

Ontology를 활용한 무기체계 품질경영 연구

안영준 · 서윤호[†]

고려대학교 산업경영공학과

Quality Management Study of Weapon System using Ontology

An, Youngjun · Seo Yoonho[†]

School of Industrial Management Engineering, Korea University

ABSTRACT

Purpose: This study is addressing the establishment of the knowledge information system supplying the quality management of weapon system. It is going to support the continuous quality management through the linkages and integration between the product structure and the quality information.

Methods: The interrelated relationship of the product structure information and quality information of weapon system would be expressed explicitly by taking advantage of the ontology concept. The quality information of distributed systems would be integrated through the SOA(Service Oriented Architecture)-based Web services. After defining the inference rules, which could be utilized in the quality management, in the constructed knowledge information system, the quality information would be inferred through the queries.

Results: By building the integrated quality information knowledge system through the ontology and SOA, the connectivity between the product structures and dispersed quality information was enhanced. The utility and applicability of this study were checked up through the inferences on the products and quality information by using the information built by the semantic relationship of facts.

Conclusion: We established the knowledge and information system as a systematic approach to support the quality management of weapon system. This is not affected by the organizations and systems, and it seems that it could be utilized across the quality management as the efficient knowledge sharing architecture supporting the quality management of weapon systems in the aspect of the product integration.

Key Words: Quality Management, Defense Quality, Ontology, Service Oriented Architecture, Knowledge Information

● Received 15 November 2016, 1st revised 19 December 2016, accepted 20 December 2016

† Corresponding Author(yoonhoseo@korea.ac.kr)

© 2016, The Korean Society for Quality Management

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-Commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

* 본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소의 지원으로 수행되었습니다(UD140022PD).

1. 서 론

과학기술의 발전은 전쟁 양상을 바꾸고 무기체계의 복합시스템(System of Systems) 위주의 전력소요 변화를 가져왔다. 이에 단일 무기체계의 기능과 구조 및 형상 그리고 시스템 등이 점차 복잡해지며 고도화되고 있다. 게다가 전쟁과 훈련이라는 특수 목적에 따라 민수품보다 안전성, 신뢰성 등의 높은 품질 수준을 유지해야 한다. 현재, 국제 표준화 기구(International Organization for Standardization; ISO)에서 품질에 영향을 주는 요소를 규격화하여, 기업의 품질경영 시스템을 규정된 요구사항으로 평가하고 품질 시스템이 국제 기준에 부합하고 있음을 인증해주고 있다(Martinez-Costa et al. 2009).

군수품의 경우 사용 목적, 운용 조건, 수명주기 등의 특수성과 많은 제약을 가지고 있으며, 국제 표준화 기구의 품질경영시스템인 ISO 9001 인증을 기본으로 하여 군수 특성, 정부 권한, 특수 사업정보 등이 추가된 KDS 0050-9000-3, AS 9100과 같은 국방 분야 품질경영시스템 인증을 통해 방위산업체의 품질 수준을 요구하고 인증 받고 있다(이상진, 박용수 2007). 이러한 품질경영시스템 인증에도 불구하고 방위산업은 폐쇄성과 독점성으로 인해 방산불패, 부실방산으로 불리며 품질 신뢰도를 점차 잃어 가고 있다(김진영 2015). 게다가 고도화된 무기체계에서 발생하는 품질 결함은 군사 작전 및 훈련에 파급 효과가 크고 치명적이며(MND 2013), 시스템 간에 복잡한 연관 관계를 맺고 있으므로 해당 품질 문제와 관련 부품의 수직, 수평 전개로 문제점의 분석 및 개선을 통해 무기체계 품질 향상을 이뤄야만 한다. 그러나 무기체계 수명주기인 기획, 개발, 양산, 운용 단계에 따라 정부 기관, 개발업체, 체계업체 그리고 수많은 협력업체가 복잡하게 얽혀 있으며, 전 순기의 각 단계에서 발생하는 품질 문제들은 각각의 기관과 업체 담당자들이 개별적 시스템으로 관리하기에 이들 간의 정보 흐름은 단절되어 있어 지엽적인 품질경영을 초래하고 있다(노창연 2015). 이에 방위산업의 특수한 조직 구조와 무기체계의 복잡도로 인해 단순 품질 검사 강화가 아닌, 시스템적인 차원의 개선방안을 통해 현 국방 품질의 한계점을 극복할 필요가 있다.

본 연구에서는 무기체계의 제품정보와 품질정보의 연계 및 통합을 위해서, 방위산업 내에서 활용되는 현 품질시스템의 한계점을 식별 및 분석하여 무기체계 품질 운영을 지원하는 품질 지식공유 체계를 온톨로지를 활용하여 구축한다. 국방 분야에서 온톨로지는 군사정보의 통합, 부품정보의 모델링 구축 등 정형화되지 않은 정보들을 통합하는 데 활용되고 있다(유동희 et al. 2013). 온톨로지 개념을 활용해 제품과 부품 간의 형상, 특성 그리고 속성값 등을 구조적으로 연결하고, 품질 및 요구사항 정보를 통합한다. 그리고 개별 조직과 시스템 등으로 분산된 품질 서비스 내의 정보들은 Service Oriented Architecture(SOA)를 활용하여 통합한다. SOA는 서비스, 시스템 간의 연동과 통합 재구축 등에 활용되는 개념이다(Lund et al. 2007). 이처럼 온톨로지와 SOA를 활용하여 제품 관련 지식과 품질 정보들의 통합 및 구축을 통해, 품질 정보 시스템의 효과적 상호 운용과 전 방위적인 품질 활동을 지원하고자 한다. 이는 종래의 분산된 품질 시스템 간의 정보 호환성과 공유성을 높이며 무기체계 품질경영의 유연성과 신속성을 강화할 수 있을 것으로 예상하며, 빠르게 변화하는 시장과 고객의 요구사항 변화에 적극적으로 대응할 수 있을 것으로 기대된다.

구성은 2장에서 제품수명주기 상의 국방 품질경영 연구와 온톨로지 관련 연구들을 설명하고 연구의 방향을 제시한다. 3장에서는 본 연구에서 제안하는 무기체계 품질운영을 위한 지식공유 아키텍처에 대한 구조 및 설계 방안에 관해 설명하고 4장에서는 설계된 구조를 통해 온톨로지를 구축하고 질의문을 통해 관련 정보의 추론 결과를 도출한다. 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 기술한다.

2. 관련 연구

2.1 제품수명주기 국방 품질경영

일반적인 민수품 제품수명주기의 품질 경영은 기획, 개발, 양산, 운용 단계에서 품질 경영의 주체가 동일 또는 수직적 조직의 상/하부에서 이뤄지며, 단계별 품질 정보와 고객 요구사항 정보들의 선 순환적 공유를 통해 지속적 품질 경영을 원활하게 수행한다. 그러나 <Figure 1>과 같이 무기체계는 방위산업의 특수성으로 인해 제품 수명주기 단계별로 품질경영의 주체가 개발관리자, IPT(Integrated Project Team), 국방기술품질원, 제조업체, 소요군 등으로 각각 분리되어 있으며(김용섭, 김덕환 2009), 품질 정보와 요구사항 정보들이 개별 조직과 기업 시스템으로 분리되고 분산되어 있다. 이런 한계점은 품질 경영의 개선 범위와 규모를 한정 지으며 품질 운영의 비효율성과 복잡성이 증대됨으로써 무기체계의 지속적 품질경영을 더욱 제한시키고 있다.

