



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2022년 8월
박사학위 논문

동시공학적 설계상류화 지원
지식공학 융복합 증강현실

조선대학교 대학원

선박해양공학과

김 원 중

동시공학적 설계상류화 지원 지식공학 융복합 증강현실

Augmented reality by knowledge
engineering and convergence science for
concurrent engineering and
constructability in design

2022년 8월 26일

조선대학교 대학원

선박해양공학과

김 원 중

동시공학적 설계상류화 지원
지식공학 융복합 증강현실

지도교수 안 규 백

이 논문을 공학 박사학위신청 논문으로 제출함

2022년 4월

조선대학교 대학원

선박해양공학과

김 원 중

김원중의 박사학위논문을 인준함

위원장 조선대학교 명예교수 윤 덕 영 (인)

위 원 조선대학교 명예교수 박 제 응 (인)

위 원 조선대학교 명예교수 이 귀 주 (인)

위 원 조선대학교 교 수 안 규 백 (인)

위 원 현대삼호중공업 책 임 박 정 희 (인)

2022년 6월

조선대학교 대학원

목 차

ABSTRACT	vii
제1장 서론	1
제1절 연구목적	1
제2절 연구배경	2
제3절 연구현황	5
제4절 연구범위	6
제5절 연구방법	9
제6절 기대효과	9
제2장 설계상류화 정보공유 방법론	12
제1절 설계상류화 도면정보공유	12
제2절 동시공학적 설계상류화 지원 온톨로지	19
제3절 공간 위치정보 기반 설계상류화 지원	37
제4절 설계상류화 지원 지식표현 방법론	41
제3장 설계상류화 플랫폼 아키텍처	45
제1절 지식공학 융복합 증강현실 플랫폼	45
제2절 스마트기기 기반 증강현실	47
제3절 도면 수기 스케치 인식 처리 방법론	59
제4장 결론	73
참고문헌	74

표 목 차

Table 1 Definition of vessel in future	10
Table 2 Homonym	20

도 목 차

Fig. 1 Evolutionary trends of the shipbuilding industry	3
Fig. 2 Scope of study (limited to the intersection of five fields)	8
Fig. 3 Drawing information inquiry (from following department) ·	12
Fig. 4 Drawing information inquiry (from preceding department)	13
Fig. 5 Classification of query contents of drawing	14
Fig. 6 Who to inquire about drawing (Direct)	15
Fig. 7 Who to inquire about drawing (Indirect)	16
Fig. 8 FAQ of drawing information	17
Fig. 9 Drawing classification & management	18
Fig. 10 Ontology class of knowledge sharing product model ..	20
Fig. 11 Ontology configuration of knowledge sharing product model	21
Fig. 12 Product model (Double bottom solid floor)	22
Fig. 13 Double bottom solid floor (Plate 1 & 2)	23
Fig. 14 Explored view double bottom solid floor	24
Fig. 15 Ontology instance of solid floor plate 1	25
Fig. 16 Sub-instance of flat bar stiffener 1	25
Fig. 17 Sub-instance of flat bar (End snip) A	26
Fig. 18 Sub-instance of flat bar (Ends snip) 1	26
Fig. 19 Explored view of solid floor plate 1	27
Fig. 20 Detail of cutouts	28
Fig. 21 Ontology instance of solid floor plate 2	29

Fig. 22 Sub-instance of flat bar stiffener 4	30
Fig. 23 Sub-instance of flat bar (Ends snip) 6	30
Fig. 24 Explored view solid floor plate 2	31
Fig. 25 Detail of cutouts	32
Fig. 26 Add Boundaries to Assemblies	33
Fig. 27 Boundary topology	34
Fig. 28 Expert answer (vibration domain)	35
Fig. 29 Superset & added penetration set	35
Fig. 30 Product model knowledge sharing ontology configuration	36
Fig. 31 Ontology configuration (property & network)	37
Fig. 32 Location-based Q&A service via GPS	38
Fig. 33 Space-based Q&A service	39
Fig. 34 Co-located attendee member service	40
Fig. 35 Classification of adjacent space participants	41
Fig. 36 Q&A case installation and accumulation	42
Fig. 37 Knowledge expression of Q&A sheet	43
Fig. 38 Knowledge engineering AR platform architecture	45
Fig. 39 Question answering process of knowledge sharing platform	46
Fig. 40 Search for answers of knowledge sharing platform	47
Fig. 41 AR product model (description)	48
Fig. 42 AR product model (screenshot)	49
Fig. 43 Explored view of AR product model (description)	51
Fig. 44 Explored view of AR product model (screenshot)	51
Fig. 45 AR user menu (description)	52
Fig. 46 AR user menu (screenshot)	52

Fig. 47 AR questions menu (description)	53
Fig. 48 AR questions menu (screenshot)	53
Fig. 49 AR ontology menu (description)	54
Fig. 50 AR ontology menu (screenshot)	54
Fig. 51 Question menu with ontology (description)	55
Fig. 52 Question menu with ontology (screenshot)	55
Fig. 53 Multi user collaboration (description)	56
Fig. 54 Multi user collaboration (screenshot)	56
Fig. 55 AR drawing title block (description)	57
Fig. 56 AR drawing title block (screenshot)	57
Fig. 57 AR answer related product model (description)	58
Fig. 58 AR answer related product model (screenshot)	58
Fig. 59 Handwritten sketch of basic shape for CFD analysis ·	59
Fig. 60 Procedure of handwritten sketch recognition and CFD analysis	60
Fig. 61 Sketch pattern of aerofoil for CFD analysis	62
Fig. 62 Train data of aerofoil sketch	62
Fig. 63 Validation data of aerofoil sketch	62
Fig. 64 Sketch pattern of angled duct for CFD analysis	63
Fig. 65 Train data of angled duct sketch	63
Fig. 66 Validation data of angled duct sketch	63
Fig. 67 Sketch pattern of axial combustion model for CFD analysis	64
Fig. 68 Train data of sketch of axial combustion model	64
Fig. 69 Validation data of sketch of axial combustion model ·	64
Fig. 70 Sketch pattern of forward step inlet for CFD analysis	65
Fig. 71 Train data of sketch of forward step inlet	65

Fig. 72 Validation data of sketch of forward step inlet	65
Fig. 73 Sketch pattern of nozzle for CFD analysis	66
Fig. 74 Train data of nozzle sketch	66
Fig. 75 Validation data of nozzle sketch	66
Fig. 76 Sketch pattern of square bend for CFD analysis	67
Fig. 77 Train data of sketch of square bend	67
Fig. 78 Validation data of sketch of square bend	67
Fig. 79 Sketch pattern of wedge for CFD analysis	68
Fig. 80 Train data of wedge sketch	68
Fig. 81 Validation data of wedge sketch	68
Fig. 82 CFD analysis by using aerofoil sketch	69
Fig. 83 CFD analysis by using angled duct sketch	70
Fig. 84 CFD analysis by using axial combustion model sketch	70
Fig. 85 CFD analysis by using forward step inlet sketch	71
Fig. 86 CFD analysis by using backward step nozzle outlet sketch	71
Fig. 87 CFD analysis by using square bend sketch	72
Fig. 88 CFD analysis by using wedge sketch	72

ABSTRACT

Augmented reality by knowledge engineering and convergence science for concurrent engineering and constructability in design

Kim WonJung

Advisor : Prof. An Gyu baek, Ph.D.

Department of Naval Architecture and
Ocean Engineering,

Graduate School of Chosun University

Recently, the development of convergence technology has advanced. Convergence technology is widely disseminated and spread in various fields. The shipbuilding industry is a comprehensive industry and requires application of convergence technology. The shipbuilding industry, which is a comprehensive industry, applied various technologies for collaboration between each sector within the company. Through many developments, each company introduced an excellent system and built it independently.

This study examined the situation in which future large shipyards, small and medium-sized shipyards, aircraft manufacturers, and drone startups collaborate through convergence. In the era of convergence, the knowledge sharing environment that can occur in the process of collaboration among companies was studied. This study also studied the knowledge sharing environment among each division inside a large shipyard. Constructibility in design, which occurs concurrently through knowledge sharing within and among companies, was studied.

With the recent development of digital twin and smart ships, shipyards

are preparing for future ships and advanced production technologies through smart ships and smart shipyard projects. Digital twin provides a design production environment that matches reality and virtuality based on product models. Ontology is used for product model description.

In this study, a method of communicating expertise in different industries using design drawings was studied. To this end, an ontology for knowledge sharing was studied. In knowledge sharing among companies, it is difficult for the questioner to know whom to ask. A study was conducted to predict who might be able to answer a question. A method of systematically accumulating and conveniently using questions and answers in knowledge sharing was studied. Through this, knowledge engineering and convergence science among companies was studied. A method to promote the participation of intellectuals and experts in knowledge sharing was studied. In this study, a classification search method was studied in consideration of location, space, time, and participant composition in knowledge sharing. For the convenience of users in knowledge sharing, a method of using augmented reality was studied. A user-participating augmented reality method was developed in a simultaneous situation for constructibility in design. It is implemented as an augmented reality app that can be used on popular smartphones.

As a result of this study, an augmented reality platform architecture powered by knowledge engineering and convergence science was proposed. Therefore, augmented reality by knowledge engineering and convergence science for concurrent engineering and constructability in design was proposed.

제1장 서론

제1절 연구목적

본 연구는 서로 다른 산업 분야에서 협업하는 미래 융복합 환경에서 설계도면을 통한 소통과 전문지식의 공유를 위한 지식공학 융복합 증강현실에 관한 연구이다.

최근 설계업무는 3차원 CAD 모델러(Modeler)를 이용한 제품모델(Product model) 기법을 활용하고 있다. 제품모델은 현실에서 제작될 실물 제품과 같은 것을 컴퓨터상에 가상으로 미리 만들어 놓은 것이다. 가상이 현실과 쌍둥이처럼 모사된 디지털 트윈(Digital twin)도 여기에 해당한다. 제품모델이 있으면 필요한 부분의 도면을 편리하게 작성할 수 있다. 이를 두고 도면을 내리는 작업이라고 한다. 다만, 설계도면 작성에는 제품모델 작업이 선행되어야 하고 그 이후에 설계도면을 추가로 작성해서 출력하므로 업무 부담은 오히려 늘어난다. 물론 종이 도면 없는 설계환경의 지향점도 있지만, 도면작성을 제외하더라도 제품모델 작업 자체 난이도가 높다. 게다가 미래 융복합 환경에서는 이기종 CAD 간의 호환성 문제가 있고 서로 다른 분야의 설계 관점을 이해하여 의도를 파악하기 위해서 설계도면의 존재가치는 여전히 건재하다. 전자 도면도 있지만, 사용자 경험과 편의성 높은 종이 도면의 필요성은 여전하다.

이에 본 연구는 역발상으로 접근하여, 종이 도면의 편의성에 기능성을 증강하는 방법으로, 출력도면에 제품모델이 자동으로 표시되도록 하고자 한다. 출력도면에 제품모델이 떠올라 나타난다는 의미로 이를 일컬어 “제품모델 올라오기”라고 표현하고자 한다. 종이 도면을 모바일 스마트기기로 비추어 보면 해당 제품모델이 나타나 떠오르도록 하는 것이다. 현실 종이 도면 위에 실감 나는 3차원 제품모델이 떠올라 증강된 모습이 보이도록 하는 설계도면 증강현실이다.

본 연구는 스마트기기를 사용하는 설계도면 증강현실로 2차원 설계도면에 3차원 제품모델 가시성을 부여하고자 한다. 이로써 설계도면을 펼쳐놓고 그 위에 실물을 놓고 보는 것처럼 현실감을 높여주고자 한다. 이렇게 해서 서로 다른 분야 전문지식을 융복합한 질문과 답변의 토론이 용이하여 원활해지도록 하고자 한다. 이와 같은 스마트기기의 활용과 가시성은 사용자의 호기심을 유발하여 토론에 유입을 유도하는 역할도 한다. 여기에 더불어 전문지식의 답변에 적절한 보상을 부여함으로써 유입 사용

자의 지속적인 참여를 유지할 수 있는 플랫폼을 제안하고자 한다.

융복합 설계환경에서 설계도면 증강현실은 원활한 소통이 가능하게 하는 매개체이다. 소통을 통해 이루고자 하는 목적은 융복합으로 참여하는 분산되고 이질적인 설계 부문 모두가 동시공학적으로 설계상류화를 이루고자 한다. 원활한 소통으로 생산가능성을 고려한 설계변경이 용이하고, 자유롭고 창의적인 빈번한 설계변경을 서로 수용할 수 있는 설계상류화 환경을 마련하고자 한다.

이를 위해 본 연구에서는 융복합 제조환경에서 동시공학적인 설계상류화를 지원하기 위하여 서로 다른 산업 분야의 전문지식을 융복합하는 질문과 답변이 오가는 토론을 위한 증강현실 플랫폼 아키텍처를 제안하고자 한다.

제2절 연구배경

최근 여러 분야에서 폭넓은 영역으로 깊이 있게 융복합을 진행하고 있다. 융복합은 학제 간, 영역 간의 관념 또는 실재하는 장벽을 넘어 더 넓은 분야로 확산하고 있다. 육상 차량, 수상 선박, 수중 잠수함, 공중 항공기, 우주 발사체 등의 융복합 전성기를 맞이하고 있다. 조선산업도 이미 그러한 추세에 따르고 있으며 갈수록 융복합의 범위는 넓어지고 고도화되어 가고 있다. 예를 들어 육상과 해상을 자유롭게 오가는 수송체, 항공기 탑재 운송 선박, 항공기 융합 선박, 무인 자율운항 선박 등 새로운 개념의 고도화된 미래형 융복합 수송체의 수요와 출현이 예상된다. 신규 출현 주기 단축도 예상된다.

기존 조선산업은 실적선이 많을수록 제품의 품질과 생산성 그리고 가격경쟁력에서 유리하다. 유사도가 높은 실적선이 많을수록 더욱 유리하다. 동일한 선박을 추가 수주가 가장 유리할 것이다. 비록 동일한 선박을 시리즈로 동시에 여러 척 수주하더라도 자재 수급과 항로 등 선주의 요구에 따라 각 호선별로 변화를 줄 수 있어서 완벽히 동일한 제품 설계가 아닐지라도 유사도가 높아서 설계, 제작, 건조에 유리하다. 유사 실적선이 많을수록 설계오류, 오작 등의 시행착오를 줄일 수 있고 선가의 예측 정확도가 높다. 다만 자재 원가, 임금, 금리, 환율 등의 변화로 인해 동일한 선박이라 할지라도 선가는 차이가 날 수 있다. 따라서 풍부한 실적선이 조선산업의 통상적인 경쟁력이라고 할 수 있다. 조선산업은 세계적인 치열한 가격경쟁에서 선가가 높고 고

부가가치인 선박에서 경쟁력을 확보하는 돌파구를 마련해왔다. 선박 제품의 품질 향상과 조선산업의 기술수요를 능동적으로 수용하여 차별화된 경쟁력을 갖추어 왔다. 여기까지를 고려하자면 기존의 기술고도화를 통한 선박 제품의 진화라고 할 수 있다.

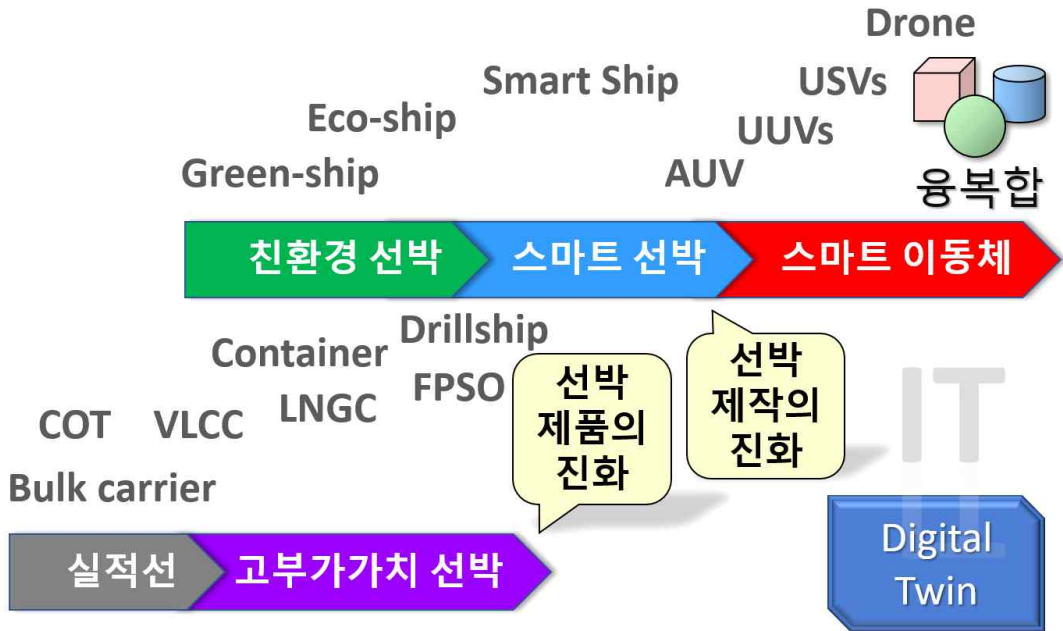


Fig. 1 Evolutionary trends of the shipbuilding industry

최근 세계적인 이슈로 부상한 친환경 트렌드는 국제기구, 국가, 민간 영역에서 영향력을 행사하여 친환경 선박에 대한 요구와 관련 규제가 급속히 증가하고 있다. 인공지능(AI), 빅데이터(Big Data), 로봇화, 사물인터넷(IoT), 초연결 시대, 디지털 트윈(Digital Twin) 등 일명 4차 산업혁명 시대로 일컬어지는 최신의 정보기술을 적용한 스마트 선박(Smart Ship)으로 조선산업의 경쟁력을 찾고도 있다. 더 나아가 조선산업의 영역(Domain) 한계를 초월하는 스마트 이동체 융복합 시대가 열리고 있다. 선박과 항공의 융복합, 자동항법의 고도화를 이루는 무인화 단계에 이르고 있다. 제작환경이 조선소(Ship Yard)를 넘어설 단계에 이른 것이다. 대형조선소와 중소조선소의 협업, 항공제작사와 협업, 기술 도전적인 드론(Drone) 스타트업(Startup)과의 협업, 디지털 트윈 전문기업과의 협업 등으로 폐쇄형에서 개방형으로 융복합 시대를 맞이하고 있다. 이러한 미래 선박공학을 고려하자면 선박 제작의 진화과정에 직면하고

있다.

본 논문에서는 조선산업의 스마트 이동체 융복합 시대에 부합하는 스마트 기술에 기반한 동시공학적 설계상류화 지원 지식공학 융복합 증강현실에 관한 연구와 고찰을 다루고자 한다. 미래 선박의 융복합 공동개발 방식에 있어서 융복합 협업에 필요한 긴밀하고 원활한 소통이 절실히 필요하게 된다. 본 논문은 이와 같은 융복합 협업 환경에서 전문지식의 소통 플랫폼 연구가 목적이다.

조선산업은 자체적으로 선박, 기계, 토목, 건설, 전기, 전자, 전산, 금속, 화학, 환경 등을 포함하는 종합산업이다. 다양한 CAD, CAM, CAE 및 모델러 소프트웨어를 도입하여 사용하게 된다. 특히 CAD는 분야마다, 제조사마다, 심지어 프로젝트마다 서로 다른 전용 CAD 소프트웨어를 사용하고 있으며 각각 전문적으로 고도화하며 발전하고 있다. 비록 이기종 CAD 파일 호환 규격과 방법이 있지만, 각 전용 CAD는 전문분야의 고유한 특성 때문에 완벽한 호환이 어렵다. 조선산업은 융복합에 따른 이기종 CAD 모델러 사용에 적합하게 대응해야 한다. 이러한 이유로 아직도 종이 도면을 통한 설계 정보 전달 및 공유는 현실적으로 필요하다.

미래 선박공학의 조선산업은 디지털 트윈 스마트 야드와 같은 고도화된 정보기술 인프라 위에서 설계, 제작, 건조가 이루어지게 되는데, 기존의 도면 위주의 정보 전달에서 제품모델 위주의 정보공유로 바뀌게 된다. 이때 독자적인 디지털 트윈 스마트 야드를 구축한 선진조선소는 자동화의 섬에 고립될 우려가 있다. 스마트 이동체 융복합 시대에 타 분야와 협업에서 필연적으로 정보공유의 문제가 발생한다. 대표적으로 서로 다른 제품모델러, 예를 들어 이종 CAD를 사용할 경우 제품모델 정보 호환성 문제에 먼저 직면한다. 물론 이기종 CAD에서 생성한 모델 파일을 중립 포맷 파일로 변환하여 전달할 수 있지만 이때 기존 CAD 특화 모델 정보가 누락되는 문제가 발생합니다. 이 과정에서 협업 부서에서는 여러 가지 질문사항이 발생할 것이다. 또는 분야별 관점의 차이로 협업에 중요한 정보가 누락된 사실을 인지할 수 없는 경우에는 설계 오류와 이어지는 오작의 시행착오를 막을 수 없다. 따라서 이때 전통적인 정보 전달 수단인 도면의 필요성이 대두된다. 도면은 단순히 제품의 형상을 나타내는 것에 그치지 않고 어떤 관측점에서 어떤 단면을 대상으로 얼마만큼 규격화하여 표기하느냐에 따라서 정보 전달의 주안점이 달라진다. 예를 들어 구조설계를 위한 형치수(Moulded Dimension)의 경우에 선박의 전폭(Extreme Breadth)과 형폭(Moulded Breadth)의 구분과 활용은 서로 다른 분야의 차이점을 알 수 있다. 이는 평면이나 곡면의 면(surface)을 주로 취급하는 선박 건조의 판재 두께 배치 방향 규약을 반영

한 것이다. 여기에 더 나아가 강선구조 규정, 선박만재흡수선 규정 등 선박 관련 법률과 등록 증서에 명시하여 사용한다. 이처럼 제품모델 정보와 제품도면 정보는 취급하는 내용과 방법에 확연한 차이가 있다.

이러한 융복합 시대는 정보통신 기술(ICT)의 융합으로 4차 산업혁명 시대로 일컬어지는 초고속, 초연결, 초지능, 초실감을 통해 초융합 시대로 향하고 있다. 조선산업의 경우 이미 해상, 육상, 공중을 넘나드는 학제 간, 영역 간의 융복합이 군사 분야를 비롯하여 민간 분야까지 널리 확산하고 있다. 이때 서로 다른 분야 사이에 전문지식과 정보를 원활하게 소통하고 공유하는데 필요한 전용 플랫폼을 제안하고자 한다. 스마트기기를 이용한 증강현실 기반 플랫폼의 아키텍처를 제안하며, 이는 외부 협업 기업과의 소통뿐만 아니라 기존 기업 내부의 자체 소통도 포함한다.

제3절 연구현황

최근 스마트 선박, 스마트 조선소 분야에서 산업현장에 증강현실 기술적용이 진행되고 있다. 2021년 3월 국내 대형조선소 D사는 국내 증강현실 전문기업인 국내 U사와 스마트 야드(스마트 조선소) 구축을 위한 업무협약식을 했다.[26] 2019년 11월 또 다른 국내 대형조선소인 S사는 국내 증강현실 전문기업인 상기 U사와 선박설계 및 조선소 디지털 트윈 관련 업무 협약식을 하여 조선 분야 무도면 프로젝트를 진행한 바 있다.[25]

스마트 선박, 스마트 야드 관련 연구로는, 사물인터넷(IoT) 시스템으로 조선소의 모니터링과 제어 연구[1], 조선소 선박 건조 공정 스마트화 관련 기술 연구[7], 스마트 조선소 구축 관련 스마트 공장 진단 연구[9] 등이 있다.

디지털 트윈 관련 연구로는, 중소 제조업 스마트 제조 관련 사이버 물리 시스템의 디지털트윈 테스트베드 연구[6], 웹 서비스 스마트 시티 디지털 트윈 경량화 모델 시스템 구축 연구[11], 사용자 친화적인 스마트 제조 클라우드 플랫폼 디지털 트윈 구축 연구[15], 국내 디지털 트윈 연구 동향에 대한 조사 및 분석[14] 등이 있다.

증강현실 관련 연구는, 증강현실 모델 위치 정합에 관한 기계학습으로 선박 블록 윤곽선을 검출하는 연구[3], 배관 ISO 도면 파일, PCF 파일 증강현실 및 가상현실 모델 생성 방법 연구[12][13] 등이 있다.

조선분야 CAD 관련 연구로는, Unity 3D를 기반으로 3D CAD 모델로 해양플랜트 배관 모니터링 연구[5], 조선해양 CAD 환경 선박 배관 자동배치 연구[17] 등이 있다.

조선분야 시뮬레이션 관련 연구는, 다목적 조선 해양 시뮬레이션 연구[16], 조선소 생산 환경의 변동성 요소 시뮬레이션 생산계획 연구[19], 조선소 선박 건조 공정, 공간 배치, 물류에 관한 시뮬레이션 연구[22], 조선소 소조립 정반 배치 공간 계획 시뮬레이션 연구[23] 등이 있다.

설계상류화에 대한 고찰은, 설계상류화 해양플랜트 EPC Risk 대응 관리 전략[10], 건설과 엔지니어링 프로젝트에 있어서 설계상류화[24] 등에서 다루고 있다.

도면 및 스케치 관련 연구로는, 스케치를 자동 인식 디지털 도면 생성 연구[8], CFD관련 스케치를 인공지능으로 인식하여 OpenFOAM으로 자동 해석하는 연구[4] 등이 있다.

융복합 분야 질문과 답변을 다루기 위한 지식공학 관련 연구로는, 건조 규격서 추적 온톨로지 모델 및 제품구조 통합 연구[2], 대화형 영상 분할 시드 정보 확장 연구[18], 이야기형 설명문 이용 대규모 비디오 학습관련 연구[20], 지식베이스 구축 머신러닝을 이용한 지식 추출 통합 연구[21] 등이 있다.

제4절 연구범위

미래 융복합 수송체 개발 제작은 크게 두 가지로 방식으로 설명할 수 있다. 첫째는 하나의 기업이 주도로 자체 융복합 신제품을 개발 제작하는 방식이다. 두 번째는 둘 이상의 전혀 다른 분야 전문기업이 주도권 다툼 없이 공정하고 공평하게 균형을 이루며 융복합 신제품을 공동개발 제작하는 방식이다. 둘 이상의 기업이 협업하더라도 주도권이 하나의 기업에 전속되고 다른 기업은 아웃소싱에 불과하다면 첫 번째 방식이다.

융복합 시대 이전의 설계는 사전에 계획적이고 준비가 조직적이며 실행이 체계적으로 과업을 달성하지만, 융복합 시대에서 설계는 신제품 발명과 같이 창의적으로 계획하고 예상치 못한 문제에 직면할 때 대처할 해결 능력과 이를 위한 원활한 소통 플랫폼이 과업 달성에 필요하다.

본 연구는 급변하는 융복합 제조환경에 따라 제품 설계를 새로운 관점으로 조명하

고자 한다. 예를 들어 자동차산업, 조선 해양플랜트산업, 항공우주산업, 무인 자율주행 자동항법 체계와 함께 융복합한다면 각각 전문분야에서 협업이 필요하다. 이때 전문분야마다 각기 다른 전용 CAD 소프트웨어의 호환성 이슈가 우선 발생한다. 최근 CAD는 제품 모델(Product model)을 지원하는 3D Solid CAD 커널(Kernel) 엔진 기반의 모델러(Modeler)가 주류이다. 이기종 CAD 데이터 호환을 위해 3차원 형상 정보 위주 변환용 중립 파일을 사용한다. 변환용 중립 파일은 분야별 전용 CAD 파일의 정보를 모두 포함할 수는 없다. 또한 이기종 CAD 파일을 직접 저장하는 기능(Save-as 기능)도 CAD 버전 관리 문제 등으로 완벽한 호환이 어렵다. 따라서 이기종 CAD 파일 호환은 한계가 있다. 여기에 더해 융복합 환경에서 서로 설계의 관점을 이해하고 의도를 파악하기 위해서는 여전히 출력 도면이 함께 필요하게 된다. 이에 본 연구에서는 융복합 설계환경에서 출력 도면을 이용하는 원활한 소통 증진과 전문지식 공유의 효율성을 향상시킬 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

융복합 설계환경에서 소통과 전문지식 공유는 설계자의 현업 질문에서 시작한다. 그 질문은, 창의적인 제품 설계 혁신을 위한 소통, 동시공학적 설계상류화를 위한 소통, 설계상 문제점을 해결하려는 설계 개선을 위한 소통, 협업 현안에 대한 전문지식 질의, 직원별 직무교육 및 직무역량 차이에 따른 내부 질의 등이다. 그리고 이를 누구에게 질문해야 하는지, 누가 답변할 여유가 있는지를 알아내는 것도 필요하다. 질문자는 답변 대상자가 누구인지 모를 경우와 알게 되더라도 그 사람이 이직 등으로 답변받기 어려운 경우 곤란하게 된다. 즉, 질문 내용만큼이나 답변 대상자를 찾는 것도 중요한 사안이다.

