

조선 CAD에서 선박의 Cable 점유율을 기반으로 Cable 경로 및 Overfill 가시화 구현

김현재¹, 김봉기^{2*}

¹경남과학기술대학교 산업대학원 융합기술공학전공, ²경남과학기술대학교 컴퓨터공학과

The implementation of cable path and overfill visualization based on cable occupancy rate in the Shipbuilding CAD

Hyeon-Jae Kim¹, Bong-Gi Kim^{2*}

¹Major of Convergence Technology Engineering, Graduate School of Industry, GNTECH

²Dept. of Computer Science & Engineering, GNTECH

요약 선박에는 아주 많은 기계와 장비들이 설치가 되고 이를 운용하고 제어하기 위해 수천에서 수만 가닥의 cable이 설치된다. 이러한 cable들이 복잡하게 설치되기 때문에 정확한 최단 경로 데이터가 필요하다. 하지만 cable 최단 경로를 찾기 위한 일반적인 방법인 다익스트라 알고리즘을 사용하더라도 최단 경로 내에는 반드시 overfill 구간이 생기게 마련이다. 이를 해결하기 위해 설계자는 각 구간마다 cable 점유율을 확인하지만 점유율은 data sheet 형태로 존재하기 때문에 3D cable way 모델 상의 육안 식별이 어렵다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 3D CAD 상에서 cable 점유율 범위에 따라 cable 경로 색상을 다르게 표현함으로써 시각적으로 overfill 구간과 cable 경로를 바로 확인이 가능하도록 cable 경로 및 overfill 가시화 시스템을 제안 구현 하였다. 이를 통해 설계단계에서 overfill 구간을 쉽게 확인할 수 있고 정확한 회피경로의 산출과 최단경로 검증이 이루어져 설치 현장에 정확한 정보가 전달됨에 따라 제작업 비율이 감소하여 작업시간이 전체 7,000 시간에서 5,600 시간으로 단축 되었고 추가로 자재비 절감 효과를 얻을 수 있다.

Abstract Cables are installed for tens of thousands of connections between various pieces of equipment to operate and control a commercial ship. The correct shortest-route data is necessary since these are complicated cable installations. Therefore, an overfill interval commonly exists in the shortest paths for cables as estimated by Dijkstra's algorithm, even if this algorithm is generally used. It is difficult for an electrical engineer to find the overfill interval in 3D cable models because the occupancy rate data exist in a data sheet unlinked to three-dimensional (3D) computer-aided design (CAD). The purpose of this study is to suggest a visualization method that displays the cable path and overfill interval in 3D CAD. This method also provides various color visualizations for different overfill ranges to easily determine the overfill interval. This method can reduce cable-installation man-hours from 7,000 to 5,600 thanks to a decreased re-installation rate, because the cable length calculation's accuracy is raised through fast and accurate reviews based on 3D cable visualization. As a result, material costs can also be reduced.

Keywords : Cable path, Dijkstra's algorithm, Occupancy rate, Overfill visualization, Shipbuilding CAD

1. 서론

최근 조선업계는 유가 하락 및 세계 경제 침체로 인해

발주 물량이 급감하여 수주가 거의 없는 상태이다. 또한
저가 수주하였던 선박의 인도와 경험이 없는 새로운 유
형의 프로젝트 수행으로 인하여 조선사들의 납기 준수

본 논문은 2016년도 경남과학기술대학교 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

*Corresponding Author : Bong-Gi Kim(GNTECH)

Tel: +82-10-2853-9693 email: idinput@dsme.co.kr

Received October 7, 2016

Revised November 2, 2016

Accepted November 10, 2016

Published November 30, 2016

및 수익성 확보에 어려움을 겪고 있다.[1] 이런 위기를 극복하기 위해 조선사들은 원가절감 및 비용절감을 통해 수주경쟁력을 갖추고자 노력하고 있다. 조선 선박의 원가 중 자재비가 선가의 60~70%를 차지하고 있는 만큼 조선소의 원가경쟁력 확보는 매우 중요하다. 그 중에서 선박용 Cable은 모든 선박의 전기설비에 사용되는 전선으로써 전력용, 제어용, 통신용 등으로 구분되며 Cable 없이는 선박의 운항이 힘들 정도로 중요한 비중을 차지하고 있다[2].

