 ‘ACWTForDuration’ 함수로 저장하였다.

‘관심 품목’이란, 단종여부, 고장빈도, 부품단가 등을 종합적으로 고려하여 선정할 수 있으며, 본 연구에서는 공군에서 각 기종별로 수리순환 품목 중 2011년 이후 소모실적이 있으며, 유발결함 및 무결함을 제외한 결함 다빈도 품목 중 단

가, 활용성 등을 고려하여 지정한 품목중 F-15K의 8개 품목에 대하여 ‘관심 품목’이라 하고, 대기시간에 따라 감점을 적용해 보았다. 계약시 정한 대기시간 인정범위에 대한 초과기간별 감점 기준은 <Table 5>와 같다.

(Table 5) Points by Excess days

초과기간(150일+@)	점 수
50일 이내	- 0.5
50~100일 이내	- 1.0
100~150일 이내	- 1.5
150일 초과	- 2.0

새로운 성과지표는 기존의 ‘NMCS 평가’와 ‘일반 품목 대기시간 평가’, 마지막으로 ‘관심 품목 대기시간 평가’를 통해 다음과 같이 정의하였다.

$$\text{성과지표} = \text{NMCS}(60\%) + \text{일반품목대기시간}(40\%) + \text{관심품목대기시간}(@)$$

항공기 현황 부분의 데이터를 통해 NMCS를, PBL 계약 부분의 데이터를 통해 청구된 부품의 대기시간을 추출하여 최종 성과지표를 계산할 수 있는데, 성과지표의 산출식을 함수로 지정하여 원하는 기간동안의 성과지표를 계산해 줄 수 있도록 하였다. 새로운 성과지표에는 위와 같이 ‘일반 품목 대기시간’과 ‘관심 품목 대기시간’에 대해서만 추가하였으나 온톨로지의 PBL 계약 부분에 포함된 ‘기술지원요청’ 등에 대한 대기시간도 성과지표에 포함하여 관리할 수 있으며, 추가로 관리가 필요한 부분에 대해서도 쉽게 온톨로지에 추가하고, 성과지표로 산출해 볼 수 있어 새로운 평가지표 개발을 시도하거나 실제 업무에 적용하는 것도 보다 쉽게 검토가 가능하다.

5.4 MTBF를 활용한 신뢰도 측정

항공기를 구성하는 부품의 종류는 매우 다양하기 때문에 모든 부품에 대한 자료를 관리하고 활용하는 것에는 어려움이 있을 수 있다. 따라서 활용 목적에 따라 분석이 필요한 부품을 사전에 정하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 부품 데이터 활용의 예로 2011년부터 2016년까지 소모실적이 있는 수리순환품목 중 유발결함 및 무결함을 제외한 20회 이상의 다빈도 품목 중 실무부서에서 판단하여 최종 선정된 관심품목에 대하여 장비정보체계에서 관리되고 있는 MTBF 데이터를 온톨로지에 추가하였으며, 해당 데이터를 통해 고장률과 신뢰도를 계산하는 과정을 구현하였다.

온톨로지 기반 군수상황관리체계에 포함된 각 부품의 월별 MTBF 데이터를 통해서도 각 부품의 고장률 또는 신뢰도를 산출하는 것이 가능하다. 또한 MTBF가 급격히 낮은 구간이나 계절을 확인하여 특정시기나 훈련과 MTBF의 연관성을 파악하는 등의 원인을 파악하거나, 설계당시 MTBF 값과의 차이가 심한 경우 등 필요하다면 제작사로부터 성능개선이나 다른 부품으로의 교체를 요구하는 등의 활동의 근거가 될 수 있다. 고장시간이 지수분포를 가진다고 가정했을 때, 순간 고장률은 시간에 독립이므로 고장율은 상수 $\lambda = \frac{1}{MTBF}$ 이고, 신뢰도는 $R(t) = e^{-\lambda t}$ (e = 자연대수 2.7183, t = 작동시간)이다. 온톨로지를 통해 산출한 부품의 신뢰도는 <Figure 9>와 같다.

```

* NSN이 '5985014076147'인 부품의 t=2(2시간)동안 신뢰도
>>> RELIABILITY(5985014076147,2)
0.99636

* NSN이 '5985014076147'인 부품의 t=500(500시간)동안 신뢰도
>>> RELIABILITY(5985014076147,500)
0.66383
    
```