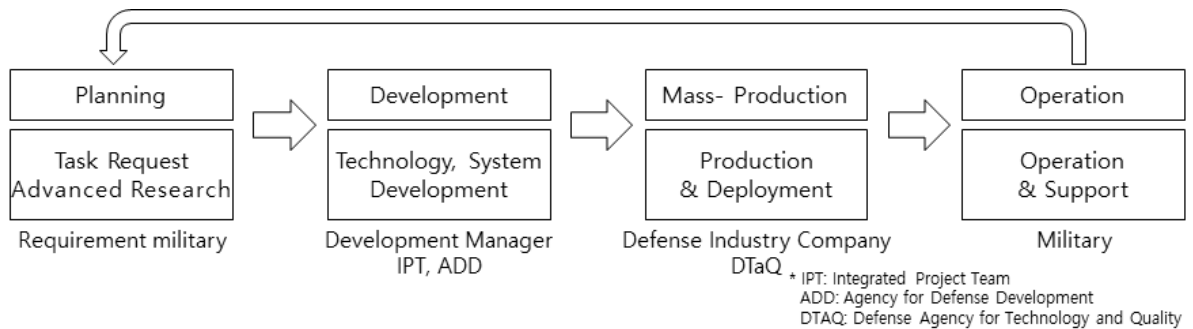


Figure 1. Product Life cycle of weapon system

국방 품질경영과 관련된 연구는 크게 2가지로 분류할 수 있다. 첫 번째는 무기체계 전순기(Total Life Cycle)의 단계별 품질 개선 방안과 품질 모델 연구이며, 두 번째는 국방품질경영시스템 인증에 대한 요구사항 분석과 품질경영시스템 모형에 대한 연구이다. 우선 무기체계 전순기의 품질 개선은 <Figure 1>에 개발, 양산, 운용 단계에서의 단계별 품질 개선 연구가 많이 이뤄지고 있다. 장봉기(2014)는 개발 단계의 체계 개발 품질관리 방안으로 체계 개발 특성을 고려한 무기체계 개발을 수행하기 위해 QFD(Quality Function Deployment)를 적용하고 Stage-gate로 단계별 의사결정 방법론을 제안하였다. 김시욱, 이창우 and 차성희(2013)는 양산 단계의 공정관리 수행모델을 적용하여 현장 품질보증 활동의 실효성을 높이는 연구를 하였다. 김현길 et al.(2015)은 운용 단계에서 품질경영 개선을 위해 정비 데이터를 통합하고 품질 개선 대상 부품을 선정하는 방안과 프로세스에 관한 연구를 진행하였다. 그리고 국방품질경영시스템 인증 연구(이상진, 박용수 2007; 노재용, 이상복 2011; 김성도 et al. 2016) 등에서 품질경영시스템의 효과 및 성과에 대한 영향 연구를 통해 품질경영시스템 모형과 발전방향을 재고하였다.

이처럼 대부분의 연구는 무기체계 수명주기의 단계별 품질을 고려한 연구와 품질경영시스템 인증 모델에 대한 제안과 성과에 대한 연구가 대부분이었다. 이에 반해 제품수명주기 흐름과 순기 관점의 품질 경영의 시스템적 연구는 상대적으로 부족한 실정이다. 따라서 본 논문은 무기체계의 지속적 품질경영을 지원하기 위해 온톨로지와 SOA를 활용한 품질 지식공유 체계를 구축하고, 이를 활용한 품질 정보의 공유 및 추론을 통해 본 연구의 실효성과 효용성을 확인하고자 한다.

2.2 온톨로지

온톨로지는 지식의 표현 방법의 하나로 개별 정보를 지식의 수준으로 제공할 수 있는 체계를 마련해 주는 방법 및 표현 도구이다. Gruber(1995)의 정의에 따르면 온톨로지는 개념화에 대한 명확한 명세화라고 정의하였다. 이는 하나의 개체, 지식에 대한 개념과 관계들을 컴퓨터와 기계가 이해할 수 있도록 정보를 논리적, 정형적으로 명세하여 해당 객체의 정보와 의미를 구체화하고 개념화하여 표현한다. 온톨로지의 여러 정의 방법 중 W3C(The World Wide Web Consortium)에서 두 가지의 표준인 RDF(Resource Description Framework)와 OWL(Web Ontology Language)을 제시하고 있다(McGuinness and Van Harmelen 2004). RDF는 정보의 기본적 속성만을 표현하며, OWL은 기본적 속성 이외에 개념에 대한 속성, 관계를 정의하고 이를 표현 한다(Noy and McGuinness 2001).

다양한 분야에서 온톨로지를 활용해 정보 및 용어의 표현, 통합, 검색 등과 같은 연구들이 활발히 진행되고 있으며, 점차 고도화되고 복잡해지는 국방 분야에서, 정보를 분석하고 표현하는데 적용되고 있다. 서동진, 서운호(2016)는 무기체계 모델 생성을 위한 자산으로서 컴포넌트를 온톨로지로 표현 및 검색하여 시맨틱 검색시스템에 적용하는 연구를 하였으며, 장우혁(2015)은 무기체계 부품 국산화 정보를 온톨로지로 표현하여 부품 정보를 가시적으로 제공하는 방안을 연구하였다. 한창희 et al.(2013)은 국방 분야에서 군사지식의 관리를 위한 온톨로지의 필요성과 활용 가능성에 대해 연구를 하였고, 최중환 et al.(2012)는 국방 무기의 다차원 정보를 온톨로지를 통해 분석하는 연구를 진행하였다.

이외에 민간 분야에서도 온톨로지를 활용하는 연구가 진행되고 있다. 최근 복잡도와 혼류 생산이 증가함에 따라 온톨로지 연구를 통한 정보의 일치 및 통합과 관련된 연구를 많이 진행하였다. 김대석 et al.(2011)은 조선 산업 내의 서로 다른 제품의 PLM 관리를 위해 온톨로지를 활용하여 BOM(Bill of Material) 정보들의 통합 가능성에 대하여 연구하였다. Matsokis and Kir itsis(2010)는 PLM(Product Life-cycle Management) 관점에서 온톨로지의 술어 논리를 적용하여 자동차 산업의 정보 통합 및 상호 운영 연구를 하였으며, 홍충성 et al.(2004)는 온톨로지를 활용하여 제품 지식을 통합하고 공유하는 모델을 연구하였다.

이렇듯 국방 및 제조업과 같은 분야에서도 데이터의 효율적인 통합, 운영, 공유 등을 온톨로지 개념을 활용한 연구들이 활발하게 진행되고 있다. 특히 온톨로지가 복잡한 정보를 체계화하여 통합하거나 분류하는 데 많이 활용됨을 알 수 있었다. 이에 본 논문에서는 온톨로지를 활용해 무기체계의 복잡한 부품 구조를 정형화하고 각 부품의 연관 관계를 표현하여 제품의 물리적 구조와 기능적 정보가 포함된 BOM 온톨로지 구축한다. 이와 함께 상이한 품질 정보의 메타데이터들을 일원화하여 표현하고 품질 정보를 BOM 온톨로지 내의 해당 부품과 연결하여 품질 정보 지식체계를 구축한다. 온톨로지를 통해 구축된 품질 지식 정보 체계에서 사전에 발생한 품질 문제로부터 유사 부품 구조의 품질 문제 가능성을 사전에 식별하거나, 제품 구조의 추론을 통해 품질 운영의 유연성과 확장성을 높이는 등 무기체계 품질 경영에 적용 가능한 품질 지식 정보 체계를 제안할 수 있다.