이러한 Cable들의 설계에 있어서 고도의 설계 품질 확보 및 설계 생산성의 향상을 위해서는 설계 자동화 시스템의 구축이 필수적이며, 이를 위해서는 조선전용 3차원 CAD/CAM 시스템의 개발과 함께 이와 연동하여 여러 설계 공정에서 발생하는 설계정보를 정확하게 전달, 반영해 줄 수 있는 설계 정보 관리 소프트웨어가 필수적이다[3-8].

선박설계 내에 전장설계 분야에서도 이러한 설계 정보를 관리하기 위한 Cable 설계 정보 관리 소프트웨어들이 존재를 한다. 여기에는 Cable의 종류 및 규격, Size, Cable에 연결된 장비 및 연결 포인트, 최단거리의 경로, 각 구간별 점유율, 길이 등 수많은 정보들로 이루어져 있다[12]. 하지만 이러한 정보들은 데이터 상으로만 존재하고 있어 3D CAD 상에서 쉽게 확인 할 수가 없다. 이를 확인하기 위해서는 데이터 정보를 문서화 하여 3D CAD와 비교/검증하고 수정사항 발생 시에는 Cable 설계 정보 관리 소프트웨어에서 수정사항을 반영하여 다시 비교/검증을 하는 작업이 반복적으로 해야 하는 문제들이 있다[9].

본 논문에서는 이를 해결하고자 설계단계인 3D CAD에서 데이터 비교/검증 될 수 있도록 Cable 경로에 색상을 입혀 경로 검증 및 설치 정보를 쉽게 확인하고 동시에 각 구간별 점유율 범위에 따라 색상을 다르게 표현함으로써 설계자가 한 눈에 Overfill 구간을 확인하여 회피 경로를 쉽게 파악할 수 있도록 Cable 경로 및 Overfill 가시화를 구현 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 Cable 경로 및 Overfill 가시화를 구현하기 위한 선행 작업들에 대해 기술하고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 시스템의 프로세스에 대해 기술하였다. 4장에서는 제안된 시스템의 결과 및 성능평가를 기술하였으며, 5장에서는 결론과 향후 연구방향에 대해 기술하였다.

2. 관련 연구

Cable 경로 및 Overfill 가시화를 구현하기 위해서는 설계단계인 3D CAD에서 Cable Way 및 Node 모델링을 하고 Cable 관련 정보를 추출한다. 그리고 추출된 정보를 활용하여 Cable 설계 정보 관리 소프트웨어에서 Cable Auto-Routing을 수행한 후 그 결과를 기반으로 구현 된다.

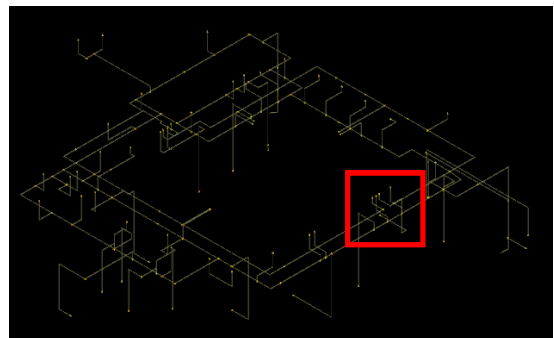
2.1 3D CAD에서 Cable Way 및 Node 모델링

Cable Way 및 Node 모델링은 선박 설계 단계에서 3D CAD에 Cable이 지나가는 길과 분기 되는 지점을 모델링 하는 것이다.

