

## 조선전용 3차원 CAD 시스템을 이용한 Pipe Offset Routing 프로그램 개발

김성민\*, 신동목\*\*†

울산대학교 자동차선박기술대학원/ 현대미포조선(주)\*  
울산대학교 조선해양공학부\*\*

Pipe Offset Routing Program By Using 3D CAD For Shipbuilding

Sung-Min Kim\* and Dongmok Sheen\*\*†

Institute of e-Vehicle Technology, University of Ulsan/ Hyundai Mipo Dockyard\*  
School of Naval Architecture and Ocean Engineering, University of Ulsan\*\*

### Abstract

Korean shipbuilders are starting to use three dimensional solid CAD systems to enhance their competitiveness in design and production. Despite many merits, three dimensional CAD systems reveal some problems in pipe-line modeling. Pipe-line modeling is heavily dependent on point data in routing. However, since the models built by sweeping or skinning operations do not have data about points and lines on the surfaces, the point data for routing are currently manually calculated by considering the diameters of the pipes and alignment conditions with other pipes. This process is inefficient and prone to errors. In order to enhance the pipe modeling, this paper presents an Offset Routing Program for a three dimensional CAD system, which aids designers to easily define the start points and to generate the pipe routings using reference objects.

※Keywords: Pipe-line modeling(배관 모델링), Offset routing(오프셋 라우팅), Aveva-marine(아베바-마린), PML(PML)

### 1. 서론

조선 산업체들은 동시공학 기법의 적용을 통한 경쟁력 강화를 위하여 디지털 조선소(Digital Shipyard)를 구축 중이다. 디지털 조선소를 지원하기 위해서는 제품 및 설비의 3차원 솔리드 모델

링이 필수적이며, 이에 덧붙여 IT 산업의 발달에 따른 전산처리 속도의 향상 및 저장용량 증대 등의 외적 요인의 변화에 따라 조선 CAD 시스템도 2.5 차원 시스템에서 3차원 시스템으로 발전하고 있다. 3차원 솔리드 CAD 시스템에서는 부피, 질량, 무게 중심, 각종 모멘트 등 부피 영역 관련 정보도 쉽게 얻을 수 있으며, 배치 및 조립 시 간섭 검증 등의 작업을 수행할 수 있다. 현재까지 대부분의 국내 조선소들이 사용해 온 선체설계 전용 CAD 시스템은 의장설계의 다양한 요구사항을 반영하지 못하고 있다. 따라서 조선소에서는 의장설계 기능을 자체적으로 개발하는 노력들을 기울여 왔다(Heo 2001).

의장 설계에 3차원 솔리드 CAD 모델을 이용하면 2차원 배관 모델이 주로 파이프들의 연결 관계 및 위상정보를 표현하는 데 반하여 파이프들의 3차원 상의 정확한 위치를 지정할 수 있고, 각종 구조물 및 기기를 중심으로 한 배관이 가능하며 배관 시 간섭 검증 등의 작업을 용이하게 할 수 있다. 반면에 3차원 CAD 모델은 스키닝(skinning)이나 스위핑(sweeping) 등의 방법을 통해 모델이 생성되어 CAD 모델 상에서 곡면 상의 점, 라인 등 2차원 정보를 얻기가 힘들다. 따라서 곡면 상의 한 점의 위치나 외곽 선 정보는 계산을 해야 할 수 있고, 이를 모델 상에서 직접 선택하는 것은 불가능하다. 조선 배관 설계를 위해서는 2.5차원 CAD 시스템처럼 모델의 형상을 2차원으로 인식하여 위치를 지정할 수 있는 기능들이 편리하다. 이를 이용하면 복잡하게 얽혀있는 파이프 라인들과 선체 패널들을 기준으로 하거나 배의 기준 좌표계 등을 이용하여 배관하는 기능을 구현할 수 있다.

본 연구에서는 3차원 CAD 시스템을 이용한 조선 배관 모델링 시 설계 오류를 줄이고 설계 생산성을 극대화하기 위하여 Pipe Offset Routing 프로그램을 개발한다. 본 프로그램을 이용하면 파이프의 시작점을 설정할 때와 Pipe Offset Routing을 할 때 참고할 모델의 외곽 선 정보 및 모델의 형상 속성 정보들을 읽어서 설계자가 지정하고자 하는 위치를 쉽게 정할 수 있고 또 모델간의 배치도 쉽게 할 수 있다.