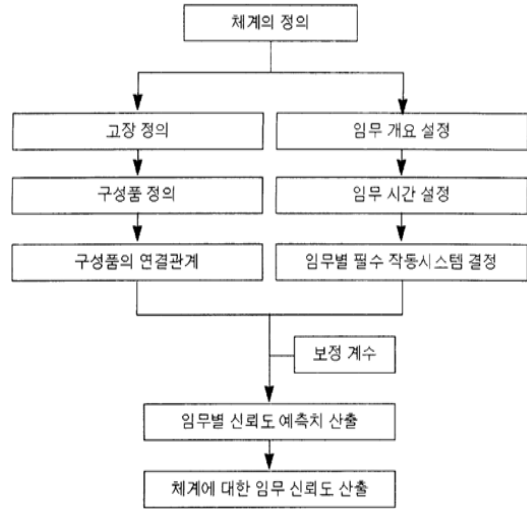
(Figure 9) Exmample of Calculating Reliability for part

NSN이 '5985014076147'인 부품의 경우, 현재까지의 MTBF 데이터를 통해 산출한 고장률을 적용했을 때, 2시간 동안의 신뢰도는 99.83%, 500시간 동안의 신뢰도는 66.38%인 것을 확인할 수 있다.

향후 각 부품이 항공기에서 어떻게 작용하는지에 대한 정보를 알 수 있다면, 항공기의 임무 신뢰도⁸⁾ 또는 체계신뢰도⁹⁾를 구하는 것이 가능하다. 임무신뢰도와 체계신뢰도를 측정하는 방법은 측정대상에 따라 다를 수 있지만, 본 연구에서는 온톨로지 기반 군수상황관리체계를 통해 선행연구에서 제시한 신뢰도 예측방법을 적용해 보았다(Lee et al. 2006 ; Lee et al. 2010 ; Sung et al. 1998).

임무신뢰도의 예측은 <Figure 10>의 절차에 의해 이루어진다. 먼저 체계를 정의하고 체계의 고장 및 구성품, 임무를 정의하고, 구성품들의 신뢰도 블록도를 작성한 후, 필수작동 시스템에 대해 신뢰도 블록도와 보정계수¹⁰⁾를 복합 고려하여 산출한다.

신뢰도 블록도는 체계 구성요소간의 상호 관련성과 각 운용사건에 대하여 체계가 작동하는지의 여부를 나타내는 것으로 직렬과 병렬 또는 직·병렬 혼합으로 이루어져 있다. <Table 6>는 대표적인 신뢰도 블록도 및 블록도에 대한 신뢰도 계산식이다.



<Figure 10> Mission Reliability Prediction Process (Sung et al. 1998)

<Table 6> Reliability calculation by block diagram (Lee et al. 2006)

신뢰도 블록도	신뢰도
①—②—③	$R(t) = R_1(t)R_2(t)R_3(t)$
	$R(t) = 1 - (1 - R_1(t))(1 - R_2(t))(1 - R_3(t))$
	$R(t) = R_3(t)(1 - (1 - R_1(t))(1 - R_2(t)))$
	$R(t) = 1 - (1 - R_1(t))(1 - R_2(t)R_3(t))$
	$R(t) = 1 - (1 - R_1(t)R_2(t))(1 - R_3(t)R_4(t))$

- 8) 임무신뢰도 : 제품이나 체계가 규정된 운용 요구조건을 가지고 운용기간내에 해당 임무를 성공적으로 완수할 확률(Sung, 1998)
- 9) 체계신뢰도 : 모든 부품의 고장률을 고려하여 제품이나 체계가 주어진 조건하에서 의도된 시간 동안 작동할 확률(Sung, 1998)
- 10) 보정계수(Conversion Factor) : 체계/장비의 연간 운용소요를 분석대상품목의 연산 운용소요로 변환하는데 사용되는 계수