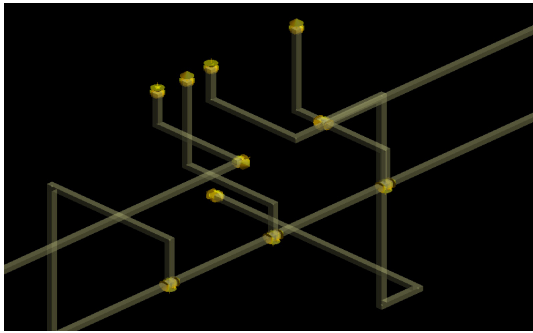
Cable Way 모델은 Node와 Node 사이의 각 구간별로 서로 연결하는 모델이고 Cable이 지나가는 길이다. 속해있는 정보로는 이름, 길이, 양 끝 단의 Node 정보를 가진다. Node 모델은 Cable이 분기 되는 지점마다 생성하고 Cable Way 모델의 양쪽 끝단에 중첩 되지 않도록 모델링 한다. 속해있는 정보로는 이름과 포함 하고 있는 Cable Way 모델 정보를 가진다. 이 기준으로 선박 전체의 Cable Way 및 Node 모델링을 완료한다[10].

완료된 모델은 선박의 종류에 따라 일반적으로 1,000 ~ 3,000 여개 정도 모델링 되고 있으나 해양 또는 특수선의 경우 10,000개 이상 모델링 되는 경우도 있다.

Fig 1은 하나의 블록 전체의 모델과 그중 특정부분을 확대한 그림을 보여주고 있다.



(a) Entire block model



(b) Expanded Model of particular Area
Fig. 1. Example of Cable Way and Node Modeling

2.2 Cable 관련 정보 추출

완료된 Cable Way 및 Node 모델에서 Cable 관련 정보들을 추출 한다. Cable Way 모델에서는 이름, 양 끝단의 Node 정보, 허용 폭, 위치 등의 정보를 추출하고 Node 모델에서는 이름, 위치, 허용 폭등의 정보를 추출 한다. 추출된 모델 정보와 함께 Cable 종류에 따라 Cable 명칭, 지름 정보 등을 작성하여 Cable 설계 정보 관리 소프트웨어 입력 한다[9].

Fig 2, Fig 3, Fig 4는 Cable 설계 정보 관리 소프트웨어에 입력된 Cable Way 정보, Node 정보, Cable 종류 정보를 보여주고 있다.

주변로 NO	REF.NO	NODE A	NODE B	주변로 길이	허용 폭	CO.G X	CO.G Y	CO.G Z
E2PFO201	/122UE-EJFB288	E2SFO306A	E2PFO201A	2.20	104	33638	898	10255
E2PFO202	/122UE-EJFB289	E2PFO201A	E2PFO202A	7.20	104	33638	3054	10255
E2PFO203	/122UE-EJFB257	E2PFO202A	E2PFO203A	1.10	104	27845	4492	10255
E2PFO204	/122UE-EJFB246	E2PFO202A	E2PFO204A	5.30	50	27845	4492	10255
E2PIN201	/122UE-EJFB236	E2PIN401A	E2PIN201A	7.30	104	19488	8050	10255
E2PIN202	/122UE-EJFB236	E2PIN201A	E2PIN202A	0.30	104	24281	5838	10255
E2PIN203	/122UE-EJFB232	E2PIN201A	E2PIN203A	2.00	50	24281	5838	10255
E2PIN401	/142UE-EJFB431	E2SIN503A	E2PIN401A	8.00	50	18588	977	10255