본 연구는 증강현실 기술을 통해 조선산업의 초융합을 목적으로 한다. 구체적으로는 동시다발적인 설계업무의 동시공학성 향상에 관한 것이다. 설계업무의 동시공학성에 있어서 제품의 전주기(Product life cycle)를 미리 숙고하여 생산성을 반영한 설계상류화에 관한 것이다. 설계업무의 의사소통에 있어서 지식공학 이용에 관한 것이다. 다양한 분야의 전문지식을 융복합하는 활용에 관한 것이다. 이때 스마트기기의 도움으로 증강현실을 통해 사용자 편의성 향상에 관한 것이다. 상기 동시공학, 설계상류화, 지식공학, 융복합, 증강현실은 하나하나마다 고유의 학문적 방대한 영역이 있다. 본 연구에서는 이를 모두 포괄적으로 다루지는 않고 그 기술의 일부 교집합 부분에 한정하여 구체적인 사례를 통해 실증성을 고찰하고자 한다.

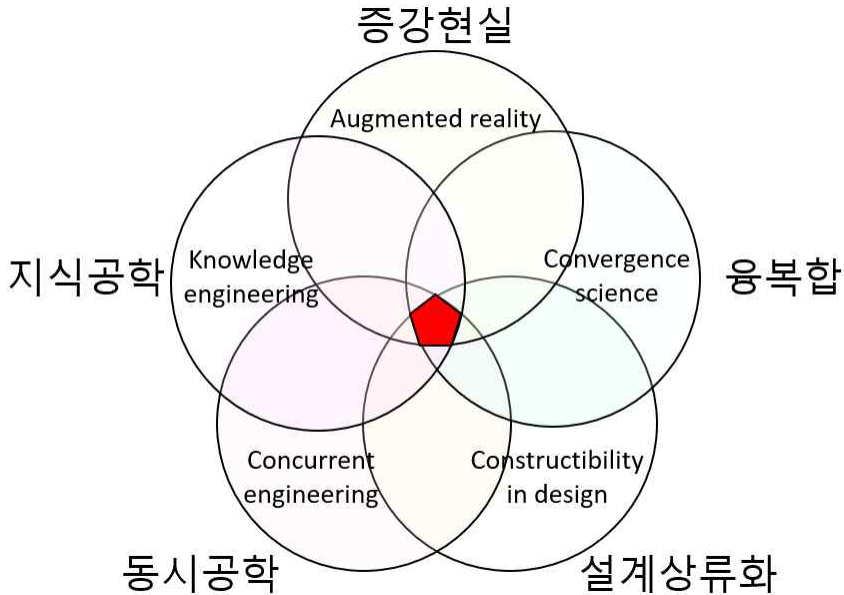


Fig. 2 Scope of study (limited to the intersection of five fields)

이종 기업 간 협업에서는 이종 CAD 호환 문제가 주요 이슈이다. 전문분야 특수성이 있는 이종 CAD의 완전무결한 호환은 쉽지 않기 때문에 결국 종이 도면을 통한 설계정보 이해와 공유는 계속 유효하다. 본 연구는 증강현실을 통한 종이 도면 추출 정보의 스마트기기 활용에 관한 연구를 대상으로 한다.

융복합 협업 환경의 전문지식 소통 플랫폼은 비단 서로 분야가 완전히 다른 전문 기업 사이에서만 아니라 단일 조선소 내부에서도 필요하다. 단일 조선소 내부에서도 이제는 부서 간 융복합이 이루어져야 한다. 부서 간에 동시다발적으로 발생할 수 있는 설계 개선에 대한 창의적 발상과 의욕을 잠시의 희망으로 지나치지 않고 혁신적인 우수 아이디어로 발굴할 수 있는 장치로서 기능을 하게 된다. 설계상류화를 위한 동시공학적 시도가 가능해진다.

본 연구에서는 융복합 전문지식 공유 플랫폼의 아키텍처를 제안하고자 한다. 이를 위해 먼저 융복합 전문지식 공유 환경을 분석하고자 한다. 그리고 제안될 플랫폼 아키텍처의 분야별 요소 기술을 개발하고자 한다.

제5절 연구방법

본 연구에서는 지식공학 융복합 증강현실 플랫폼 아키텍처 구성을 제안하였다. 여기에 질문과 답변을 저장하는 방식은 지식표현 방법론을 사용하였다. 또한, 공간 위치 기반 동시공학적 설계상류화 지식공유 방법은 서버, 네트워크 라우터, 네트워크 스위치, 무선인터넷 AP(Wireless Access Point)를 이용하여 공간정보를 획득하고, 스마트기기의 GPS수신기로 위치정보를 획득한다. 스마트기기의 가속도센서를 사용하여 공간정보가 보정된다. 스마트기기 기반 도면인식 증강현실을 구현하였으며, 도면 및 문서 지식공유를 위한 스케치 인식을 구현한다. 공개소스 프로젝트로 이미지 처리를 구현하였고 합성곱 인공 신경망 딥러닝 인공지능기법으로 스케치를 인식한다. 사례기반추론기법과 전문가시스템 기법을 사용하여 지식공학 융복합 질문 및 답변 프레임워크와 지식베이스를 구축한다.

소프트웨어 저작도구로는, 플랫폼 시스템 GUI 개발에 Visual Studio 2019 C++, 스마트 앱 프로그래밍에 Visual Studio 2019 C#, 시험개발 프로그래밍에 MATLAB R2021a, 지식공학 융복합에 Python 3.10.1, 스마트기기 앱 개발에 Android Studio, 이미지 프로세싱에 OpenCV, 인공지능 딥러닝에 Keras, 스마트기기 증강현실 앱 개발에 Unity 2020.3.33f1, 스마트기기 증강현실 엔진으로 vuforia, CFD 해석 소프트웨어로 OpenFOAM, CFD 해석결과 표시에 ParaView, 제품모델 모델링에 CATIA V5를 사용하였다.

프로그래밍 하드웨어 환경은 워크스테이션 컴퓨터로 Intel Core i7-12700K, RAM 32GB, Windows 11을 사용하였다. 증강현실에 사용한 스마트 기기는 삼성 Galaxy S20 5G(SM-G981N), Qualcomm Snapdragon 865 SM8250 Platform, 12GB LPDDR5 SDRAM 128GB, Android 12, 스마트폰을 사용하였다.

제6절 기대효과

자동차, 선박, 항공기, 무인화가 결합한 미래 융복합 환경에서 산업 분야를 선명하게 구분하기 어려워진다. 자동차가 수상, 공중을 무인화로 이동할 수도 있고, 선박이 공중과 육상을 무인화로 이동할 수도 있다. 이와 같은 상황에서는 미래 융복합 선박

의 카테고리를 미리 고려해 둘 필요가 있다. 이미 선박은 스마트 선박을 초월하여 스마트 이동체 융합 공학으로 개념의 전환을 시도하고 있다. 그러나 범용적인 용어인 이동체는 선박 고유의 의미와 가치를 상실할 수 있다. 그래서 Table 1에 미래 선박을 정의하였다.

Table 1 Definition of vessel in future

선박의 새로운 정의 : 밀도가 다른 하나 이상의 유체 특성 또는 그 경계면[†]과 접촉하거나 상호작용하는 역학을 이용하는 수송체[‡]

[†]경계면 : 자유표면 등을 의미

[‡]수송체 : 운항체, 부유체, 비행체, 잠수체, 매설체, 탑재체, 이동체 포함

미래 선박공학은 조선산업의 스마트 이동체 융복합 시대에 부합하도록 선박의 새로운 정의가 필요하다. 통상적으로 수상 및 해상 또는 그 인근에서 활동하는 운송수단이라는 기존의 범위를 초월하게 된다. 극도로 깊은 수심의 잠수체, 심해저 매설체, 수상과 지상을 오가는 부유체, 고공을 자율운항하는 이동체, 해상 악천후를 극복하는 응급수송체, 특수한 유동체 속을 운항하는 이동체 등이다. 또한 이들을 결합하여 함께 운용할 수 있는 융복합 체계를 포함한다. 예를 들어 해상과 통신이 차단된 심해에서 자율운항하는 무인잠수정, 해상 공항을 운용하는 선박인 항공모함, 모함 함재 수륙양용 자함 및 함재 회전익 항공기가 합동으로 상륙작전을 수행하는 강습상륙함, 함정에서 고공으로 투발하여 목표해역에 입수시켜 원거리 잠수함을 타격하는 어뢰, 고전적인 선박 상부 구조물과 하부 선형의 경계를 없앤 상하부 전체 외관 연속성 선박, 외부 노출 설비 내장형 선박 및 추진기 매립형 선박 등으로 이해를 돕는 설명을 할 수 있다.

본 논문의 고찰을 통해서 미래 첨단 제품모델 디지털 트윈 시대에도 전통 종이 도면 가치의 건재를 확인할 수 있을 것으로 기대한다. 본 연구의 지식공학 융복합 증강 현실 기법을 통한 종이 도면에 대한 기대이다.

제조업 융복합 시대에 지식공학 융복합이 기대할 수 있는 동시공학적 설계상류화는 신개념 수송체의 산업 간 융복합 설계를 촉진하고 자극하는 역할을 할 것으로 기대한다. 신개념 제품 자체와 신제품을 만드는 과정의 개선이 가능할 것으로 기대한

다. 설계실무자의 설계변경 및 설계 개선에 관한 활발한 설계 토론 문화는 동시공학 적 설계상류화를 견인할 것으로 기대할 수 있다.

본 연구에서 제안하는 지식공학 융복합 증강현실 플랫폼 아키텍처는 적절한 보상 체계와 호기심 유발로 사용자의 유입을 견인하고 관계의 지속성으로 사용자의 계속 참여를 유지한다면 쌓여가게 될 융복합 전문 지식베이스가 결국 빅데이터(Big data) 규모로 성장할 수 있을 것으로 기대한다. 지시공학 융복합 지식베이스가 빅데이터 규모로 조성된다면 하나의 고유한 비즈니스모델로 자리잡게 될 것으로 기대한다.

동시공학 적 설계상류화 지원 지식공학 융복합 증강현실에 대한 연구는 미래 첨단 융합 과학 기술 시대에 맞는 선진적 연구 테마로 사료되며, 미래 조선산업에 새로운 지평의 로드맵을 펼치는 선도적 연구 과제이고, 핵심 원천 기술은 다른 산업 분야에 까지 그 파급효과가 기대되는바 연구의 목적이 실용적이고 미래지향적이다.

제2장 설계상류화 정보공유 방법론

제1절 설계상류화 도면정보공유

선행부서에서 생성한 도면과 함께 선행 결과물을 이어받아 설계자의 설계로 작성자가 도면을 작성한다. 설계도면은 선행부서에서 후속부서로 이어 진행하면서 초기 기본 도면에서 상세도면, 생산도면으로 상세화되어 간다. 일반적으로 설계자가 도면 작성자와 동일인이다. 특수한 경우 설계자와 도면 작성자가 다를 수 있다. 작성된 도면은 부서 내 검수자에게 도면 점검을 받는다. 도면 점검은 도면작성의 사내 부서 형식 규격을 준수했는지를 비롯해 설계 검토까지 함께 이루어진다. 검수자가 도면 검수를 마치면 승인자에게 도면을 최종 승인받을 수 있다. 승인자는 도면에 대한 책임을 지니게 된다. 중소기업의 경우 승인자와 검수자가 동일인 경우가 있다. 승인된 도면은 도면 관리자에 의하여 관리되며 후속부서로 전달된다. 필요한 관련 결과물도 함께 전달된다. 관리자는 작성자, 검수자, 또는 승인자가 대신 할 수 있다.

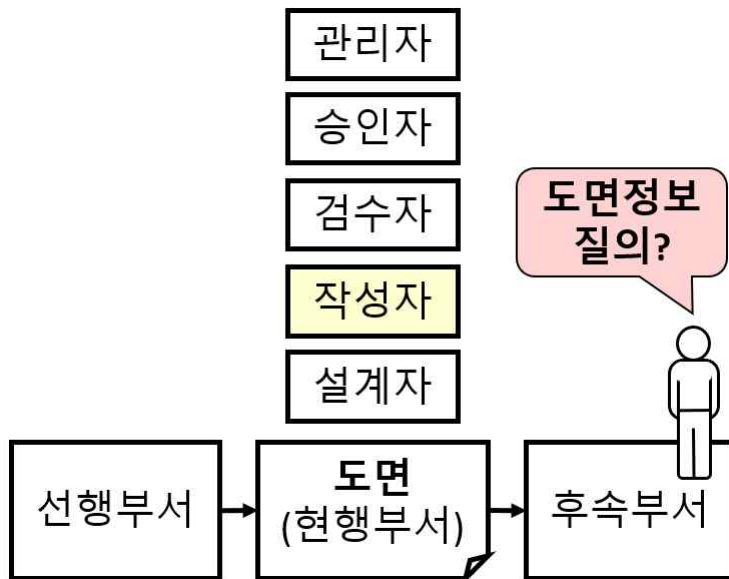


Fig. 3 Drawing information inquiry (from following department)

후속부서에서 도면을 이어받아 후속 작업을 진행하는 담당자는 선행작업에 궁금한 점이 있으면 선행부서에 질의 사항을 문의하게 된다. 일반적으로 해당 선행부서 도면 작성자에게 문의하게 된다. 문의 사항은 첫째, 모르는 부분에 대한 질의이다. 둘째, 설계를 변경해줄 수 있는지에 대한 질의이다. 두 번째의 경우는 드물지만, 그 가능성은 있다. 예를 들어 생산이 곤란하거나 생산 개선을 위해서 선행부서에 건의할 수 있다.

반대로 선행부서에서 후속부서들이 아직 작성하지 않은 후속 도면이 궁금하게 되는 경우가 있다. 후속부서는 과연 어떻게 작성할 것인지에 대해서 질의하는 것이다. 예를 들어 어떻게 생산할 것인지 질의하는 의미이다. 동시공학적 설계상류화가 진행 발전되면서 나타날 수 있는 현상이다. 그런데 여기서 문제가 발생한다. 누구에게 물어야 하는지 모른다는 것이다. 후속부서는 아직 해당 담당자 미정인 상태이기 때문이다. 설계상류화는 생산설계를 상세설계로, 상세설계를 기능설계로, 기능설계를 기본설계로, 기본설계를 초기설계로, 초기설계를 영업설계로 상류화 측면에서 보면 과연 어느 단계가 정확한 담당자인지 알 수가 없다.

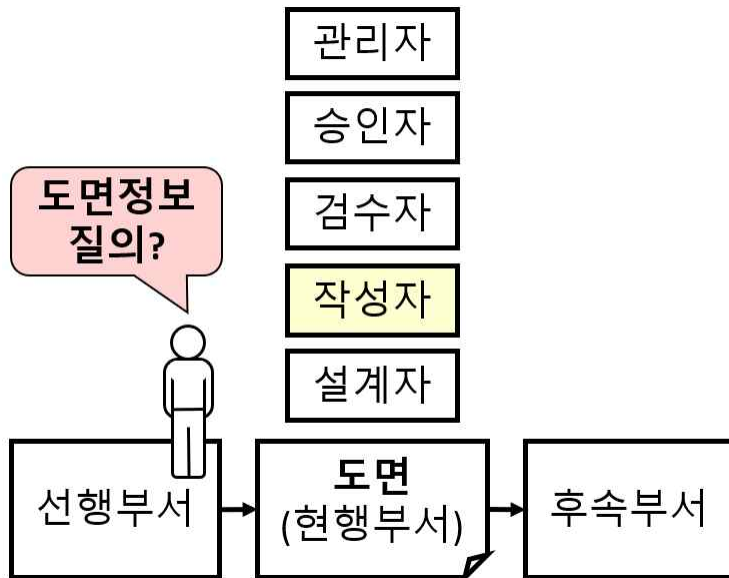


Fig. 4 Drawing information inquiry (from preceding department)

문의 사항은 첫째, 단순히 모르는 부분에 대한 도면정보 질의이다. 둘째, 설계를 바꾸려고 하는데 이렇게 설계를 개선해도 되는지 허용 여부 문의이다. 셋째, 이것을 과연 누구에게 질문해야 하는지 묻는 문의대상자 질의이다. 둘째의 질문은, 통상의 설계와 다른 경우, 이번 호선에서는 주의가 필요한 경우, 설계를 완전히 새롭게 개선하는 경우 등이다. 셋째의 경우 스마트 이동체 융복합 제조환경에서 외부와 협업 상황이라면 외부를 포함하는 선행부서, 후속부서 담당자를 찾는 일은 더욱 어려워진다.

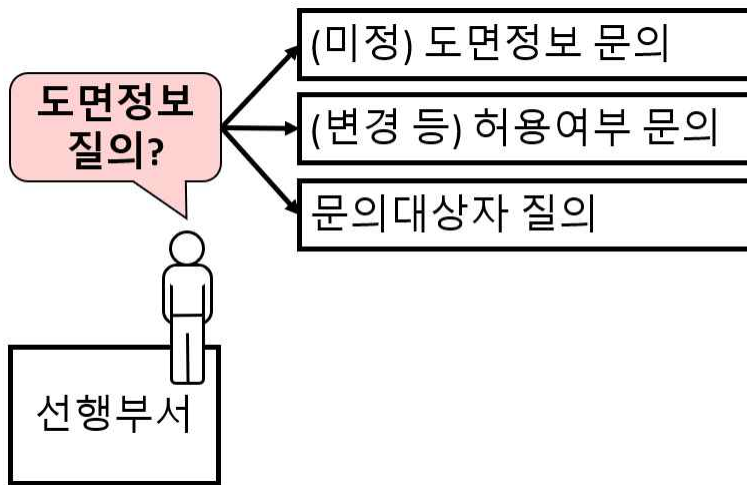


Fig. 5 Classification of query contents of drawing

각 설계부서에는 설계인력의 규모가 다르다. 문의대상자를 찾는 질의는 우선 도면 작성자를 찾아내는 것인데, 작성자를 특정할 수 있어도 상황에 따라 정확한 해결책을 얻을 수 없을 수 있다. 만약, 작성자가 해당 업무에 생소한 신규직원이거나 이직자인 경우이다. 또는 직무 교육의 개인 차이로 쉽게 해결책을 못 얻을 수 있다. 이처럼 담당자 찾는 것이 의외로 사실상 상당한 진입장벽이라고 할 수 있다.

이를 해결하기 위해 도면작성자를 입체적으로 구성하여 작성자, 전임자, 후임자, 이직자를 함께 관리할 필요가 있다. 담당업무에 대한 질의 우선순위를 지정이 필요하다. Fig. 6에서 사람의 번호는 그 우선순위를 의미한다. 사람 1은 작성자이고 사람 2, 사람 3은 같은 부서이다. 사정상 이 범위에서 해결책을 찾을 수 없다면 부서 내 직무 관련성이 있는 사람을 통하여 해결책을 찾을 수 있다. Fig. 6에서 사람 4, 사람 5, 사람 6, 사람 7이 부서 내 직무 관련성이 있는 인력이다. 그림에서 작성자(사람

1)에 가까울수록 직무 관련성이 높다는 것을 나타내고 있다.

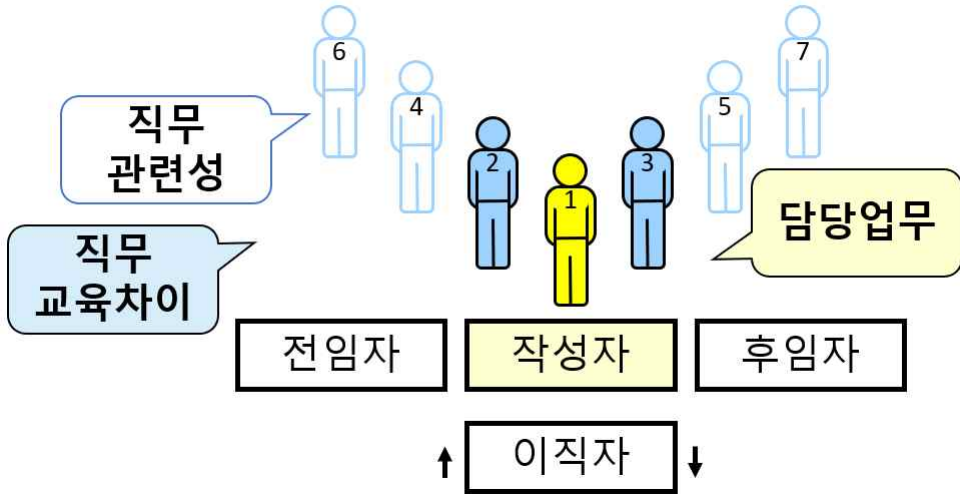


Fig. 6 Who to inquire about drawing (Direct)

해당 부서 내에서도 해결책을 찾을 수 없다면 전사적으로 모든 인력에게 질문을 할 수 있다. 모두가 여기에 응답하기 위해 대기할 수는 없기에 지식 공유대기자 그룹을 자율적으로 형성할 수 있도록 구성할 수 있다. Fig. 7에서 작성자(사람 1)에게서 멀리 떨어져 있는 사람 8, 사람 9, 사람 10, 사람 11, 사람 12는 지식 공유대기자 그룹에 현재 스스로 등록된 상태이다. Fig. 7에서 작성자(사람 1)에게서 멀리 떨어져 있는 것은 직무 관련성이 그리 높지 않음을 의미한다. Fig. 7에서 사람 머리 위에 표시된 둥근 공 모양 점은 지식공유를 수행한 사람에게 포인트 점수를 부가한 모습이다. 점수제는 지식공유를 유인하기 위한 혜택이다. Fig. 7에서 사람 3이 가장 높은 점수를 획득함을 보여준다. 대개는 직무 관련성이 있더라도 답변을 얻기가 쉽지만은 않을 것으로 예상된다. Fig. 7에서 사람 12의 경우처럼 간혹 지식 공유대기 그룹에서 해답을 얻을 경우도 있다. 다만 이와 같은 점수제를 오남용하는 것을 예방하기 위해 상호 교환식 포인트 적립은 제한이 필요하다. Fig. 7에서 사람 9와 사람 10이 불필요한 질문을 서로 반복적으로 주고받으며 포인트를 쌓는 것을 제한하는 모습이다.

프로그래밍에서 이들의 표현은 집합의 군론을 접목하고 관계(Relations)를 설정하여 구현할 수 있다.

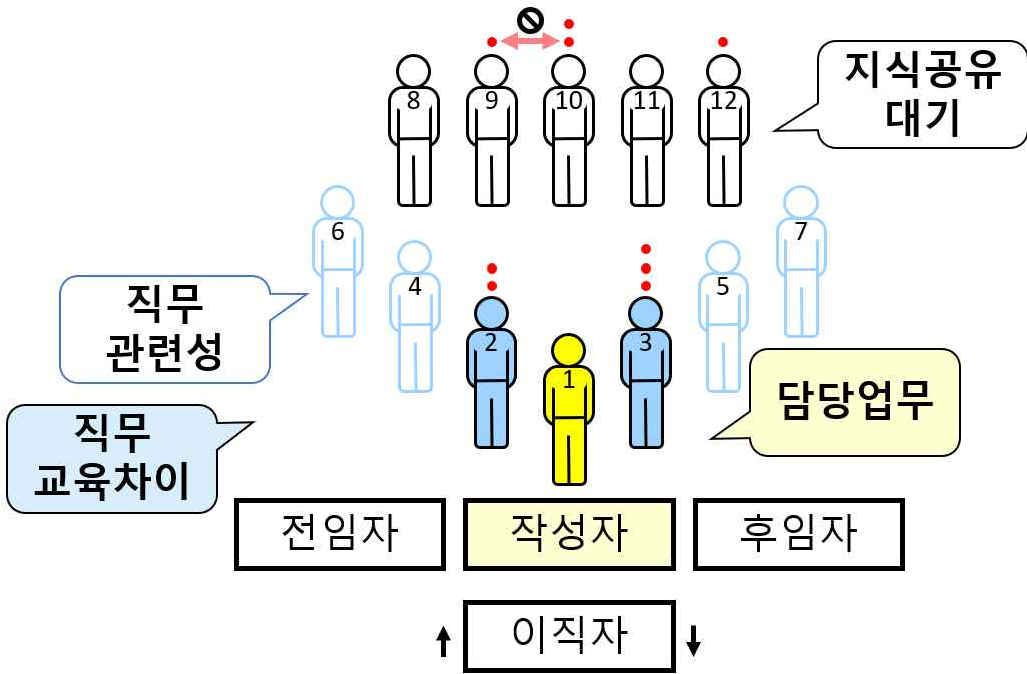


Fig. 7 Who to inquire about drawing (Indirect)

담당 부서의 인력이 업무 중 실시간 라이브로 질의에 응답하기 위해 대기하고만 있을 수는 없다. 이는 전사적으로 모든 인력이 마찬가지다. 따라서 개인의 여유시간에 누군가 필요할 것으로 여기는 지식을 미리 데이터베이스에 축적해 놓는 것이 편리하다. 지식을 축적하는 데이터베이스를 일명 지식베이스(Knowledge Base)라고 부르며 전문가시스템에서 유용하게 사용하는 구성요소이며 핵심적인 방법이다. Fig. 8에서 사람 7이 지식베이스에 자신의 전문지식을 축적하는 모습을 나타내고 있다. 혼자서 많은 포인트 점수를 적립하고 있음을 표현하고 있다. 점수제 유인책은 자발적인 지식베이스 구축에도 유용하다. 구체적으로는 기초적인 사실 지식과 단순한 규칙 지식을 미리 약속된 양식에 맞춰서 데이터베이스에 축적하는 방식이다. 선종이나 구획 또는 특정 호선 명칭을 지정하여 지식베이스를 축적하는 방식으로 사례 베이스(Case Base)로 활용할 수 있다. 단순 규칙과 사실의 나열보다는 특정 사례에 맞춰서 전문지식을 축적하는 것이 사용자에게 더욱 유익하다.

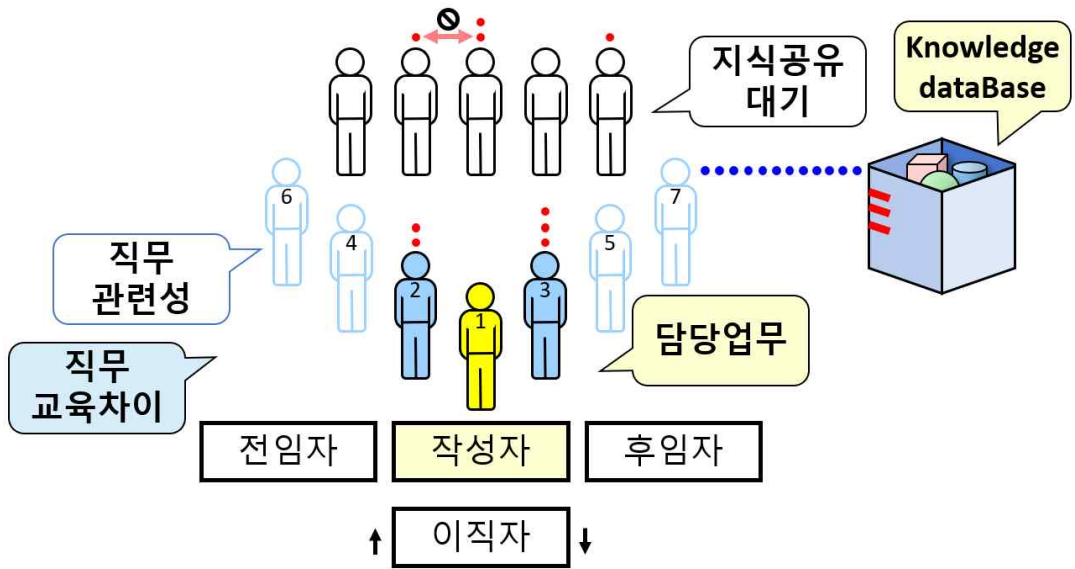


Fig. 8 FAQ of drawing information

도면정보는 제품군, 제조사, 설계 부문별, 건조단계별, 사용용도, 수요자에 따라 고유한 특성에 의해 규정되어 진다. 제품군에는 선박 및 해양플랜트, 잠수함, 항공기, 드론, 투발체 등에 따라 도면의 기본 양식은 달라진다. 선박과 잠수함을 구분한 것은, 선박의 구조는 판재에 두께를 속성으로 부여하는데 잠수함의 구조는 3차원 입체 (solid)로 가정하기 때문에 접근 방식과 개념이 다르다. 제조사에는 각각의 수많은 조선소, 항공기 제작사, 드론 개발 스타트업, 기자재 제작사, 발사체 제작사에 따라 도면의 형식이 달라진다. 구체적으로 설계 부문별 및 건조단계별로 나누어 보면 기본설계, 상세설계, 생산설계, 공정계획, 일정계획, 작업관리, 공정관리, 자재관리로 나뉘며, 구체적으로는 선형설계, 구획배치, 기본구조설계, 상세구조설계, 물량정보, 부품정보, 가공도, 설치도, 블록탑재 순서도, 조립순서도, 의장 작업 순서도, 대일정, 중일정, 소일정, 기자재 수급, 강제 수급, 자재 수급, 작업관리, 작업지시서, 진행실적관리 등으로 나누어 볼 수 있다. 도면의 사용용도에 따라 나누어 보면 조선소 건조제작용, 선주 검사용, 선급 승인용, 선주사 유지보수용 등으로 나눌 수 있다. 도면의 수요자에 따라 나누어 보면 조선소 건조제작용, 선급 제출용, 선주사 제출용, 발명특허 출원용, 군납용 등에 따라 각기 독자적 특성이 있음을 알 수 있다. 특히 특허청과 군대에 납품하는 경우 도면 규약은 일반적인 도면과 다름을 유의해야 한다. 그림은 선박

제작용 도면을 위주로 개괄적인 분류를 표시한 것이다. 기존 조선소 도면만으로도 공유하기 위해서 자동 분류가 필요함을 보여준다. 선박과 항공기, 드론이 연계 운용하도록 제작될 미래 스마트 이동체 융복합 제품에서는 설계도면 정보의 공유가 더욱이 복잡 다단화될 것이 자명하다. 따라서 도면정보 자동 분류의 전문화 고도화가 필요하다.

