Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 20, No. 2 pp. 632-637, 2019

https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.2.632
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

프로그램 매크로언어를 이용한 해양 플랜트 케이블 트레이의 파라메트릭 설계 도구 개발

김현철
울산과학대학교 기계공학부

Development of Parametric Design Tool for Offshore Plant Cable Tray Using PML

Hyun-Cheol Kim
Faculty of Mechanical Engineering, Ulsan College

요 약 해양 플랜트 전장생산설계의 케이블 트레이 설계는 구조 부재 및 각종 의장 장비들과 간섭없이 케이블이 설치될 수 있도록 3D 모델링하여 원활하게 최적 배치하는 작업으로, 대부분 PDMS(Plant design management system)를 이용하여 수행되고 있다. PDMS는 해양 플랜트 생산설계 전용 3D CAD 시스템으로 국내 조선소와 관련 설계협력업체에서 널리 사용되고 있다. 본 연구에서는 PDMS 기반 해양 플랜트 케이블 트레이 설계 지원 PML(Programmable macro language)을 개발하여, 기존 방법 대비 업무 효율성을 검토하였다. 개발된 케이블 트레이 설계 PML은 전장 템프릿 라이브러리를 이용하여 완전히 파라메트릭 설계가 가능하도록 함으로써 설계 변경으로 인한 빈번한 수정 작업에 신속히 대응할 있도록 하였고, 축적된 설계 경험를 반영하여 반복되는 작업 피로를 최소화할 수 있도록 하였다. 그리고 개발된 시스템을 해양 플랜트 구조 모듈에 적용하여 기존 방법 대비 약 50% 이상의 작업 효율성 향상이 예상됨을 확인하였다.

Abstract The cable tray design of an offshore plant production design is to optimally arrange the 3D modeling so that the cable can be installed without interfering with the structural members and various outfit equipment, and it is performed using a PDMS (Plant design management system), which is a 3D CAD system for an offshore plant layout. This study reviewed the development of PML (Programmable macro language) for a PDMS supporting offshore plant cable tray design and examined the efficiency compared to the existing method. Cable tray design PML developed in this paper enables fully parametric design using electrical outfit template library, allowing a rapid response to frequent modifications due to design changes and minimizing repetitive work fatigue by reflecting the accumulated design experience. In addition, the developed system was applied to the offshore plant structure module and it improved the work efficiency by more than 50% compared to the existing method.

Keywords : Cable Tray, Electrical Outfit, Offshore Plant, Parametric Design, Tray Support

1. 서론

최근 해양 플랜트 산업의 침체로 인해 국내 기업의 차별화된 경쟁력 강화를 위한 해양 플랜트 설비 국산화와 설계 및 생산 기술 개발 연구에 대한 관심이 그 어느 때보다 크다. 그러나 해양 설비 제품 시장은 이미 글로벌(Global) 선진 기업체가 선점하고 있으며, 설계 분야에서도 AVEVA Marine에서 개발된 PDMS(Plant design management system)[1-3]가 독점적으로 사용되고 있어, 국내 기업이 독자 제품 개발[4] 후 해양 플랜트 관련 시장 진입 장벽을 극복하여 실용화 및 상업화하기가 쉽지 않은 실정이다.

본 논문은 2018년 울산과학대학교 교내연구과제로 수행되었음.
*Corresponding Author : Hyun-Cheol Kim(Ulsan College)
Tel: +82-52-279-3103 email: hckim@uc.ac.kr
Received November 7, 2018 Revised December 7, 2018
Accepted February 1, 2019 Published February 28, 2019

또한, 중소설계협력업체의 경우에는 대형 조선소에서 사용하는 소프트웨어를 기반으로 설계 협업을 수행해야 하므로, 설계 소프트웨어의 국산화 개발보다는 설계 작업의 효율 극대화와 설계 시수 최소화를 위한 실용적 기술력 확보 노력이 필요하다.