3. 온톨로지 기반 품질 운영 시스템 설계

본 연구는 무기체계 품질경영을 지원하는 지식공유 시스템 구축에 관한 연구로써, 무기체계 제품수명주기(Product Life Cycle)와 군수품의 특성을 고려하여 제품 정보와 품질 정보의 통합 모델을 구축한다. 현 무기체계 품질경영의 한계점을 개선하기 위하여 온톨로지 개념을 활용하여 제품 및 품질 정보의 통합 방안과 품질운영을 위한

지식공유 시스템을 제시하고자 한다. 무기체계의 형상 정보와 속성 및 연관 관계를 온톨로지로 구축하고 제품별, 부품별 품질 이슈 및 고객 요구사항 정보를 해당 제품과 부품 개체와 연결한다. 연결된 품질 지식 정보 체계에서, 발생하는 품질 문제의 속성이나 특성 또는 제품들의 관계 정보로부터 예방정비와 관리가 필요한 품질 관리 대상과 속성을 추론하여, 무기체계의 개발과 양산 그리고 운용 단계에서 추론된 정보를 바탕으로 이에 적합한 품질 개선 활동을 통해 무기체계의 지속적 품질경영을 지원한다.

3.1 온톨로지 기반 무기체계 품질 운영 시스템

본 연구에서는 온톨로지 구축 도구인 Protégé를 활용하여 무기체계 품질 운영 시스템을 <Figure 2>와 같이 구성하였다. Protégé는 W3C에서 제정한 표준 온톨로지 언어인 OWL 기반의 온톨로지 설계에 적합한 도구이다(Noy et al. 2001). BOM 온톨로지와 품질 온톨로지를 구축하고 이를 통합하여 무기체계 품질경영 시스템 구조를 형성하게 된다. 자재명세서(Bill Of Material; BOM)는 특정 제품이 어떠한 부품으로 구성되는지에 대한 정보와 구조를 정의한 데이터 이다(Hegge and Wortmann 1991). BOM 온톨로지는 무기체계의 물리적 구조인 제품과 부품의 구조를 계층적으로 표현하고 각 컴포넌트의 기능적 특성 및 속성들의 연관 관계를 식별하고 표현한다. 품질 온톨로지는 분산된 조직들의 MES(Manufacturing Execution System)와 QIS(Quality Information System) 등과 같은 레거시 시스템과 서비스 내의 품질 정보와 고객 요구사항 정보를 SOA 개념을 활용하여 통합하고, 이들을 온톨로지로 표현하고 BOM 온톨로지와 관계 정보 표현으로 연결된다. 이를 통해 무기체계 제품과 부품의 구조 정보, 품질 정보 간의 상호 연관 관계를 명시적으로 표현할 수 있다.

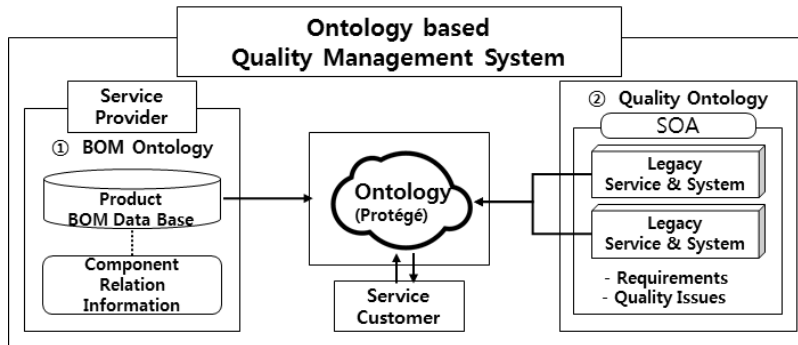


Figure 2. Weapon system quality management architecture

3.2 무기체계 BOM Ontology 설계

무기체계 제품의 구성을 나타내는 물리적 구조와 제품의 속성 및 특성 값인 기능적 정보를 표현하기 위해, 제품 구조를 계층적으로 표현한 BOM(Bill of Material)의 개념과 <Figure 3>의 미 국방성 국방 표준(MIL-STD-3046)의 제품 형상 식별(Configuration Identification; CI)을 참고하여 무기체계 BOM 온톨로지를 설계하였다. BOM은 부품의 구성 관계를 나타내는 표로써, 무기체계의 구조와 제품 정보를 완성품, 반제품, 원자재의 종속적 관계로 표현한다. BOM 정보를 통해 물리적 구조 정보를 계층적으로 표현하고, 교환 가능한 체계 하부 부품인 일선교환품목(Line Replacement Unit; LRU) 또는 관리 대상의 컴포넌트와 부품들 간의 특성 및 기능 정보를 해당 컴포넌트의 속성 값

으로 부여하여 기능적 특성을 나타낸다. BOM 온톨로지의 설계 범위는 운영 및 관리 단계의 제품과 부품까지 확장 가능하다.

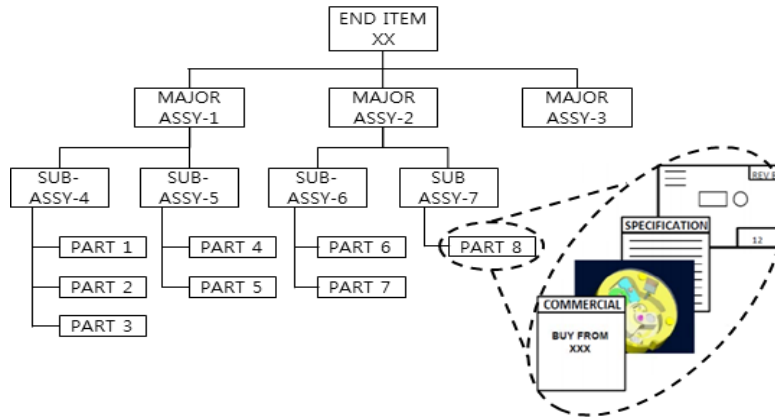


Figure 3. Configuration relation of products and components

BOM 온톨로지 설계 시, 제품의 구성요소인 컴포넌트와 속성 간에 관계 정보 표현을 구체화하기 위하여 <Table 1>과 같이 Has, Same, Different 3가지의 관계로 개체를 연결하였다. 관계를 통해 기존에 누적된 정보로부터 품질 운영에 필요한 새로운 사실 및 정보를 논리적으로 추론해 내기 위해서 이들의 관계 의미를 풀어 논리 표현으로 나타내었다. 재귀적(Reflexivize), 대칭적(Symmetric), 이행적(Transitive) 등의 관계 속성 정보를 풀어 논리로 표현 하여 온톨로지 관계 구축 시 정의된 속성 값을 부여하여 사람이 이해하는 관계의 의미를 컴퓨터가 혼동 없이 이해할 수 있도록 한다. 예를 들어 기술된 관계 중 has 관계를 <Figure 3>을 통해 설명하면, has(MAJOR ASSY-1, SUB-ASSY-4) 관계의 의미는 두 개체 간에 has라는 관계로 MAJOR ASSY-1 개체가 SUB-ASSY-4 개체를 포함하고 있음을 나타낸다. has관계의 의미는, 동일 컴포넌트 사이에 관계 의미가 달라'반 재귀적'이고, 상이한 컴포넌트 간의 관계 의미인 has(MAJOR ASSY-1, SUB-ASSY-4)와 has(SUB-ASSY-4, MAJOR ASSY-1) 관계 표현의 의미가 같지 않음으로'반 대칭적'이다. 그리고 컴포넌트 간에 MAJOR ASSY-1과 SUB-ASSY-4에 has관계가 있고 SUB-ASSY-4와 PART1 간의 has관계가 있을 때 MAJOR ASSY-1과 PART1 사이가 동일 관계로 표현 가능함으로 '이행적'임을 알 수 있다. 위와 같은 관계의 개념을 <Table 1>에 풀어 논리 표현으로 정의하여 나타내었다. 각 관계의 의미에 따라 부품과 속성 간의 연관 관계 표현을 나타낼 수 있다.