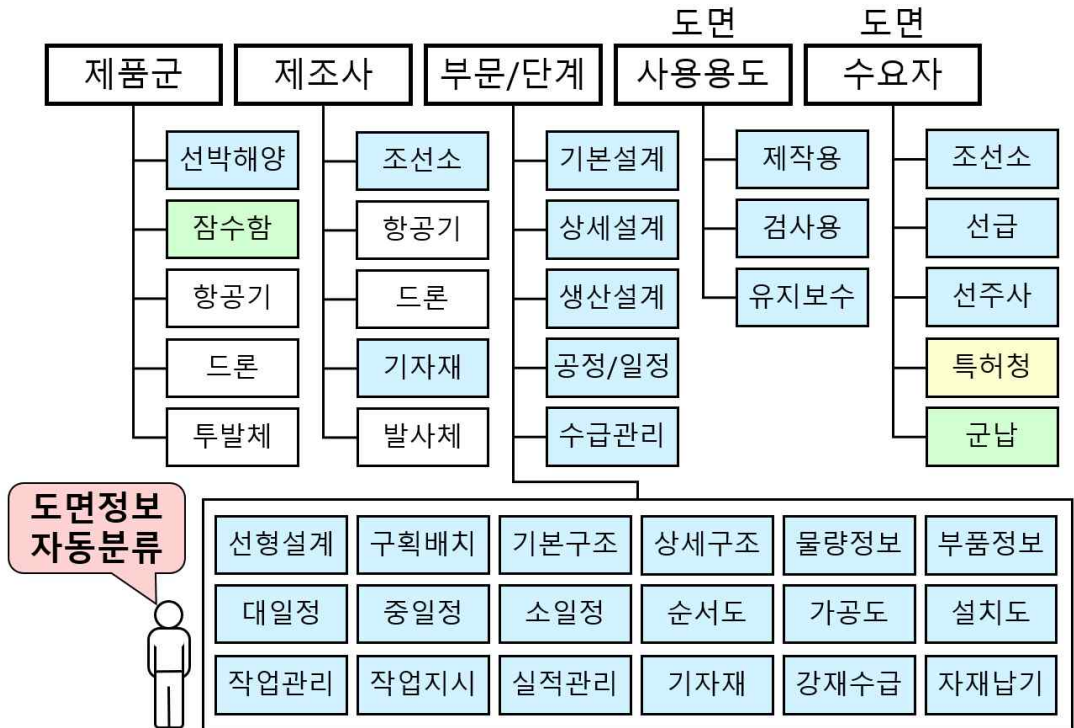


Fig. 9 Drawing classification & management

선후관계의 부서에서 상호 질의응답이 빈번해지고 활성화된다면 동시공학적 설계 상류화가 올바르게 발전할 수 있다. 이를 통해 설계착수와 동시에 선행부서에서 설계를 확정하기 전에도 후속부서에서 가능한 사항에 대해서 미리 진행할 수 있는 범위를 설정하여 설계를 사전에 착수할 수 있다. 그렇게 전체 리드타임(Lead Time)을 단축할 수 있다. 더욱이 설계변경을 용이하고 기민하게 서로 받아들일 수 있다.

더 나아가 동시공학은 선후관계로 동시에 할 수 없는 일도 허용범위 여유를 지정하여 동시에 할 수 있는 공학적 방법이다. 어느 정도 위험을 감수하고 예측하여 미리

실시할 수 있다. 다만, 그 예상 이익이 예상 손해보다 커야 한다. 감당할 수 없는 위험을 감수하며 동시에 진행할 수는 없다. 강도 높은 동시성은 업무강도마저 증가시키고 업무량도 증대된다. 고도의 설계상류화는 기본설계가 상세화되고 생산설계에서 창의성의 여유가 제한된다. 따라서 창의성이 필요한 제품에서는 설계단계별로 효율성을 높일 필요가 있다. 스케치, 개념설계, 건적설계, 초기설계, 기본설계, 상세설계, 생산설계 각 단계의 독자적 고유기능을 극대화할 필요가 있음. 부품도, 가공도, 조립도, 시방서, 데이터시트 등도 이에 포함된다.

이와 같은 동시공학적 설계상류화는 정밀한 제품모델로 구현하기에는 개발 부담이 크고 모든 분야의 설계담당자에게 업무 부담을 유발할 수 있다. 따라서 엄밀한 제품모델로 동시공학적 설계상류화를 이루기에는 곤란한 점이 있다. 이를 극복하기 위해서 본 연구에서는 동시공학적 설계상류화를 지원하는 보조적인 지원시스템의 플랫폼을 제안한다. 설계도면, 설계문서, 제품모델을 포함하는 공유 편의성 증대 플랫폼 아키텍처이다. 제품모델을 직접 연결하여 모든 설계담당자가 다루기에는 모델이 무거워진다. 그렇다고 모델정보를 간소화하면 각기 부서별로 필요한 정보가 누락 된다. 이에 대처하기 위해서 직접 제품모델을 취급하지 않고 별도의 방식으로 보조적으로 지원하는 플랫폼 아키텍처가 필요하다.

모두 설계단계에서 동일한 CAD를 사용할 수 없다. 따라서 설계도면 기준 정보교환은 불가피하므로 설계도면에 동시공학 설계상류화 정보를 증강현실로 부가함. 다만 가급적 동일 CAD로 일관화 보편화 표준화를 진행하는 것은 바람직함. 가급적 CAD 모델에서 설계단계별로 인터페이스가 호환되어 설계 점검을 통찰적으로 임할 수 있는 것이 바람직하다. 다만 강제적 획일화는 비효율이다. 이는 설계실무자에게 통찰적 시각을 넓히기 위함이며, 이로 인해 상세설계에서의 창의성의 여유를 배제하지 않도록 해야 한다.

제2절 동시공학적 설계상류화 지원 온톨로지

유사한 어휘가 적용 분야에 따라 확연히 다른 의미로 사용된다. 도면정보에 예약된 기호는 짝막한 단어와 약어를 주로 사용하기 때문에 다른 분야에서 도면을 읽는 사람에게 오해를 야기할 수 있다. Table 2는 일상 회화 단어인 ‘current’의 유사한 표

현이 서로 다른 전문분야에서 확연히 다른 의미로 사용되는 사례를 보여준다.

Table 2 Homonym

용 어	분 야	의 미
Current	일상생활	(시간) 현재
Concurrent	산업공학	동시성
Current	전기공학	(전기) 전류
Current	환경공학	(하천) 유량
Current	경 제 학	(경제) 경상
Currency	금융회계	(금융) 통화

일반적으로 제품모델의 정보표현을 위해서 온톨로지를 활용한다. 질의응답에 필요한 온톨로지의 구성도 필요하다. Fig. 10은 질의응답용 온톨로지의 구성을 묘사하고 있다. 최상위 집합체 아래 하나 이상의 구성체를 포함한다. 각 구성체는 다수의 부가체와 다수의 제거부를 포함할 수 있다. 각 부가체는 하위에 다수의 부가체와 다수의 제거부를 포함할 수 있다.

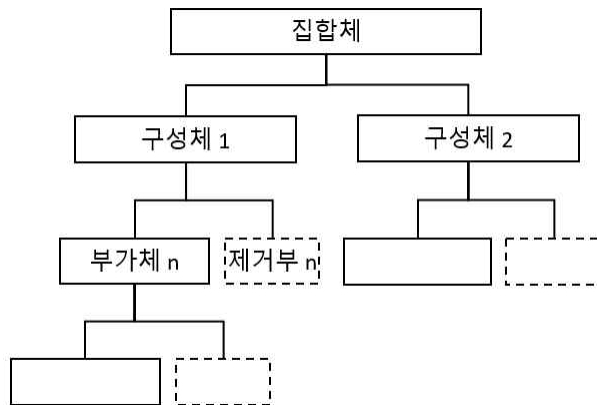


Fig. 10 Ontology class of knowledge sharing product model

구체적으로 예를 들어 Fig. 11은 이중저 선체의 Double bottom solid floor를 온

톨로지로 구성된 예시이다. 최상위 Double bottom solid floor 아래에 Solid floor plate 1과 Solid floor plate 2를 포함한다. Solid floor plate 1은 다수의 Added plates와 다수의 Cut outs를 포함한다. 또한 Solid floor plate 2은 다수의 Added plates와 다수의 Cut outs를 포함한다. 그리고 각 Added plates는 최하위에 다수의 Added parts와 다수의 Cut outs를 포함한다.

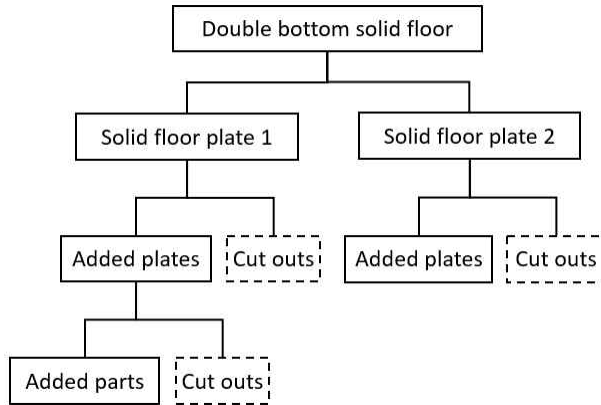


Fig. 11 Ontology configuration of knowledge sharing product model

Fig. 12는 지식공유 온톨로지 다뤄려는 이중저 선체의 대표적인 중앙횡단면 부분의 Typical Double Bottom Solid Floor 제품모델의 형상이다. 기본 구성은 판 구조 부재를 토대로 판 보강재로 구성되어 있다. 작업자의 진출로 용도의 맨홀 (Manhole) 구조와 밸러스트 파이프 통과 구멍이 있다. 경량화 구멍도 있다. 그리고 각종 기능성 구멍들이 테두리에 걸쳐서 줄지어 분포하고 있다. 이 제품모델을 이용하여 지식공유 온톨로지의 활용을 보이고자 한다. 이를 Fig. 지식공유 온톨로지 설명하자면 최상위 집합체에 해당한다.

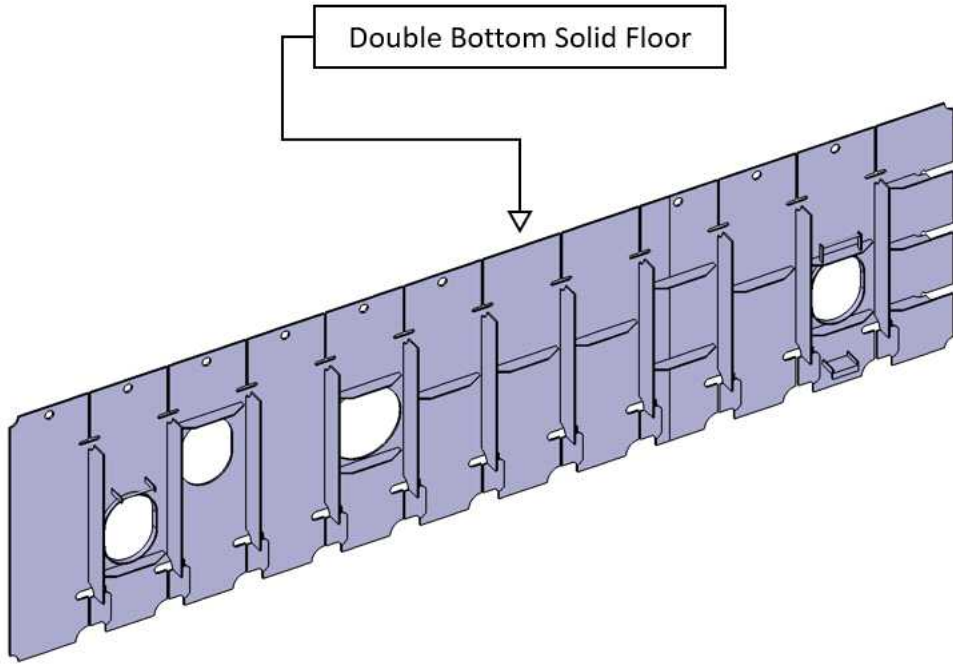


Fig. 12 Product model (Double bottom solid floor)

상기 Fig. 12의 제품모델은 Fig. 13과 같이 두 개의 판재(Plate)로 구성되어 있다. 선체 선저 중심선(Center line)에서 시작하는 Solid floor plate 1 구성체와 선체 선저 측면 거더(Side girder)와 맞닿은 Solid floor plate 2 구성체로 구성되어 있다. Solid floor plate 1 구성체와 Solid floor plate 2 구성체는 서로 다른 두께의 강판 두 개를 용접하였다. 그 용접선을 가로지르는 방향으로 Flat bar(Ends snip) 두 개가 보강되어있음을 보인다. 다른 판재 부위는 Flat bar(Ends snip)가 한 개 정도 보강되어있으나, 용접 이음 부위는 두 개로 추가 보강되어있다.

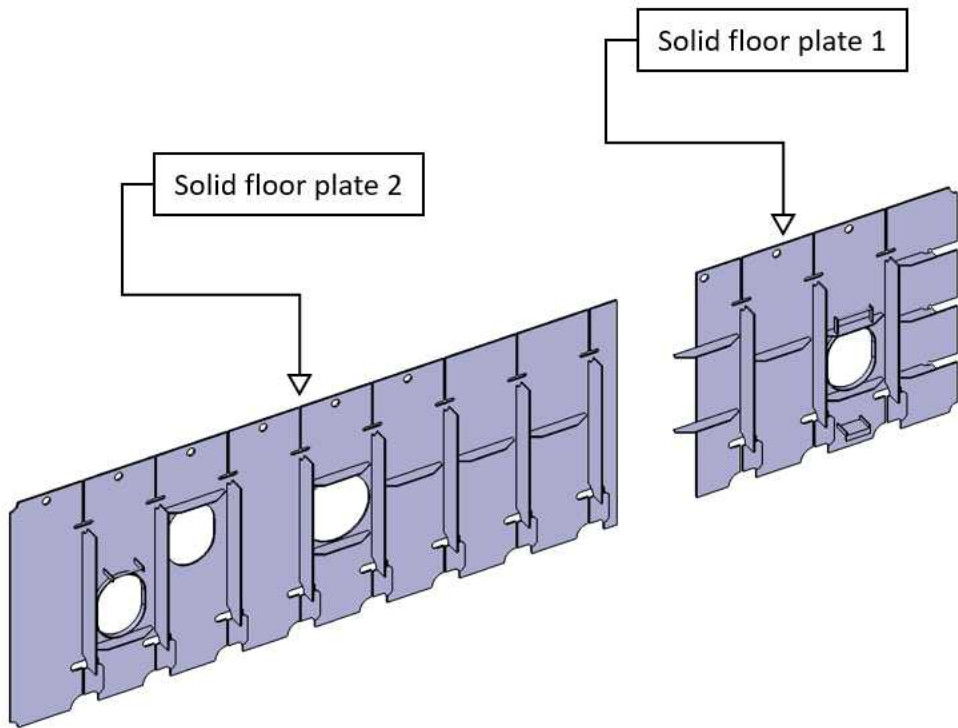


Fig. 13 Double bottom solid floor (Plate 1 & 2)

Fig. 14는 제품모델(Double Bottom Solid Floor)에서 주요 판 부재와 보강 판 부재를 분해한 분해도(Exploded view)이다. 주요 판 부재에 어떤 방식으로 보강 판 부재가 배치되어있는지 나타내고 있다. 기본적으로 주요 판 부재의 구조적 취약부위를 적합하게 보강하는 배치이다.

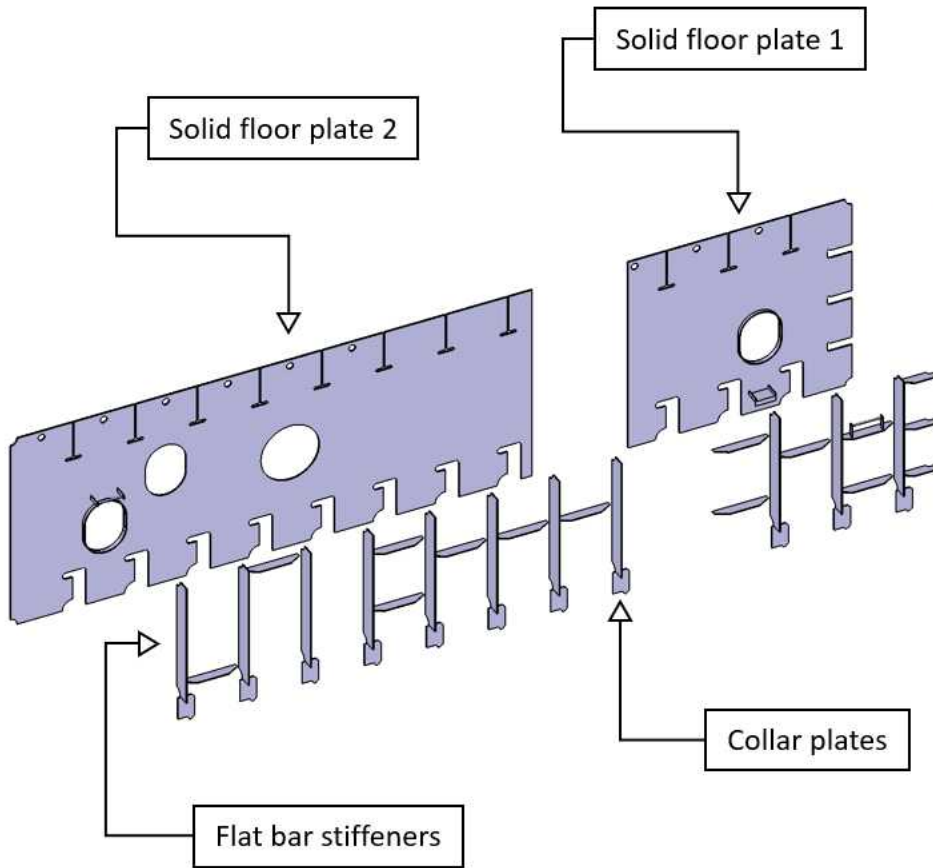


Fig. 14 Exploded view double bottom solid floor

Fig. 15는 Double bottom solid floor 집합체 아래의 Solid floor plate 1 구성체의 온톨로지 인스턴스를 나타낸다. 그 아래에 부가체와 제거부가 있다.

부가체는 여러 개의 각종 Flat bar (stiffener, end snip, ends snip), 3개의 Collar plate, 맨홀(Manhole) 관련 각종 부가체 등이다. 구성체와 부가체를 잇는 연결선은 각각의 부가체와 하나씩 연결한다. 상기 그림에서는 이해를 돕기 위해, 부가체를 일목요연하게 볼 수 있도록 종류별로 정렬한 것이다. 그리고 부가체를 묶음으로 표시되어 있는데 이는 설명을 위한 것이고 실제로는 그와 같은 집합 모음은 아니다.

제거부는 한 개의 맨홀(Manhole), 두 개의 Scallop(하나씩 Drain hole, Air hole 겸용), 여러 개의 각종 Slot hole, 여러 개의 각종 Air hole 등이다. 구성체와 제거부를 잇는 연결선은 각각의 제거부와 하나씩 연결한다. 제거부를 모아 종류별로 정렬

하여 묶음으로 표시한 것은 그림에서 이해를 돕기 위해서이다.

Fig. 15에서 네모 꼬리표가 붙은 Flat bar stiffener 1~3, Flat bar (Ends snip) 1~5, Flat bar (End snip) A~C의 부가체는 모두 하위 인스턴스가 있음을 나타낸다.

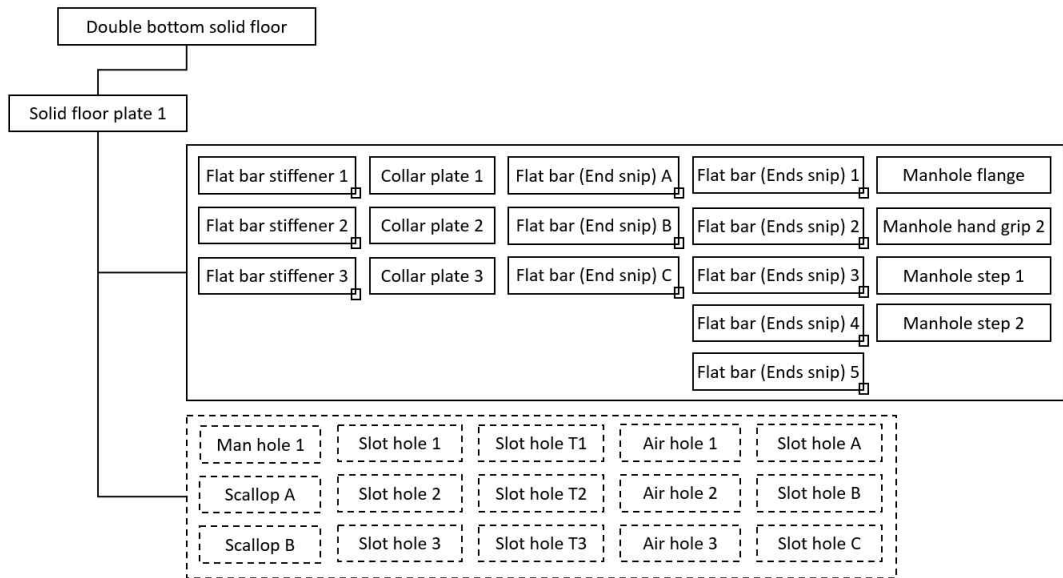


Fig. 15 Ontology instance of solid floor plate 1

Fig. 16은 네모 꼬리표가 붙은 부가체(Flat bar stiffener 1)의 하위 인스턴스가 있음을 나타낸다. 하위 인스턴스는 한 개의 Flat bar plate 1 부가물과 두 개의 Scallop 제거부이다.

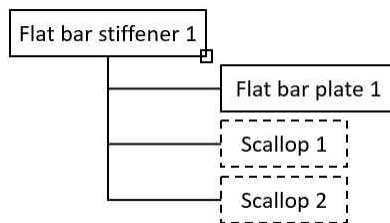


Fig. 16 Sub-instance of flat bar stiffener 1

이와 같이 부가체는 하위에 부가물과 제거부를 포함할 수 있다. 이와 같은 관계는 필요하면 그 하위로 계속 이어서 만들어갈 수 있다.

Fig. 17은 네모 꼬리표가 붙은 부가체(Flat bar (End snip) A)의 하위 인스턴스가 있음을 나타낸다. 하위 인스턴스는 한 개의 Flat bar plate A 부가물과 한 개의 End snip A 제거부이다.

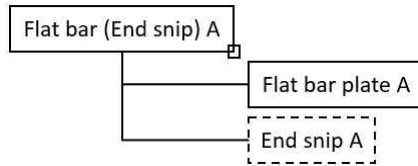


Fig. 17 Sub-instance of flat bar (End snip) A

Fig. 18은 네모 꼬리표가 붙은 부가체(Flat bar (Ends snip) 1)의 하위 인스턴스가 있음을 나타낸다. 하위 인스턴스는 한 개의 Flat bar plate 4 부가물, 한 개의 Manhole hand grip 1 부가물과 두 개의 End snip 1~2 제거부이다.

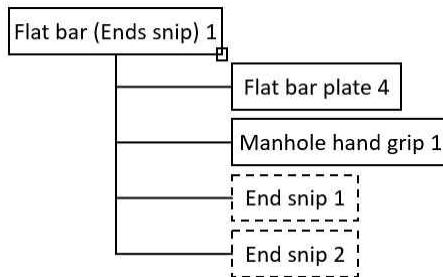


Fig. 18 Sub-instance of flat bar (Ends snip) 1

Fig. 19는 Solid floor plate 1 부가체의 분해도를 나타낸다. 부가체는 판 구조부재인 Solid floor plate 1 구성체를 보강한다. 주요 부가체는 판 구조부재를 보강하는 세로로 배치된 3개의 Flat bar stiffener 1~3 방요재이다. 세로의 Flat bar stiffener 사이를 가로로 판 구조부재를 보강한 5개의 Flat bar (Ends snip) 1~5 방요재가 있다. Flat bar (Ends snip) 1에는 Manhole hand grip 1 부가물이 부착되

어 있다. 종통 부재인 Center Girder를 붙잡아주는 3개의 Flat bar (End snip) A~C가 있다. 종통 부재인 Bottom longitudinal tee bars를 붙잡아주는 3개의 Collar plate 1~3이 있다. 맨홀을 보강하는 Manhole flange가 있다. 맨홀 발판 (Manhole step 1~2) 2개가 Solid floor plate 1 앞뒷면에 있다. Manhold hand grip 2가 뒷면에 부착되어 있다.

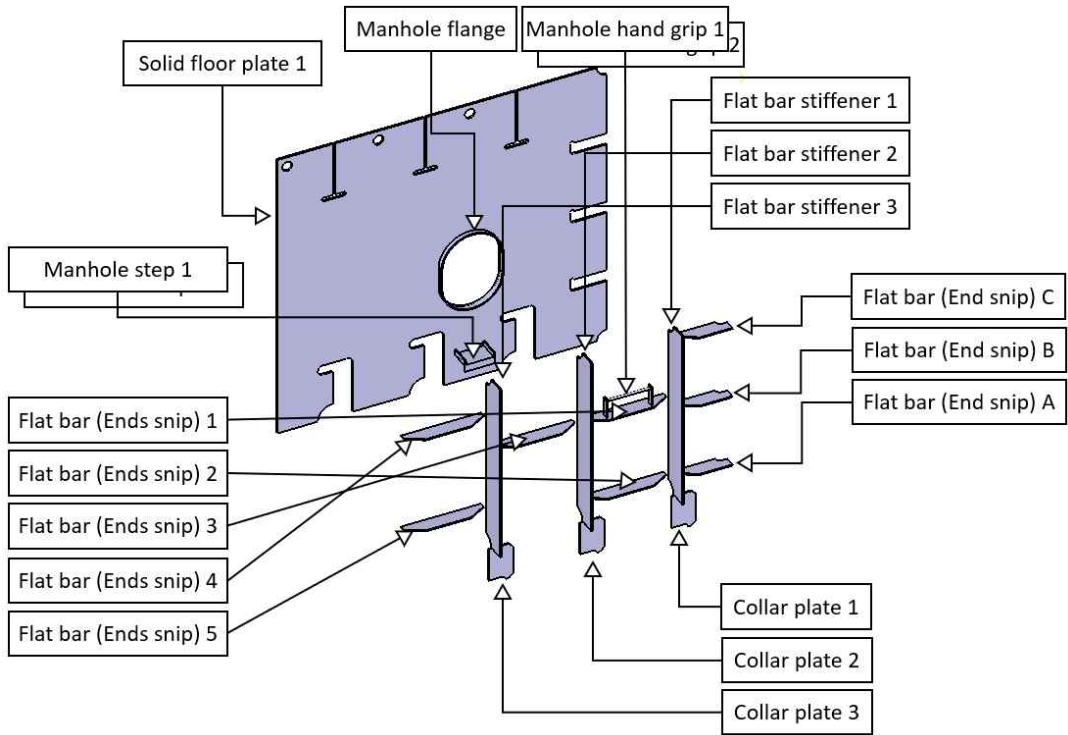


Fig. 19 Explored view of solid floor plate 1

Fig. 20은 Solid floor plate 1 구성체의 제거부를 상세하게 표시하고 있다. 작업자 출입로인 Man hole 1이 있다. 종통 부재인 Bottom longitudinal tee bars를 끼워 넣을 3개의 Slot hole 1~3이 있다. 이 Slot hole들은 드레인(drain) 기능도 있다. Solid floor plate 1이 Center girder와 Keel plate의 교차점에 Scallop을 빼두는데 이는 드레인(drain) 기능이 있는 Scallop A이다. 또한 Solid floor plate 1이 Center girder와 Inner bottom tank top의 교차점에 Scallop을 빼두는데 이는 Air hole 기능이 있는 Scallop B이다. 종통 부재인 Inner bottom longitudinal tee

bars를 끼워 넣을 3개의 Slot hole T1~T3이 있다. 이 3개의 Slot hole 간격과 같이 나란히 3개의 Air hole 1~3이 있다.