한편, 전장설계(Electrical outfit design)란 해양 플랜트에 전기를 공급하고 장비를 제어할 수 있는 시스템을 구축하고, 전기관련 장비와 의장품들이 설치될 수 있도록 하는 일련의 전장품 배치 설계 작업으로, 일반적으로 전장시스템설계(Electrical outfit system design)와 전장생산설계(Electrical outfit production design)로 구분할 수 있다. 전장시스템설계는 각종 전기 장비를 연결하고 원활하게 운용하는 설계 작업으로 메이커(Maker) 도면 검토, 전장 일반배치(General arrangement, 이하 GA) 및 다이아그램(Diagram) 도면 작성, 도면 승인 등의 업무를 수행한다. 그리고 전장생산설계는 전기 장비를 포함하여 케이블이 설치될 수 있도록 3D 모델링하여 배치하는 설계 작업이며, Hole plan, 제작도 및 설치도 작성, 케이블 계측, 현장 Follow Up 등의 업무를 수행한다.

전장설계 관련 연구 현황들을 살펴보면 케이블 자동 라우팅(Cable auto-routing) 방법[5], 선박의 전장 모델링 편의 및 도면 자동화를 위한 데이터 처리방법[6], 2D 전장설비 배치도로부터 전장속성정보와 함께 3D 전장설비 모델링을 자동으로 수행하는 방법[7], 케이블에 대한 연결 상태 및 트레이(Cable tray) 점유율 상태를 색상으로 표시하기 위한 방법(DSME, 2013) 등이 있다. 이들 연구들은 시수절감과 업무 효율의 극대화를 위한 전장설계 및 도면작업의 자동화 및 적용 방법을 소개하였으나, 설계 자동화 개념[6,7]만 소개하거나, 적용 기술[5,8]의 업무 효율성에 대한 정량적 검토가 대부분 수행되지 않았다. 그 이유는 설계 특성상 다양한 요소가 복합적으로 시스템 성능에 영향을 주므로 수치적으로 실무 효율성을 분석하기 어렵기 때문일 것이다.

본 논문은 해양플랜트 전장생산설계의 주요 업무 중에서 케이블 트레이 설계를 위한 PML(Progra- mmable macro language) 개발 및 업무 효율성 검토를 그 내용으로 한다. 이를 위해 전장 템플릿 라이브러리(Electrical outfit template library)를 기반으로 하는 완전한 파라메트릭 설계(Fully parametric design) 방법[9] 및 시스템 구성과 기능을 설명하고, 성능 검증을 위해 해양 플랜트 모듈 구조(Module structure)에 적용하여 PML을 사용하지 않는 기존 방법 대비 설계 업무 효율성을 검토하였다.

2. PML 기반 프로그램 구조

PDMS는 현재 국내 대형 조선소에서 사용하고 있는 해양 플랜트 상세 및 생산설계 전용 소프트웨어이며, 기본설계에서 수행된 기본 정보를 배관, 기장, 선장, 전장, 철의장 등 전 분야에 걸쳐 3D 모델링하여 건조에 필요한 도면을 구체화하는데 사용된다. 그런데 복잡한 설계 모델링 작업시 순차적으로 반복되는 작업을 할 때 PDMS에서 기본적으로 지원하는 기능들은 과정이 복잡하고 번거로워서 설계자의 피로도 증가를 야기하고 업무의 효율성도 현저히 떨어질 우려가 있다. 특히, 전장생산설계에서 케이블 트레이(Cable tray) 배치 업무의 경우 유사 반복 작업으로 인해 전장 GA와 전장 다이아그램 정보로부터 복잡한 해양 구조물과 관련 기기 장비들 사이 3D 모델링 작업에서 오작이 발생할 확률이 높다. 따라서 PDMS는 해양 플랜트 설계자가 자주 사용하는 기능들을 체계화하여 설계 작업의 효율성과 편의성을 개선할 수 있도록 매크로 언어인 PML[1-3]를 지원하고 있으며, 단순한 일괄 배치(Batch) 방식 뿐 만 아니라 객체 지향 프로그래밍(Object-oriented programming) 방식도 지원한다. Fig.1은 PDMS를 포함하는 PML의 구조와 기능을 보여준다. PML은 PDMS에서 지원하는 모든 기능을 포함하여, 설계 용도에 따라 프로그래밍이 가능하도록 지원한다. 따라서 기존의 설계 호완성과 기능을 바탕으로 한 업무 효율에 중점적으로 시스템 개발이 가능한 장점을 가진다.