Table 1. Predicate logic expression of relations

Relations	Predicate logical expression
has	$(\forall a)\neg has(a,a)$ $(\forall a,b)has(a,b)\Rightarrow\neg has(b,a)$ $(\forall a,b,c)has(a,b)\wedge has(b,c)\Rightarrow has(a,c)$
same	$(\forall a)same(a,a)$ $(\forall a,b)same(a,b)\Rightarrow same(b,a)$ $(\forall a,b,c)same(a,b)\wedge same(b,c)\Rightarrow same(a,c)$
different	$(\forall a)\neg different(a,a)$ $(\forall a,b)different(a,b)\Rightarrow different(b,a)$ $(\forall a,b,c)different(a,b)\wedge different(b,c)\Rightarrow different(a,c)\vee different(a,c)$

무기체계의 제품 구조를 표현하기 위해, 정의된 관계 정보와 형상 식별에 근거하여 무기체계의 물리적, 기능적 특

성을 <Figure 4>와 같이 설계하여 표현하였다. 본 연구에선 경공격기인 FA-50과 고등훈련기인 T-50을 예시로 하여 BOM 온톨로지를 설계하였고, 최종 완제품인 FA-50, T-50을 BOM상의 최상위품목 위치로 Level 0(zero)으로 표현하여 Level 2까지의 하위 제품으로 표현하였다. FA-50은 hasPart 관계에 의해 Avionics, Cockpit, Radar, Armament 등의 항공기 구성요소로 이루어져 있음을 나타낸다. 각 파트의 BOM 구성은 해당 파트의 하위 제품과 hasComponent 관계로 이루어져 있다. 이 중 Cockpit 파트의 하위 제품을 hasComponent 관계로 연결하여 <Figure 4>와 같이 표현하였다. 연결된 개념들은 관계성을 가지는 온톨로지 구조를 띄게 된다. 하위 제품 컴포넌트의 특성 및 상세 정보를 속성(Property)으로 정의하고 이들 사이의 관계 의미를 정의하여 연결할 수 있다. 이를 통해 복잡한 구조의 무기체계 컴포넌트의 관계 정보를 온톨로지로 구조화 할 수 있다. 그림에서 표현한 것과 같이 FA-50과 T-50의 이종 제품에서, Cockpit 파트의 하위 제품인 ICS(Intercom System), SMFD(Smart Multi Function Display) 제품의 구조 및 속성 관계 정보를 다음과 같이 표현하였다.

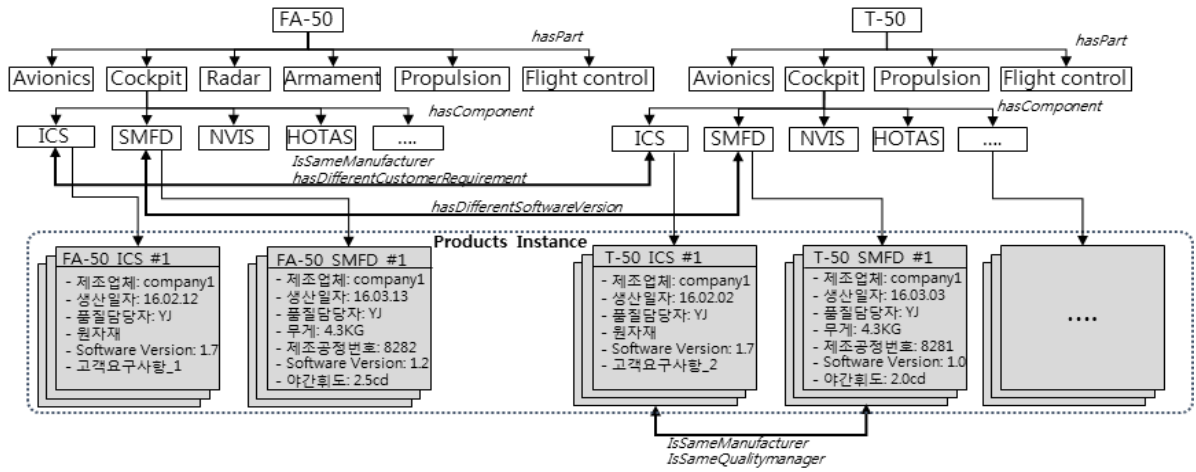


Figure 4. BOM ontology of FA-50 and T-50

관계 정보를 통해 이종 제품의 ICS 제품이 동일 제조업체에서 생산하고, 고객 요구사항 수준이 다를 수 있다. 부품의 특성과 속성 정보를 해당 제품의 인스턴스(Instance) 속성 값으로 부여 하고 IsSameManufacture 관계와 hasDifferentCustomerRequirement 관계로 정의하여 두 부품간의 상이한 속성 정보를 직관적으로 식별 가능하게 나타낼 수 있다. 이는 이종 제품뿐만 아니라 동종 제품 역시 표현이 가능하다. 인스턴스의 속성 값으로는 개별 제품 단계에서 식별 및 추적성이 요구 되는 정보로써 제조업체, 제품명, 일련번호, 생산일자, 품질 담당자 등 제품의 일반적 정보뿐만 아니라 원자재, S/W, 고객요구사항 등 제품 고유의 특성 정보 등이 포함 된다. 무기체계의 품질 운영 및 관리 방안에 따라 이종 무기체계(수평적 전개)와 동종 무기체계(수직적 전개)에 온톨로지를 활용하여 무기체계 제품 구조 및 속성 정보를 확장하여 구축 할 수 있다.

BOM 온톨로지를 통해 제품 구조 정보를 구축하고, 품질 경영의 관리 대상 제품을 식별하여 해당 제품 정보의 지식 <Figure 5>와 같이 온톨로지로 확장하여 표현하였다. 본 연구에서는 <Figure 4>에서 표현한 ICS와 SMFD를 대상으로 해당 제품의 지식 정보를 관계로 연결한다. 계약서, 군수품, 기업, 제품과 같은 클래스의 관계로 연결된 지식 표현에서, T-50 ICS #1, T-50 SMFD #1, company1과 같은 개별 제품과 해당 업체를 인스턴스로 표현하였다. 그 후, 각 클래스와 인스턴스의 속성 값을 부여하여 해당 정보를 표현하고 연결하였다. 이러한 제품 정보의 지식 표현을 통해 의미적으로 데이터를 상호 연계하고, 이질적 데이터들에 통합 및 접근 가능성을 개념적으로 표현 하였다.