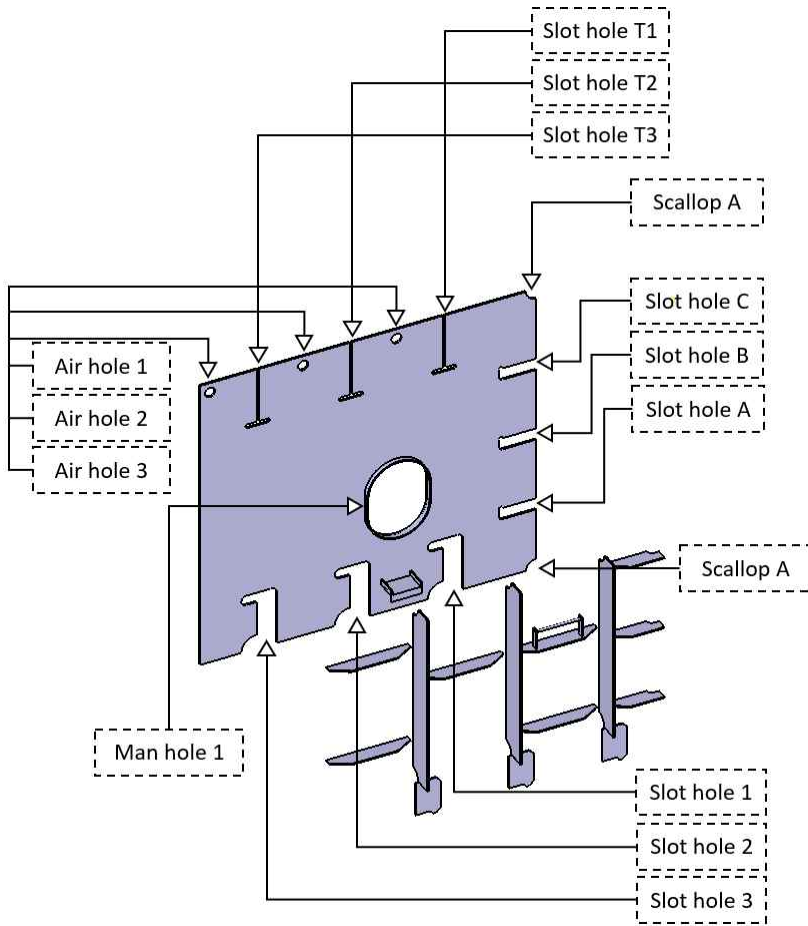


Fig. 20 Detail of cutouts

이와 같은 제품모델을 온톨로지로 표현방법은 기존의 다른 연구에서 설명되고 있다. 본 연구에서는 이와 같은 제품모델 온톨로지를 융복합 설계환경에서 서로 다른 분야의 전문지식을 질문하고 답변하는 프레임워크로 활용하고자 한다. 이처럼 단순해 보이는 최소한의 구조 부재도 구체화된 어느 단계의 구성 개체 하위에 위치하며 그 아래 또 다른 하위 구성 개체를 포함하고 있는 복잡한 개념 구조를 갖고 있다. 융복합 제조환경에서 서로 다른 부서와 전문지식으로 소통하려면 이처럼 질문하려는 대

상이 어떤 부품이고 어디에 위치해있으며 어떻게 연결되어 있는지를 함께 이해하는 전제 조건이 필요하다.

Fig. 21은 Double bottom solid floor 집합체 아래의 Solid floor plate 2 구성체의 온톨로지 인스턴스를 나타낸다. 그 아래에 부가체와 제거부가 있다.

부가체는 여러 개의 각종 Flat bar (stiffener, ends snip), 8개의 Collar plate, 맨홀(Manhole) 관련 각종 부가체 등이다. 구성체와 부가체를 잇는 연결선은 각각의 부가체와 하나씩 연결한다. 상기 그림에서는 이해를 돕기 위해, 부가체를 일목요연하게 볼 수 있도록 종류별로 정렬한 것이다. 그리고 부가체를 묶음으로 표시되어 있는데 이는 설명을 위한 것이고 실제로는 그와 같은 집합 모음은 아니다.

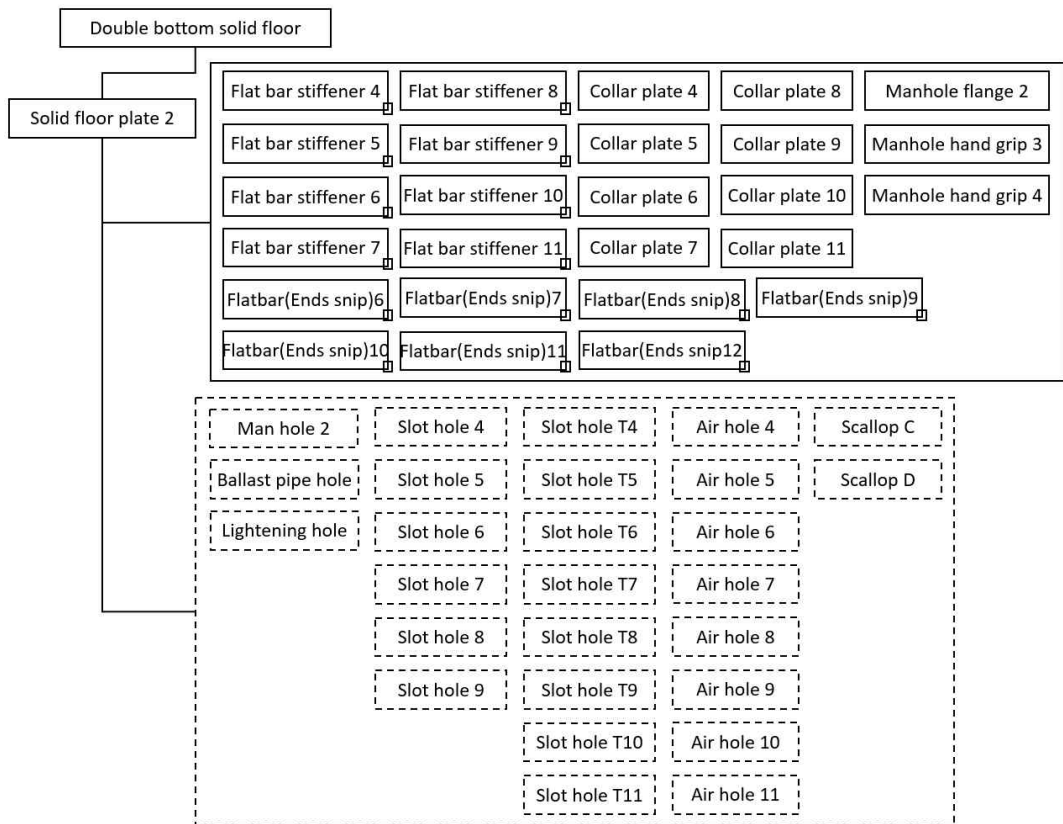


Fig. 21 Ontology instance of solid floor plate 2

제거부는 한 개의 맨홀(Manhole), 밸러스트 파이프 홀, 경량화 홀(Lightening

hole), 두 개의 Scallop(하나씩 Drain hole, Air hole 겸용), 여러 개의 각종 Slot hole, 여러 개의 각종 Air hole 등이다. 구성체와 제거부를 잇는 연결선은 각각의 제거부와 하나씩 연결한다. 제거부를 모아 종류별로 정렬하여 묶음으로 표시한 것은 단지 그림에서 이해를 돕기 위해서이다.

Fig. 21에서 네모 꼬리표가 붙은 Flat bar stiffener 4~11, Flat bar (Ends snip) 6~12 부가체는 하위 인스턴스가 있음을 나타낸다. 의미 부여가 불필요한 세부적인 하위 인스턴스는 생략할 수 있다.

Fig. 22는 네모 꼬리표가 붙은 부가체(Flat bar stiffener 4)의 하위 인스턴스가 있음을 나타낸다. 하위 인스턴스는 한 개의 Flat bar plate 7 부가물과 두 개의 Scallop 7~8 제거부이다.

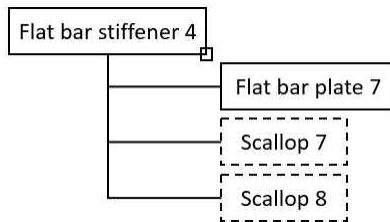


Fig. 22 Sub-instance of flat bar stiffener 4

Fig. 23은 네모 꼬리표가 붙은 부가체(Flat bar (Ends snip) 6)의 하위 인스턴스가 있음을 나타낸다. 하위 인스턴스는 한 개의 Flat bar plate 15 부가물, 두 개의 End snip 7~8 제거부이다.

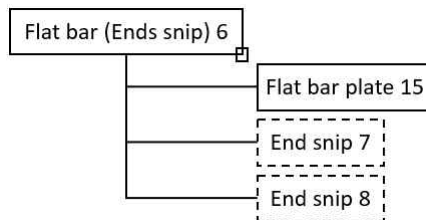


Fig. 23 Sub-instance of flat bar (Ends snip) 6

Fig. 24는 Solid floor plate 2 부가체의 분해도를 나타낸다. 부가체는 판 구조부재인 Solid floor plate 2 구성체를 보강한다. 주요 부가체는 판 구조부재를 보강하는 세로로 배치된 8개의 Flat bar stiffener 4~11 방요재이다. 세로의 Flat bar stiffener 사이의 판 구조부재를 가로로 보강한 7개의 Flat bar (Ends snip) 6~12 방요재가 있다. 종통 부재인 Bottom longitudinal tee bars를 붙잡아주는 8개의 Collar plate 4~11이 있다. 맨홀을 보강하는 Manhole flange가 있다. Manhold hand grip 3이 앞면에 부착되어 있다.

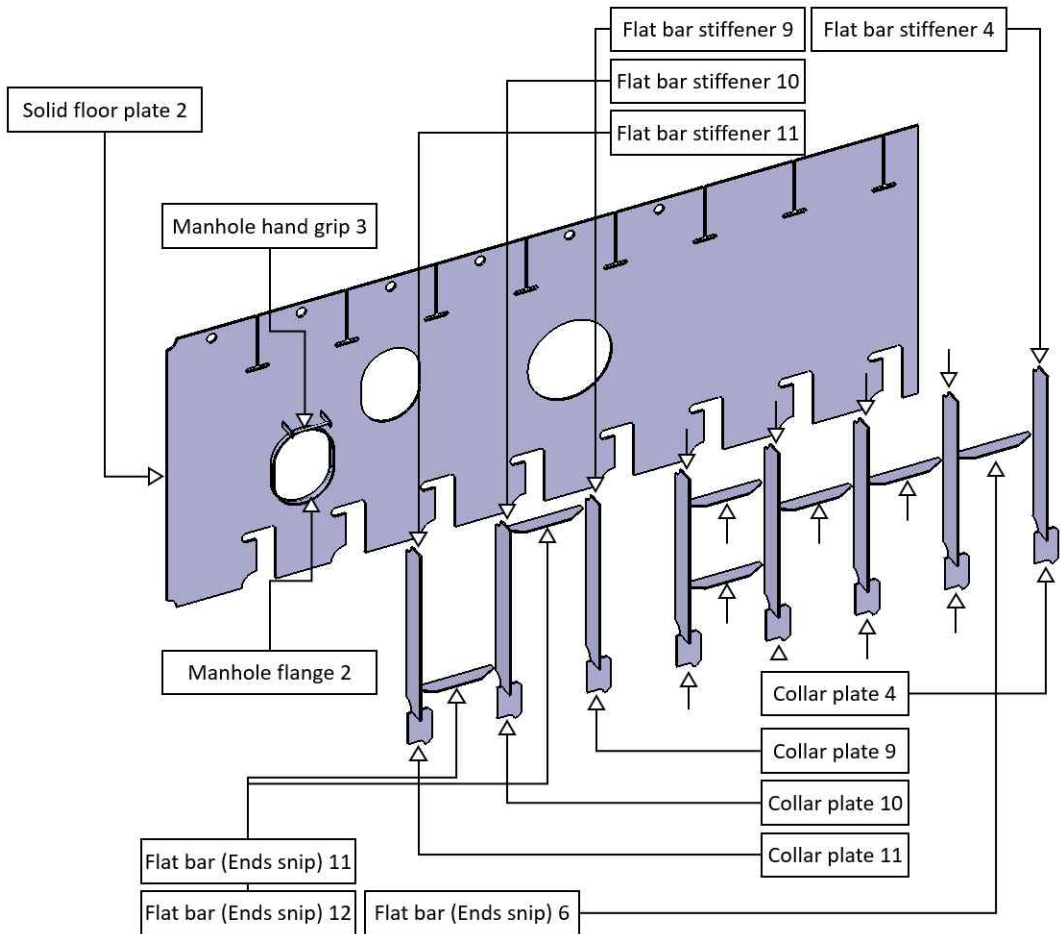


Fig. 24 Explored view solid floor plate 2

각 인스턴스는 이름표가 화살표로 가리키고 있다. 화살표 머리만 있는 곳은 이름이

연속된 번호의 중간을 의미하며 이름표는 생략했다.

Fig. 25는 Solid floor plate 2 구성체의 제거부를 상세하게 표시하고 있다. 밸러스트 파이프 관통 홀(Ballast pipe hole)이 있다. 선박 유지보수용 작업자 출입로인 Man hole 2가 있다. 구조부재 경량화 Lightening hole이 있다.

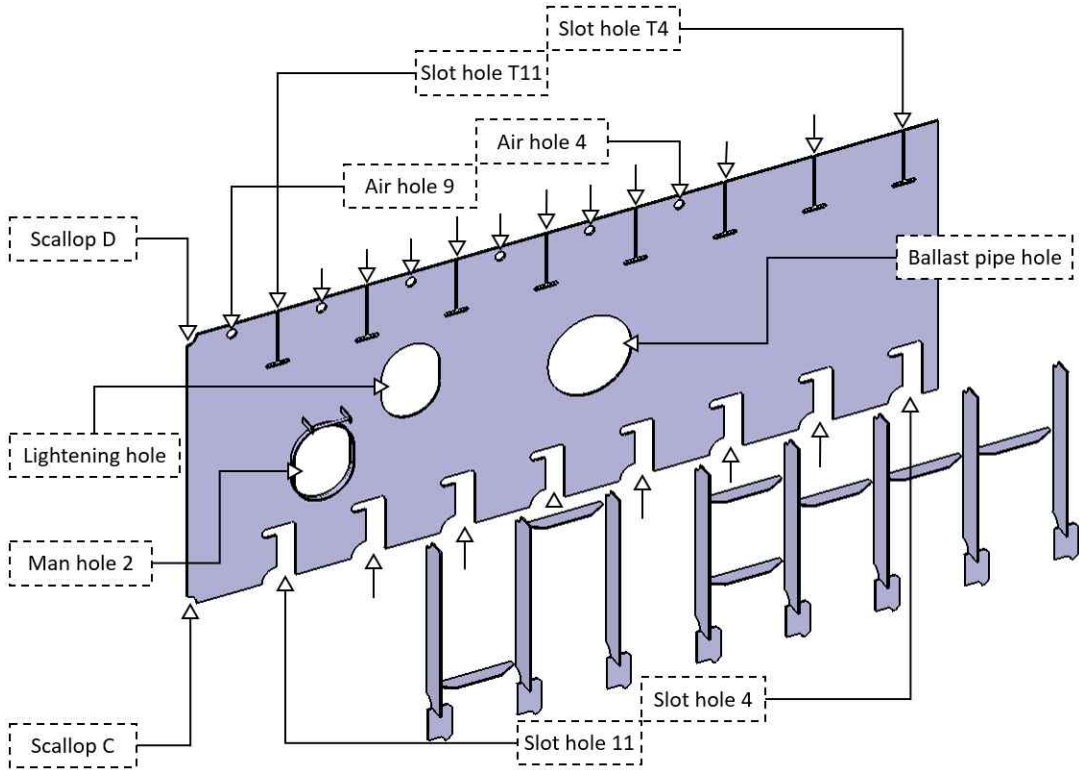


Fig. 25 Detail of cutouts

이 제품모델의 경우 Lightening hole은 조립공정에서 블록을 뒤집은 상태에서 용접작업자가 통과하는데 사용할 수 있다. 종통 부재인 Bottom longitudinal tee bars를 끼워 넣을 8개의 Slot hole 4~11이 있다. 이 Slot hole들은 드레인(drain) 기능도 있다. Solid floor plate 2는 Side girder와 Bottom shell의 교차점에 Scallop을 빼두는데 이는 드레인(drain) 기능이 있는 Scallop C이다. 또한 Solid floor plate 2는 Side girder와 Inner bottom tank top의 교차점에 Scallop을 빼두는데 이는 Air hole 기능이 있는 Scallop D이다. 종통 부재인 Inner bottom longitudinal tee

bars를 끼워 넣을 8개의 Slot hole T4~T11이 있다. 이 8개의 Slot hole 중 6개 사이에 일정한 간격으로 나란히 6개의 Air hole 4~9가 있다.

각 인스턴스는 이름표가 화살표로 가리키고 있다. 화살표 머리만 있는 곳은 이름이 연속된 번호의 중간을 의미하며 이름표는 생략했다.

Fig. 26은 Typical double bottom solid floor 집합체 지식공유 온톨로지의 외부 경계부 추가 예시를 나타낸 것이다. Typical double bottom solid floor 집합체는 Double bottom tank top, Intercostal side girder, Continuous centre girder, Bottom shell, 그리고 Keel을 경계부로 추가하였다.

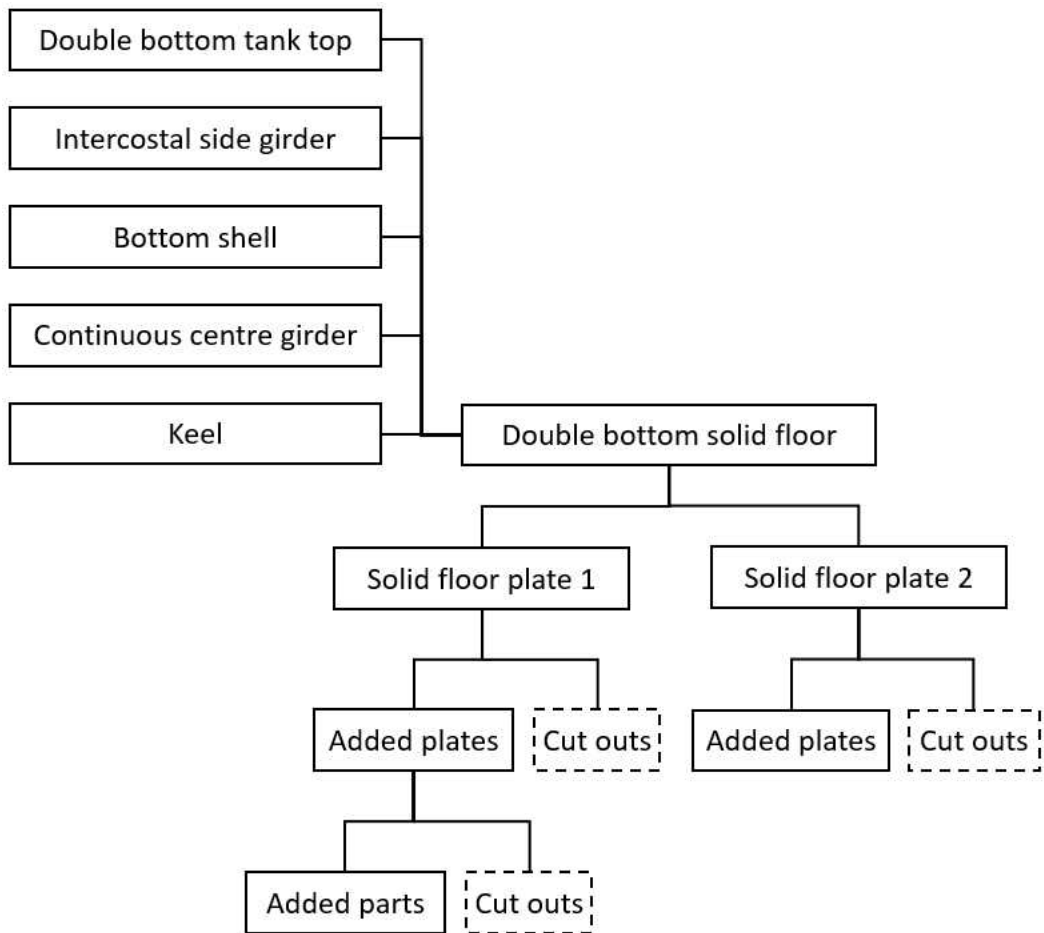


Fig. 26 Add Boundaries to Assemblies

Fig. 27은 Typical double bottom solid floor 집합체 지식공유 온톨로지의 외부 경계부 위상정보를 추가한 모습을 나타낸 것이다. 실제 모습으로 볼 때 Typical double bottom solid floor 집합체는 상부에 Double bottom tank top, 좌측에 Intercostal side girder, 우측에 Continuous centre girder, 하부에 Bottom shell 과 Keel에 둘러싸여 있다.

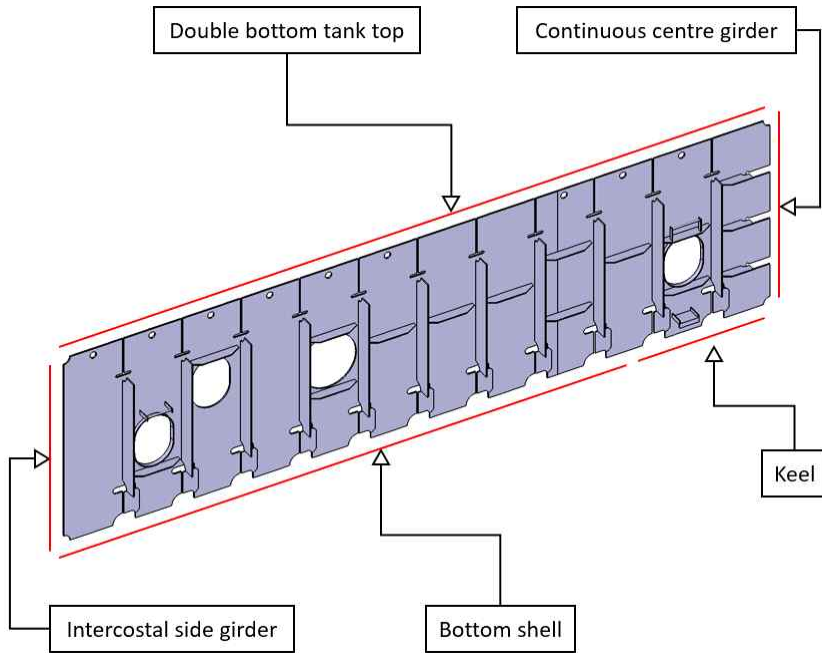


Fig. 27 Boundary topology

Fig. 28은 지식공유 온톨로지를 이용하여 진동해석 전문지식을 문의하는 모습을 나타내고 있다. 이 경우 Double bottom solid floor는 진동 문제에 크게 영향을 받지 않기 때문에 진동 관련 주의해야 하는 이슈가 없음을 전문가로부터 답변받을 수 있다.

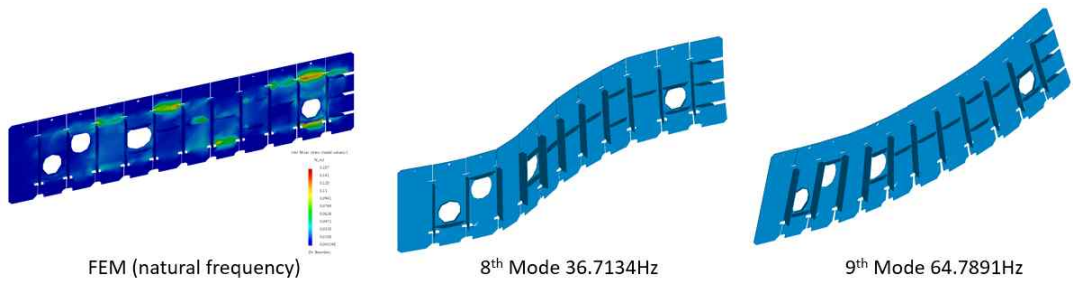


Fig. 28 Expert answer (vibration domain)

Fig. 29는 Typical double bottom solid floor 집합체의 상위 집합체 연결 관계와 관통부를 나타내고 있다.

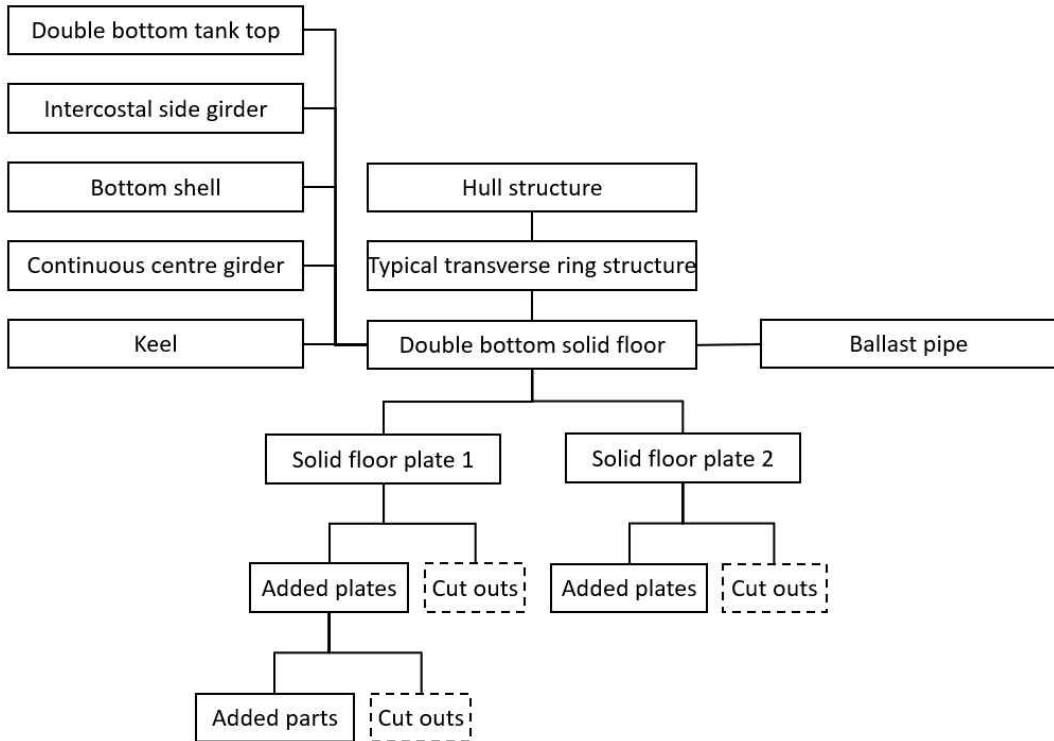


Fig. 29 Superset & added penetration set

상위 집합체는 최상단에 Hull structure 군집체가 있고 그 아래에 Typical

transverse ring structure 집합체가 있다. Typical transverse ring structure 집합체 아래에 Typical double bottom solid floor 집합체가 있다. 최상단 Hull structure 집합체와 Typical double bottom solid floor 집합체 사이에는 구조의 복잡성에 따라 하나 이상의 집합체가 존재할 수 있다.

Fig. 30은 제품모델 지식공유 온톨로지 구성을 일반화 다이어그램으로 도식화한 모습이다. 집합체는 최상위 집합체인 군집체 아래에 하나 이상 여러 상위 집합체에 연결되어 존재할 수 있다. 집합체 아래에 여러 개의 구성체 포함하고 각 구성체는 여러 부가체와 여러 제거부로 이루어지며 그 아래에 추가 부가물과 제거부를 계속 이어나갈 수 있다. 집합체는 옆에 여러 경계부와 맞닿아 연결될 수 있다. 집합체는 여러 관통체를 포함할 수 있다.