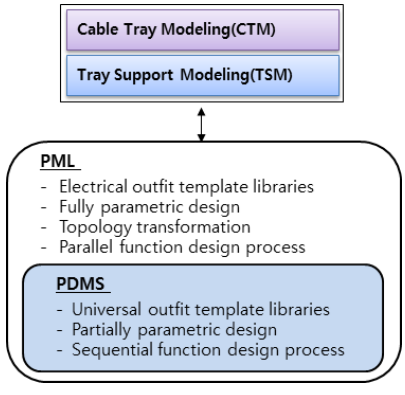


Fig. 1. Structure and functions of electrical outfit program based on PML

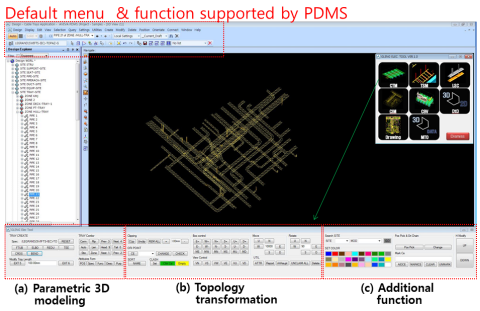


Fig. 2. Design window for the cable tray modeling(CTM)

Fig.2는 Fig.1의 PML을 이용하여 개발된 케이블 트레이 설계 창의 예를 나타낸다. Fig.2에서 상부 메뉴 창은 PDMS에서 기본적으로 제공하는 기능이고, 하부에 PML에 의해 개발된 케이블 트레이 설계를 위한 전용 설계 창을 나타낸다.

Fig.2의 케이블 트레이 설계 창은 (a) 케이블 트레이 생성 및 배치를 위한 파라메트릭 3D 모델링 기능(Parametric 3D modeling), (b) 케이블 트레이 배치, 연장, 삭제, 전장 아이템들 간의 간섭 확인 등 토폴로지 변환 기능(Topology transformation), (c) 색깔 변경과 같이 전장 장비 속성을 편집하는 부가 기능(Additional function)들로 구성되어 있다.

3. 케이블 트레이의 파라메트릭 설계

해양플랜트에서는 케이블 트레이가 서로 연속해서 연결되고, 여러 단으로 나뉘어져서 각 시스템 별로 케이블을 포설(Cable pulling)하게 되는 경우가 많으며, 적게는 50,000m에서 많게는 1,000,000m 이상의 케이블이 설치된다. 그리고 이러한 케이블이 지나다니는 통로가 케이블 트레이(Cable tray)이다. 케이블 트레이는 기기 장비와 구조 부재들과 간섭이 발생하지 않도록 전장 다이아그램, 전장 GA, 장비 Maker 도면을 참조하여 3D 모델링을 수행한다.

3.1 케이블 트레이의 정의

케이블 트레이는 케이블이 설치되는 행거(Hanger), 지지대(Tray support) 그리고 러너바(Runner bar)(Fig.3)[10]로 구성되어 있다. 그리고 러너바는 평판바(Flat bar)와 볼팅바(Bolting Bar) 유형이 있으며, 지지대와 연결되어 행거를 고정시키는 역할을 한다. 여기서 지지대는 트레이의 길이, 구조, 강도를 고려한 설계 작업을 별도로 수행해야 하므로, 이하 본 논문에서 언급하는 케이블 트레이는 지지대를 제외한 구조물을 의미한다.