Fig. 2. Input Cable Way Information

NODE NO	허용 폭	CO.G X	CO.G Y	CO.G Z	REF.NO
BD0EX008A	200	182560	411	1355	/207UE-EJEW021
BD0EX009A	200	201999	411	1355	/208UE-EJEW002
BD0LV008A	200	182558	498	1372	/207UE-EJEW021
F20LV001B	300	206276	4752	18767	/825UE-EJEW006
F20LV003A	300	206276	4198	18767	/825UE-EJEW027
F20LV005A	300	206276	3632	18767	/825UE-EJEW027
F20LV007A	300	206276	2750	18767	/825UE-EJEW393
F20LV009A	300	206276	1793	18767	/825UE-EJEW005

Fig. 3. Input Node Information

TYPE	명칭	바깥지름	단중(KG)	RISE SIZE	표준 조장
CAT5E	CAT5E 5-FTP 4P FR LAN CABLE AWG23~24(0.511~0.573MM)	6.80	0.25	12/6	1,000.00
CAT6A	LAN CABLE H/F FR CAT6A PUR S/FTP 4X2XAWG26/7	6.90	0.05	12/6	500.00
CAT7	LAN CABLE 5FTP CAT 7 4P LS2H(HF)	7.70	0.05	08/14	500.00
D1	0.6/1KV DPVC-1.5 (J-JIS NORMAL CABLE)	11.70	0.21	18/12	300.00
D2	0.6/1KV DPVC-2.5 (J-JIS NORMAL CABLE)	12.80	0.25	18/12	2,000.00
D2E	0.6/1KV DPVC-2.5+E (J-JIS NORMAL CABLE)	13.50	0.29	20/14	2,000.00
D4	0.6/1KV DPVC-4.0 (J-JIS NORMAL CABLE)	13.90	0.30	20/14	1,000.00
D4E	0.6/1KV DPVC-4.0+E (J-JIS NORMAL CABLE)	14.70	0.37	20/14	1,000.00
DPV2E	0.6/1KV DPVE-2.5+E (J-JIS NORMAL CABLE)	12.20	0.16	18/12	2,000.00
DS2	0.6/1KV DPVCS-2.5 (J-JIS NORMAL CABLE)	13.50	0.31	20/14	500.00

Fig. 4. Input Cable type information

2.3 Cable Auto-Routing

입력된 Cable Way 정보, Node 정보를 기반으로 Cable 설계 정보 관리 소프트웨어에서 최단거리 알고리즘인 다익스트라 알고리즘을 이용하여 모든 Cable의 최단거리 경로를 산출 하는 것을 Cable Auto Routing 이라 한다.

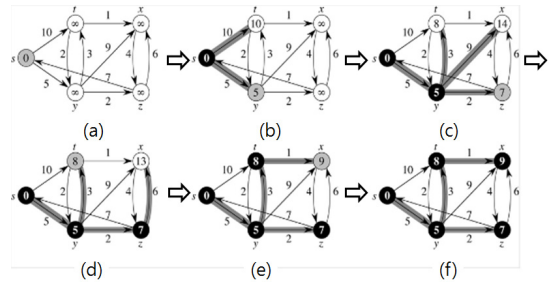


Fig 5. Shortest path calculation using the Dijkstra Algorithm[11]

그리고 선박 전체의 Cable Auto-Routing 결과에 따라 각각의 구간별로 점유율을 구할 수 있다.

Fig 6은 Cable Auto-Routing 실행 결과를 보여 주고 있다.