항공기의 사격훈련, 야간비행, 계기비행 등 여러 가지 임무를 이륙, 착륙 등의 임무개요별로 구분하면 각 임무개요별로 필수작동시스템을 구분할 수 있고, 결국 그 필수작동시스템을 작동하게 하기 위한 부품들로 최종 구분이 가능하다. 이 부품들의 신뢰도와 보정계수를 통해 임무신뢰도를 계산하고, 여기에 항공기의 임무비중을 함께 고려하면 항공기 전체에 대한 체계신뢰도를 구할 수 있다. 다양한 임무와 임무개요, 필수작동시스템 등이 있지만, 본 연구에서는 작동 시스템별 신뢰도 블록도, 임무의 수와 임무개요, 필수작동시스템 및 사용부품 등을 가정하여 신뢰도를 계산해 보았다.

신뢰도 산출을 위해 대상 항공기는 임무 'A'와 'B'를 수행하며 그 비율은 7 : 3 으로 가정하였다. 임무 수행시 항공기의 움직임을 고려하여 '시동/택시'부터 '착륙'으로 임무개요를 나누었으며, 각 임무개요별 필수 작동 시스템과 보정계수, 임무시간을 <Table 8>과 같이 가정하였다. 보정계수와 임무시간을 통해 각 시스템의 작동시간을 계산할 수 있다. 각각의 부품들이 시스템에서 어떻게 작동하는지는 <Table 7>를 통해 확인할 수 있다.

<Table 7> Reliability block diagram by operating system

작동 시스템	신뢰도 블록도	작동 시스템	신뢰도 블록도
a	부품1 - 부품2	f	[부품2]
b	[부품2]	g	[부품3 - 부품7]
c	부품4 [부품5]	h	부품1 - 부품4 - 부품5
d	[부품5 - 부품8]	i	[부품2 - 부품5]
e	부품4 [부품5]	y	부품2 - 부품5 [부품7]

'임무신뢰도'는 임무개요별 신뢰도의 곱 $R(t) = R_{p_1} \times R_{p_2} \times R_{p_3} \dots \times R_{p_n}$ 을 통해 구할 수 있으며, '체계신뢰도'는 임무신뢰도를 각 임무의 구성비율로 더하여 $R_{total} = (R_1 \times X_1) + \dots + (R_n \times X_n)$ 로 구할 수 있다. 온톨로지 기반 군수상황관리체계에서는 각 부품의 신뢰도 및 임무신뢰도, 체계신뢰도의 산출과정을 함수로 저장하였으며, 그 함수를 통해 <Figure 11>과 같이 산출할 수 있다.

```
>>> RELIABILITY_PROTO2('A')
0.9973855177248867
>>> RELIABILITY_PROTO2('B')
0.9950771179793994
>>> TOTAL_RELIABILITY_PROTO('')
0.9966929978012404
```

<Figure 11> 임무 및 체계 신뢰도 산출 예시

현재 국방기술품질원에서 RAM 분석시 공군에서 제공하는 MTBF 값을 활용하고 있으며, 실제 항공기 운용시에는 고장 부품이 있을시 작전에 투입하기 어려운 항공기의 특성상 모든 부품의 블록도를 직렬로 가정하여 수준별 MTBF를 계산하고 있는 상황이다. 데이터에 대한 신뢰도를 높이고, 데이터 활용에 대한 목적을 명확히 한 후 시스템을 마련한다면, 신뢰도 수준을 판단하거나 시간의 흐름에 따른 특정 부품이나 임무신뢰도의 변화를 파악하는 등 다양한 활용이 가능하다.