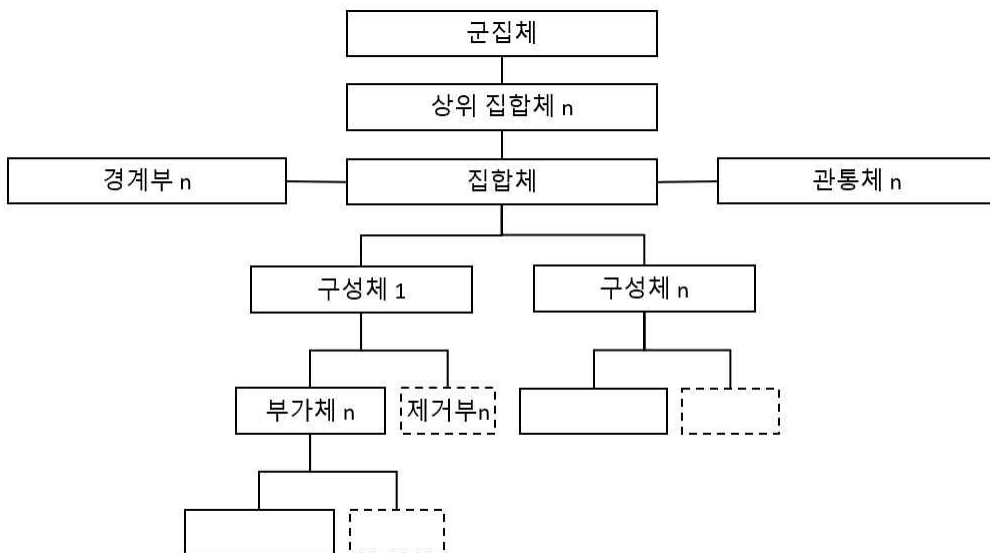


Fig. 30 Product model knowledge sharing ontology configuration

Fig. 31은 제품모델 지식공유 온톨로지를 구성하는 프로퍼티(Property)와 계층적 관계 네트워크를 나타내고 있다. 구성체의 온톨로지는 일반적으로 프로퍼티(Property)로 식별자(ID), 이름(Name), 위상정보(Topology), 재질(Material), 각종 속성(Attributes)을 포함한다. 이 프로퍼티(Property)를 슬롯(Slot)이라고도 부른다. 본 연구에서는 지식공유 온톨로지는 지식축적 모듈의 FAQ list와 실시간 질의응답 모듈

의 Q&A list 포함을 제안한다. FAQ list에는 사전에 정립된 전문지식이 정리되어 있다. 또한 Q&A list에서 나타난 우수 질문과 답변 사례를 염선하여 FAQ list에 사후 등재하여 재활용을 기대할 수 있다. 지식축적 모듈의 FAQ list와 실시간 질의응답 모듈의 Q&A list는 멀티미디어 데이터베이스 URL을 링크로 포함할 수 있다. 멀티미디어 데이터베이스에는 다양한 전문지식 관련 대용량 멀티미디어 자료가 축적될 것이므로 전문지식 연관 자료의 신속 검색 인덱스(Fast searching index)로 검색엔진의 성능을 향상시킬 수 있다. 그림에서 왼쪽의 점선 화살표로 설명하는 제품모델 지식공유 온톨로지는 계층적 관계 네트워크를 통해 논리(Logic), 제한사항(Restrictions), 시맨틱 네트워크(Semantic network)를 만들 수 있다. 제품모델 지식공유 온톨로지를 이용하여 동시다발적으로 발생하는 설계 전문지식을 축적하여 이용하거나 필요에 따라 실시간 이용이 가능한 방식으로 지식을 공유할 수 있다.

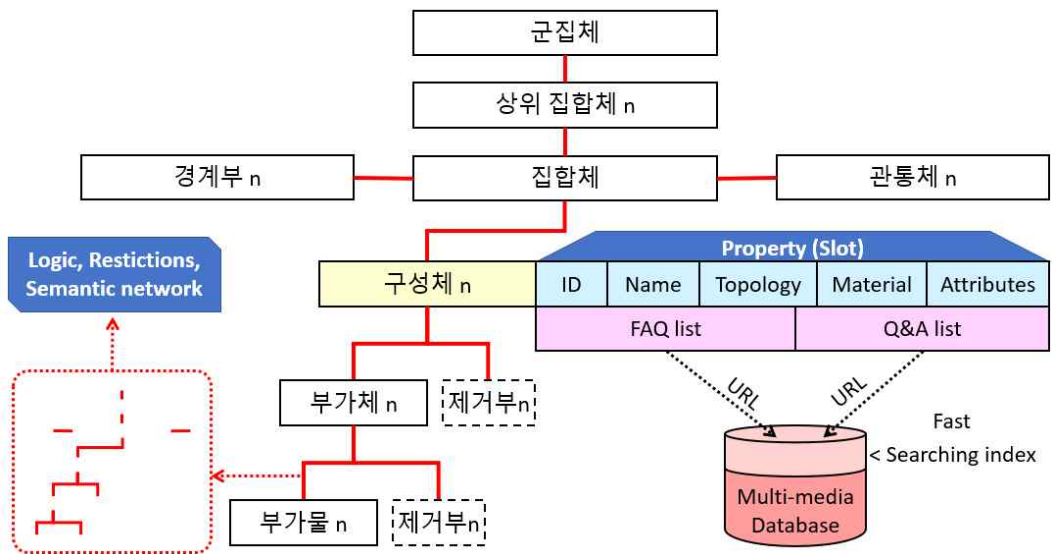


Fig. 31 Ontology configuration (property & network)

제3절 공간 위치정보 기반 설계상류화 지원

설계상류화를 지원하기 위해서는, 설계 분야 질문자는 다양한 상황에서 질문을 하

기 때문에, 다양한 가능성을 고려하여 답변을 마련해두어야 한다. 모든 가능성을 고려한다면 거대한 질문-답변 데이터베이스 축적의 빅데이터 처리 문제에 직면할 것이다. 이때 질문자의 지리적 위치를 이용한다면 질문과 답변의 범위를 좁혀서 한정할 수 있다. 이렇게 범위를 한정할 수 있다면 질문의 분류도 쉬워지고 답변 대상의 범위도 줄어들기 때문에, 질문에 적합한 답변을 검색하기 편리해진다.

Fig. 32는 GPS 위치기반 질의응답 서비스의 개념을 묘사하고 있다. 위성을 이용한 범지구위치결정시스템, 일명 GPS를 이용하면 원거리에 떨어진 기업 간, 또는 이동 중의 상황에서도 질문자의 위치를 정확히 파악하여 위치에 맞는 질문 분류와 답변 제공을 할 수 있다.

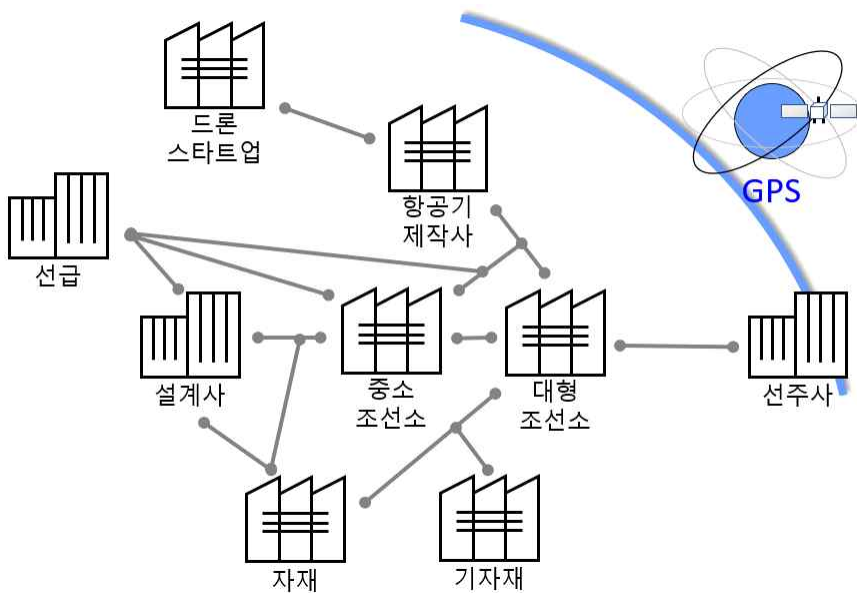


Fig. 32 Location-based Q&A service via GPS

예를 들어, 대형조선소와 중소조선소가 합동으로 신제품 선박을 제작하는 경우 어떤 조선소 위치에서 질문하느냐에 따라 질문의 분류가 용이해진다. 대형조선소와 항공기 제작사가 합동으로 신제품을 제작하는 경우, 대형조선소가 설계 전문기업과 협업하는 경우, 대형조선소에서 기자재 기업에 문의하는 경우, 항공기 제작사가 드론 스타트업 기업과 합동으로 신제품을 제작하는 경우, 선주사나 선급에서 질문하는 경우 등에서 위치기반 질의응답 서비스는 활용도가 높다.

동일 질문자가 대형조선소에서 질문하는 경우와 항공기 제작사 위치에서 질문하는 경우, 선급 위치에서 질문하는 경우 등 질문자 위치이동의 상황에서 질문의 분류와 답변의 분류도 검색에 유익한 점이 있다.

GPS 위치기반 서비스를 받지 못하는 상황이 있다. 지하나 터널과 같은 GPS 음영 지역에서 위치기반 서비스를 받을 수 없다. 또한 대형 구조물의 선박 선내와 같은 전자파 차폐구역에서도 위치기반 서비스를 받을 수 없다.

GPS 위치기반 서비스를 받더라도 고층건물의 내부에서는 서비스를 받을 수 없고 층수 구분을 할 수 없다.

Fig. 33은 GPS가 비활성화되었을 때 공간기반 질의응답 서비스를 이용하는 상화를 설명하고 있다. 인터넷을 이용하여 질문자 개인 고유의 접속 위치 IP를 식별하여 공간을 인식하는 방법으로 질문자의 위치를 파악한다. 고층 층별 구분이 가능하고, 실별 구분이 가능하다. 저층 공장동과 고층 팬트하우스의 구분이 가능하다. 사무실과 공장의 구분이 가능하고 이동 중에도 위치의 식별이 가능하다.

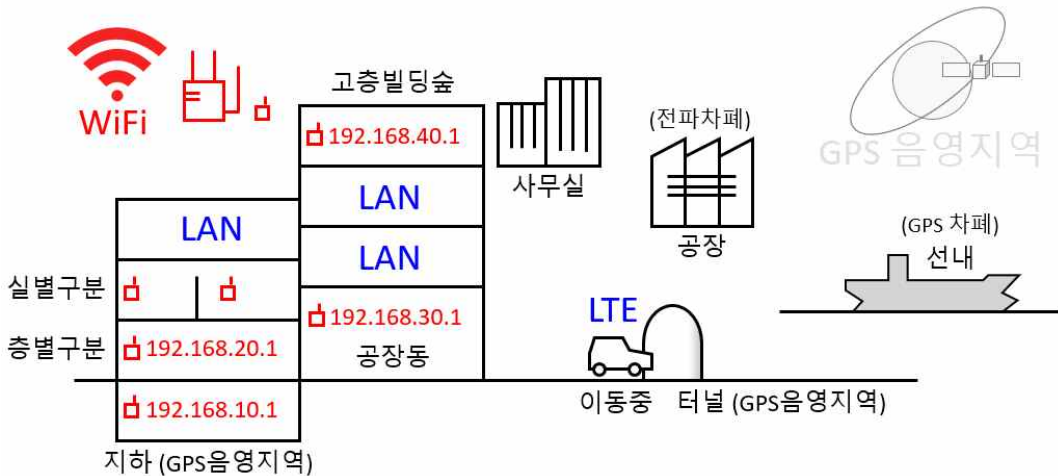


Fig. 33 Space-based Q&A service

Fig. 34는 동일한 공간의 참석자 구성원을 식별하여 질문을 구분하고 적합한 답변을 지식베이스에서 획득하는 상황을 나타내고 있다.

예를 들어, 대형조선소, 항공기 제작사, 선주사의 담당자가 동일 공간에서 회의를 개최하는 경우 질문의 범위는 항공기와 함께 운용하는 선박에 관한 선주 설계변경

요구에 대한 것으로 확장하여 범위를 정할 수 있다.

동일 공간 참석자 구성원 식별 방법은 참석자가 접속하여 로그인한 스마트기기 ID를 이용하여 중앙 서버에서 식별할 수 있다. 동일 공간 참석자들의 위치는 접속한 곳의 무선 인터넷 AP(Wireless access point) 등 중계기 IP로 식별할 수 있다.

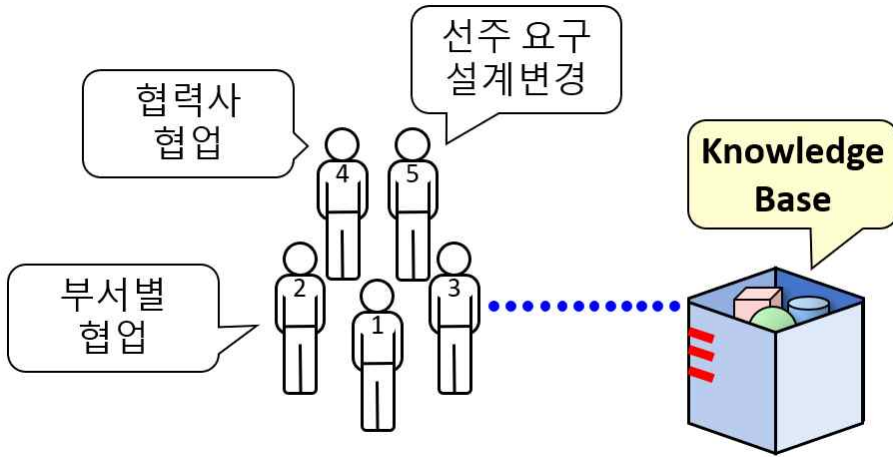


Fig. 34 Co-located attendee member service

대형조선소와 항공기 제작사 등 참여하는 기업 간 협업에서는 정보 유출 등 정보 보안 문제를 사전에 고려하여야 한다. 물론 단일 사업장 사내 업무 환경에서도 정보 보안은 함께 대비해야 한다.

정보 보안 방법은 지식공유를 위해 모든 통신에 암호화 통신 프로토콜 SSL(Secure socket layer)을 기본적으로 사용한다. 단순한 기술문의와 답변 과정에서 의도하지 않게 비밀정보가 유출될 수 있는 간접 정보로 유출될 수 있기 때문이다. 지식베이스를 구축할 때 비밀등급과 비밀취급 등급정보를 포함하여 구축한다. 비밀등급별 보안 암호화 알고리즘 엔진을 다른 종류로 사용하여 보안 침해 사고 피해의 도미노식 확산을 예방한다. 특정 등급의 비밀정보 보호장치가 무력화되더라도 다른 등급은 보안이 유지되도록 하기 위해서다.

Fig. 35는 인접 공간 지식공유 참여자 분류를 나타내고 있다. 예를 들어, 대형조선소 인근 복합 사무실에 3층 중소조선소, 2층 선급, 1층 선주사, 1층 드론 스타트업 기업 등이 협업을 위해 임시 입주한 상태로 신규 선박 개발 프로젝트를 진행하는 경

우를 나타낸다. 1층 선주사 사무실에서 협업 회의를 진행하는 경우를 가정한 것이다. 발제자가 회의를 주최하고 발언자가 발언을 진행할 때 질문자가 질문을 올리는 경우이다. 입회자는 발언 순서를 대기하는 상태이고 참관인은 발언 없이 참관만 할 수 있다. 실시간으로 답변자 1, 2, 3이 답변을 할 수 있다. 평소 전문지식을 자주 올려놓는 지식인의 지식베이스를 검색해 답변을 얻을 수도 있다. 이와 같은 상황에서 위치 공간 정보로 분류하는 것은 GPS로는 할 수 없고 무선 인터넷 중계기를 통하여 공간 정보를 분류하여 전문지식을 질의하고 검색하고 탐색하여 답변을 제공할 수 있다.

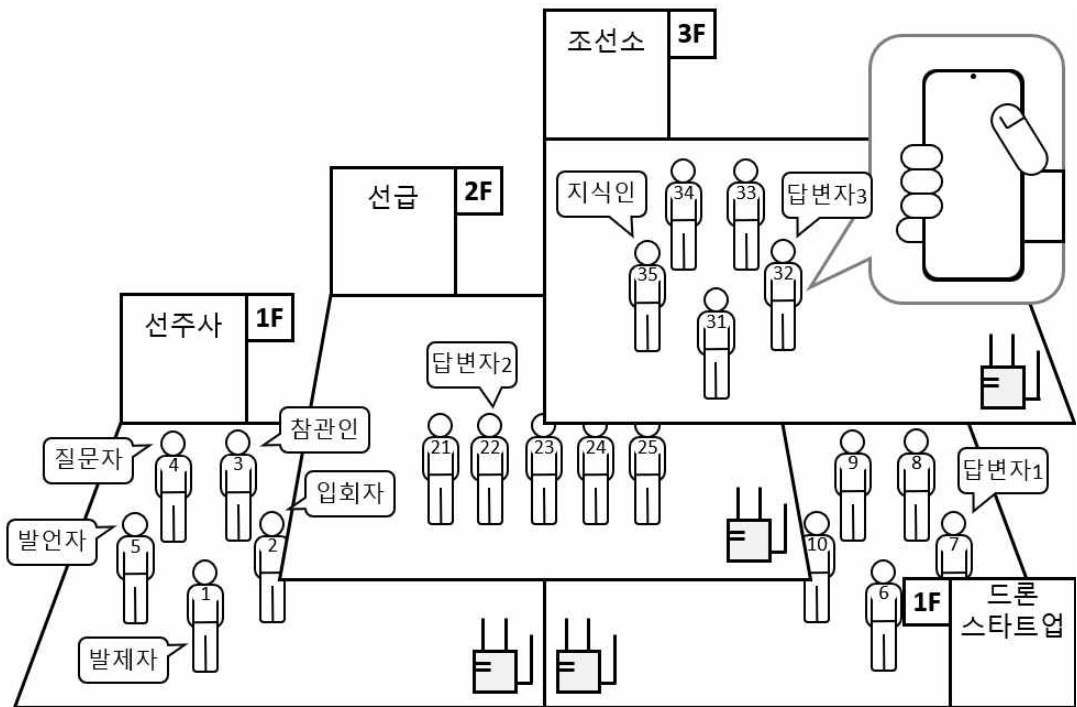


Fig. 35 Classification of adjacent space participants

제4절 설계상류화 지원 지식표현 방법론

본 연구에서는 Knowledge Representation은 전문가 시스템과 에이전트 시스템의 방법을 활용하였다. 전문가 시스템은 지식을 단순 사실과 관계로 표현하고 있다. 예

이전트 시스템의 경우는 에이전트 커뮤니케이션 언어를 정의하여 사용하는 방식이다. 이를 지식베이스로 구축하여 대량의 지식을 처리할 수 있도록 하였다. 전문가 시스템 스타일의 지식 표현 방법은 사례기반 추론기법과 함께 사용하여 그 효용성을 높일 수 있다. 이와 함께 위치정보가 지식표현에 사용되었다. 그리고 GPS를 사용할 수 없는 환경에서는 공간정보가 지식표현에 사용되었다. 또한 참석자의 구성을 지식표현에 사용하였다. 이를 통해 신속한 질문과 답변의 검색에 활용할 수 있다.

Fig. 36은 지식공학 융복합 질문답변 사례를 구축하는 모습을 나타낸다. 설계상류화 지원 지식표현은 FAQ list와 Q&A list의 항목에 담겨 사례화하여 지식베이스로 구축한다. FAQ list와 Q&A list 항목에 담길 구체적인 설계상류화 지원 지식표현은 다음과 같다.

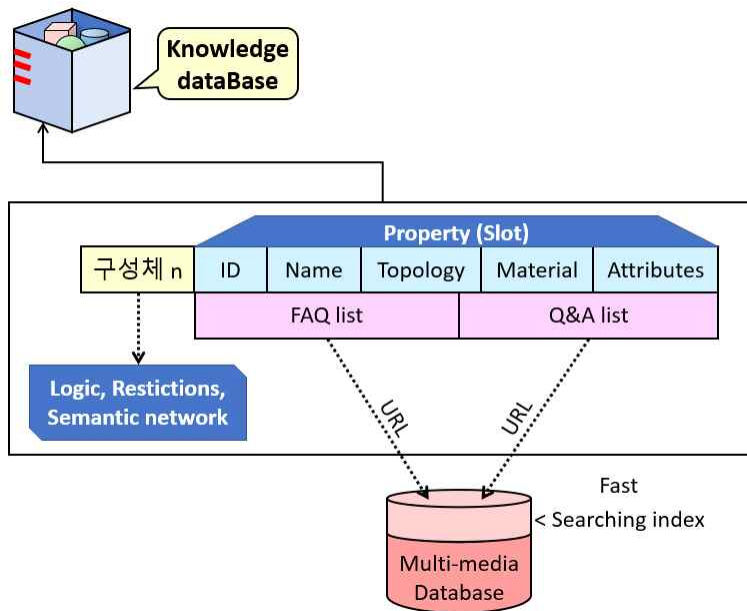


Fig. 36 Q&A case installation and accumulation

Fig. 37은 지식공학 융복합 질문답변 지식표현을 나타내고 있다. 지식표현은 Fig. 36에서 FAQ list 또는 Q&A list 항목에 해당한다. 지식표현은 질문서와 쌍을 이루는 답변서로 구성되어 있다. 질문서에는 질문 코드, 질문자 정보, 지명답변자, 참석자 구성, 과업정보, 위치정보, 공간정보, 시점정보, 주관부서, 대상 부위, 문서정보, 도면정

보, 제품모델, 온톨로지, 질문정보가 담겨있다. 질문정보에 질문 내용을 작성한다.

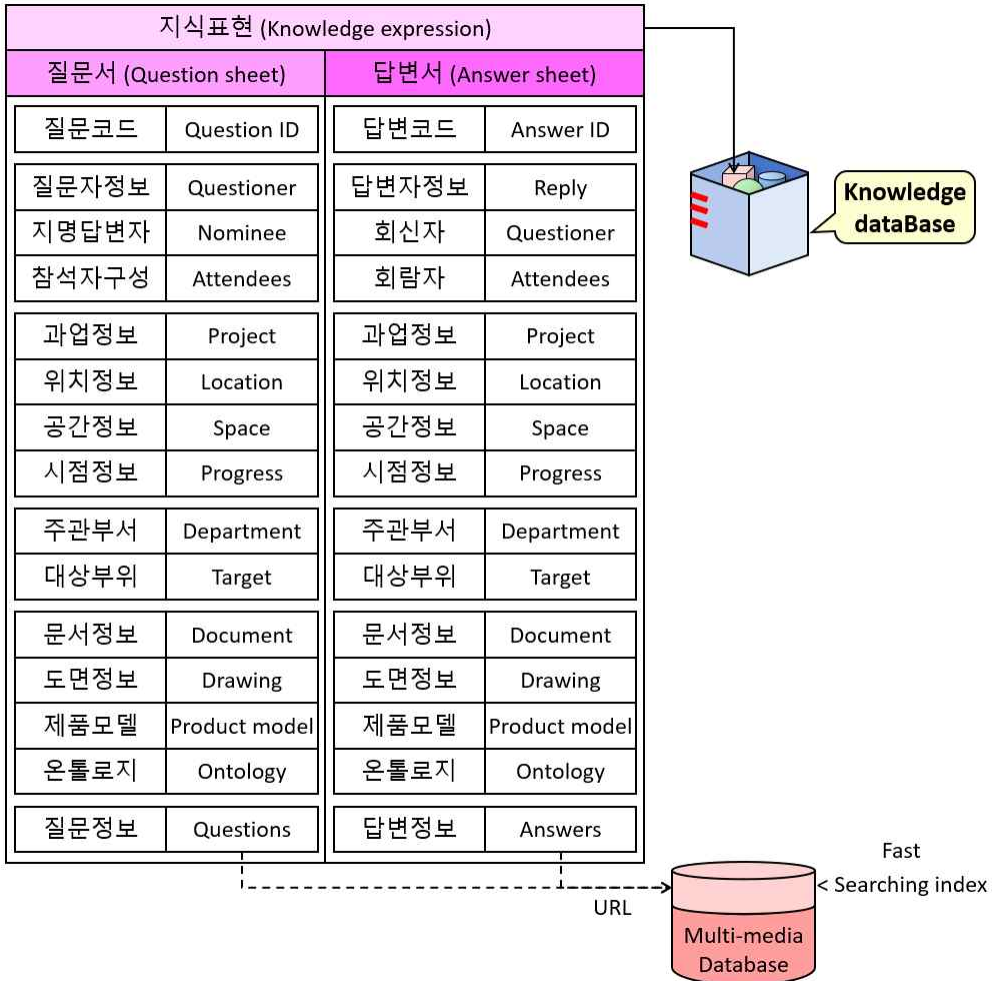


Fig. 37 Knowledge expression of Q&A sheet

여기서 온톨로지는 질문을 위한 대상 부위의 구성체 부분에 대한 온톨로지이다. 질문 내용에는 동영상 클립 등 멀티미디어 자료를 포함시킬 수 있으며, 이는 별도의 멀티미디어 데이터베이스에 저장된다. 질문 검색 속도를 고려하여 질문 내용에는 해당 멀티미디어 레코드의 링크 주소만 담긴다. 이와 짝을 이룬 답변서에는 답변 코드, 답변자 정보, 회신자, 회람자, 과업정보, 위치정보, 공간정보, 시점정보, 주관부서, 대상부위, 문서정보, 도면정보, 제품모델, 온톨로지, 답변 정보가 담긴다. 답변 내용은 답

변 정보에 작성한다. 답변 내용에서 동영상 클립 등 멀티미디어 자료는 멀티미디어 데이터베이스에 저장되며, 링크 주소만 답변 내용에 포함된다. 이렇게 해서 멀티미디어 데이터베이스는 별도로 신속하게 검색할 수 있다.

질문서와 답변서 한 쌍은 지식표현에 해당하며 상기 Fig. 36 Q&A에 담기게 되며 같은 부위에 여러 질문답변이 담길 수 있어서 리스트(list) 자료구조로 보관된다. 답변서가 아직 작성되지 않은 경우에는 질문서만 Q&A 리스트에 담겨 대기하고 있게 된다. 우수한 답변은 추천을 받고 한 쌍의 질문서와 답변서가 FAQ list로 옮겨져서 답변 검색에서 먼저 검색되도록 할 수 있다. 또는 모범 답변서를 미리 작성하여 FAQ list에 준비해 둘 수도 있다.

제3장 설계상류화 플랫폼 아키텍처

제1절 지식공학 융복합 증강현실 플랫폼

본 연구에서는 Fig. 38과 같이 지식공학 융복합 증강현실 플랫폼 아키텍처를 제안하고자 한다. 개발자, 내부 직원, 외부 협업 기업 직원의 사용자층에서 인터페이스를 각각 구축한다. 개발자는 전문가 인터페이스를 사용하여 사례를 구축하는 시스템을 사용한다. 내부 직원은 신규 및 경력 직원을 포함해 모두 내부 사용자 인터페이스를 사용하여 사례 구축 시스템을 통해 사례를 구축하고 구축된 모범 사례에서 추론 엔진을 통해 모범 답변을 얻을 수 있다. 외부 협업 기업 지원은 외부 사용자 인터페이스를 사용하여 질문 엔진을 사용할 수 있다. 질문 엔진은 답변을 탐색하여 얻은 사례 답변을 추출하여 추론 엔진을 거쳐 질문자의 의도에 맞게 적응시켜서 질문자에게 제공한다.

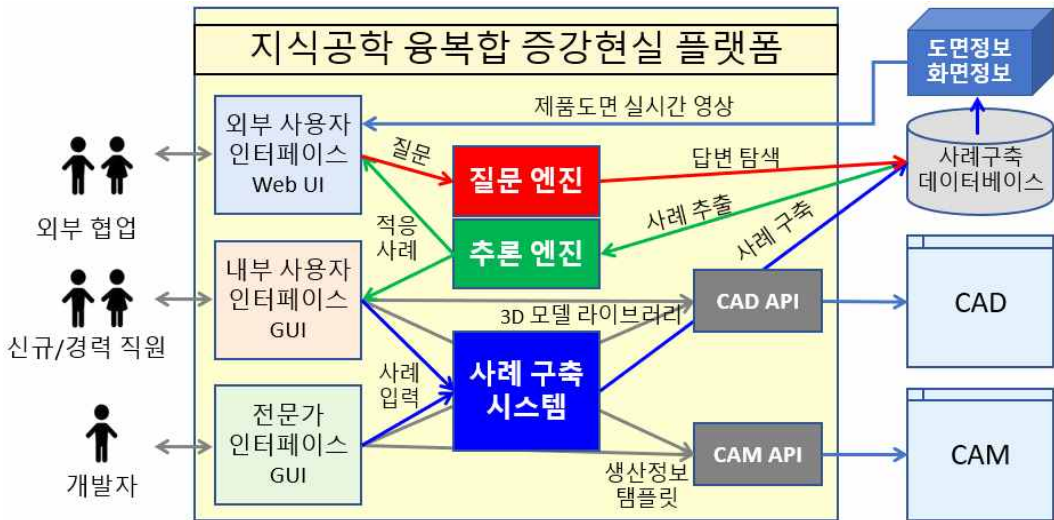


Fig. 38 Knowledge engineering AR platform architecture

구체적인 지식공유 플랫폼의 질문 응대 프로세스는 다음과 같다. 또한 지식공유 플

랫폼의 답변 탐색도 이어서 설명한다.

Fig. 39는 지식공유 플랫폼의 질문 응대 프로세스를 나타낸다. 지식공유 플랫폼은 대기(Ready)상태로 있다가 질문을 접수하면 질문의 관련 영업을 좁히기 위해 분류 범위를 제시한다. 이를 본 질문자가 질문 관련 범위를 지정하면 답변 가능한 후보자 명단을 우선순위를 표시하여 제시하면 질문자는 답변 후보자를 지명할 수 있다. 지명 후보자가 답변을 못하는 상황을 대비해 후보군은 유지하고 있다가 우선순위에 따라 질문 전달을 배정할 수 있다. 지식공유 플랫폼은 질문 초안을 제시하고 질문자의 직접 수정을 허용하며 질문 전달을 위해 대기한다. 자동완성 질문 초안은 질문자 정보, 참석자 구성, 위치정보, 공간정보, 진행정보, 문서정보, 화면정보, 제품모델, 온톨로지를 포함하여 제시한다. 제시할 초안이 없는 사항은 공란(Empty, NULL)으로 나타난다. 완성된 질문은 검색에 용의하도록 잘 분류될 수 있는 정보를 갖춘 질문이 된다.