## 2. 연구배경

### 2.1 배관설계 개요

배관 설계 작업은 Fig. 1과 같은 순서로 이루어진다. 배관 시스템에 대한 사양 작성 및 관련 피팅(Fitting)류에 대한 생성 및 등록을 하는 라이브러리 작성 단계에서 시작하여 호선정보를 생성한 후 배관 연결 관계를 선 및 기호로 표현한 Diagram을 그린 후에 그것을 바탕으로 파이프 모델링을 하고, 모델의 정보를 이용하여 선주, 선급 승인용 배치도 및 현장용 설치도 및 배관부속(pipe piece) 제작도를 자동 생성한다. 추출된 생산정보는 MIS (Manufacturing Information System)에 보내지게 된다. Fig.2는 배관모델링의 기반이 되는 도표(diagram)를 예시한다.



Fig. 1 Pipe line design procedure

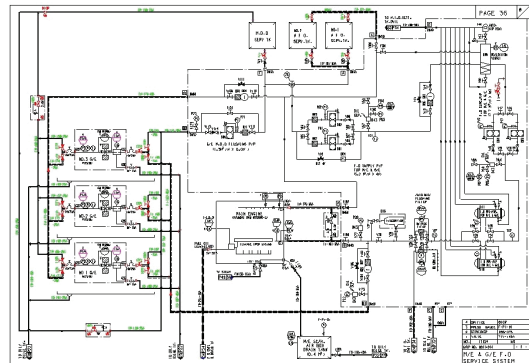


Fig. 2 A Pipeline diagram

배관설계의 주요 요소로는 Fig. 3과 같이 도표와 모델링, 배치도/설치도, 배관부속 (piece) 제작도, MIS 연계로 볼 수 있는데 그 중에서 모델링이 차지하는 부분은 40% 이상이다.

배관 설계 작업을 자동화하기 위한 노력은 배관 CAD/CAM 시스템 개발을 위한 STEP 기반의 단일화된 정보모델 개발 연구(Lee and Park 1994), 자체적으로 개발한 선체모델링 시스템과 연계하여

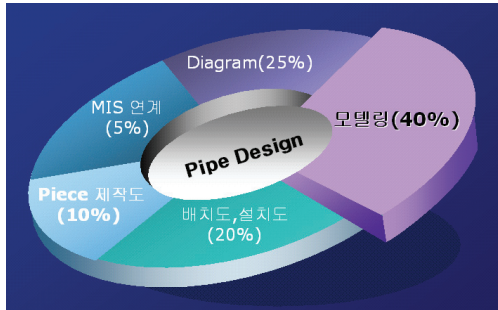


Fig. 3 Man-hour percentages for each design procedure (ref: Company H's internal document)

배관모델링을 자동화하는 연구(Roh et al. 2006), 상용시스템의 API를 이용한 연구로써 조선 CAD 시스템인 TRIBON과 연계하여 2차원 등축입체도 (isometric view) 상에서 배관제작, 설치도면 생성과 BOM 자동 생성 기능을 구현한 연구 (Woo et al. 2005) 등이 발표되었다. 그러나 현실적으로 각 조선소에서 선체 및 의장 설계에 한 종류의 상업용 CAD 시스템의 사용을 추진하는 추세를 감안할 때 현 시점에서 새로운 표준을 도입하거나 기존의 조선 CAD 시스템으로부터 독립적인 자동화 시스템의 도입은 시기상조로 보인다. 반면에 3차원 조선 CAD 시스템의 도입에 따른 문제점을 해결하기 위한 자동화 연구는 발표되어 있지 않다.

## 2.2 개발 목적

2007년 현재 세계 10대 조선소에 속하는 국내 7개 조선소에서 사용하고 있는 CAD 시스템을 보면 6개사는 AVEVA사의 CAD 시스템을 사용하고 있다. 그 중 5곳은 TRIBON CAD 시스템을, 한곳은 TRIBON의 차기 버전인 3차원 CAD 커널 기반의 AVEVA-MARINE을 시험운영을 거쳐 현재 실제 호선에 적용 중이다. 그리고 나머지 1개사는 Intergraph사와 조선소, 선급 등의 참여 하에 새롭게 개발된 조선전용 CAD 시스템인 IntelliShip을 적용중이다. AVEVA사는 TRIBON M3 버전을 마지막으로 새롭게 해양 및 PLANT 솔루션인 PDMS와 조선전용 CAD인 TRIBON을 결합한 AVEVA-MARINE(AM)을 출시하였다.