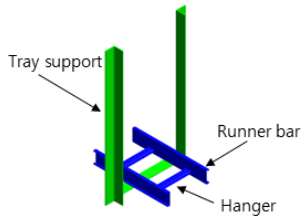


Fig. 3. Cable tray configuration

3.2 케이블 트레이 설계 기능

PDMS에서는 전장에 필요한 템플릿 라이브러리와 기본적인 파라메트릭 설계 기능을 지원하고 있다. 그러나 이들 기능들을 활용하기 위해서는 명령어를 순차적으로 입력하는 과정을 수행해야 하는데, 복잡한 해양 구조물과 전장 장비의 배치를 고려한 케이블 트레이 설계를 할 때 명령어 사용은 비효율적이며 오작 발생 확률도 높다. 또한, 수많은 반복 작업으로 인해 설계자에게 많은 피로를 유발하기도 한다. 따라서 본 연구에서 개발한 프로그램에서는 업무 효율성 극대화와 편이성을 위해 필요한 기능을 직관적으로 사용 가능하도록 최적으로 구성하고, 설계 파라메타들을 이용하여 3D 모델링 및 배치 설계가 가능하도록 개발하였다. 주요 기능들은 다음과 다.

(1) 케이블 트레이 3D 모델 생성

케이블 트레이 템플릿은 설계 파라메터들 즉, 길이와 폭을 정의하면 트레이 3D 모델이 생성된다(Fig.4). 그리고 Fig.5의 유형에 길이, 폭, 각도 등을 설정하면 3D 케이블 트레이가 전개된다.

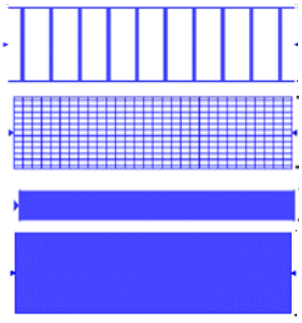


Fig. 4. Template types of cable tray

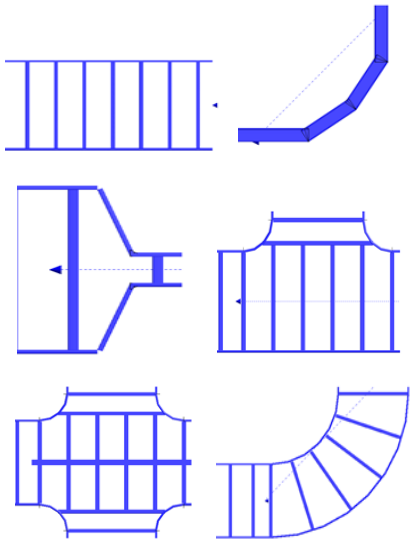
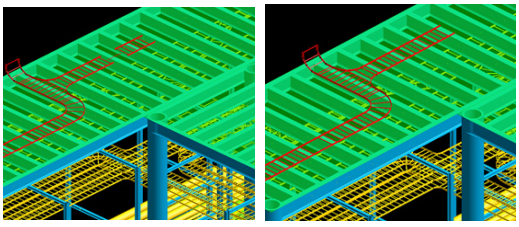


Fig. 5. Creation types of cable tray

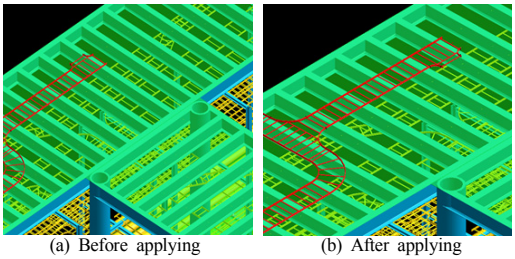
(2) 케이블 트레이의 배치

3D 모델링한 케이블 트레이는 빈번한 설계 변경으로 인해 구조 부재, 장비 등 간섭을 고려하여 편집 혹은 재배치되어야 한다. 케이블 트레이 배치 기능은 2개의 분리된 케이블 트레이의 자동 결합(Fig.6), 케이블 트레이의 진행 방향 변경(Fig.7), 케이블 트레이의 이동(Fig.8), 2개의 케이블 트레이 사이의 자동 연결 생성(Fig.9) 등이 있다. 또한, 케이블 트레이 길이 표시, 진행 방향 지정, 아이템 속성 표시 등의 부가적이 기능들을 포함한다.