CABLE NO	설계길이	FR. NODE NO	TO. NODE NO	ROUT.길이	ROUT. PATH
A08003	16.80	E3SLV507A	E2SLV029A	8.30	E3SLV507A.E3SLV508.E2SLV524.E2SLV523.E2SLV301.E2SLV303.E2I
A08004	16.00	E3SLV507A	E2SLV025A	7.50	E3SLV507A.E3SLV508.E2SLV524.E2SLV523.E2SLV301.E2SLV025A
A08005	47.10	E3PLV265A	E2PLV421A	36.10	E3PLV265A.E3PLV265.E2SLV253.E3PLV254.E3PLV244.E3PLV271.E3I
A08006	3.00			0.00	
A08007	3.00			0.00	
A08008	50.00	E4PLV991A	E2PLV072A	39.00	E4PLV991A.E4PLV991.E4PLV901.E4PLV990.E4PLV211.E4PLV210.E4I
A08010	47.10	E3PLV265A	E2PLV421A	36.10	E3PLV265A.E3PLV265.E3PLV253.E3PLV254.E3PLV244.E3PLV271.E3I
A08011	31.50	E3PLV417A	E3SLV312A	21.50	E3PLV417A.E3PLV417.E3PLV404.E3PLV403.E3PLV402.E3PLV401.E3I
A08013	33.80	E3PLV417A	E3PLV259A	20.80	E3PLV417A.E3PLV417.E3PLV418.E3PLV256.E3PLV255.E3PLV216.E3I

Fig. 6. Shortest path of Cable Information Management software

3. 점유율 기반의 Cable 경로 및 Overfill 가시화 시스템

본 논문에서는 Cable Auto Routing 결과에 따라 점유율 기반의 Cable 경로 및 Overfill 가시화 시스템을 제안 하였다.

본 논문에서 제안한 시스템의 목적은 Cable Auto Routing 에서 나온 결과를 가지고 3D CAD에서 육안으로 확인 하지 않고 결과 정보를 3D CAD에서 모델로 확인 할 수 있는 가시화 시스템을 구현하기 위함이다.

Fig 7은 Cable Auto Routing 결과와 3D CAD의 모델을 육안으로 확인하는 기존 시스템의 프로세스를 보여주고 있다.

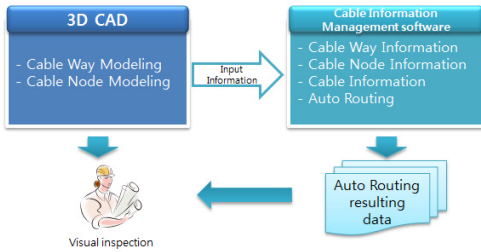


Fig. 7. Process of existing system

Cable Auto Routing 결과를 3D CAD의 모델로 확인하기 위해서 본 논문에서 제안한 시스템의 프로세스는 아래 Fig 8과 같다.

본 논문에서 제안한 시스템에서는 Fig 8과 같이 Auto Routing 결과를 데이터 쿼리 형태로 점유율 기반의 Cable 경로 및 Overfill 가시화 시스템에 전달하여 쿼리 결과를 3D CAD 상에서 모델로 확인하는 프로세스를 갖추고 있다.

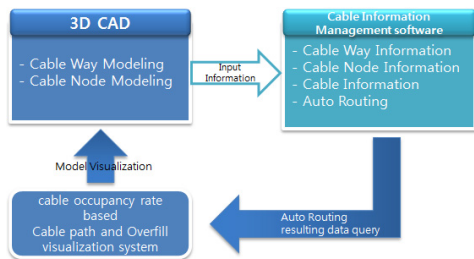


Fig. 8. Process of the proposed system

3.1 Cable 구간별 점유율

선박 전체의 Cable Auto Routing이 완료가 되면 각 구간별 즉, Cable Tray로 지나가는 Cable들의 점유율을 구할 수 있다.

일반적으로 점유율 계산은 Layer 또는 면적으로 계산을 한다. Layer는 Cable의 조건에 따라 설치 될 수 있는 상황을 고려하여 계산이 되고 면적은 최대 설치 공간 면적에 지나가는 Cable들의 면적을 합하여 점유율을 계산할 수 있다.

그리고 Cable 경로의 수정이 빈번히 발생하기 때문에 점유율은 조회 시 마다 계산하여 실시간 데이터로 유지한다.