6. 통계분석 및 평가

이 장에서는 이 논문에서 제안한 온톨로지의 사용성을 설문조사의 방법을 통해 평가해 보았다. 민간기업 및 군의 실무경험이 있거나 정보시스템과 경영학을 연구하고 있는 58명을 대상으

〈Table 8〉 Detailed assumptions and reliability calculated by mission

임무 구분	임무개요 (Phase)	필수작동 시스템	보정 계수	임무시간 (hr)	작동시간 (hr)	신뢰도(산출값)
A (70%)	시동/택시(P1)	a	1	0.081	0.081	0.999861527455989
	이륙(P2)	b	1	0.230	0.230	0.999999968222612
	진입(P3)	c	1	0.453	0.453	0.999740285637108
	임무(P4-A)	d	1	1.037	1.037	0.999202115374701
	귀환(P5)	e	1	0.453	0.453	0.999740237731209
	착륙(P6)	f	1	0.210	0.210	0.999999977501645
	항상작동(P7)	g	0.3	2.464	0.7392	0.999999412578618
		h	0.2		0.4928	0.998852878283336
		i	0.8		1.9712	0.999986744691391
B (30%)	시동/택시(P1)	a	1	0.081	0.081	0.999861527455989
	이륙(P2)	b	1	0.230	0.230	0.999999968222612
	진입(P3)	c	1	0.371	0.371	0.999787307714416
	임무(P4-B)	y	1	1.231	1.231	0.996809993470269
	귀환(P5)	e	1	0.371	0.371	0.999787275577780
	착륙(P6)	f	1	0.210	0.210	0.999999977501645
	항상작동(P7)	g	0.3	2.494	0.7482	0.999999398193640
		h	0.2		0.4988	0.998838919815274
		i	0.8		1.9952	0.999986420553811

로 기존에 군에서 사용하고 있는 시스템과 본 연구에서 구축한 온톨로지 기반 군수상황관리체계를 비교하여 설명하고, 이를 사용한 경우와 사용하지 않은 경우 의사결정에 대한 유용성과 편의성을 판단하도록 질의하였으며, 향후 온톨로지에 포함되었으면 좋을 항목 등에 대한 의견을 추가로 확인하였다. 설문내용은 기술의 수용성을 측정하는 가장 대표적인 모형으로 알려진 Davis(1989)의 기술수용모형(Technology Acceptance Model, TAM)에 의거한 표준화된 설문을 이용하여 인지된 기술의 유용성(Usefulness)과 편의성(Ease of Use)을 측정하였다. 온톨로지에 대한 연구, 특히 본 연구에서 사용된 JSON-LD는 그 특성을 이해

하고 있는 인원이 많지 않은 상황에서, 온톨로지 구축의 사례가 된 군의 군수상황관리체계까지 포함하여 각각의 내용을 이해할 수 있도록 설명해야 함으로 인해, 많은 수의 표본을 대상으로 조사하진 못하였다.

하지만, 표본의 크기를 정하기 위하여 R언어의 'pwr'를 패키지를 통해 검정력 분석(Power Analysis)을 시행하였으며, 5%의 유의성 수준, 0.8의 통계검정력을 설정하여 표본크기가 20.03임을 확인하고, 설문을 통해 얻어진 표본의 크기 58명이 이를 충족함을 확인하였다.

두번째로 설문을 통해 얻어진 데이터에 대하여 TAM에서 설정된 모형에 대한 적합도를 검정

하기 위하여 R언어의 ‘lavvan’ CFA 패키지를 이용하여 확정적 요인분석(The Confirmatory factor analysis, CFA)을 시행하였다. 적합도 검정 수치는 SRMR=0.047, RMSEA=0.150, CFI=0.926, TLI=0.908의 값을 얻어 설문조사를 통해 얻어진 결과가 적합도가 높음을 확인하였다.

다음으로 제시된 두가지 안(기존시스템과 개선시스템)에 대한 유용성과 사용편의성을 요인별 분산분석(Analysis of Variance, ANOVA)를 통해 확인하였으며, 그 결과 <Table 9>와 같이 p-value가 0.05보다 현저히 낮아 두 안의 요인별 차이가 있음을 확인할 수 있었다.