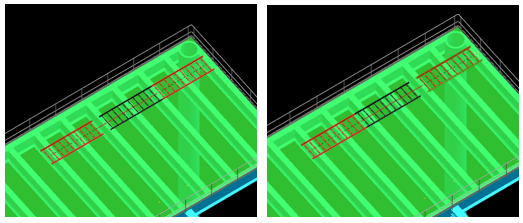
(a) Before applying (b) After applying

Fig. 6. Automatic combination between cable trays



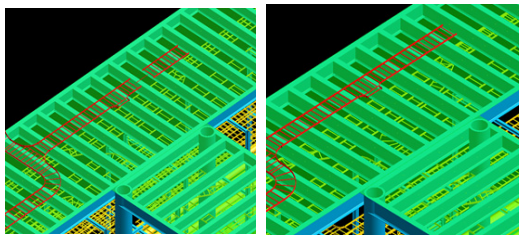
(a) Before applying (b) After applying

Fig. 7. Direction change of cable tray



(a) Before applying (b) After applying

Fig. 8. Shift of cable tray

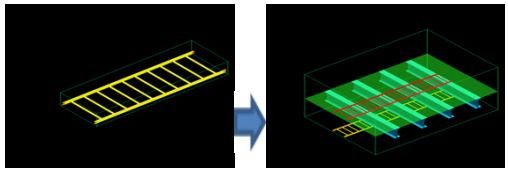


(a) Before applying (b) After applying

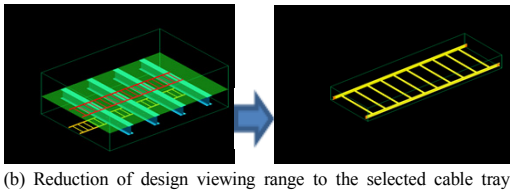
Fig. 9. Automatic connection between cable trays

(3) 토폴로지 변환

토폴로지 변환은 전장 아이템(Item)의 클립핑 조정(Clipping control), 케이블 트레이와 의장 아이템 간의 간섭 검사, 케이블 트레이의 이동 및 회전, 뷰(View) 화면 조정 등을 지원한다. 클립핑(Clipping)은 정의된 육면체 박스(Box) 범위만큼 선택된 아이템을 기준으로 화면에 보여주는 기능으로, 국부적으로 상세하게 설계할 때 유용한 기능이다. Fig.10은 해양 구조물에서 케이블 트레이만 보이고 다른 의장품들은 보이지 않게 하는 크립핑 기능을 나타낸다.



(a) Expansion of design viewing range from the selected cable tray



(b) Reduction of design viewing range to the selected cable tray

Fig. 10. Expansion and reduction of design viewing range using clipping function & box control

크립핑 기능은 육면제 박스의 확대 혹은 축소를 통해 설계 영역을 정의하여 원하는 설계를 수행할 수 있다. Fig.11은 케이블 트레이를 설계할 때 파이프 의장 아이템과의 간섭을 검사한 결과를 보여준다.

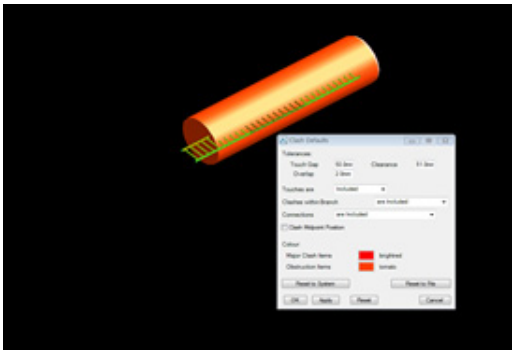


Fig. 11. Interference inspection between cable tray and pipe outfit

4. 시스템 성능 검토

본 연구에서 개발한 해양 플랜트 케이블 트레이 설계 PML의 성능 검토를 위해 Table 1의 설계 조건들을 가지는 해양 플랜트 구조 모듈(Fig.12)의 케이블 트레이 설계를 수행하였다.