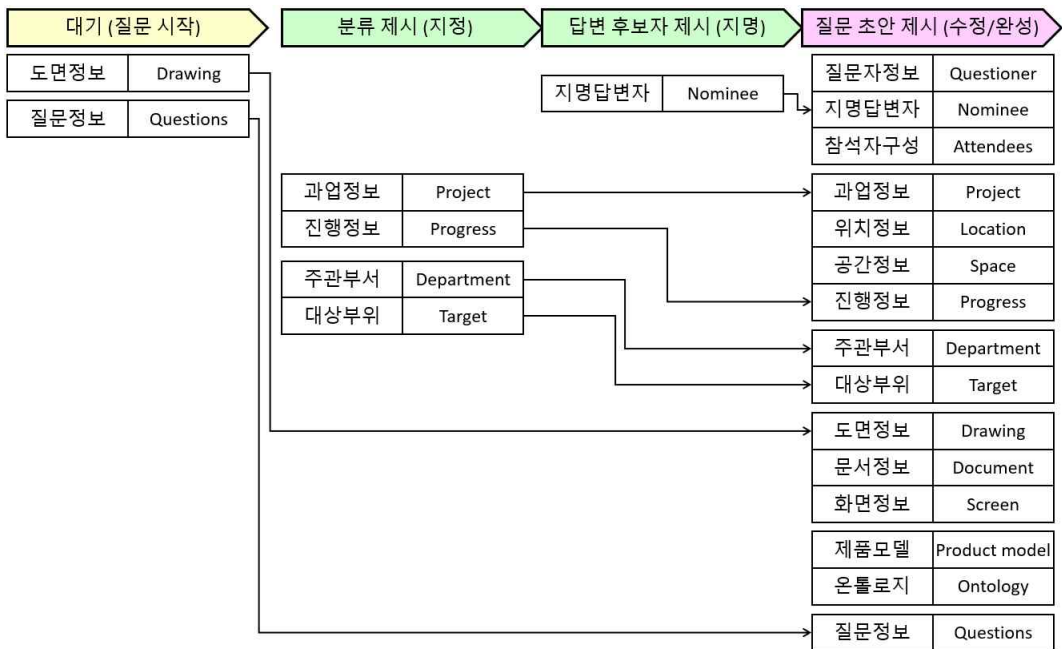


Fig. 39 Question answering process of knowledge sharing platform

이처럼 질문의 단계별로 제시하는 요구사항으로 범위를 좁혀가는 방식으로 질문 분류와 해당 답변 검색의 효율성을 높일 수 있다. 정확한 질문은 올바른 해답을 찾는 데 매우 중요하다. 그렇지만 맨 처음 질문 대기상태에서 질문 초안의 수많은 입력란

이 있는 빈 양식을 받는다면 질문자에게 오히려 큰 부담을 초래할 수 있다. 따라서 이와 같은 단계별 질문 응대 프로세스가 필요하다.

Fig. 40은 완성된 질문서를 이용하여 질문 엔진이 두 가지 방법으로 답변을 검색한다. 첫 번째 직접 답변자를 탐색하는 과정이다. 이는 도면관리자, 승인자, 검수자, 작성자에 대한 탐색이 먼저 이루어진다. 여기서 답변자를 구할 수 없으면 해당 부서 전임자, 후임자, 이직자를 찾아서 탐색한다. 이와 더불어 답변이 등록되면 유휴 인력이 답변을 제공하기 위하여 대기할 수 있다. 이를 탐색하여 답변을 제공해줄 수 있다. 두 번째 방법은 모범 다변 사례를 찾아서 답변을 제공하는 것이다. 이는 지식공유 온톨리지를 활용하여 사례를 탐색한다.

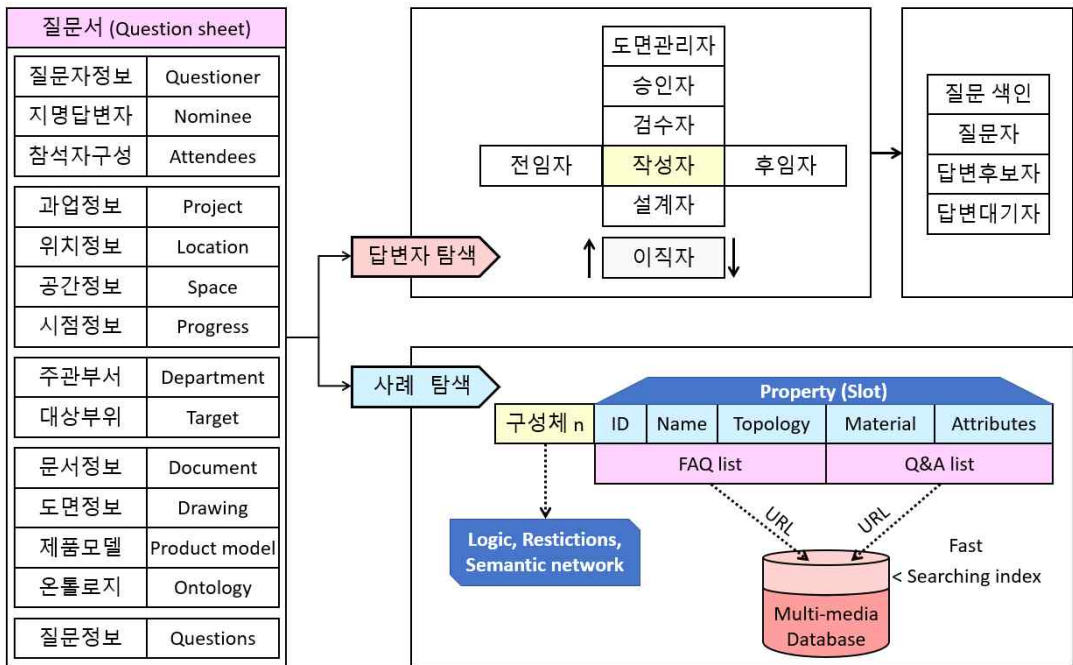


Fig. 40 Search for answers of knowledge sharing platform

제2절 스마트기기 기반 증강현실

본 연구에서는 스마트기기 기반 증강현실 구현을 다음과 같이 수행하였다. 스마트

폰 Galaxy S20(Android 12)를 사용하였다. 증강현실 구현은 Unity의 엔진 겸 저작 도구와 PTC Vuforia 엔진을 사용하여 제작하였다.

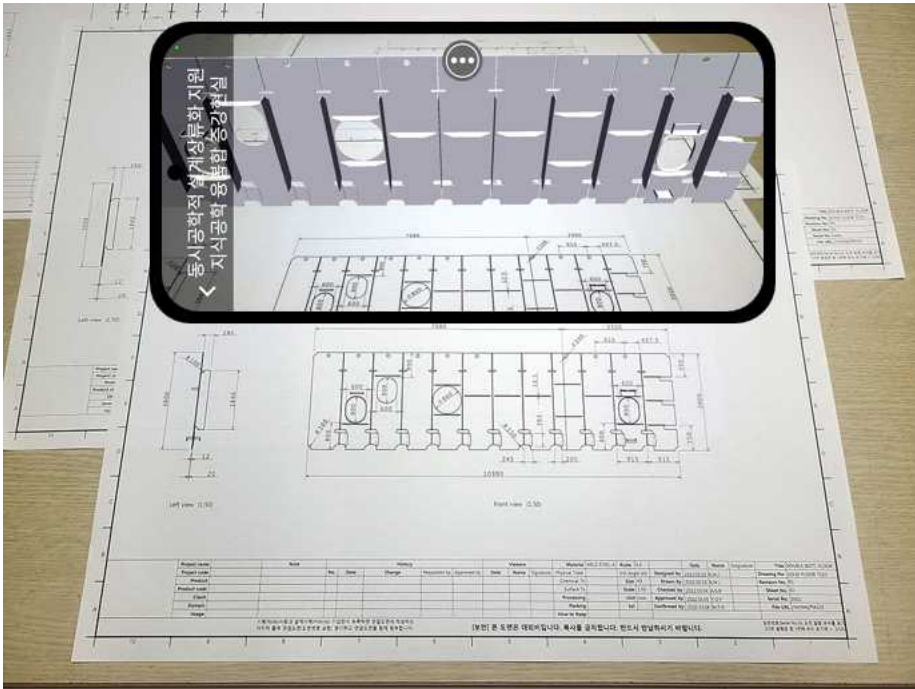


Fig. 41 AR product model (description)

Fig. 41은 도면 추론 제품모델 정보를 스마트기기를 이용하여 증강현실 기법으로 서비스받는 모습을 설명하고 있다. 책상 위에 놓인 2차원 종이 도면을 증강현실 스마트기기를 활용하여 해당 3차원 제품모델을 표시해주는 모습이다. Fig. 42는 도면 추출 제품모델 정보를 구현한 스마트폰 화면 모습이다.

Fig. 43은 도면에서 추출한 제품모델의 분해도를 설명하는 모습이다. Double bottom solid floor를 중심선 부근 Solid floor plate 1과 측면 거더 부근 Solid floor plate 2를 분해하고, 각각의 판 부재에 부착된 11개의 Flat bar stiffeners와 11개의 Collar plates, 3개의 Flat bar (End snip), 12개의 Flat bar (Ends snip)이 분해된 모습이다. 도면 추출 제품모델 분해도는 그림과 같이 임의의 위치와 회전 방향 각도에서 분해된 부품을 검토할 수 있음을 보여주고 있다. Fig. 44는 도면 추출 제품모델 분해도를 구현한 화면의 모습이다.

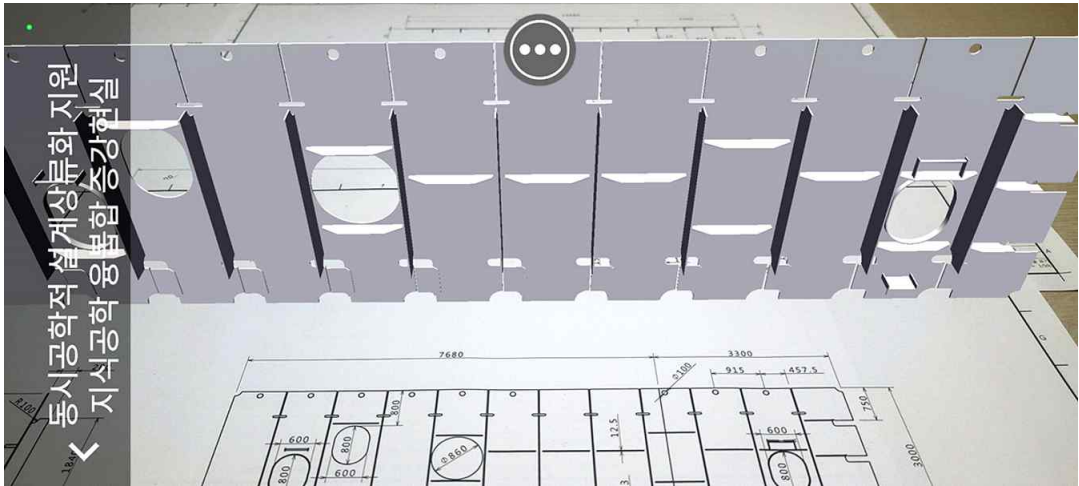


Fig. 42 AR product model (screenshot)

Fig. 45는 증강현실 사용자 메뉴를 설명하는 모습이다. 스마트폰 화면 중간에 메뉴 버튼을 클릭하면 팝업 컨텍스트 메뉴(Pop context menu)가 나타난다. 현재 한 명의 사용자(User2)가 혼자서 도면에서 추출된 증강현실 제품모델을 검토하고 있는 모습이다. Fig. 46은 증강현실 사용자 메뉴를 구현한 화면의 모습이다.

Fig. 47은 증강현실 질문 메뉴를 설명하는 모습이다. 질문은 팝업 컨텍스트 메뉴 최하단에 일관적으로 배치하였다. 질문(Questions) 메뉴를 터치하여 질문 작성을 시작할 수 있다. Fig. 48은 증강현실 질문 메뉴를 구현한 화면의 모습이다.

Fig. 49는 지식공학 융복합 증강현실 온톨로지 메뉴를 설명하는 모습이다. 도면에서 추출된 증강현실 제품모델이 Typical Double Bottom 하위 Solid Floor (Id : 7123)의 인스턴스임을 나타낸다. 제품모델의 상세 정보를 확인할 수 있다. Fig. 50은 지식공학 융복합 증강현실 온톨로지 메뉴를 구현한 화면 모습이다.

Fig. 51은 온톨로지를 결합한 질문 메뉴를 설명하는 모습이다. 질문 내용에 증강현실 제품모델의 온톨로지를 결합하여 질문할 수 있다는 것을 설명하고 있다. Solid Floor (ID : 7123)의 인스턴스 버튼을 터치로 토글한 상태에서 질문 버튼을 터치하여 실행할 수 있다. Fig. 52는 온톨로지 결합 질문 메뉴를 구현한 화면의 모습이다.

Fig. 53은 다중 사용자 참여 협업을 설명하는 모습이다. 사용자가 두 명 이상이면 참여자(User1, User2, User3)별 맞춤 증강현실 제품모델을 나타낼 수 있음을 설명한

다. 동일 공간의 사무실에 동석한 실시간 사용자도 함께 표시되면 사용자가 자신의 업무에 맞게 서로 다른 화면으로 지식공학 융복합 증강현실 플랫폼을 사용할 수 있다. 필요에 따라서는 참여자가 서로 상대의 맞춤 증강현실 제품모델을 바꿔서 볼 수 있다. 또한 참여자는 서로 상대의 맞춤 증강현실 제품모델을 자신의 증강현실 제품모델과 겹쳐서 볼 수 있다. 이와 같이 하나의 공간에 모여 진행되는 융복합 설계환경에서 협업은 직관적인 사용자 경험 인터페이스를 제공해 줄 수 있다. 그래서 즉석에서 융복합 협업이 구두로 가능하다. 예시의 Double bottom solid floor의 경우에 관련된 부문은 선형설계, 구획배치, 구조설계, 의장설계, 생산설계 등의 전문인력이 협업에 참여할 수 있다. 예시는 구조설계 담당자(User2)와 의장설계 담당자(User1) 두 명이 서로 협업하는 모습을 나타내고 있다. Fig. 53은 의장설계 파트와 구조설계 파트의 참여자가 Ballast pipe의 직경과 경로를 수정하려는 협업 상황을 나타내고 있다. Fig. 54는 다중 사용자 참여 협업을 구현한 화면 모습이다.

Fig. 55는 도면 표제부에서 증강현실 화상 답변을 받을 수 있음을 설명하는 모습이다. 도면 표제부에서 정보를 추출하여 도면 작성자의 동영상 설명 답변을 시청할 수 있다. 도면의 표제부를 지식공학 융복합 증강현실 플랫폼이 탑재된 스마트 기기로서 스캔하여 도면의 정보와 작성자의 도움말 영상을 받을 수 있다. Fig. 56은 도면 표제부 증강현실 화상 답변을 구현한 화면의 모습이다. 표제부를 스마트기기로 스캔하여 인식하면 관련 전문지식의 답변 동영상 검색할 수 있다. 스마트기기 화면에 떠있는 동영상 플레이 버튼을 클릭하여 답변 동영상을 볼 수 있다. 해당 구현은 답변 동영상 클립 파일을 미리 저장해 모아 둔 것을 제공하는 모습이다.

Fig. 57은 제품모델 연동 증강현실 동영상 답변을 설명하는 모습이다. 도면에서 추출한 증강현실 제품모델과 도면 표제부에서 추출한 증강현실 동영상 답변을 연동하여 함께 시청하는 모습이다.

본 논문에서는 스마트 기기에서 증강현실을 구현하기 위하여 Unity의 엔진과 저작 도구, 그리고 PTC Vuforia 엔진을 사용하였다. 본 연구에서는 Vuforia 엔진 다중 마커를 이용하여 시범적으로 도면 기하 요소를 식별하였다. 식별 마커는 Vuforia 자체 알고리즘을 사용하고 있다. 수많은 유사 도면을 탐색하기에는 한계가 있다. 본 연구에서는 여기서 더 나아가 도면의 수기 스케치를 식별하는 방안에 대하여 고찰하고자 한다.



Fig. 43 Explored view of AR product model (description)

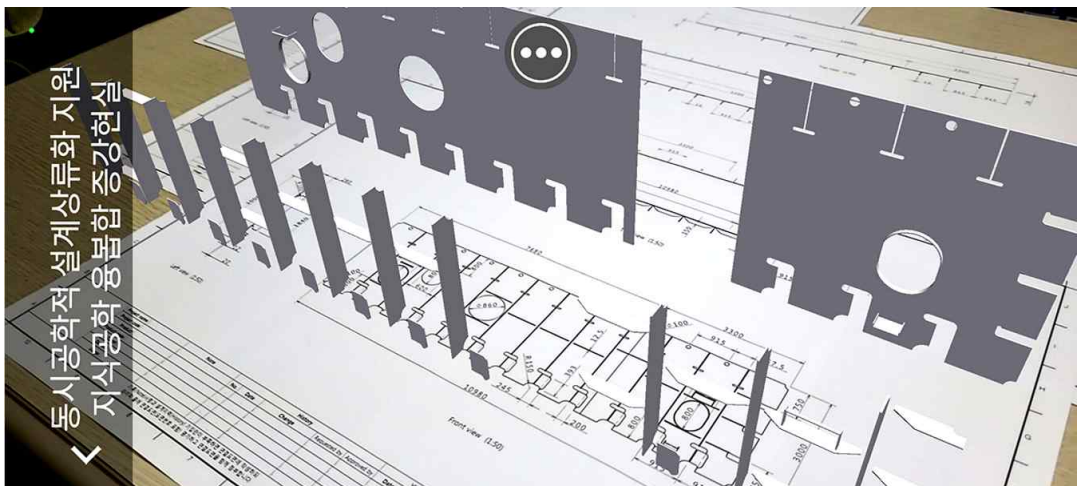


Fig. 44 Explored view of AR product model (screenshot)

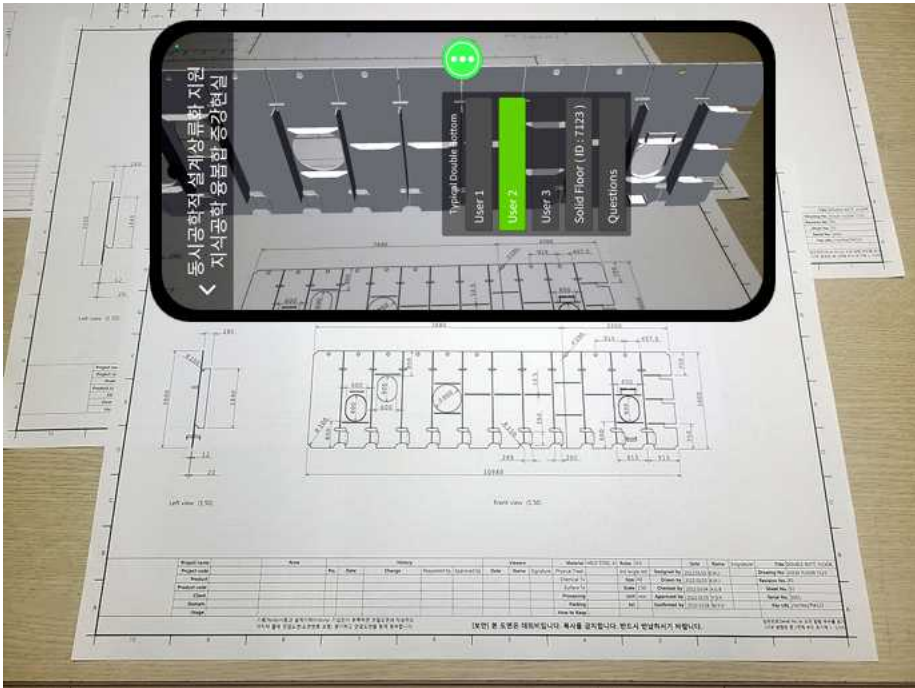


Fig. 45 AR user menu (description)

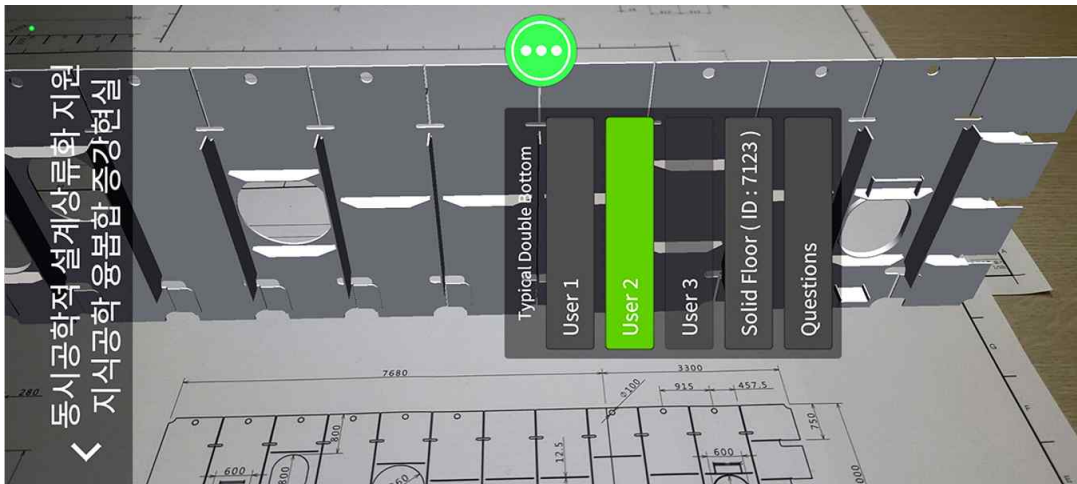


Fig. 46 AR user menu (screenshot)



Fig. 47 AR questions menu (description)

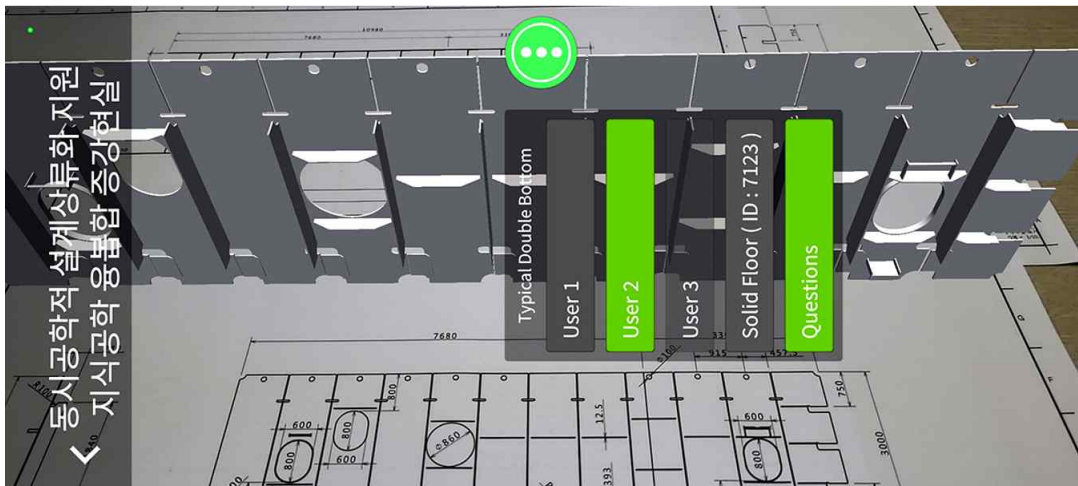


Fig. 48 AR questions menu (screenshot)

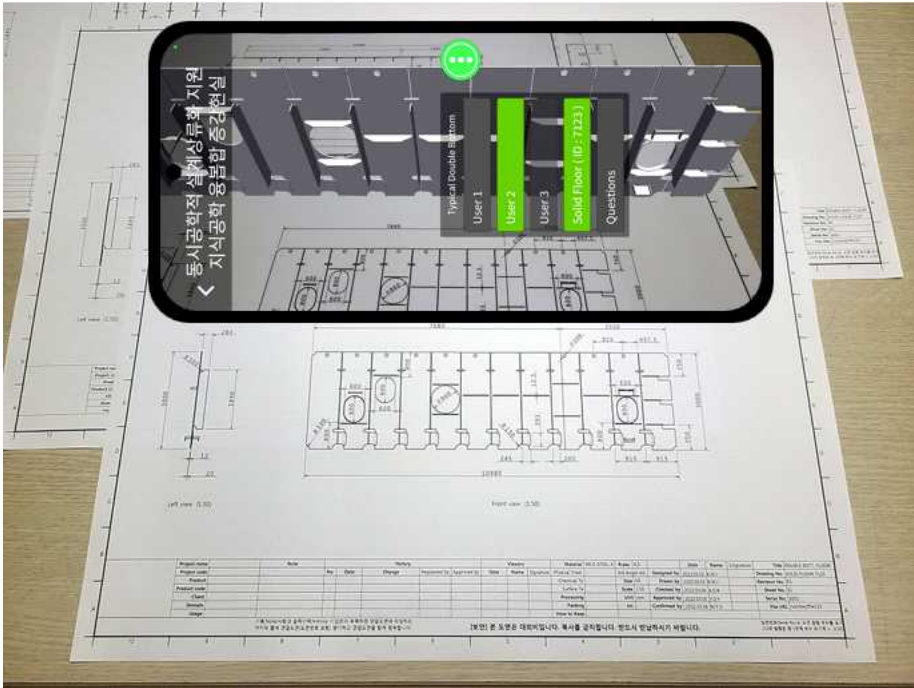


Fig. 49 AR ontology menu (description)

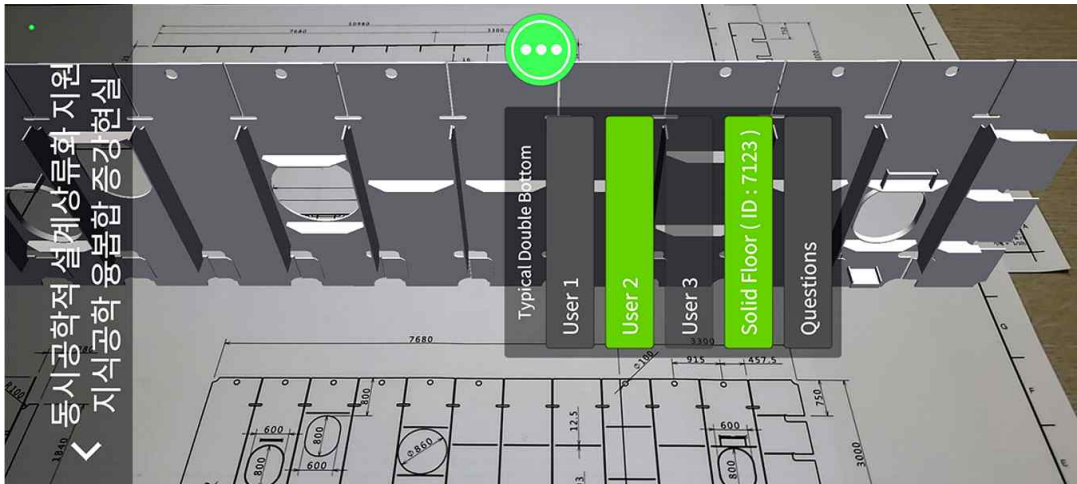


Fig. 50 AR ontology menu (screenshot)

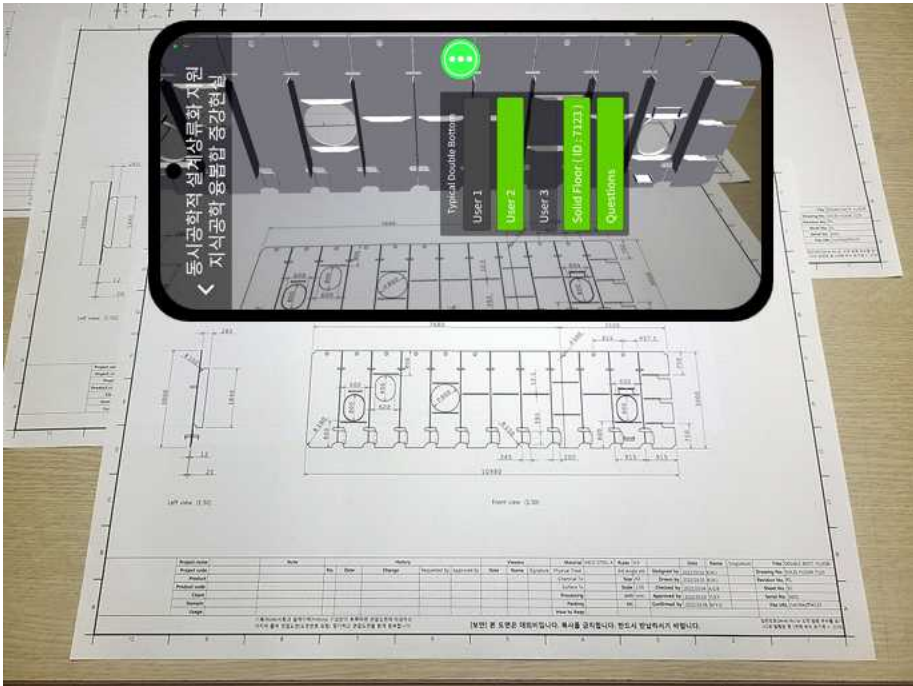


Fig. 51 Question menu with ontology (description)