3.2 Cable 경로 및 Overfill 가시화

시스템 내부적으로 Cable 경로 가시화와 점유율 기반의 Cable Overfill 가시화 두 가지의 가시화가 있으며, Cable 경로 가시화는 Cable의 경로를 확인하기 위해 데이터베이스에서 경로 데이터를 쿼리하여 3D CAD 상의 모델과 일치하는 모델을 가시화한다. 점유율 기반의 Cable Overfill 가시화는 Cable의 Overfill을 확인하기 위해 점유율 데이터를 쿼리하여 3D CAD 상의 모델에 Overfill 부분을 가시화한다.

4. 실험 결과 및 고찰

본 논문에서 제안한 시스템은 Cable 설계 정보 관리 소프트웨어의 Cable Auto Routing 결과 데이터를 가지고 Cable 경로 가시화와 점유율 기반의 Cable Overfill 가시화를 구현 하였다.

4.1 Cable 경로 가시화

본 논문의 제안 시스템을 이용하여 Cable 설계 정보 관리 소프트웨어에서 Cable Auto Routing 결과 데이터를 각 Cable 별로 조회 할 수 있다. 조회 된 결과 데이터 즉, 경로 데이터를 3D CAD상의 Cable Way 모델과 비교하여 해당 되는 모델에 색상을 입혀 한 눈에 경로를 확인 할 수 있도록 하였다. 또한 3D CAD상에 많은 모델이 있더라도 시작 Node와 끝 Node를 라벨로 표기하고 경우 따라서 경로 전체를 라벨로 표기하여 경로를 쉽게 확인 할 수 있도록 Cable 경로 가시화를 구현 하였다.

Fig 9은 3D CAD 상에서 하나의 Cable 경로 가시화를 실행 한 결과를 보여 주고 있다.

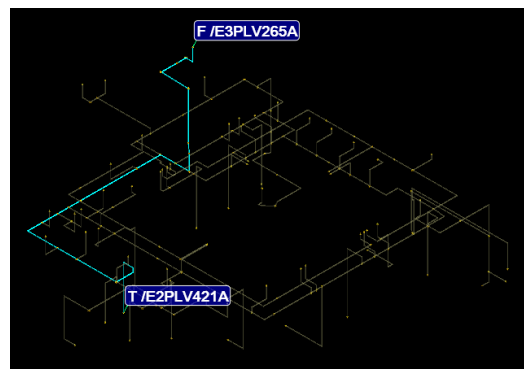


Fig. 9. Visualization Results of Cable Path

4.2 각 구간별 점유율 기반의 Cable Overfill 가시화

본 논문의 제안 시스템을 이용하여 3D CAD 상에서 Cable 경로 가시화 데이터와 구간별 점유율을 조회 할 수 있다. 조회된 점유율은 범위에 따라 색상을 다르게 적용하였고 3D CAD 모델에 색상을 각각 입혀 가시적으로 점유상태를 표현한 가시화를 구현함으로써 Overfill 구간을 쉽게 확인 할 수 있도록 경로 및 Overfill 가시화를 구현 하였다.

Fig 10은 하나의 Cable에 대하여 경로와 Overfill 구간을 가시화 하여 보여 주고 있다.

Fig 11는 블록 전체 모델에 대하여 Overfill 구간을 가시화 하여 보여 주고 있다.