본 연구에서는 3차원 CAD 시스템인 AM의 도입에 따라 이에 접목하여 배관모델링을 효율적으로 수행하기 위한 3차원 배관모델링 지원 기능을 개발한다. 배관 모델링을 효율적으로 수행하려면 배관 모델링의 첫 단계인 시작점 설정에서부터 파이프 모델의 종료위치를 설정하는 마지막 단계인 Tail-Last Member 기능까지 초보 설계자들도 쉽게 모델링을 할 수 있도록 정해진 절차에 따라 설계를 지원하는 GUI(Graphical User Interface)가 필요하고, 정렬을 고려한 시작점 설정 및 Offset Routing기능이 함께 지원되어야 한다.

TRIBON은 2차원 CAD를 기반으로 하여 Midpoint (라인의 중간 지점), Intersection(라인간 교차점), Node point(현재위치에서 가장 가까운 라인의 끝점), Offset(선택한 위치에서 일정한 값만큼 떨어진 거리에 위치한 점) 등을 이용하여 자기가 원하는 정확한 위치를 지정할 수 있다. 반면에 AM은 3차원 솔리드 모델링 시스템으로서 모델 표면을 구성하는 선의 위치정보를 가지고 있지 않다. 따라서 Event Point(모델이 가지고 있는 교유의 점)나 Pline(모델의 기준이 되는 선)을 지정하거나 좌표 값을 계산한 후 직접 입력해야 한다. 따라서 파이프 모델링 시 참고할 파이프의 직경을 고려하여 시작점을 쉽게 설정할 수 있는 기능이 필요하다. 또한 파이프에 지지대를 설치하기 위해서는 정렬도 동시에 고려해야 하는데 그때는 참고할 파이프의 직경뿐만 아니라 생성할 파이프의 직경도 함께 고려하여 좌표 값을 계산 후 그 좌표 값을 입력해야 한다. 따라서 두 파이프 간 배치를 정의하는 정렬 기능도 포함된 Offset 기능이 필요하다.

파이프라인의 시작점을 설정한 후에는 Routing을 해야 하는데 그때 기본기능인 좌표 값이나 Routing 길이 값만으로 Routing 하는 것이 아니라 효율적으로 Routing하기 위해서는 복잡하게 얽혀 있는 파이프라인들과 선체 패널들을 참고하고 Ship Reference System (Frame과 Longitudinal 그리고 Deck를 기준으로 한 선박의 좌표계)과 Grid Line (선박의 좌표계를 모델링 창 상에 선으로 표현한 것) 등을 이용한 Offset Routing 기능이 필요하다.

2.3 개발 범위

본 연구에서는 먼저 파이프 모델링의 첫 번째 단계인 시작점 설정을 쉽게 할 수 있도록 다음 4 가지 기능을 개발한다.

- (1) 모델링 창에서 특정 점 선택
- (2) 정렬 및 Offset 값을 고려한 시작점 설정
- (3) 특정 파이프 모델에 대하여 세 방향 (East, North, Up) Offset 값으로 시작점 설정
- (4) 노즐의 Event Point로 시작점 설정

시작점을 설정하기 위한 4가지 조건 (Offset 정의, Offset 방향, 정렬, 유동 방향)에 따른 좌표 값 설정방법이 200개 이상 발생하게 되는데, 본 프로그램에서는 이들 모든 경우를 포함한다.

시작점이 설정되면 그곳으로부터 파이프가 Routing된다. Offset Routing 시 가능한 모든 경우를 다룰 수 있도록 각각 다음의 4 가지 개체를 참조하여 입력한 Offset만큼 이동한 점까지 Routing하는 방법을 구현한다.

- (1) Pipe Line 기준 Offset Routing
- (2) Grid Line 기준 Offset Routing
- (3) Ship Reference 기준 Offset Routing
- (4) Hull Panel에서 기준 Offset Routing