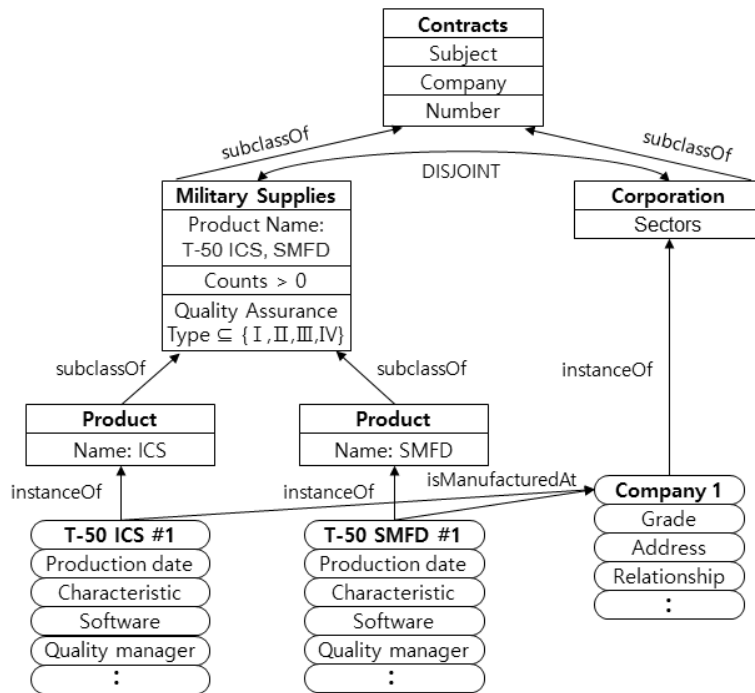


Figure 5. Knowledge representation of products information

3.3 품질 Ontology 설계

단일 무기체계 내에서도 품질 이슈와 고객요구사항은 여러 기관, 업체, 조직에 분산되어 있고, 개별 기업 환경에 맞게 구축된 시스템과 시스템에 종속된 메타데이터로 인해 데이터 연계와 통합 구축을 어렵게 한다. 이러한 정보 공유의 장벽과 한계점은 무기체계 개발, 양산, 운용 단계에서의 품질 문제를 야기하고 품질 비용을 증가시키는 주요 원인이 된다. 분산된 품질 시스템과 서비스를 연계하여 품질 데이터를 통합하기 위해, SOA(Service Oriented Architecture)의 접근 방법을 활용하였고, 규격과 형태가 다르게 표현된 품질 정보와 고객요구사항 정보를 온톨로지 로 일원화하여 품질 데이터의 통합 운용에 적합하도록 설계하였다.

SOA는 서비스를 기반으로 하는 아키텍처로 개별적 시스템과 서비스를 사용자 요구에 맞게 새로운 서비스로 만들어 내는 개념이다. 이를 통해 각 시스템들의 운영체제와 프로그래밍 언어에 상관없이 서비스 단위에서 데이터를 연동하여 처리 할 수 있도록 한다(Erl 2008). 여러 조직과 기업의 품질 관련 시스템을 서비스의 개념으로 보고, 분산된 레거시 시스템 내의 품질 서비스를 서비스 레지스트리라는 단일 저장소를 통해 접근 및 이용하여 품질 정보의 상호 운용성을 확보 할 수 있다.

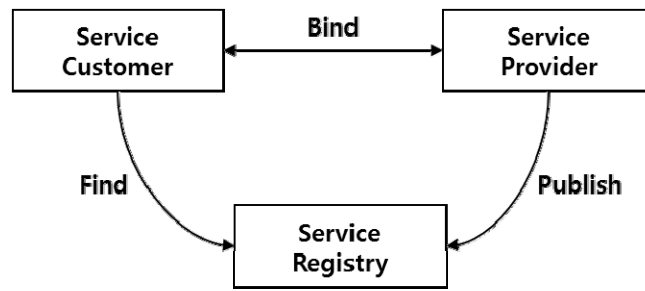


Figure 6. Diagram of Service Oriented Architecture(SOA)

<Figure 6>의 SOA 구성도를 보면 고객, 공급자, 레지스트리 3개의 요소로 이루어져 있다. 고객과 공급자간에 연결을 매개체인 레지스트리를 통해 Find, Publish 관계로 이루어져 있으며 이를 느슨한 결합(Loosely Coupled)이라고 부른다. 기업과 조직 별로 분산된 로컬 시스템의 개별적인 품질 서비스를 각각의 서비스 공급자로, 분산되어 있는 품질 서비스를 서비스 레지스트리에 제공하게 된다. 레지스트리를 통해 품질 서비스의 등록, 검색, 저장 등이 가능하다. 서비스 고객은 서비스 레지스트리로부터 서비스를 검색하고 공급자에게 서비스를 요청하여 통합된 품질 정보 서비스를 이용 할 수 있다(Brown, Johnston, and Kelly 2002). 분산 서비스의 통합이라는 SOA의 개념을 ESB(Enterprise Service Bus) 플랫폼으로 구현하였다. ESB는 <Figure 7>과 같이 서비스의 접속을 버스라는 하나의 허브로 행하는 아키텍처 패턴으로 분산된 서비스의 연동 역할을 담당한다. 웹서비스로 구축된 ESB 플랫폼에서 고객이 서비스의 이용과 접속 요청을 웹서비스로 보내게 되면, 웹서비스에서 해당된 서비스 공급자의 서비스에 접근하여 분산 서비스를 이용할 수 있다(Keen et al. 2004).

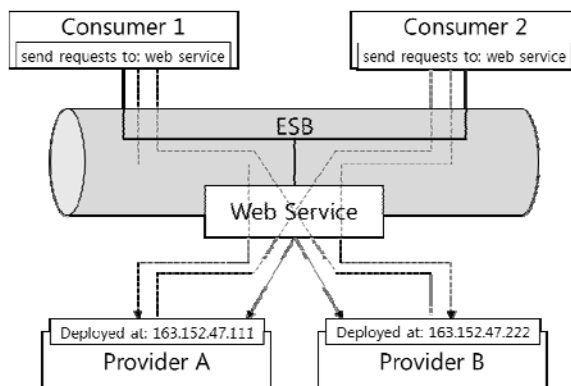


Figure 7. Concept of Enterprise Service Buse(ESB)

위의 ESB 플랫폼으로 SOA 개념을 구체화하여 <Figure 8>과 같은 SOA 기반의 웹 서비스를 설계하고 구축하였다. Provider A와 Provider B의 분산된 품질 시스템 및 서비스 사용을 위해 공급자가 해당 서비스의 이름, 타입, 입력 및 출력 정보와 접근 정보를 반환해주는 서비스에 대한 명세를 웹 서비스에 등록한다. 사용자는 웹 서비스를 통해 이용하고자 하는 서비스를 검색하여 해당 서비스 접근에 필요한 명세 정보를 획득하고, 이를 활용해 해당 서비스에 간접적으로 접근하여 해당 서비스를 이용하게 된다. 품질 정보와 고객요구사항 정보 반환 기능을 서비스 단위로 보았고, 분산된 품질 정보를 통합하는데 SOA 개념을 활용하여 사용한다.

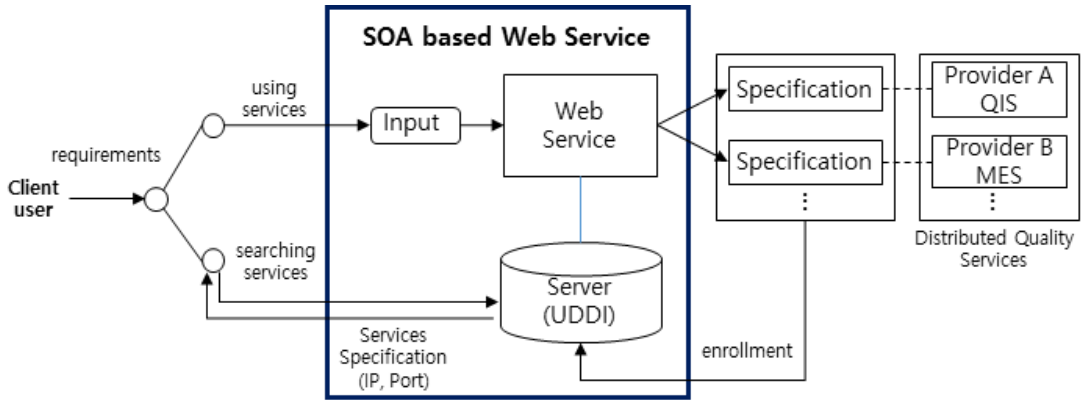


Figure 8. SOA based web services

SOA를 활용해 분산 데이터의 활용이 가능하지만, 데이터 간의 메타데이터가 서로 상이함으로 동일 데이터 규격의 변환과 수정 등 많은 시간과 비용이 발생된다. 변환을 통해 데이터들의 단일화를 수행 하더라도, 환경과 상황 변화에 대한 유연성이 떨어지는 단점이 발생된다. 따라서 본 연구에서는 온톨로지를 이용해 기존 데이터의 메타데이터와 데이터 값을 그대로 유지하며 이들을 온톨로지 인스턴스의 속성 값으로 일원화 처리하는 방법을 선택한다. 이 후 분산된 품질 정보들의 개별 독립성을 유지하며 무기체계 BOM 온톨로지의 해당 컴포넌트와 연결하여 품질 정보를 활용한다.