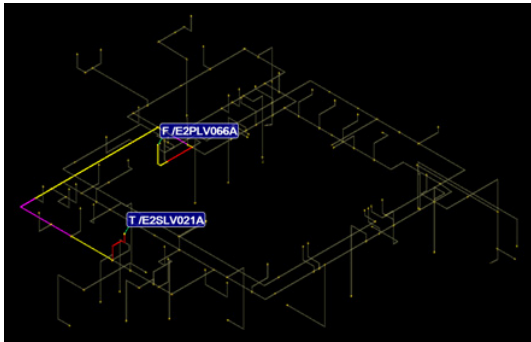


Fig. 10. Visualization Results of Cable Path and Overfill

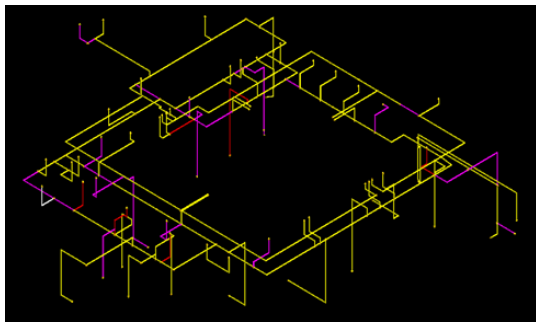


Fig. 11. Cable Overfill Visualization for each section

결과적으로 점유율이 0% 인 경우는 white color, 0% 초과 80% 이하는 Magenta color, 100% 이상은 Red color 로 표현하였으며, Red color는 Overfill 된 구간임을 알 수 있다.

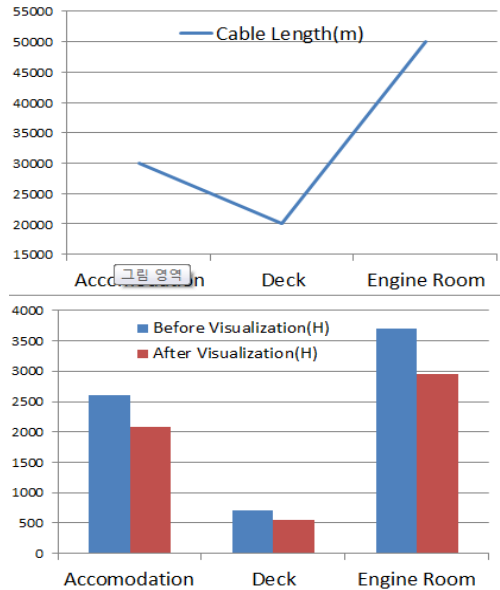


Fig. 12. Visualization before, after working time comparison graph

Fig 12는 선박의 구역 별로 본 논문에서 제안한 점유율 기반의 Cable 경로 및 Overfill 가시화 시스템을 적용 하였을 때와 하지 않았을 때의 Cable 길이와 작업시간을 비교하여 나타내는 그래프이다.

따라서 본 논문에서 제안한 시스템 이용 시 20%의 작업시간 단축과 자재비 절감 효과가 있음을 증명하였다.

5. 결 론

조선해양의 전장설계에 있어서 기존의 Cable 설계 시스템에서는 문서상으로 데이터 검증을 하거나 수작업으로 경로 검증을 해야 하기 때문에 Cable Way 연결 상태에 따라 최단거리 경로 문제와 장비 위치에 따른 Cable 정보 문제점 등이 발생한다.

본 논문에서는 데이터로서만 확인가능 한 Cable Auto Routing 결과를 3D CAD 모델로 확인 가능하도록 Cable 경로 및 Overfill 가시화를 구현하였다.

본 논문의 제안시스템을 이용하여 데이터 상으로 존재하는 Overfill 구간을 3D CAD 상에서 전체적으로 확인 할 수 있다. 또한 Overfill 구간을 전체적으로 확인 할 수 있으므로 회피경로를 쉽게 파악하여 설정 할 수 있고 정확한 데이터의 확인 및 수정을 할 수 있게 되었다.

본 논문의 제안된 시스템으로 인해 설계에서 Cable 경로 설정의 시간을 단축 할 수 있고 Cable의 정확한 결과 데이터를 현장에 전달 할 수 있게 되어 설계 및 현장 설치 작업의 생산성이 향상되고 Cable의 자재원가 절감의 효과를 기대 할 수 있다.

본 논문에서 구현된 가시화는 Overfill 구간을 확인하여 회피경로를 수작업으로 수정해야 하는 문제점을 가지고 있다. 향후 Cable의 회피 경로의 여러 가지 조건을 활용하여 자동 회피 경로 설정 및 경로 최적화에 대한 연구가 더 필요하다.