본 시스템은 개발언어로 AM의 API를 위한 매크로인 PML을 사용한다. Fig. 4는 Offset Routing 프로그램에서 시작점을 설정하는 부분의 일부로써

```

IPOS = OBJECT POSITION(REFPOSITION)
IREFNORTH = IPOS.NORTH
IREFEAST = IPOS.EAST
IREFUP = IPOS.UP

!Field = !this.offsetsetting.PickedField
if ( !field eq 1 ) then $* OFFSET 설정 : Center to Center
!Field = !this.offsetdirection.PickedField
if ( !field eq 1 ) then $* OFFSET 방향이 NORTH인 경우
!Field = !this.justification.PickedField
if ( !field eq 1 ) then $* Justification이 bottom일때
if ( !REFY eq 'E' ) then
    !NORTH = $IREFNORTH + $!THIS.offsetvalue.val
    !TNORTH = $!NORTH + 500
    !EAST = $IREFEAST
    !UP = $IREFUP - ( $!REFBORE / 2 ) + ( $!selectdia / 2 )

!Hposition = 'E $!EAST N $!NORTH U $!UP'
!Tposition = 'E $!EAST N $!TNORTH U $!UP'

Hposition $!Hposition aid text num 1 'START POINT' AT $!Hposition
Tposition $!Tposition aid text num 2 'END POINT' AT $!Tposition
    
```

Fig. 4 A Part of Program for Defining a Start Point

Offset 설정을 Center to Center, North방향으로 하고 Justification을 Bottom으로 정렬하여 파이프의 유동 방향을 East로 했을 때 시작점을 구하는 프로그램의 일부를 보여준다.

3. 프로그램 개발 내용

3.1 GUI 구성 및 프로그램 실행순서

AM을 실행한 후 명령 창에서 직접 프로그램 이름을 입력하거나 메뉴에서 Offset Routing을 선택하면 Fig. 5와 같은 GUI 프로그램이 실행된다.

시작점을 설정하는 기능과 Pipe Offset Routing 하는 기능을 각각의 GUI로 만든 후 서로 전환될 수 있도록 하였고, 시작점을 설정하는 4가지 방법을 Fig. 6과 같이 두 개의 탭으로 표현하였다. 첫 번째는 Justification을 적용한 파이프의 Start Point(Head Point, 시작점)를 설정하는 부분이고, 두 번째는 시작점을 설정한 이후 파이프를 Routing하는 Offset Routing 부분이다. 각 기능들의 이벤트가 이루어지는 각각의 도구들은 작업순서와 동일하게 위에서 아래로 구성하였다.

Justification과 Offset을 적용한 시작점 설정은 Fig. 6의 왼쪽 그림과 같이 새로운 파이프나 Branch를 만들기 위한 Spec을 선택하고 Line No를 입력한 후 Bore Size를 선택하면 Pipe Name이 자동 완성된다.