Table 1. Design conditions applied to offshore plant module

Item	Unit	Value
Dimension of offshore plant module(length, width, height)	m	44, 38, 20
Total length of cable trays	m	2,043
Number of tray supports	EA	1,210
Number of lighting seat changes	EA	468
Total number of items (boiler, crane, pump etc.)	EA	2,924

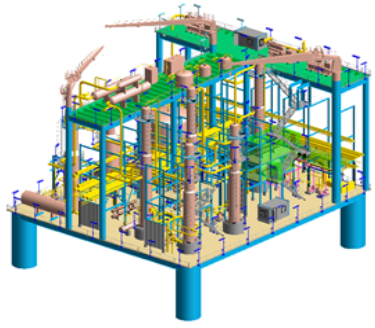


Fig. 12. 3D model of the applied offshore plant module

Table 1에서 보는 바와 같이 적용되는 해양 구조물 구조 모듈에 설치되는 케이블 트레이의 총 길이는 2,043m이다. 케이블 트레이 설계 작업은 PDMS의 기본

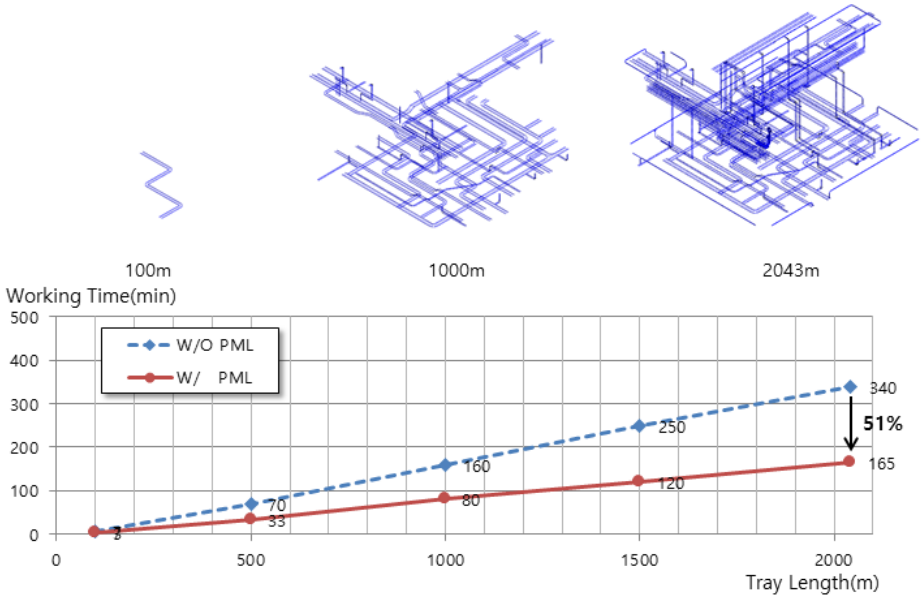


Fig. 13. Comparison of cable tray design results

기능을 활용한 기존의 방법과 PML을 활용한 방법을 동일한 설계자 수행하여 소요된 작업 시수를 계측하였다. Fig. 13은 케이블 트레이의 배치 길이를 각 500m, 1000m, 1500m, 2043m 일 때, 소요되는 작업 시수를 계측하고, 모델링 진척 상황을 비교하여 나타낸다. 여기서 PML을 활용하여 설계할 경우 기존 설계 작업 대비 길이당 평균 약 50%이상의 시수 절감 효과가 있음을 알 수 있다. 이는 설계자의 숙련도에 따라 결과에 상이한 차이가 있을 수 있으나, PML을 활용하는 경우 상당히 효율적으로 설계 작업을 수행할 수 있음을 알 수 있다. 또한, 수치적으로 표현하기는 어렵지만 작업의 편이성 또한 기존 방법 대비 많은 개선이 이루어졌다.