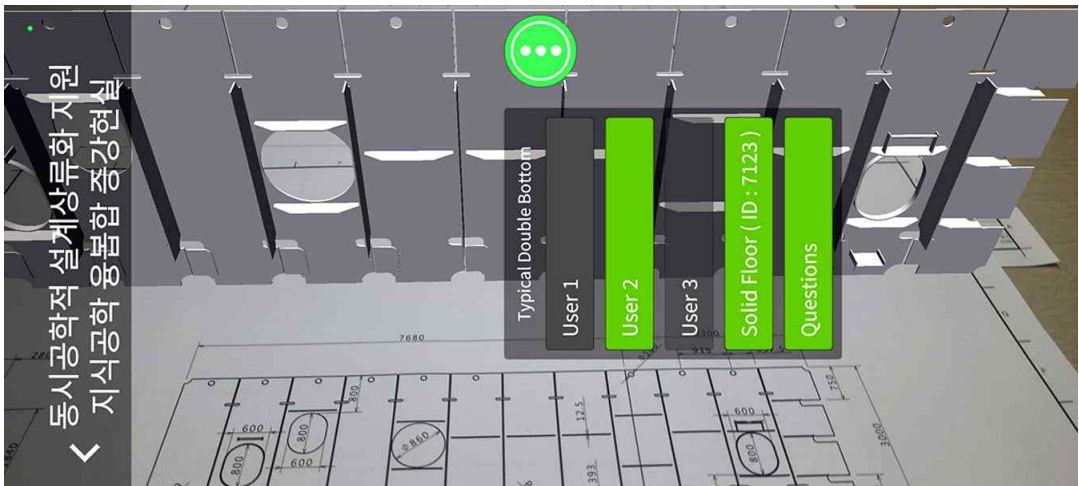


Fig. 52 Question menu with ontology (screenshot)

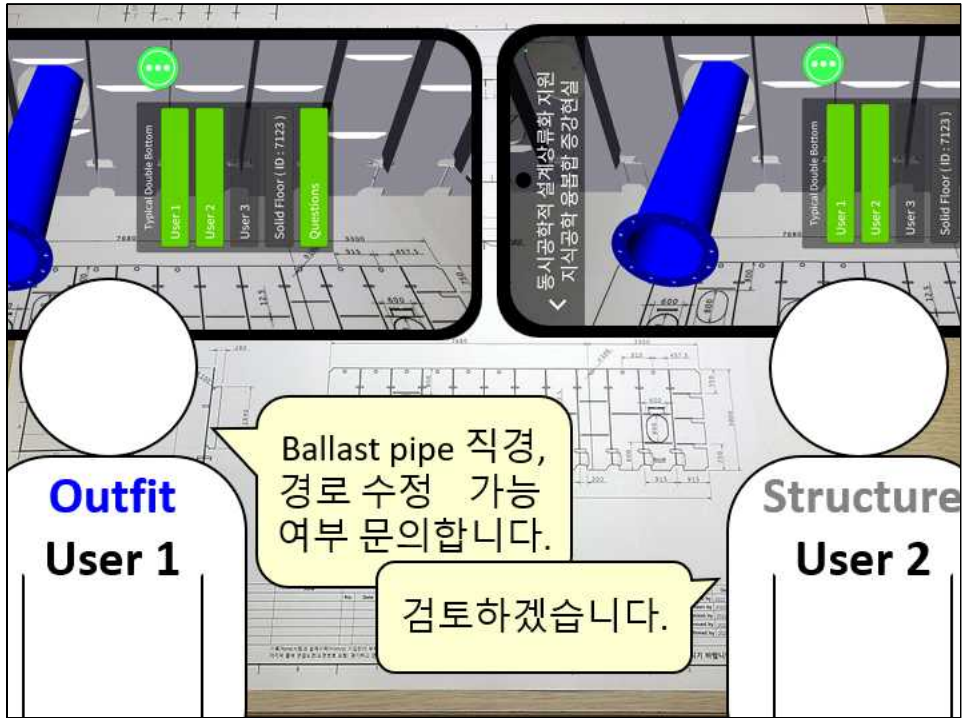


Fig. 53 Multi user collaboration (description)



Fig. 54 Multi user collaboration (screenshot)



Fig. 55 AR drawing title block (description)

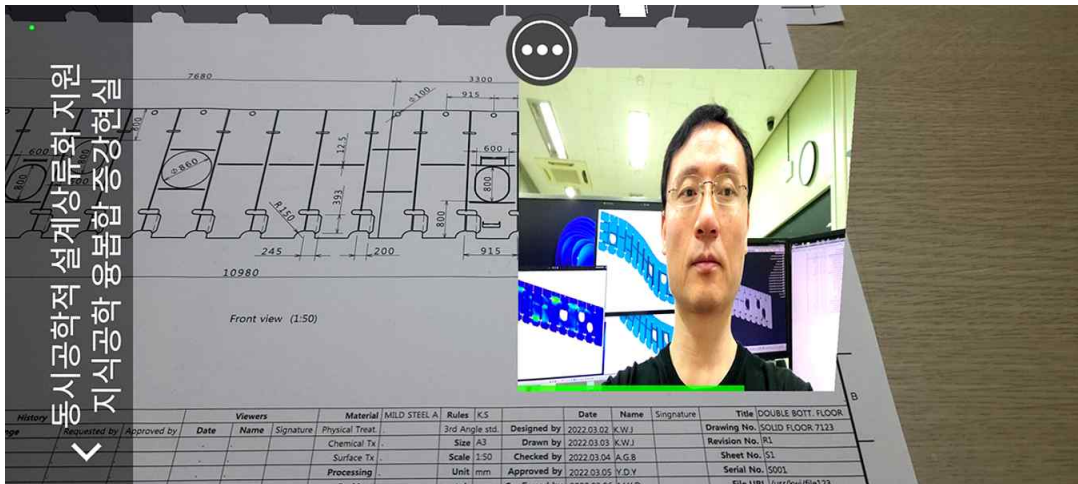


Fig. 56 AR drawing title block (screenshot)



Fig. 57 AR answer related product model (description)

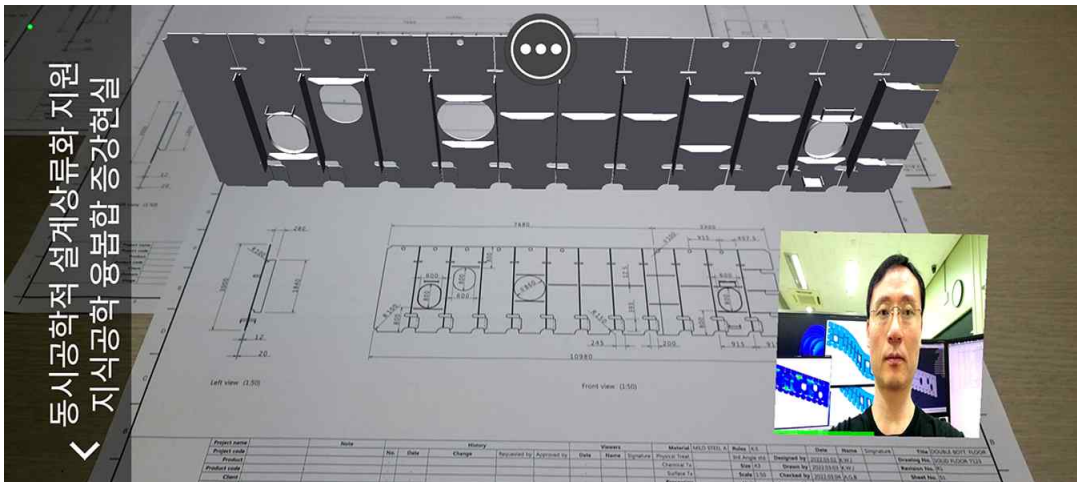


Fig. 58 AR answer related product model (screenshot)

제3절 도면 수기 스케치 인식 처리 방법론

본 연구에서는 도면에 수기로 스케치한 내용을 자동으로 인식하여 필요한 전산수치 해석 등의 처리를 하는 방법을 사용한다. 융복합 설계환경에서 서로 다른 산업 분야에 서로 생소한 내용을 질의응답하는 과정에서 수기 스케치로 도해하며 문의하는 경우가 있다. 이러한 상황에서 인공지능 기법을 이용해 기본적인 사항은 답변자를 검색하지 않고 즉시 자동응답할 수 있는 방안을 설명하고자 한다. 도면 수기 스케치의 이미지 인식 딥러닝 인공지능 알고리즘을 활용한 사례를 적용하고자 한다. 딥러닝 알고리즘은 이미지 처리에 유용한 합성곱 다층 인공 신경망 기법을 이용한다.[4]

Fig. 59는 7가지 CFD(Computational Fluid Dynamics) 해석용으로 단순하고 기본적인며 널리 사용되는 기본 형상을 수기로 스케치하여 도면에 기록해 놓은 상황을 보여주고 있다. CFD 해석용 스케치 형상은 OpenFOAM에 공개소스 예제로 제공하는 모델을 닮은 기본 형상을 단순화하여 종이 도면에 수기로 그려 놓은 것이다. 수기 스케치를 인식해서 CFD 해석을 자동으로 수행하는 방법론을 설명하고자 한다.

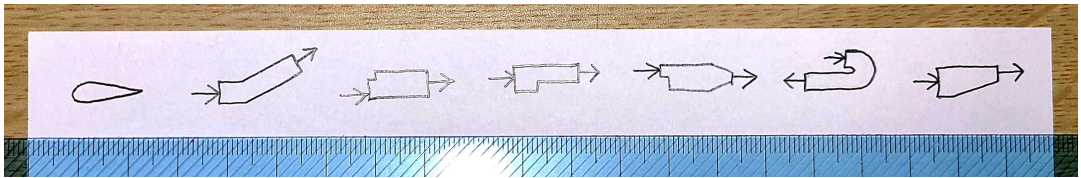


Fig. 59 Handwritten sketch of basic shape for CFD analysis

Fig. 60은 도면 수기 스케치 인식과 CFD 해석 처리 절차를 나타내고 있다. 1) 궁금한 질문이 떠오르는 단계, 2) 궁금한 대상의 스케치를 수기로 작성하는 단계, 3) 스마트폰으로 촬영하여 스캔하여 전송하는 단계, 4) 스캔한 원본 스케치를 원격 호스트에서 OpenCV로 화상처리 하여 스케치를 인식하는 단계. 이때 스케치의 크기 영역을 결정하고 스케치를 흑백으로 이진화한다. 화상처리된 스케치를 NumPy를 이용해 배열로 바꾸어 딥러닝 학습 데이터와 형상을 일치시킨다.[4] 5) 기존 연구[4]의 케라스 환경에서 개발한 딥러닝 인공 신경망 모델을 불러와서 스케치를 판독하는 단계. 이때 스케치의 의도를 판독하여 어떻게 해석할지 결정한다.[4] 6) 판독 결과에 해당하

는 CFD 해석 공개소스 모델을 불러와 미리 설정된 파라메타로 모델을 수정하여 조건을 맞추는 단계.[4] 7) OpenFOAM CFD Solver로 해석 계산을 수행하는 단계. 계산 결과는 가시화 후처리기(Post-processor) paraView를 사용한다.[4] 8) 가시화된 CFD 해석 결과를 답변으로 전송받아 질문자가 검토하는 단계로 진행된다.

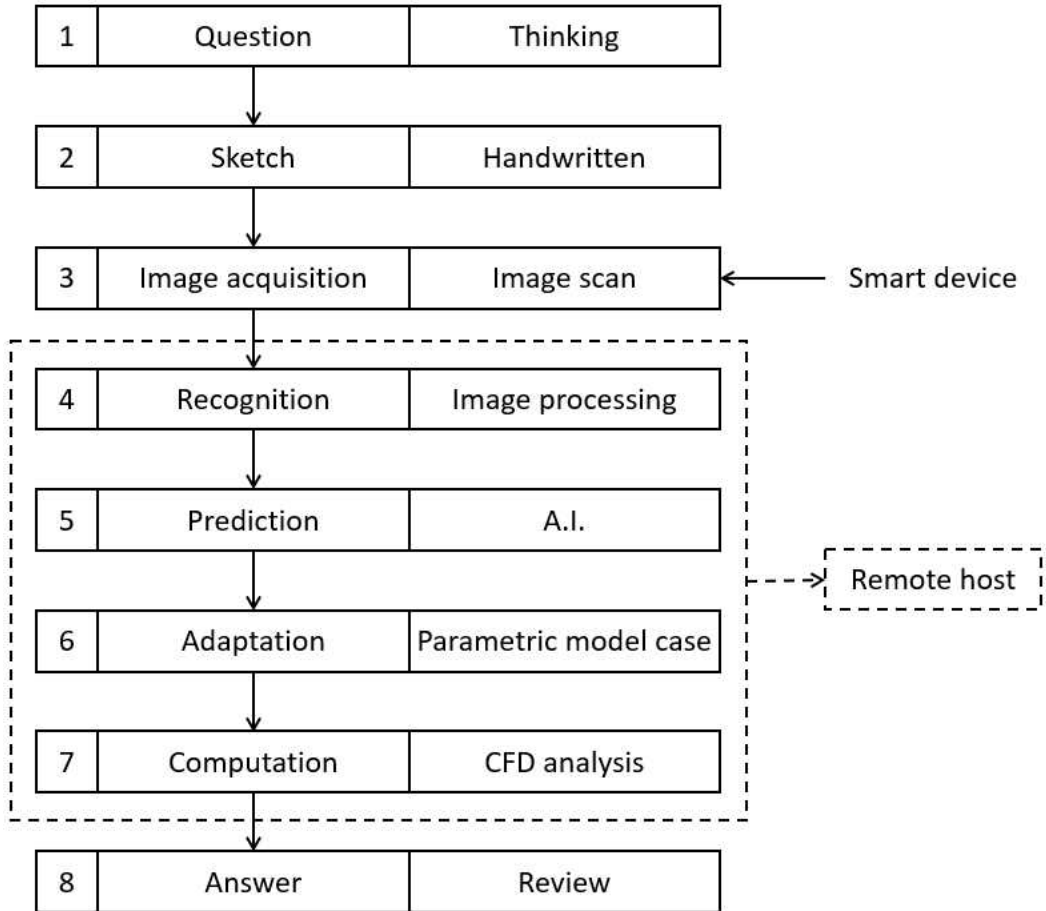


Fig. 60 Procedure of handwritten sketch recognition and CFD analysis

이와 같은 방법으로 CAD 도면 이와와 수기 스케치를 인식할 수 있게 되면 지식공학 융복합 환경에서 사용자에게 유용한 질문 방식을 제공할 수 있게 된다.

딥러닝 인공지능으로 스케치 인식을 학습시키는 방식은 전형적으로 나타날 수 있는 스케치 패턴 몇 가지를 미리 그려 놓고 그 패턴을 중심으로 스케치 이미지를 늘

리고 줄이고 비틀고 회전시키는 등 여러 가지 변형을 가하여 새로운 유사 이미지를 대량으로 만들어서 학습 데이터로 사용한다. 그중에서 일부는 인공신경망 모델의 성능을 검증하기 위한 검증 데이터로 활용한다. 일반적으로 학습 데이터가 풍부하고 많을수록 인공신경망 모델의 성능이 우수하다. 기계학습의 횟수가 많을수록 성능향상에 도움이 되지만 일정 횟수를 지나면 정확성이 발산하는 오류에 빠지게 된다.

본 연구에서 전형적인 스케치 패턴은 수기로 직접 스케치했다. 이때 사용자가 스케치할 것으로 예상되는 패턴을 유추하여 예상대로 미리 스케치하는 것이 개발자의 몫이다. 풍부한 스케치 패턴이 유리하지만 개발자가 직접 스케치해야 하므로 시간적으로 한계가 있다. Fig. 61이 스케치 패턴을 제작한 것이다.

스케치 학습 데이터는 이미지 변형 프로그램을 사용하여 다양한 변형을 가하여 수많은 학습 데이터를 만들 수 있다. 기계가 만드는 학습 데이터이므로 일관성 있고 연속적 변화를 만들어 패턴 내에서 모든 가능성을 담아낼 수 있다. Fig. 62가 자동 생성된 스케치 학습 데이터이다.

자동으로 수많은 스케치를 만들면서 일부는 랜덤하게 추출하여 스케치 검증 데이터를 만들 수 있다. 스케치 검증 데이터는 인공 신경망 모델의 성능을 점검하기 위해서 전혀 일관성 없이 우후죽순 중구난방의 스케치를 생성하는 것이 적절하다. Fig. 63이 스케치 검증 데이터이다.

본 논문에서는 이와 같은 순서로 상기 Fig. 59의 7가지 CFD 해석용 형상에 대해서 연이어서 전형적인 스케치 패턴, 스케치 학습 데이터, 스케치 검증 데이터를 정리하여 보여주고 있다. 따라서 이후 설명은 일맥상통한다.

○ 도면에 수기로 그려 놓은 전형적인 익형 단면의 CFD 해석용 스케치 형상 인식 딥러닝 인공지능 인공지능망 모델 개발에 사용된 학습 데이터(218개) 및 검증 데이터 (30개)

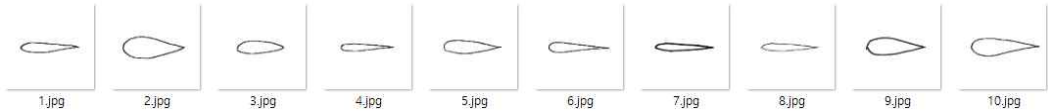


Fig. 61 Sketch pattern of aerofoil for CFD analysis



Fig. 62 Train data of aerofoil sketch

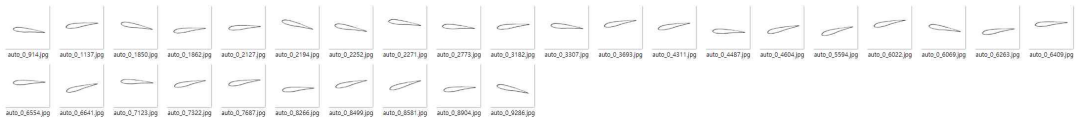


Fig. 63 Validation data of aerofoil sketch

○ 도면에 수기로 그려 놓은 굴절 사각 덕트의 CFD 해석용 스케치 형상 인식 딥러닝 인공지능 인공지능망 모델 개발에 사용된 학습 데이터(217개) 및 검증 데이터(30개)

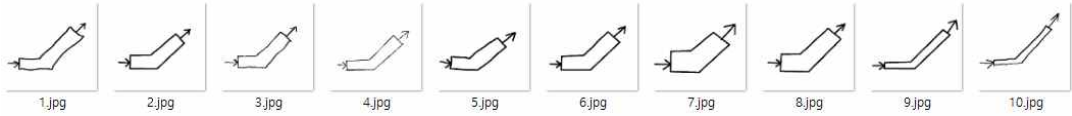


Fig. 64 Sketch pattern of angled duct for CFD analysis

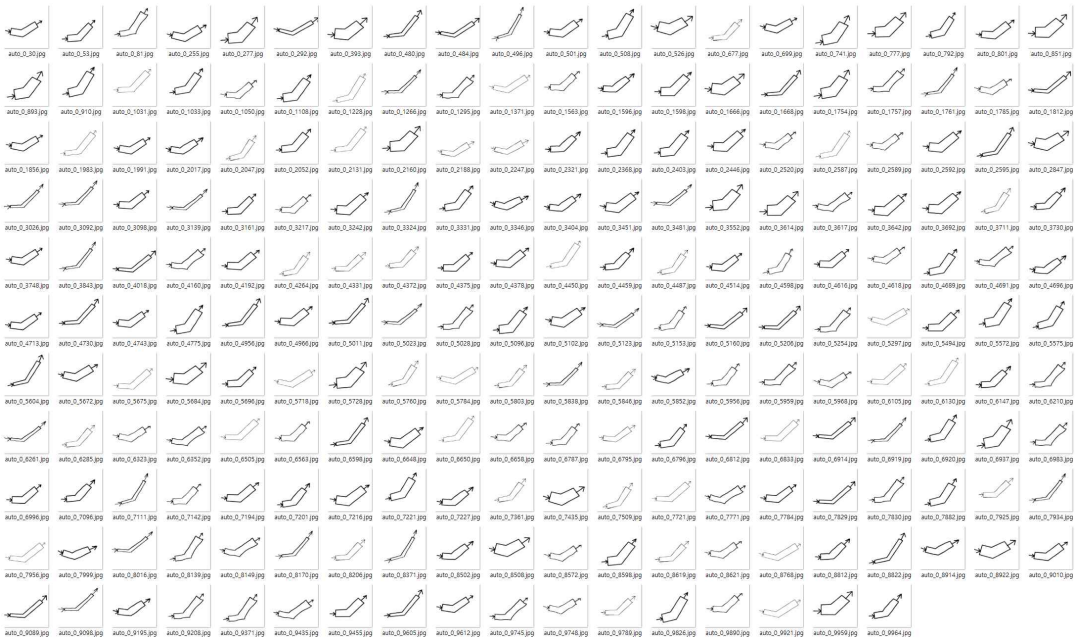


Fig. 65 Train data of angled duct sketch

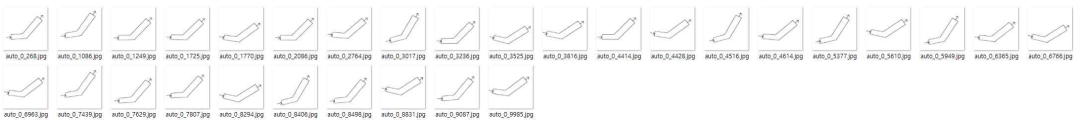


Fig. 66 Validation data of angled duct sketch

○ 도면에 수기로 그려 놓은 DLR_A_LTS CFD 해석용 스케치 형상 인식 딥러닝 인공지능 인공신경망 모델 개발에 사용된 학습 데이터(218개) 및 검증 데이터(29개)

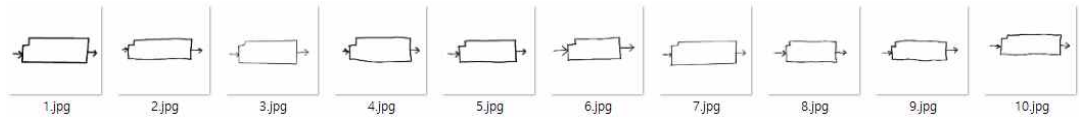


Fig. 67 Sketch pattern of axial combustion model for CFD analysis

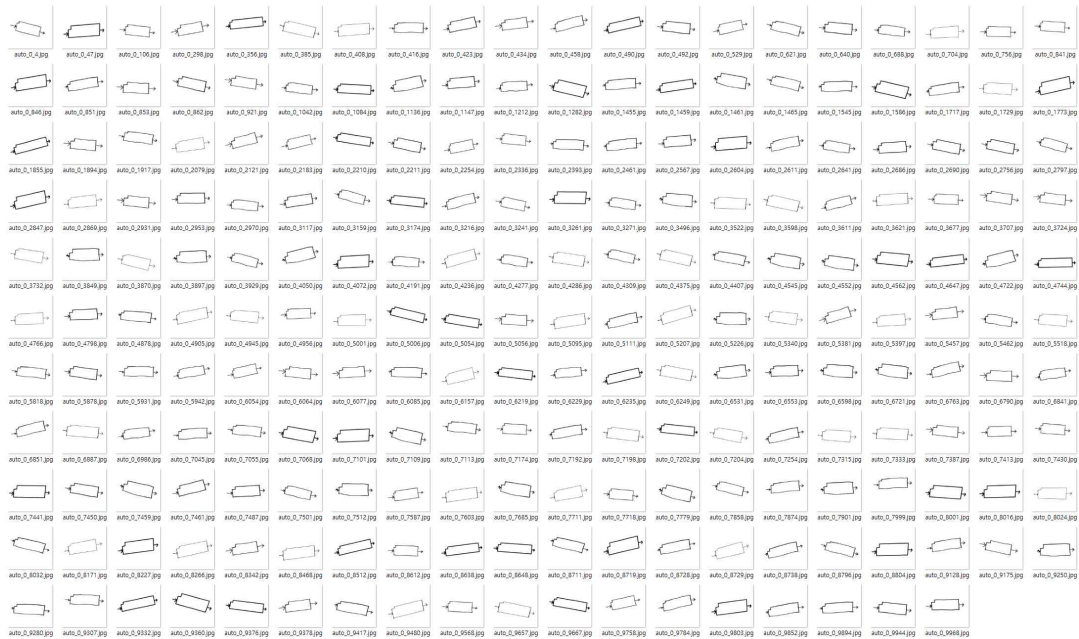


Fig. 68 Train data of sketch of axial combustion model

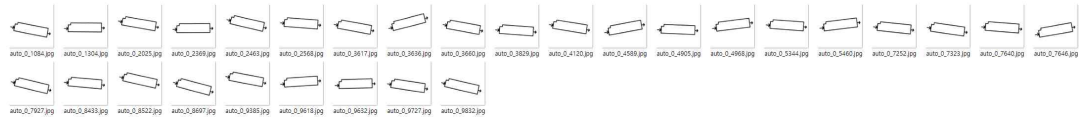


Fig. 69 Validation data of sketch of axial combustion model

○ 도면에 수기로 그려 놓은 전면 단차가 있는 초음속 입구 CFD 해석용 스케치 형상 인식 딥러닝 인공지능 인공지능망 모델 개발에 사용된 학습 데이터(220개) 및 검증 데이터(30개)

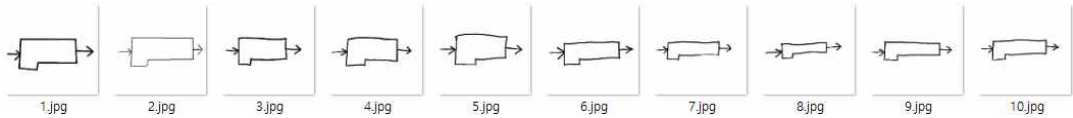


Fig. 70 Sketch pattern of forward step inlet for CFD analysis

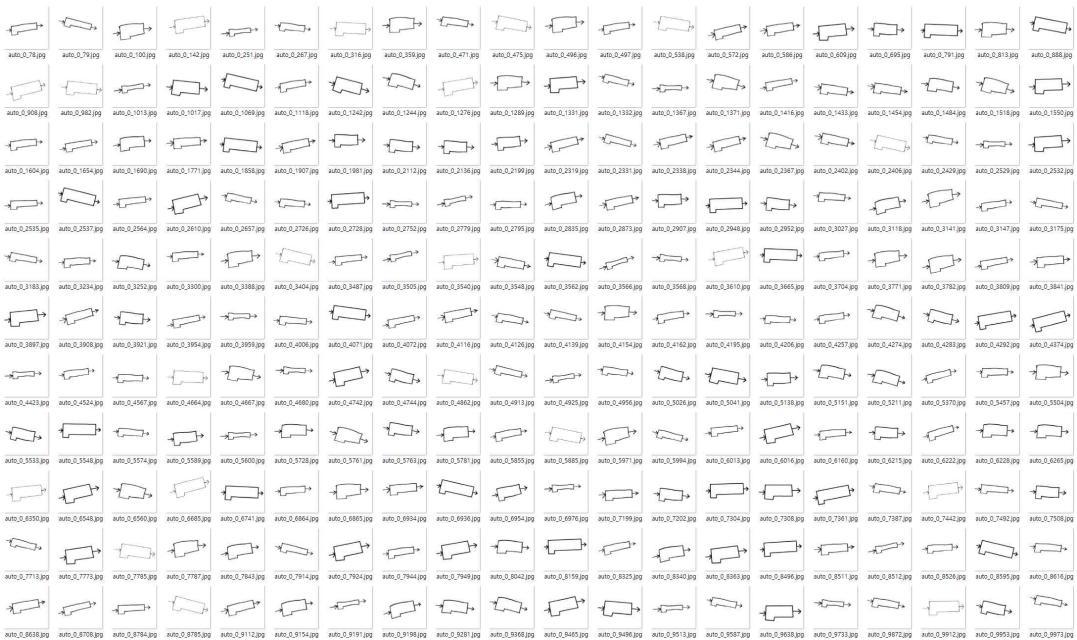


Fig. 71 Train data of sketch of forward step inlet

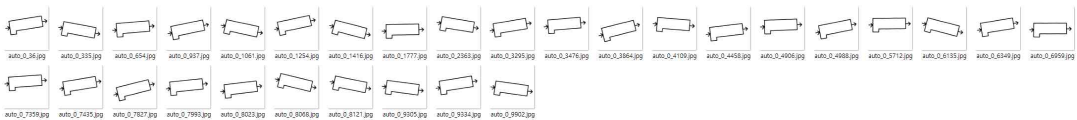


Fig. 72 Validation data of sketch of forward step inlet

○ 도면에 수기로 그려 놓은 후면 단차 뒤의 좁은 노즐 출구 모델의 CFD 해석용 스케치 형상 인식 딥러닝 인공지능 인공지능망 모델 개발에 사용된 학습 데이터(216개) 및 검증 데이터(30개)