분산 품질 정보 제공 서비스를 SOA 기반 웹서비스를 통해 통합하였고 이를 온톨로지로 설계 하였다. <Figure 9>와 같이 국방기술품질원 군수품 품질보증 워크북의 제품 순기별 품질 관련 사용자불만을 참고하여 품질 및 고객요구 사항을 식별하였다. 해당 품질 정보를 8가지로 분류된 품질 및 요구사항 중 관련 항목과 isRelatedTo 관계로 연결하였고, 분류 된 품질 및 요구사항은 무기체계 수명주기 단계인 개발, 양산, 운용 3단계에 isRelatedTo 관계로 연결하여 품질 온톨로지 관계망을 구축한다. 이는 해당 품질정보의 발생원인과 수명주기 상의 발생시점의 기본적 식별 값이 된다.

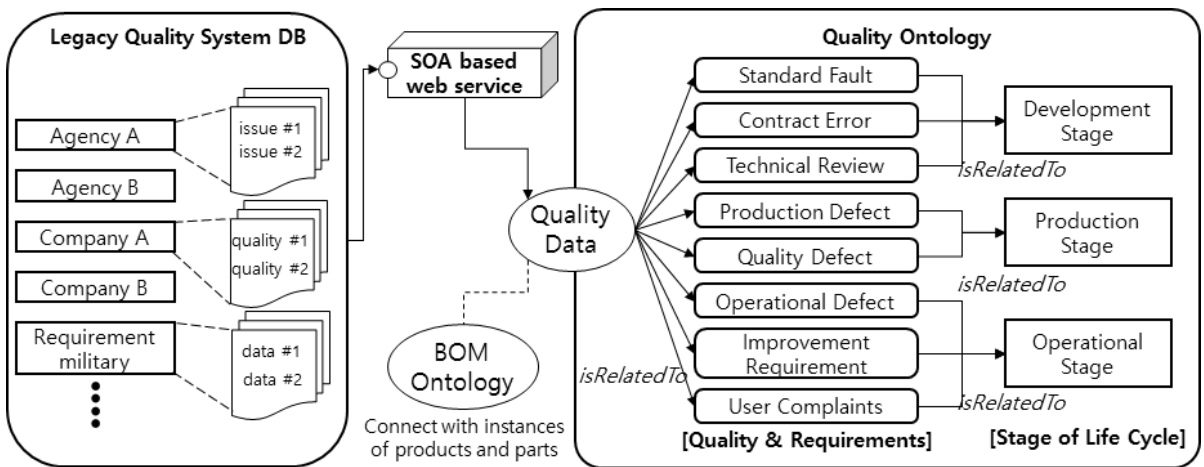


Figure 9. Quality ontology

3.4 온톨로지 통합

구축된 무기체계 BOM 온톨로지와 품질 온톨로지의 통합으로 제품 정보와 품질 정보들을 하나의 아키텍처로 구축한다. 이는 <Figure 1>의 군수품 수명주기 상에서 무기체계 품질 경영을 지원하는 지식공유 체계로써 품질 경영의 통합적 관리뿐만 아니라 업체별, 제품별 연관관계를 통한 무기체계 품질 경영을 지원 할 수 있을 것으로 기대된다. <Figure 10>와 같이 품질 온톨로지는 품질 및 요구사항 데이터의 해당 제품, 부품의 형상식별 위치를 기준으로 hasQualityProblem의 관계 연결을 통해 두 온톨로지 간의 통합을 이룬다.

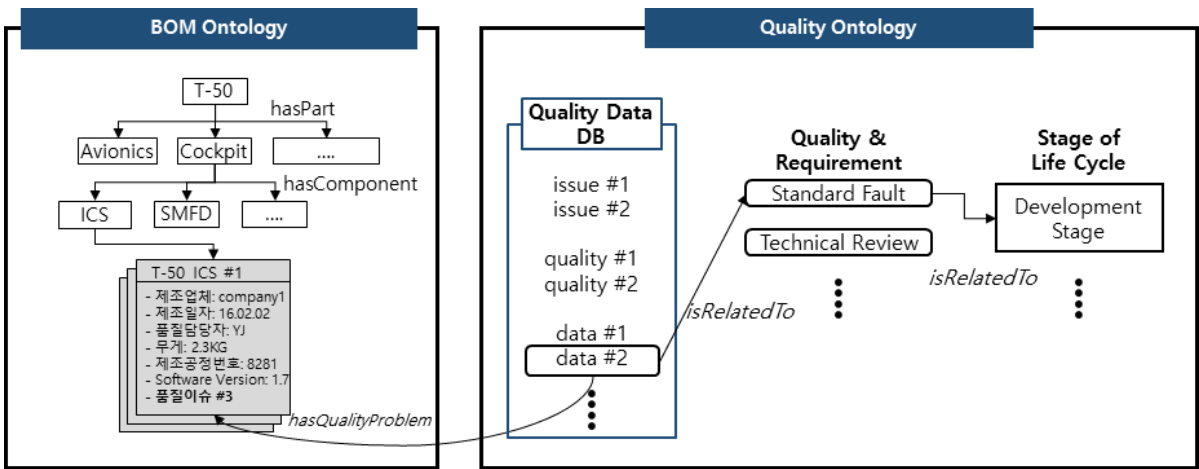


Figure 10. Integration of Ontology

4. 온톨로지 기반 품질 운영 시스템 구조

본 논문 3장에서 설계한 품질 운영 시스템 구조와 이론을 바탕으로 온톨로지를 활용하여 무기체계 품질 운영 시스템을 구축하였다. 무기체계의 제품 및 부품의 구조와 속성 정보 들을 온톨로지를 활용하여 품질 정보와 지식 공유 통합 환경을 구축하였다.

온톨로지 기반의 무기체계 품질 운영 시스템을 온톨로지 구축 도구인 Protégé를 이용하여 개발하였다. <Figure 11>의 왼쪽 화면은 Protégé를 이용한 무기체계 품질경영 온톨로지의 클래스 계층적 구조 화면이다. BOM 온톨로지와 품질 온톨로지를 개별의 클래스로 구성하고 이들을 관계성으로 연결하였다. 오른쪽 화면은 온톨로지 연결을 시각적 구조로 나타낸 화면이다. 부품 구조와 품질 정보간의 통합으로 개별 품질 문제 발생시, 사전에 정의 된 부품간의 구조 및 속성들의 관계 정보를 통해 타 제품에 품질 문제 가능성을 사전에 파악 및 인지할 수 있고 그에 적합한 품질 경영 활동을 지원 할 수 있다. 제품 구조 정보와 품질 지식 정보의 온톨로지 표현을 통해 품질 정보의 공유 체계를 구축 하였고, 품질 정보의 사용성을 높였다.