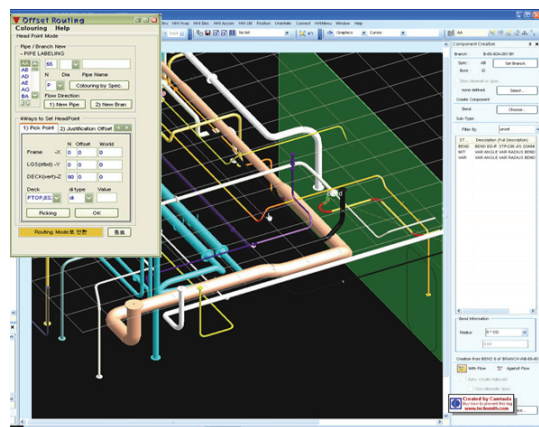


Fig. 5 Offset Routing Program in Model View

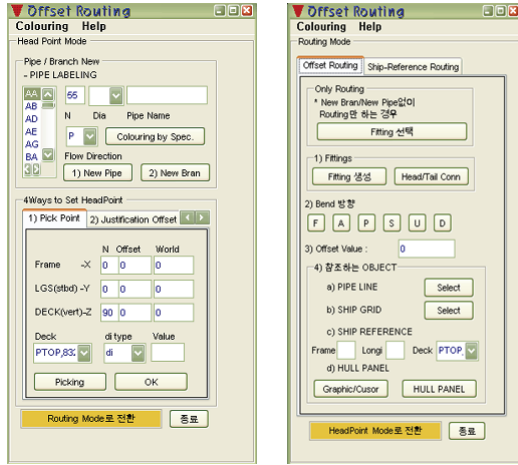


Fig. 6 Offset Routing GUI

시작점을 설정하는 방법은 4가지가 있어 작업 중 나타날 수 있는 다양한 경우에 대하여 유연한 작업을 할 수 있다. 4가지 방법 중 첫 번째는 모델링 창에서 임의의 점을 선택하여 구한 좌표 값을 수정해서 사용하는 방법이다. 두 번째는 Justification과 Offset을 고려한 시작점 설정 방법으로 이 방법은 4가지의 조건이 있어 이들 조건을 만족하는 점을 찾기 위해서는 200개 이상의 경우가 존재하여 각 경우마다 계산식을 달리 적용해야 한다. 세 번째 방법은 Multi-Offset을 이용한 방법으로 두 번째 방법의 경우는 한쪽 방향의 Offset 이라면 세 번째 방법은 세 방향을 고려한 Offset 이다. 마지막 방법은 노즐을 선택하면 Connection 부분에서 자동으로 시작점이 설정되는 방법이다. Fig. 7은 시작점을 설정하는 과정을 흐름도로 도식화하여 보여주고 있다.

시작점을 설정하고 난 이후에는 두 번째 탭에서 그 시작점을 기준으로 파이프를 Routing 하게 된다. Routing하는 방법으로 Ship Reference System을 이용하는 방법과 Offset Routing을 하는 방법을 들 수 있는데 본 프로그램에서는 기 개발된 Ship Reference System을 이용한 방법도 병행해서 쓸 수 있도록 기능을 통합하여 시스템을 구성하였다. Fig. 8은 Pipe Offset Routing하는 절차를 흐름도로 도식화 하여 보여준다.

Offset Routing 방법을 사용할 경우 Offset 값

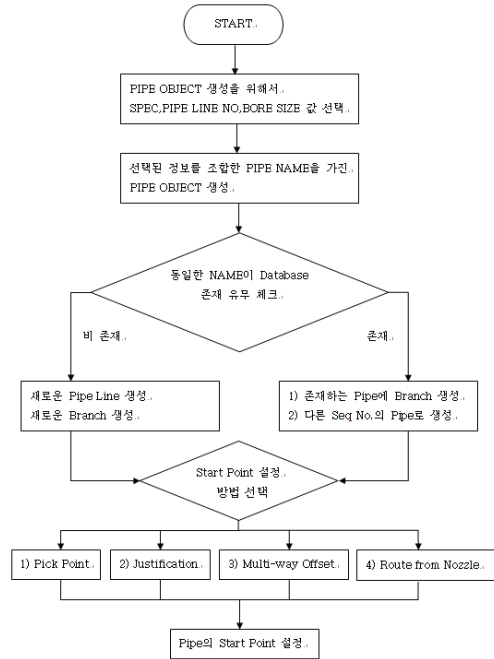


Fig. 7 Flowchart for Defining a Start Point

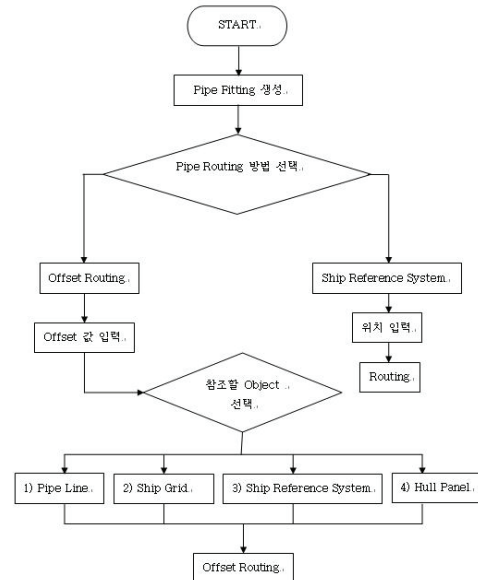


Fig. 8 Flowchart for Pipe Routing

을 입력하고 Offset을 하기 위해 참조할 개체 타입을 선택하면 Offset Routing을 수행하게 된다.

참조할 개체로는 Pipe, Ship Grid, Ship Reference, Hull Panel을 제공하여 많은 모델이 띄워진 복잡한 3차원 모델링 화면상에서도 쉽게 상황에 따라 유연하게 사용할 수 있도록 하였다.

3.2 주요 기능

가. Pipe Labeling

Pipe Spec과 Pipe Line No 그리고 Pipe Diameter를 선택하게 되면 Pipe Naming 규칙에 맞게 Pipe Name이 자동 생성되며 Pipe Name 중복 여부를 DB 검색을 거쳐 확인한 후 확정한다. 또한 파이프가 새로 생성되는 것인지 기존 파이프에서 분기하는 것인지를 지정한다. Fig. 9는 Pipe Labeling을 하는 GUI를 보여준다.