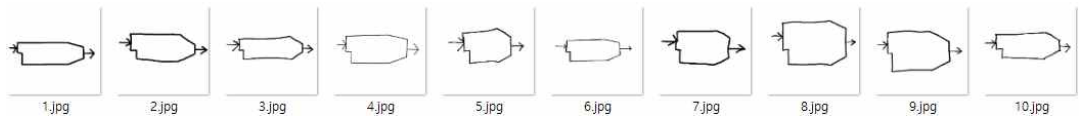


Fig. 73 Sketch pattern of nozzle for CFD analysis

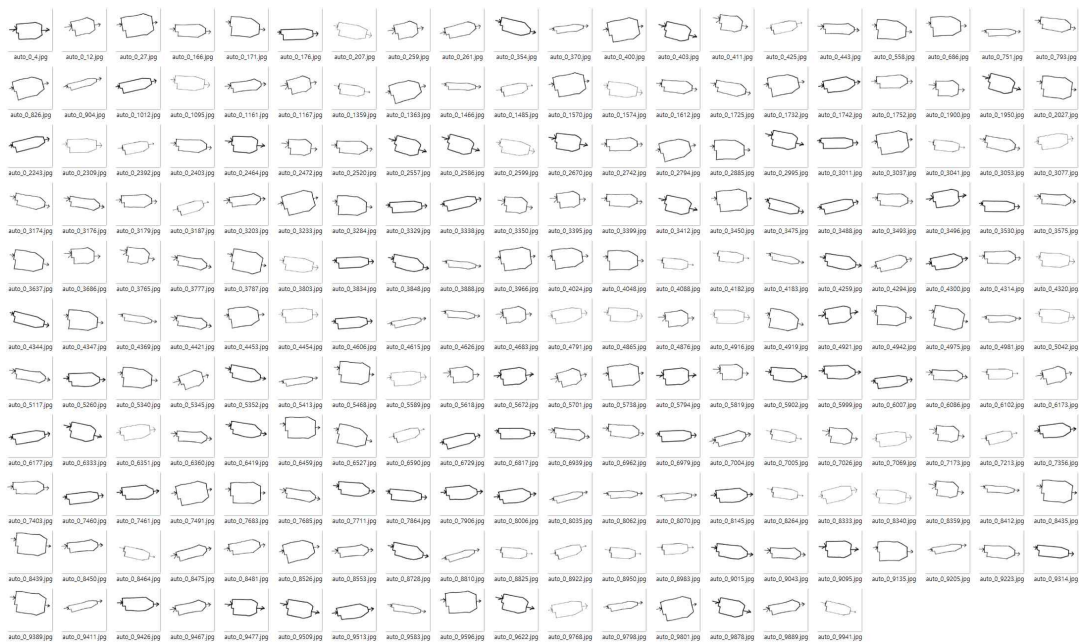


Fig. 74 Train data of nozzle sketch

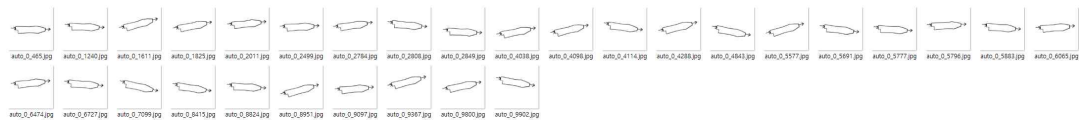


Fig. 75 Validation data of nozzle sketch

○ 도면에 수기로 그려 놓은 사각 단면 밴드를 CFD 해석용 스케치 형상 인식 딥러닝 인공지능 인공지능 모델 개발에 사용된 학습 데이터(219개) 및 검증 데이터(30개)

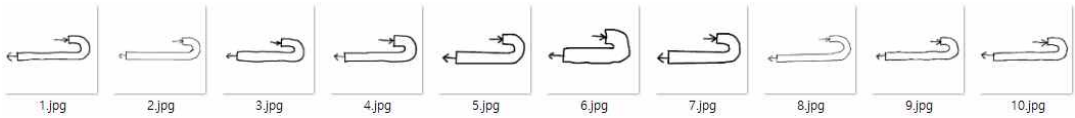


Fig. 76 Sketch pattern of square bend for CFD analysis



Fig. 77 Train data of sketch of square bend



Fig. 78 Validation data of sketch of square bend

○ 도면에 수기로 그려 놓은 wedge를 CFD 해석용 스케치 형상 인식 딥러닝 인공지능 인공지능망 모델 개발에 사용된 학습 데이터(218개) 및 검증 데이터(30개)

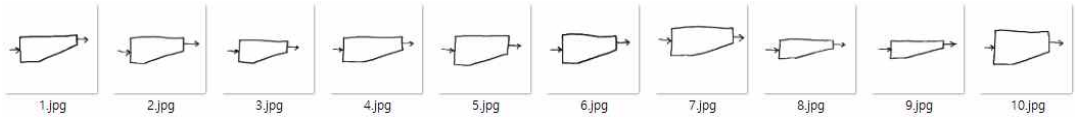


Fig. 79 Sketch pattern of wedge for CFD analysis

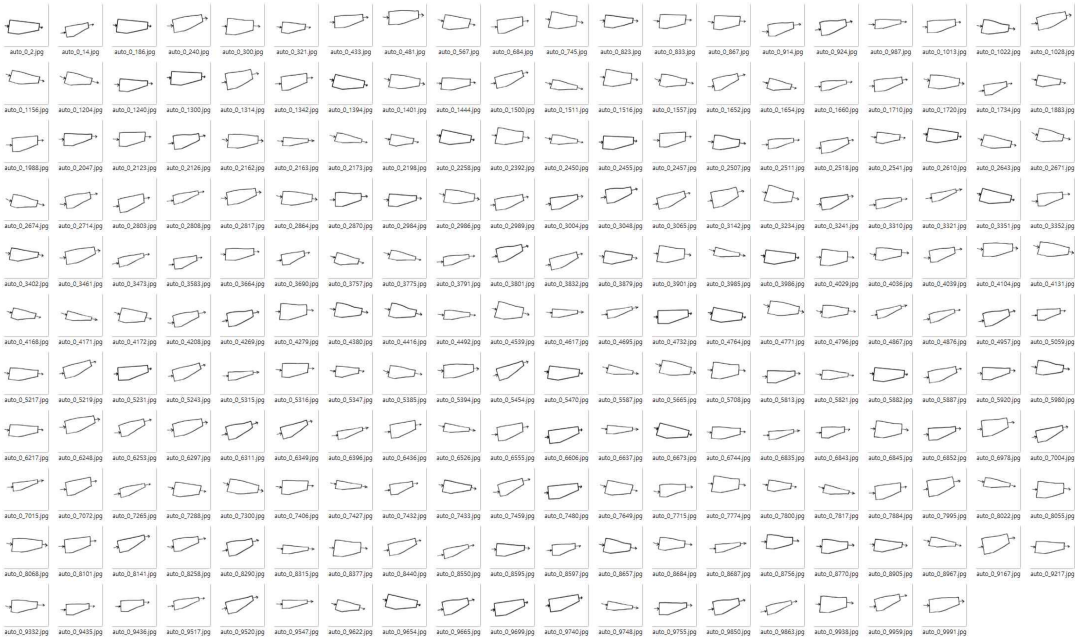


Fig. 80 Train data of wedge sketch

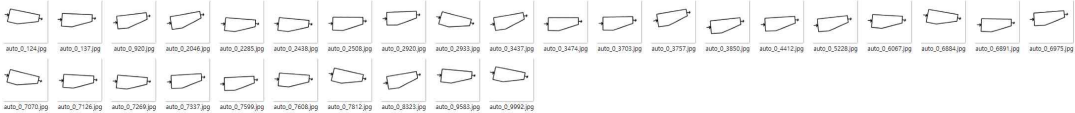
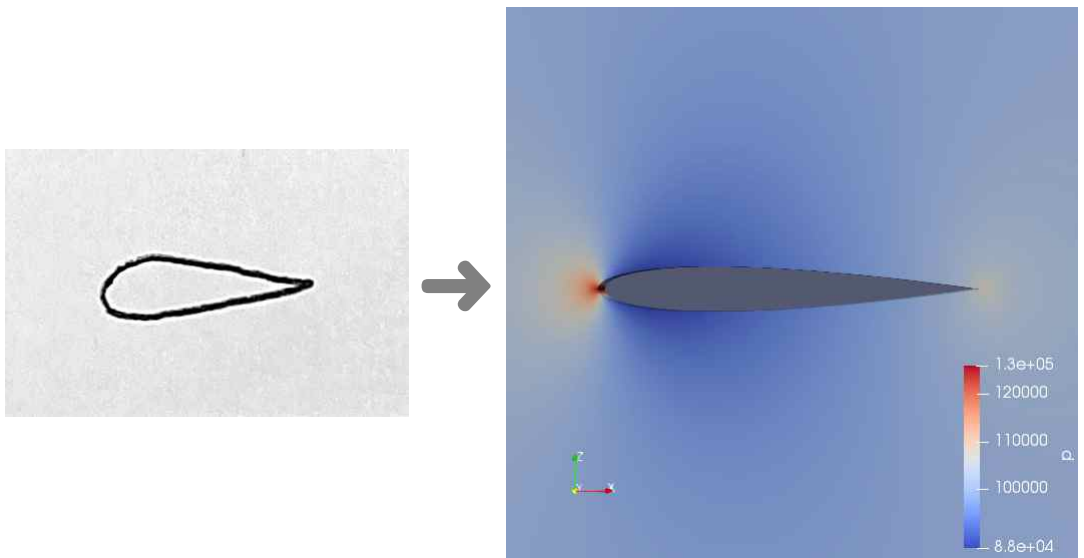


Fig. 81 Validation data of wedge sketch

○ 스케치 인식 결과 및 CFD 해석 결과 (ParaView 사용 가시화)

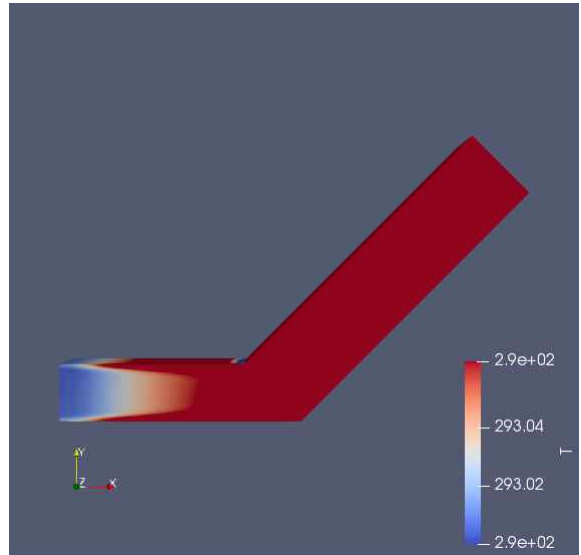
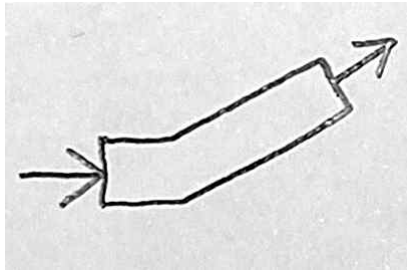
Fig. 82는 전형적인 익형 단면 형상 스케치를 인식한 후 해당 CFD 모델을 찾아 해석 결과를 도출함을 보여준다. Fig. 83은 굴절된 사각 덕트 형상 스케치를 인식한 후 해당 CFD 모델을 찾아 해석 결과를 도출함을 보여준다. Fig. 84는 항공우주 분야에서 축대칭 연소를 하는 실린더 내부 일부분 형상으로 스케치를 인식한 후 해당 CFD 모델을 찾아 해석 결과를 도출함을 보여준다. Fig. 85는 전면에 단차가 있는 초음속 입구 형상 스케치를 인식한 후 해당 CFD 모델을 찾아 해석 결과를 도출함을 보여준다. Fig. 86은 후면 단차 노즐 출구 형상 스케치를 인식한 후 해당 CFD 모델을 찾아 해석 결과를 도출함을 보여준다. Fig. 87은 사각 밴드 형상 스케치를 인식한 후 해당 CFD 모델을 찾아 해석 결과를 도출함을 보여준다. Fig. 88은 wedge 형상 스케치를 인식한 후 해당 CFD 모델을 찾아 해석 결과를 도출함을 보여준다.

본 연구에서 사용한 CFD 격자 모델은 OpenFOAM에서 공개소스로 함께 제공하는 튜토리얼 소스코드를 참조하여 사용하였다. 해당 튜토리얼은 전형적이면서 단순한 형상의 CFD 해석용 예제이므로 본 연구의 취지에 맞게 사용할 수 있다. Fig. 82 ~ Fig. 88은 OpenFOAM에서 공개소스로 제공하는 모델 샘플 코드를 참고하여 컴파일 후 CFD 해석 결과를 얻어서 ParaView로 가시화 한 것이다.



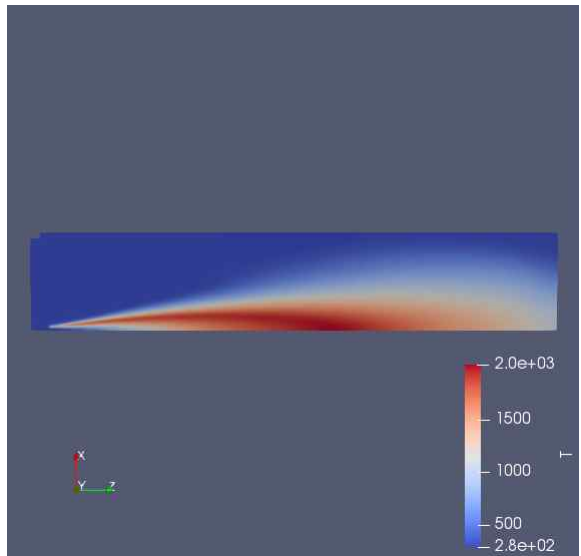
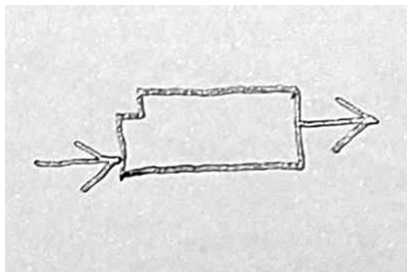
referred from OpenFOAM[27] tutorial

Fig. 82 CFD analysis by using airfoil sketch



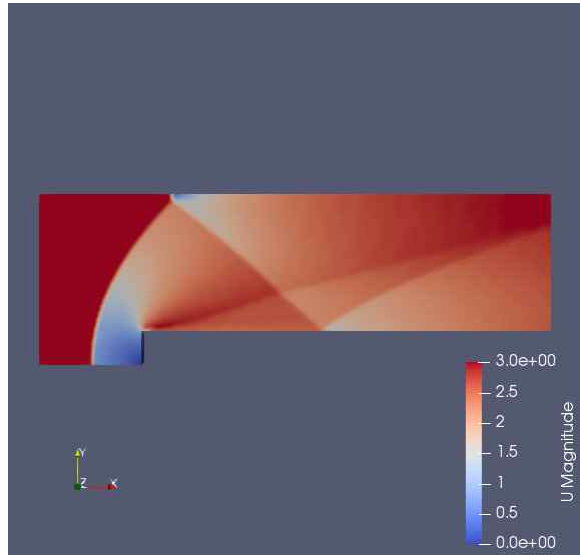
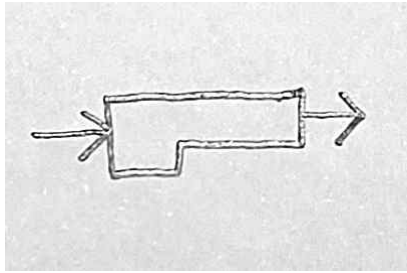
referred from OpenFOAM[27] tutorial

Fig. 83 CFD analysis by using angled duct sketch



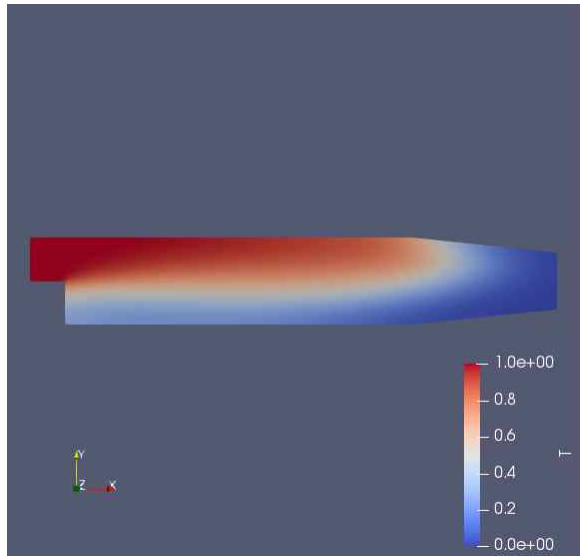
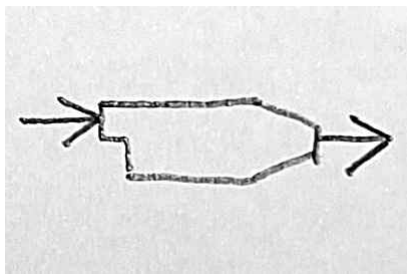
referred from OpenFOAM[27] tutorial

Fig. 84 CFD analysis by using axial combustion model sketch



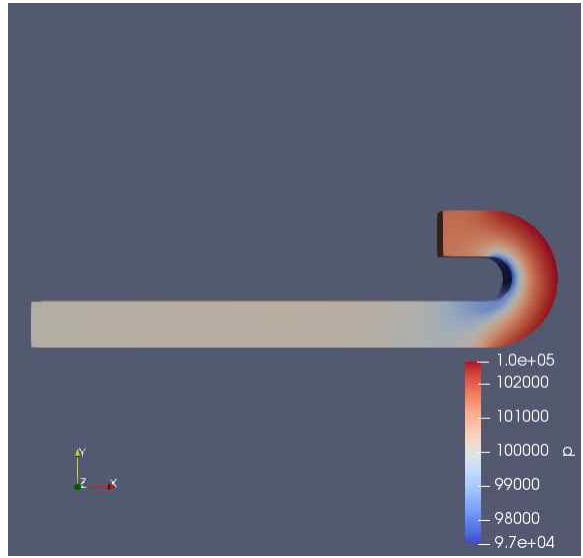
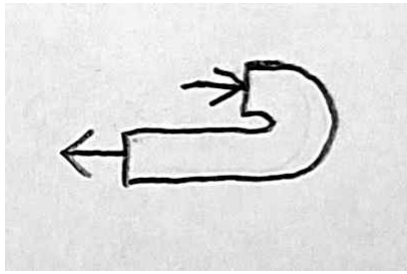
referred from OpenFOAM[27] tutorial

Fig. 85 CFD analysis by using forward step inlet sketch



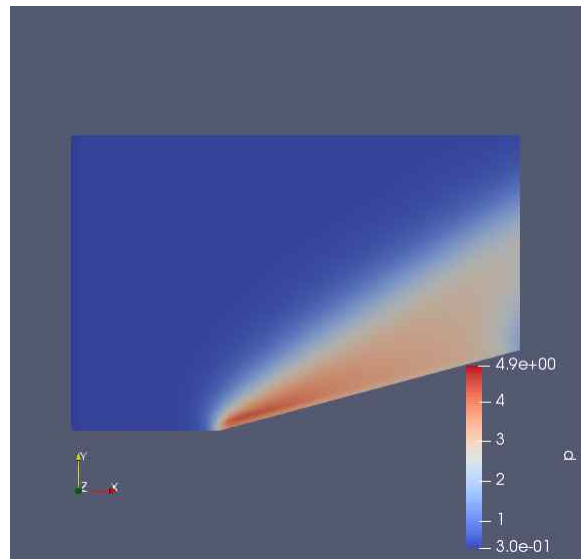
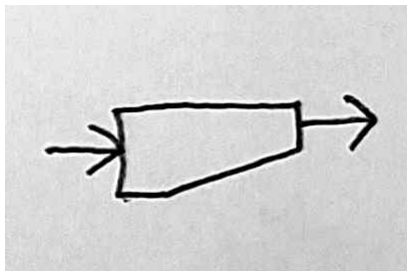
referred from OpenFOAM[27] tutorial

Fig. 86 CFD analysis by using backward step nozzle outlet sketch



referred from OpenFOAM[27] tutorial

Fig. 87 CFD analysis by using square bend sketch



referred from OpenFOAM[27] tutorial

Fig. 88 CFD analysis by using wedge sketch

제4장 결론

본 논문은 미래 선박공학 시대에 필요로 하는 동시공학적 설계상류화 지원 지식공학 융복합 증강현실에 대해 고찰하였다. 미래 융복합 환경에서 대형조선소, 중소조선소, 항공기 제조사, 기자재 업체, 자재 업체, 설계 외주사, 드론 스타트업 등의 협업 과정에 필요한 전문지식의 공유 플랫폼 아키텍처를 제안하고 실제 적용 과정을 고찰하였다. 융복합 제조환경에서는 서로 다른 산업 분야에서 3차원 제품모델을 다루는 CAD의 호환성 문제 등으로 출력된 설계도면의 필요성을 확인하였으며, 종이 도면을 활용한 스마트 증강현실의 도입으로 편의성과 실효성을 추구하였다. 융복합 제조환경에서 서로 다른 산업 분야의 전문지식 소통을 위해 설계도면을 토대로 질문과 답변을 체계적이고 효과적으로 다루는 방안이다.

본 연구에서는 이를 구현하기 위한 지식공학 융복합 증강현실 플랫폼 아키텍처를 제안하였다. 이는 종합산업인 조선산업의 단일 대형조선소 내부 부서 사이의 융복합 협업에서도 활용이 가능하다. 도면기반 전문지식 질의응답 플랫폼 사용자의 편의성을 도모한 증강현실 기술을 도입하여 간편한 스마트기기 사용 편의성을 확인하였다. 그 성과와 활용은 다음과 같다.

- 1) 2차원 설계도면 위에 3차원 증강현실 기술로 제품모델을 가시화
- 2) 3차원 증강현실로 가시화된 제품모델을 토대로 융복합 전문지식 공유
- 3) 서로 다른 산업 분야 융복합 설계환경에서 전문지식 공유로 설계 개선 토론
- 4) 융복합 제조환경에서 실시간 동시다발 설계 토론으로 동시공학적 설계상류화 지원
- 5) 설계 질의응답 토론에 전문가의 유입을 유도하고 지속 참여를 유지하는 유인책
- 6) 질문자의 편의성을 향상하는 수기 스케치 인식으로 초급 CFD 해석 자동화 적용

동시공학적 설계상류화 지원 지식공학 융복합 증강현실에 대한 연구는 미래 첨단 융합 과학 기술 시대에 맞는 선진적 연구라고 할 수 있다. 미래 조선산업에 새로운 지평의 로드맵을 새로운 관점에서 열어가는 선도적 연구이며, 본 연구에서 얻은 플랫폼 아키텍처의 핵심 원천 기술 아이디어는 다른 산업 분야에까지 그 파급효과가 기대된다.

참고문헌

- [1] 김균동, 조광희, 허윤정 & 명세현 (2021). 스마트 야드의 모니터링과 제어를 위한 IoT 시스템 구축, 한국CDE학회 논문집 Vol.26 No.4, pp.444~450.
- [2] 김승현, 이장현 & 한은정 (2011). 건조사양서 요구사항의 추적을 위한 온톨로지 모델과 제품구조 통합 기초 연구, 대한조선학회논문집 Vol.48 No.3, pp.207~214.
- [3] 김영수, 이경호, 한영수 & 남병욱 (2022). 증강현실 모델 위치 정합 활용을 위한 기계학습 기반의 선박 블록 윤곽선 검출 연구, 한국CDE학회 논문집 Vol.27 No.1, pp.37~46.
- [4] 김원중 (2021). CFD 해석용 형상 스케치 답러닝을 이용한 OpenFOAM 연동, 공학기술논문지 제14권 1호, pp.1~7.
- [5] 김현철 & 이규홍 (2020). 3D CAD 모델 기반 해양플랜트 배관 공정 모니터링 시스템 개발, 한국산학기술학회논문지 제21권 제2호, pp.58~65.
- [6] 박양호, 강형석, 김준, 최상수 & 이주연 (2020). 중소형 제조기업의 스마트제조를 위한 사이버물리시스템의 디지털트윈 테스트베드, 한국CDE학회 논문집 Vol.25 No.3, pp.298~306.
- [7] 백태현, 오대균, 정용국, 이필립 & 권용원 (2018). 조선소 선박 건조 공정 스마트화를 위한 기술 분야 및 핵심 기술, 대한조선학회지 제55권 4호, pp.9~15.
- [8] 오수현 & 이성진 (2019). 스케치 인식을 통한 디지털 도면 생성 기법, 한국컴퓨터정보학회 하계학술대회 논문집 제27권 제2호, pp.91~94

- [9] 우종훈, 정현 & 김영민 (2018). 스마트 조선소 구축을 위한 스마트 공장 진단 연구, 대한조선학회지 제55권 제4호, pp.16~23.
- [10] 이수호 (2015). 해양플랜트 EPC Risk 사전 대응 및 관리에 관한 기술전략, 한국해양공학회 뉴스레터 제2권 제1호, 16면.
- [11] 이영찬, 이상훈, 현창택 & 김승권 (2021). 웹 서비스를 고려한 스마트시티 디지털 트윈 모델 경량화 및 시스템 구축방안, 한국CDE학회 논문집 Vol.26 No.3, pp.193~207.
- [12] 이정민, 이경호, 김양욱 & 한영수 (2021). 배관 ISO도면 파일 기반 AR/VR모델 생성 기법 연구, 한국전산구조공학회 논문집 제34권 제1호, pp.19~24.
- [13] 이정민, 이경호, 남병욱, 이재준 & 한영수 (2019). PCF 파일 기반 AR/VR 모델 생성 방법 연구, 한국CDE학회 논문집 Vol.24 No.3, pp.311~319.
- [14] 최상수, 우정엽, 김준, 최원화, 김지수&이주연 (2021). 국내 디지털 트윈 연구동향 조사 및 분석, 한국CDE학회 논문집 Vol.26 No.1, pp.59~69.
- [15] 최상수, 우정엽, 박양호 & 송인호 (2021). 스마트 제조를 위한 클라우드 플랫폼 기반 사용자 친화적인 디지털 트윈 구축 방법, 대한기계학회논문집A Vol.45 No.2, pp.175~184.
- [16] 함승호, 노명일&이종혁 (2020). 다목적 조선 해양 전용 시뮬레이터 개발을 위한 통합 시뮬레이션 방법, 한국CDE학회 논문집 Vol.25 No.2, pp.161~172.
- [17] 김신형 (2014). 조선해양 CAD 환경에서의 선박 배관 자동배치 시스템 개발, 서울대학교 대학원 조선해양공학과 공학박사 학위논문
- [18] 송광모 (2021). 강인한 대화형 영상 분할 알고리즘을 위한 시드 정보 확장 기법에 대한 연구, 서울대학교 대학원 전기·컴퓨터공학부 공학박사 학위논문

- [19] 심희강 (2020). 조선소 생산 환경 내 변동성 요소를 고려한 시뮬레이션 기반 생산계획 지원 시스템, 서울대학교 대학원 조선해양공학과 공학박사 학위논문
- [20] 유영재 (2021). 이야기형 설명문을 활용한 대규모 비디오 학습 연구, 서울대학교 대학원 전기·컴퓨터공학부 공학박사 학위논문
- [21] 정우환 (2021). 지식베이스 구축을 위한 머신러닝 기반 지식 추출 및 통합, 서울대학교 대학원 전기·컴퓨터공학부 공학박사 학위논문
- [22] 정용국 (2018). 선박 건조 공정과 공간 배치, 물류 흐름을 고려한 조선소 물류 시뮬레이션 시스템, 서울대학교 대학원 조선해양공학과 공학박사 학위논문
- [23] 최준열 (2021). 조선소 소조립 주판 배치 시뮬레이션 기반 공간 계획 시스템 개발, 서울대학교 대학원 조선해양공학과 공학석사 학위논문
- [24] Griffith, A. & Sidwell, T. (1995). Constructability in Design. In: Constructability in Building and Engineering Projects. Macmillan Building and Surveying Series. Palgrave, London. pp.85~105.
- [25] 김시소 (2020). 유니티-삼성중공업 ‘무도면 선박제조’ 디지털트윈 혁신 맞손, 전자신문, 2020.01.20., 9면, <https://www.etnews.com/20200120000155>
- [26] 서동민 (2021). 유니티, 대우조선해양과 스마트 조선소 구축 위한 MOU 체결, 한국경제신문, 2021.03.26., <https://www.hankyung.com/it/article/202103265855v>
- [27] OpenFOAM, <https://www.openfoam.org/>