References

- [1] Min-Gil, Park, Wan Kyoo, Kim, "Development of Framework for Support System on Outfitting Design of Ships", Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, vol. 19, no. 12, pp. 2987-2992, Dec. 2015.
- [2] Seung-Jin, Kim ; Eun-Hye, Yoo, "A reliability study for cable loaded on the ship", Proceedings of the KIEE Conference, pp. 1093-1094, July 2011.
- [3] Won-Sun Ruy, Yun-Sik Yu, Dae-Eun Ko, "A Study on the Hole-Plan system combined with 3D CAD", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, vol. 13, no. 1, pp. 1-7, 2012.
- [4] J. K. Lee & J. H. Kim, "A study about Integrated Ship Outfitting System based on the General purpose CAD program", Journal of the Society of Naval Architects of Korea, vol. 29, no. 3, pp. 28-35, 1992.
- [5] J. K. Lee, Y. Y. Jang, Y. J. Park, & D. H. Jeun, "Development of Integrated Outfitting Design System", Journal of the Society of Naval Architects of Korea, vol. 30, no. 4, pp. 33-36, 1993.
- [6] K. T. Moon, Y. S. Yang, Y. P. Youn, & W. S. Ruy, "The Study on Risk and Redundancy Assessment Methodology of Ship Machinery System", Journal of the Society of Naval Architects of Korea, vol. 47, no. 1, pp. 76-87, 2010.
- [7] H. W. Suh, & S. G. Lee, "Integrated CAD System for Ship and Offshore Projects", International Journal of CAD/CAM, vol. 6, no. 1, pp. 41-48, 2006.
- [8] J. B. Kim, "An Empirical Study on the Success Cases of Digital Manufacturing System Implementation in Manufacturing Industry - Focused on Smart Factory," Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology, vol. 5, no. 4, pp. 1-8, Aug. 2015.
DOI: <http://dx.doi.org/10.14257/AJMAHS.2015.08.12>
- [9] Hyeon-Jae, Kim ; Bong-Gi, Kim, "Implementation of Color Visualization for Cable Route Path based on Cable Occupancy Ratio in Shipbuilding CAD Environment", Proceedings of the KAIS Conference, 2016.
- [10] Hyeon-Jae, Kim ; Bong-Gi, Kim, "Implementation of the route Visualize of Ship in 3D CAD" Proceedings of the KIEE Conference, 2016.
- [11] <http://thesoul214.blogspot.kr/2013/07/blog-post.html>
- [12] S. U. Lee, "A Real-time Point-to-Point Shortest Path Search Algorithm Based on Traveling Time," The Journal of The Institute of Webcasting, Internet and Telecommunication, vol. 12, no. 4, pp.131-14, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7236/JIWIIT.2012.12.4.131>

김 현 재(Hyeon-Jae Kim)

[정회원]



- 2013년 2월 : 거제대학교 기계공학과 (공학학사)
- 2015년 3월 : 경남과학기술대학교 산업복지대학원 융합기술공학전공 (공학석사) 재학중
- 2000년 11월 ~ 현재 : 대우조선해양 기술정보부 과장

<관심분야>

조선CAD, 조선IT 및 설계, 최단경로알고리즘

김 봉 기(Bong-Gi Kim)

[정회원]



- 1989년 2월 : 숭실대학교 대학원 전자계산학과 (공학석사)
- 1999년 2월 : 숭실대학교 대학원 전자계산학과 (공학박사)
- 1994년 3월 ~ 1999년 2월 : 한림성심대학 조교수
- 1999년 3월 ~ 현재 : 경남과학기술대학교 컴퓨터공학과 교수
- 2006년 2월 ~ 2007년 1월 : 캐나다 UBC 교환교수

<관심분야>

데이터베이스, 빅데이터, 정보통신