Protégé를 통해 무기체계의 제품 정보와 품질 정보를 온톨로지로 구축하여 품질 지식(knowledge)들의 의미론적 관계성을 구축하였다. 구축된 정보를 이용하여 제품과 품질정보의 추론을 통해 본 연구의 효용성과 활용 가능성을

확인 하고자 한다. 품질 온톨로지의 추론을 위해 프롤로그(Prolog) 프로그램을 사용하였다. 프롤로그는 ‘PROgramming in LOGic’의 축약형으로, 1970년대 프랑스 Marseilles대학의 Alan Colmerauer에 의해 개발된 프로그래밍 언어로서, 1차 술어 논리를 활용하여 자연언어를 추론과정에 이용하도록 만들어진 프로그램이다(Clocks

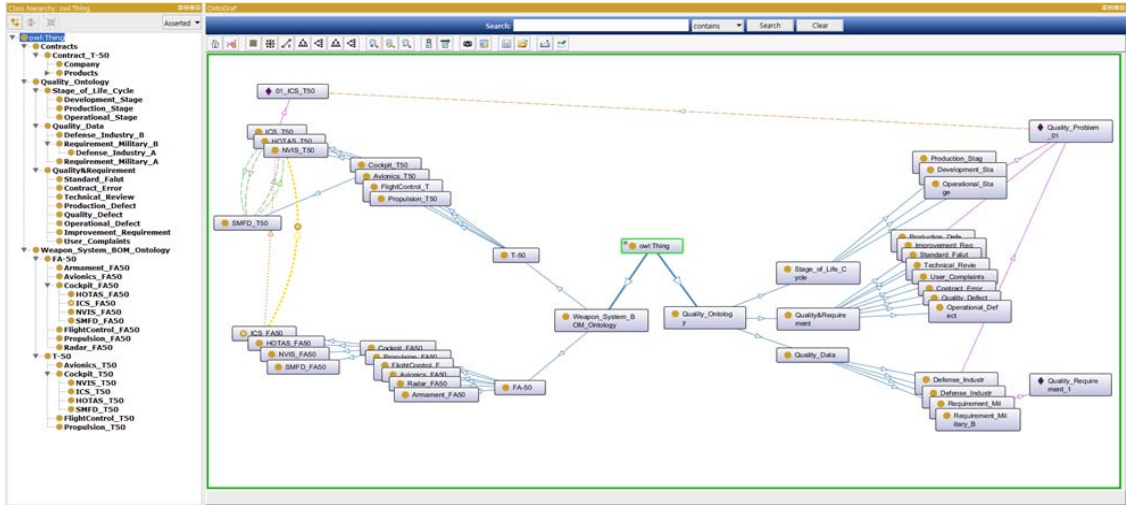


Figure 11. A screen of Ontology

and Mellish 2003). 온톨로지를 통해 구축된 지식기반의 정보들을 프롤로그의 사실 값으로 입력하고, 품질 운영에 활용 가능한 추론규칙들을 정의한 후 관련 질의문을 통해 원하는 정보와 데이터 값을 추론 할 수 있다. <Table 2>는 시나리오를 바탕으로 프롤로그의 질의 후 관련 정보를 추론한 결과 값이다.

Table 2. Result of Query using prolog

Input	Quality knowledge information expressed in ontology	
	First Scenario	Second Scenario
Scenario	What is the product that needs preventive maintenance and management through the quality problem that occurred in T50_ICS #1 and what is the relationship related to the product.	What are the parts of the sub-parts used for FA-50 that have the possibility of counterfeit as customer's requirement?
Rule of inference	is_related_problem(Problem, Products, Relation) :- quality_problem(Product, Problem), relation(Product, Products, Relation).	state(X, warning) :- counts(X, Y), Y>3. counterfeit(Product, Subproduct, Attri):- has(Product, Subproduct), attribute(Subproduct, attri), state(Attri, warning).
Query Prolog	is_related_problem(qualityIssue01, Product, Relation).	counterfeit(fa50, Subproduct, Attri).
Query Result	Product= t50smfd01, Relation= isSameQualityManager; Product= fa50ics01, Relation= hasDifferentCustomerRequirement; Product= fa50ics01, Relation= isSameManufacture.	Subproduct = fa50smfd01, Attri = a; Subproduct = fa50smfd02, Attri = a; Subproduct = fa50nvis01, Attri = a;

품질 문제나 고객 요구사항으로부터 적절한 의사결정을 지원하기 위해, 해당 제품과 품질 속성 관련성이 있는 개체의 관계정보 도출이라는 is_related_problem이라는 추론 규칙과 위변조 가능성이 있는 속성의 임계 값을 설정한 후 해당 임계 값을 초과하는 하위 부품을 위변조 관리대상의 선정이라는 counterfeit 추론 규칙을 위와 같이 정하였다. 첫 번째 시나리오는 업체 A의 T50_ICS 1호기 qualityIssus01과 관련 있는 제품과 관계정보를 도출하라 라는 쿼리문을 통해 결과 값을 얻을 수 있었다. 즉, T-50 ICS 1호기에서 발생한 문제로부터 해당 개체와 isSameQualityManager, hasDifferentCustomerRequirement, isSameManufacture 이라는 관계성으로 연결된 T-50 SMFD 1호기와 FA-50 ICS 1호기를 추론할 수 있다. 두 번째 시나리오는 FA-50의 하위부품 중 위변조 의심 부품을 품질 관리 대상으로 설정하라 라는 쿼리문을 통해 결과 값을 얻었다. 즉, 속성값을 가지고 있는 fa50smfd01, fa50smfd02, fa50nvis01의 하위 부품들이 품질 관리 대상으로 선정되었음을 나타낸다.

이는 하나의 품질 문제나 요구사항 정보로부터 타 제품과의 연관관계 및 관계성을 추론하여 파악하고 이를 바탕으로 적합한 예방 품질 활동이나 관리 방안을 도출하여 사전적 품질경영 활동을 수행 할 수 있을 것이다. 즉, 제품과 품질 관련 지식 체계를 구축 하고 이들 간의 관계성을 연결시켜 놓는다면 이를 통해 품질 운영의 효율성과 효과성을 높여 지속적 품질경영을 지향할 수 있을 것으로 판단된다.

5. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문은 현 국방 품질경영시스템의 한계점을 식별하고 이를 개선하기 위해 온톨로지를 활용한 무기체계 품질경영 시스템을 제안하였다. 무기체계 수명주기상의 품질경영은 복잡하게 얽힌 조직구조, 고도화 된 무기체계 그리고 분산된 품질경영 주체 등으로 인해 품질 정보간의 연계 및 연결성이 결여되어있다. 따라서 각 기업의 품질경영은 지역적이며 비효율성을 초래한다. 이에 본 논문은 무기체계의 지속적 품질 경영을 지원하기 위한 시스템적 접근 방법으로 제품 구조와 품질 정보간의 연결을 구조화 하여 표현하고 이를 실제 품질 운영에 지원하는 활용 방안을 연구하였다. 연계성 결여라는 한계점을 극복하기 위해서 온톨로지 개념을 활용하여 계층적 제품 구조와 부품 속성 값을 구조화하고 품질 정보와 통합하는 시스템적 방안을 제안한다. 추가적으로 분산된 품질 서비스와 시스템을 SOA 개념을 활용하여 통합하고 품질 데이터의 연관 관계를 연결하여 무기체계의 제품 및 품질 정보를 하나의 품질 경영의 지식 정보 체계를 구성하게 된다. 구축된 무기체계의 지식 정보 체계에서 프롤로그를 통한 추론으로 품질 관리 대상 및 속성 값을 식별 하였다. 제품과 품질 정보를 통해 구축한 통합 지식 정보 체계는 조직과 시스템에 영향 받지 않으면 전 방위적 관점에서의 무기체계 품질경영을 지원하는 효율적인 지식 공유 체계로 품질 운영 전반에 활용 가능 할 것으로 보인다. 이를 활용해 수명주기상의 품질 데이터의 통합 운영이 가능하며 예방 정비, 수직, 수평의 품질 분석 등 지속적 품질경영시스템을 지원 할 수 있을 것으로 기대된다.