<Table 9> ANOVA Analysis Result

요인	F수치	분자 자유도	분모 자유도	p-수치
유용성	318.07	1.000	934144	2.2e-16
편의성	140.24	1.000	113.5	2.2e-16

다음으로 t-test를 통해 제안된 시스템을 사용하는 것이 사용하지 않는 경우에 비해 사용성과 사용편의성에서 높은 수치를 나타내는지 확인해보았다.

테스트 결과, p값이 0.05보다 작아 대안가설을 채택하고 있어 제안된 시스템을 사용하는 것이 기존 시스템보다 유용성과 편의성이 향상됨을 확인할 수 있었다.

<Table 10> T-test Result

요인	A평균	B평균	t-수치	자유도	p-수치
유용성	1.7557471	-0.9109195	17.834	93.444	2.2e-16
편의성	1.2614943	-0.7270115	11.842	113.5	2.2e-16

7. 결론

기술의 발달로 인해 시스템이 복잡해지고 많은 양의 데이터가 축적되고 있지만, 정보시스템에 요구되는 가장 주요한 능력은 의사결정에 필요한 데이터를 빠르고 정확하게 찾는 것이다. 본 연구에서는 다양한 기능 및 많은 양의 데이터로 인해 복잡하고 다루기 어려워진 시스템에서, 사용자의 이용 효율성을 높이기 위해 지식 표현이 자유롭고 지식의 재사용 및 추론을 통해 확장이 용이하여, 지능형 의사결정지원시스템을 만드는 데 적합한 온톨로지를 국방분야에 활용하여 시스템을 구축하는 것을 제안하였으며, 온톨로지를 통한 시스템 구축의 유용성 및 구축방향을 확인할 수 있었다는 점에서 의의가 있다.

현재 공군에서 사용되고 있는 군수상황관리체계를 기초로 실제 업무 수행시 개선이 필요하거나, 추가할 경우 의미가 있는 기능들을 식별하여 온톨로지를 디자인 하였으며, 시맨틱 웹 기술을 이용한 질의 응답을 통해 성과기반군수지원 계약관리, 가동률 산정 및 성과지표 검토, MTBF 분석 등의 기능을 구현하였다. 본 연구는 단순한 지식사전에 대한 온톨로지 구축이 주를 이루었던 선행 연구들에서 나아가 실시간으로 생성되는 현황 데이터를 함께 온톨로지에 포함하였다. 또 현재 운영중인 시스템의 실제 데이터를 통해 온톨로지를 구축하고, 필요한 기능을 추가함으로써 온톨로지의 국방 분야 적용사례를 구체적으로 제시하였다.

향후 온톨로지에 최적화툴을 포함하여 최적 성과지표를 산출하거나, 항공기 부품의 이력 데이터를 통해 고장 및 수요를 예측하는 등의 추가 연구를 진행할 수 있으며, 항공기 상태를 시간대별로 입력하는 등 추가 데이터를 통해 좀 더 유

용한 정보를 산출할 수 있을 것이다. 또한 군내 다양하게 운영되고 있는 작전, 인사, 재정, 시설 등 다양한 분야의 시스템의 필요한 데이터를 온톨로지에 포함하여 국방 통합 의사결정지원시스템의 구축도 고려해 볼 수 있을 것이다.

참고문헌(References)