5. 결론

본 논문에서 개발한 해양플랜트 케이블 트레이 설계를 위한 PML 개발 내용과 검토한 성능 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 전장 템플릿 라이브러리와 완전한 파라메트릭 케이블 트레이 설계 작업이 가능하도록 PML을 개발하였다. 이를 통해 잦은 설계 변경으로 인한 설계의 조작 편이성을 최대화하였다.
2) PML을 이용하여 축적된 설계 경험을 반영한 실무 기능들로 체계화하고 단순화함으로써 복잡한 구조물에서 반복적으로 요구되는 작업의 효율성을 향상시켰다. 본 연구에 적용된 해양구조물 구조 모듈에 대해서는 약 50% 이상의 작업 시수 단축을 확인하였다.
3) PDMS를 기반으로 PML 작업이 가능하므로 기존 해양 플랜트 설계 시스템과의 호환성 고려가 필요치 않다.

본 연구는 기존 PDMS시스템 기반 설계 작업 효율의 극대화를 위한 설계 기능 최적 구성 방법과 그 결과를 다루었다. 일반적으로 국내 중소설계협력업체의 경쟁력은 대부분 축적된 설계 기술 경험을 기반으로 하고 있다. 또한, 설계 도구는 대기업에서 사용하거나 기존의 소프트웨어를 사용한다. 본 연구는 기존의 PMDS시스템에서 최적 설계 환경을 구현하는 방법과 그 효율성을 보여 주었다. 향후 전장생산설계분야로 확장하여 적용할 경우 설계 작업 효율성에 보다 더 크게 기여할 것으로 예상된다.

References

[1] AVEVA, “AVEVA Plant(12.1) Programmable Macro Language: Applied TM-1403”, Training Guide, 2012.

[2] AVEVA, “AVEVA Plant(12.1) Programmable Macro Language: Macros and Functions TM-1401”, Training Guide, 2013.

[3] AVEVA, “AVEVA(12.1) PML PLant & Marine TM-1401”, Training Guide, 2013.

[4] D. Y. Park, J. K. Cho, “Development of Shipbuilding Outfit Design System(TTM OUTFIT)”, Bulletin of the Society of Naval Architects of Korea, Vol.54, No.1, pp.17-26, 2017.

[5] S. S. Park, T. W. Choi, J. R. Kim, I. Y. Lee, “Development of Cable Auto-Routing Program”, Special Report, Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 30, No.1, pp.19-27, 1993.

[6] Hyundae Heavy Industries(HHI), “Data processing method for electric modeling convenience and CAD automation of vessel”, Patent application number 10-2010-0125776, Korean Intellectual Property Office, 2010.

[7] Hyundae Heavy Industries(HHI), “System and Method for Electric Installation Design”, Patent application number 10-2012-0128668, Korean Intellectual Property Office, 2012.

[8] Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering(DSME), “System and method for displaying for cable occupancy in tray”, Patent application number 10-2013-0145756, Korean Intellectual Property Office, 2013.

[9] H. C. Kim, “On the Volumetric Balanced Variation of Ship Forms”, Journal of Ocean Engineering and Technology, Vol.27, No.2, pp.1-7, 2013

[10] B. H. Sul, B. D. Seo, “Shipbuilding and Ocean Engineering – Electrical Outfit Production Design”, SSOV, 2015.

김 현 철(Hyun-Cheol Kim) **[종신회원]**

- 1995년 2월 : 부산대학교 조선해양공학과 (공학석사)
- 2004년 2월 : 독일 베를린공대 조선해양공학과 (공학박사)
- 2004년 4월 ~ 2012년 2월 : 삼성중공업 책임연구원
- 2012년 3월 ~ 현재 : 울산과학대학교 기계공학부 부교수

<관심분야>
선박설계 및 성능평가, 시스템 설계