연구를 통해, 분산된 품질 시스템 간의 정보 호환성과 공유성을 높이며 국방 품질경영의 유연성과 신속성을 강화 할 수 있는 체계를 제안하였다. 그러나 논문에서 제안한 무기체계 품질경영 시스템은 실 무기체계의 구조 정보와 품질 및 연관 정보들을 연구에 적용할 때, 국방 정보보안으로 인한 접근 및 사용에 어려움이 있었다. 따라서 관련 연구들과 무기체계의 기초 정보들을 바탕으로 데이터를 가공 하여 연구를 진행하였으며, 연구 모형의 범위와 형태를 항공기의 Cockpit 파트의 일선교환품목으로 한정지어 접근하였으며, 이에 현업의 복잡도와 한계점 등을 연구에 반영 하지 못하였다. 그러므로 향후에 실 데이터를 바탕으로 모의 운영 환경에 적용시켜 구체화하는 작업이 필수적이다. 이와 함께 온톨로지 정보의 자동 생성의 연구를 바탕으로 부품 추적, 실시간 품질 운영 등 무기체계 품질 경영의 응용 및 활용 가능성을 넓혀 나가는 연구를 진행하고자 한다.

REFERENCES

- Brown, Alan, Simon Johnston, and Kevin Kelly. 2002. "Using service-oriented architecture and component-based development to build web service applications." Rational Software Corporation 6.
- Choi, Jung-Hwoan, Jeong-Ho Park, Pyung Kim, Seungwoo Lee, Hanmin Jung, and Dongmin Seo. 2012. "Semantic Web based Multi-Dimensional Information Analysis System on the National Defense Weapons." *JOURNAL OF THE KOREA CONTENTS ASSOCIATION* 12 (11):502-510.
- Clocksini, William, and Christopher S Mellish. 2003. *Programming in PROLOG*: Springer Science & Business Media.
- Defense, Ministry of National. 2013. *A Study of the Quality Assurance System and Enforcement about Military Supplies*.
- Erl, Thomas. 2008. *Soa: principles of service design*. Vol. 1: Prentice Hall Upper Saddle River.
- Gruber, Thomas R. 1995. "Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing?" *International journal of human-computer studies* 43(5):907-928.
- Han, Changhee, Jinhee Shin, Donghee Yoo, Sungchun No, and Minyoung Ra. 2013. "Utilizing Ontology into Defense Domain." *KOREA INFORMATION SCIENCE SOCIETY*:129-131.
- Hegge, HMM, and JC Wortmann. 1991. "Generic bill-of-material: a new product model." *International Journal of Production Economics* 23(1):117-128.
- Hong, Chung-Seong, Hyun Kim, Joo-Haeng Lee, Hyun Chan Lee, Joonmyun Lee, and Soonhung Han. 2004. "An ontology-based approach for product knowledge sharing and integration." *Society Of Cadcam Engineers*:632-639.
- Jang, Bong Ki. 2014. "A Study on the development quality control by application of QFD and Stage-gate in defense system." *J Korean Soc Qual Manag* 42(3):279-290.
- Jang, Woo Hyuk. 2015. "A Study on Ontology Modeling for Weapon Parts Development Information." *Journal of Korea Multimedia Society* 18(7):873-885.
- Keen, Martin, Amit Acharya, Susan Bishop, Alan Hopkins, Sven Milinski, Chris Nott, Rick Robinson, Jonathan Adams, and Paul Verschuere. 2004. "Patterns: Implementing an SOA using an enterprise service bus." *IBM Redbooks* 336.
- Kim, Dae-Seok, Kyung-Ho Lee, Jung-Min Lee, Kwang Lee, and Jin-Ho Kim. 2011. "Building and Applying Shipbuilding Ontology for BOM Data Interoperability in Heterogeneous Shipbuilding PLM Systems." *Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers* 16(3):197-206.
- Kim, HunGil, SeMin Kwon, KyoungHo Cho, and Si-Il Sung. 2015. "Development of Quality Improvement Process based on the Maintenance Data of Weapon Systems." *J Korean Soc Qual Manag*. 43 (4):499-510.
- Kim, Jin Young. 2015. "A Study on Corruption in Defense and Security Sector regarding to defense procurement projects corruption." *The Korean Association for Corruption Studies* 20(4):1-22.
- Kim, Si-Ok, Chang-Woo Lee, and Sung-Hee Cha. 2013. "A Study on Process Control Modeling for Precision Guided Munitions Quality Control." *J Korean Soc Qual Manag*. 41(3):487-494.
- Kim, Sung-Do, Suk-Joo Bae, Ji-Eung Yang, Kyu-Suk Chung, Moon-Charn Riew, Sung-Uk Lim, Myung-joon Kim, Sang Ho Park, and Ji-Sun Jeong. 2016. "Model Development and Analysis for Assessment of the National Defense Industry Quality Management." *J Korean Soc Qual Manag*. 44 (2):278-296.
- Kim, Yongseop, and Deokhwan Kim. 2009. *Balanced Quality Management: Concept and Application to Defense Acquisition*.
- Lee, Sang Jin, and Yongsu Park. 2007. "The Effectiveness on the Certification of the Defense Quality System." *Journal of the Korea Society for Quality Management* 35 (3):101.
- Lund, Ketil, Anders Eggen, Dinko Hadzic, Trude Hafsoe, and Frank T Johnsen. 2007. "Using web services to re-

- alize service oriented architecture in military communication networks." *IEEE communications magazine* 45(10):47-53.
- Martínez-Costa, Micaela, Thomas Y Choi, Jose A Martínez, and Angel R Martínez-Lorente. 2009. "ISO 9000/1994, ISO 9001/2000 and TQM: The performance debate revisited." *Journal of Operations Management* 27(6):495-511.
- Matsokis, Aristeidis, and Dimitris Kiritsis. 2010. "An ontology-based approach for Product Lifecycle Management." *Computers in industry* 61(8):787-797.
- McGuinness, Deborah L, and Frank Van Harmelen. 2004. "OWL web ontology language overview." *W3C recommendation* 10(10):2004.
- Ministry of National Defense(MND). 2013. A Study of the Quality Assurance System and Enforcement about Military Supplies.
- No, Changyeon. 2015. Quality Lifecycle Management for Weapon System. *DEFENSE & TECHNOLOGY*, 68-75.
- Noh, Jaeyong, and Sangbok Ree. 2011. "An Empirical Study on the Influence of Business Performance by the Defense Quality Management System." *Journal of the Korean Society for Quality Management* 39(3):444-460.
- Noy, Natalya F, and Deborah L McGuinness. 2001. *Ontology development 101: A guide to creating your first ontology*. Stanford knowledge systems laboratory technical report KSL-01-05 and Stanford medical informatics technical report SMI-2001-0880, Stanford, CA.
- Noy, Natalya F., Michael Sintek, Stefan Decker, Monica Crubézy, Ray W. Ferguson, and Mark A. Musen. 2001. "Creating semantic web contents with protege-2000." *IEEE INTELLIGENT SYSTEMS*.
- Seo, Dong Jin, and Yoonho Seo. 2016. "A Method for build an Ontology-based Component Semantic Search System for Reconfiguration of Weapon System." *Journal of the Korea Society for Simulation* 25(1):11-20.
- Yoo, Donghee, Minyoung Ra, Changhee Han, Jinhee Shin, and Sungchun No. 2013. "Intelligent Army Tactical Command Information System based on National Defense Ontology." *Journal of the Korea Society of Computer and Information* 18(3):79-89.