- Asuncion Gomez-Perez, Mariano Fernandez-Lopez and Oscar Corcho, *Ontological Engineering: with examples from the areas of Knowledge Management, e-Commerce and the Semantic Web*. Springer Science & Business Media, 2006
- Bailey, Ian, and Chris Partridge. "Working with extensional ontology for defence applications." *Ontology in Intelligence Conference*. 2009.
- Chaum, Erik. "Transformation Cornerstone-A Shared Ontology." *Extensible Modeling & Simulation Framework (XMSF) Workshop at the Modeling, Virtual Environments and Simulation (MOVES) Institute, Naval Postgraduate School, Monterey, CA*. 2003.
- Gruber, Thomas R. "Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing?." *International journal of human-computer studies* 43.5-6 (1995): 907-928.
- Han, Dong-Il, Hyeong-In Kwon, and Hak-Jin Chong. "A Study on the Conceptual Modeling and Implementation of a Semantic Search System." *Journal of Intelligence and Information Systems* 14.1 (2008): 67-84.
- Jeon, J. Y., "Improving Reliability of Performance Indicators to Expand Performance-based Logistics Support", Ph. D. Dissertation, Hannam University, 2012.
- Kim, S. H., "A Study on Building Defense Logistics Ontology", Ph. D. Dissertation, Seoul National University, 2006.
- Kim, Y. T. and W. S. Ryu, "An Empirical Study on the Performances Valuation of Velocity Logistics Management", *Korea International Accounting Review*, Vol.34(2010): 49~73.
- Lee, J. W, H. J. Ju, and M. K. Lee, "A Study on the Aircraft Mission Reliability Prediction." *Journal of Applied Reliability* 6.2 (2006): 115.
- Lee, D. K. and Kim. W. J, "A Study on Methodology for Converting Natural Language Query to Semantic Query for Semantic Search Based on Ontology", *Journal of Korea Intelligent Information System Society* (2017): 35~36.
- Lee, M. K, Jeong, H. M, and Ryu, B. J, "A Study on Semantic Web Technology-based Scholar Service", *Journal of Korea Intelligent Information System Society* (2009) : 255~261.
- Lee, S. J., "A Study on the Performance Utilization Performance Indicators in Connection with the National Defense Budget", *National Security Research Institute, National Defense University*, 2010.
- Lee, Y. E. and others. "Mission Reliability Analysis and Prediction for Aircraft System based on FA-50 Aircraft Development Experiences", *The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences*, Vol.2010 No.11(2010) : 1236~1239.
- Marwan Sabbouh, *Ontological Loose Couplers for the DOD Enterprise*, MITRE, 2006.

- Noy, Natalya F., and Deborah L. McGuinness. "Ontology development 101: A guide to creating your first ontology.", 2001.
- Rick Eden, MIL-STD-1388-2B DoD Requirement for a Logistics Support Analysis Record Improving Government Process from Velocity.
- Ryu, G. T. and others. "A Research on Web Ontology Development Guideline", National Computerization Agency, 2004.
- Sung, K. W. and S. Y. Lee, "A Study on the Mission Reliability Method for Airforce Trainer", Journal of the Korean Operations Research and Management Science Society, Vol.12, 1998.
- Yoo, D. H. and others. "Intelligent Army Tactical Command Information System based on National Defense Ontology", Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol.18 No.3(2013) : 79~89.
- Yoo, D. H. and M. Y. Ra, "Semantic Web-based Clinical Decision Support System for Armed Forces Hospitals", Journal of The Korea Information Processing Society, Vol.17-B(2010) : 317~326.
- Yoon, S. E., "A Research for Applying Ontology in Building Korea's Defense Information System", Ph. D. Dissertation, Kwangwoon University, 2010.

Abstract

Construction and Application of Intelligent Decision Support System through Defense Ontology - Application example of Air Force Logistics Situation Management System

Wongi Jo* · Hak-Jin Kim**

The large amount of data that emerges from the initial connection environment of the Fourth Industrial Revolution is a major factor that distinguishes the Fourth Industrial Revolution from the existing production environment. This environment has two-sided features that allow it to produce data while using it. And the data produced so produces another value. Due to the massive scale of data, future information systems need to process more data in terms of quantities than existing information systems. In addition, in terms of quality, only a large amount of data, Ability is required. In a small-scale information system, it is possible for a person to accurately understand the system and obtain the necessary information, but in a variety of complex systems where it is difficult to understand the system accurately, it becomes increasingly difficult to acquire the desired information. In other words, more accurate processing of large amounts of data has become a basic condition for future information systems. This problem related to the efficient performance of the information system can be solved by building a semantic web which enables various information processing by expressing the collected data as an ontology that can be understood by not only people but also computers.

For example, as in most other organizations, IT has been introduced in the military, and most of the work has been done through information systems. Currently, most of the work is done through information systems. As existing systems contain increasingly large amounts of data, efforts are needed to make the system easier to use through its data utilization.