나. 시작점 설정

시작점 설정 방법으로 다음 4 가지를 제공하며 Figs. 10~13은 이를 실행한 GUI 화면을 보여준다.



Fig. 9 Pipe Labeling



Fig. 10 Pick Point GUI



Fig. 11 Justification Offset GUI



Fig. 12 Multi-way Offset GUI

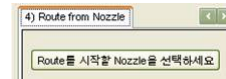


Fig. 13 Route from Nozzle GUI

- a) Pick Point : 모델링 창에서 임의의 Point를 선택하면 위치정보를 읽어 들여 GUI에 좌표 값을 자동으로 표시
- b) Justification Offset : 정렬을 맞추고 Offset 이동하여 설정
- c) Multi-way Offset : East/North/Up 세 방향에 대한 Offset값을 설정
- d) Route from Nozzle : 선택한 노즐의 Event Point를 파이프의 시작점으로 설정

Justification Offset은 정렬과 Offset을 동시에 적용하는 기능으로 파이프 지지대를 설치하기 위하여 파이프를 정렬배치 하는 것이다. Fig. 14는 Justification Offset을 예시하는데 첫 번째 그림은 파이프의 하단을 기준으로 정렬을 맞춘 경우이고, 두 번째는 파이프의 상단을 기준으로 정렬을 한 경우를 예시한다.

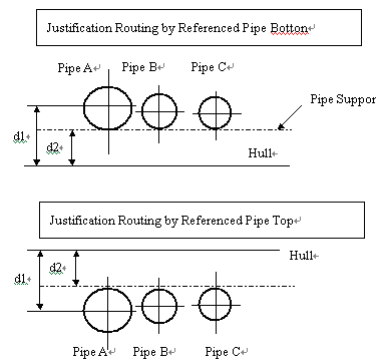


Fig. 14 Justification Offset

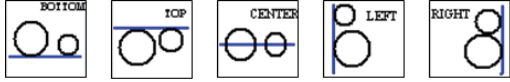


Fig. 15 Alignment Type

Fig. 15는 파이프에 지지대를 설치하기 위한 5가지 정렬 방법을 보여준다. 파이프의 하단(Bottom)에 지지대를 설치할 경우 하단을 기준으로 정렬을 한다. 상단(Top)은 파이프 모델의 위에 지지대가 설치되는 경우, 좌측단(Left)은 왼쪽에 우측단(Right)은 오른쪽에 설치되는 경우에 정렬을 맞춘 경우이다. 중앙(Center)은 지지대와 상관없이 중심선을 기준으로 정렬한 경우이다.

#### 다. Offset Routing

Offset Routing을 실행하기 위하여 4가지 기능을 구현하였다. Figs. 16~ Fig. 19는 이를 예시하며 예시 화면에서 원으로 표시한 부분이 Offset Routing 시 참조할 개체를 선택한 장면으로 그 개체를 중심으로 Offset이 되는 것이다.

Fig. 16에 예시한 첫 번째 방법은 파이프를 참조한 Offset Routing 방법으로 선택한 파이프로부터 특정거리의 Offset 값만큼 이동한 거리까지 Routing된다.

Fig. 17에 예시한 두 번째 방법은 선택한 Grid Line에서 Offset 값만큼 이동한 거리까지 Routing하는 방법이다.

세 번째는 Ship Reference System중 Frame, Longi, Deck 중 하나를 기준으로 특정 Offset 값만큼 이동한 거리까지 Routing하는 것이다. 예를 들어 Frame 180이라고 입력하면 Frame 18번으로부터 입력한 Offset값만큼 이동한 거리까지 Routing 된다. Fig. 18의 예시에서 보면 Ship reference System에서 선택한 /3RDDK-LGP9 부재에서 특정한 Offset 값만큼 이동한 곳까지 Routing되었다.

마지막으로 Fig. 19에 예시한 바와 같이 선택한 Hull Panel을 기준으로 Offset 값만큼 이동한 점까지 Routing하는 방법이 있다.