An ontology-based system has a large data semantic network through connection with other systems, and has a wide range of databases that can be utilized, and has the advantage of searching more precisely and quickly through relationships between predefined concepts. In this paper, we propose a defense ontology as a method for effective data management and decision support. In order to judge the

* School of Business, Yonsei University

** Corresponding Author: Hak-Jin Kim

School of Business, Yonsei University

50 YONSEI-RO, SEODAEMUN-GU, Seoul 03722, Korea

Tel: +82-2-2123-2497, Fax: +82-2-2123-8639, E-mail: hakjin@yonsei.ac.kr

applicability and effectiveness of the actual system, we reconstructed the existing air force munitions situation management system as an ontology based system. It is a system constructed to strengthen management and control of logistics situation of commanders and practitioners by providing real - time information on maintenance and distribution situation as it becomes difficult to use complicated logistics information system with large amount of data. Although it is a method to take pre-specified necessary information from the existing logistics system and display it as a web page, it is also difficult to confirm this system except for a few specified items in advance, and it is also time-consuming to extend the additional function if necessary. And it is a system composed of category type without search function. Therefore, it has a disadvantage that it can be easily utilized only when the system is well known as in the existing system.

The ontology-based logistics situation management system is designed to provide the intuitive visualization of the complex information of the existing logistics information system through the ontology. In order to construct the logistics situation management system through the ontology, And the useful functions such as performance - based logistics support contract management and component dictionary are further identified and included in the ontology. In order to confirm whether the constructed ontology can be used for decision support, it is necessary to implement a meaningful analysis function such as calculation of the utilization rate of the aircraft, inquiry about performance-based military contract, .

Especially, in contrast to building ontology database in ontology study in the past, in this study, time series data which change value according to time such as the state of aircraft by date are constructed by ontology, and through the constructed ontology, It is confirmed that it is possible to calculate the utilization rate based on various criteria as well as the computable utilization rate.

In addition, the data related to performance-based logistics contracts introduced as a new maintenance method of aircraft and other munitions can be inquired into various contents, and it is easy to calculate performance indexes used in performance-based logistics contract through reasoning and functions. Of course, we propose a new performance index that complements the limitations of the currently applied performance indicators, and calculate it through the ontology, confirming the possibility of using the constructed ontology.

Finally, it is possible to calculate the failure rate or reliability of each component, including MTBF data of the selected fault-tolerant item based on the actual part consumption performance. The reliability of the mission and the reliability of the system are calculated.

In order to confirm the usability of the constructed ontology-based logistics situation management system, the proposed system through the Technology Acceptance Model (TAM), which is a representative model for measuring the acceptability of the technology, is more useful and convenient than the existing system.

Key Words : Ontology, Decision Support System, Logistics situation management system, Performance Based Logistics, Reliability

Received : February 15, 2018 Revised : June 7, 2019 Accepted : June 10, 2019

Publication Type : Regular Paper Corresponding Author : Hak-Jin Kim

저 자 소개



조 원 기

공군사관학교에서 경제경영학을 전공하고, 연세대학교 경영대학에서 Management Science 전공으로 석사학위를 취득하였다. 주로 시멘틱웹, 온톨로지를 활용한 지능형 의사결정 지원 시스템 개발과 적용에 관심을 가지고 연구하고 있다.



김 학 진

현재 연세대학교 경영대학에 정교수로 재직 중이다. 미국 어바나 샴페인에 있는 일리노이 대학에서 수학 전공으로 석사학위를 취득하고, 피츠버그에 있는 카야네기 멜론 대학의 테퍼 경영대학원에서 Operations Research로 박사학위를 취득하였다. Annals of Operations Research, Decision Support Systems, Wireless Networks, Computer Networks 등 여러 저널에 다수의 논문을 출간 하였다. 관심 분야는 논리 기반 최적화, 정수계획법 등의 방법론과 Constraint Programming, 의미웹, 강화학습 등의 인공지능 기법을 바탕으로 여러 경영 응용 문제를 해결하는 데 관심을 갖고 있다.