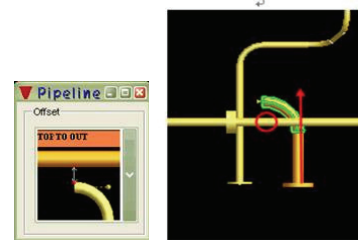


Fig. 16 Routing with respect to Pipe Line

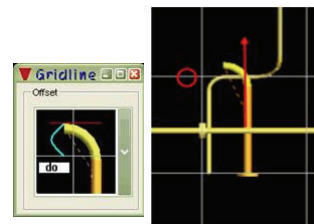


Fig. 17 Routing with respect to Grid Line

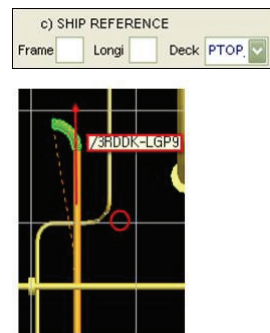


Fig. 18 Routing with respect to Ship Reference



Fig. 19 Routing with respect to Hull Panel

### 3.3 프로그램의 특징 및 효과 분석

본 프로그램의 첫 번째 특징은 Pipe Labeling을 하고 생성하는 Pipe New 단계에서부터 파이프 모델의 종료위치를 설정하는 단계인 Tail-Last Member까지 일련의 절차를 Offset Routing Program GUI로 구현하여 초보설계자도 설계절차를 따라가며 사용할 수 있도록 하였다.

두 번째 특징은 Pipe, Hull Panel, Grid Line 및 Ship Reference System을 참조하여 Offset Routing을 할 수 있도록 함으로써 다양한 환경에서 유연하게 대처할 수 있게 하였다.

마지막으로 Offset Routing에서는 시작점을 설정하기 위한 4가지 조건 (Offset 정의, Offset 방향, 정렬, 유동 방향)에 따른 좌표 값 설정방법이 200개 이상 발생하게 되는데, Offset Routing Program은 이들 모든 경우를 다루고 있어서 다양한 상황에서 정확한 설계가 이루어 질 수 있도록 하였다.

AM은 모델링 기능이 매우 우수하지만 배관 모델링에서 일부 문제점이 노출되어 본 연구에서는 이를 극복하고자 Pipe Offset Routing 프로그램을 개발하였다. 본 프로그램의 적용효과를 정량적으로 분석하기 위하여 본 프로그램을 10,000 TEU 컨테이너선의 배관설계에 적용해 보았다. 그 결과 약 1%의 설계 공수를 절감할 수 있었다. 여기에 설계 오류 등에 따른 추가 손실 공수 절감이라는 측면을 고려하면 본 시스템의 효과는 더욱 클 것이다.

## 4. 결론

본 연구에서는 3차원 CAD 시스템을 조선 배관 설계에 적용할 경우 기존의 2.5 차원 기반 CAD 시스템에 비하여 오히려 설계 생산성을 저해하는 일이 있어 이를 해결하고자 Pipe Offset Routing 프로그램을 개발 하였다.

배관 모델링이 처음 시작되는 파이프 및 Branch 자동 생성에서부터 정렬과 Offset을 고려하여 시작점을 설정하고, 여러 타입의 개체들을 참고로 하여 Offset Routing을 한 후 마지막 종점을 설정하는 단계까지 일련의 배관 모델링 절차를

하나의 GUI로 구성하였다.

본 시스템 적용 결과 유형적 효과로는 배관 모델링의 설계 편의성 향상으로 설계 공수를 절감할 수 있었으며, 무형적 효과로는 프로그램 사용으로 인한 정확도 향상으로 설계 오류를 감소시킬 수 있게 되었다.

향후에는 사용 중 발생하는 현업의 요구사항을 추가로 반영하여 선택한 하나의 파이프만을 Justification을 고려하여 Offset 을 하는 것이 아니라 여러 파이프들을 집단으로 선택하여 집단 단위로 동시에 Justification을 만족시키는 그룹 Justification 등의 편의기능을 강화할 계획이다.

현 단계에서는 설계 사용자의 편의성에 주안점을 두어 접근하였으나 본 시스템이 안정화된 이후에는 설계 자동화 측면에서 배관설계 지식베이스와 연계하여 배관 모델링 자동화 시스템으로 발전시킬 수 있을 것이다.

## 참 고 문 헌

- Heo, C., 2001, "Development of Hole Plan Automation Program," The 15th Conference on Ship Design, Ship Design Committee, the Society of Naval Architects of Korea, O14-2.
- Lee, J.K. and Park, N.S., 1994, "A Representation of Product Model for the Piping System Based on the Object-Oriented Paradigm," Transactions of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 31, No. 3, pp 19-30.
- Roh, M.I., Choi, W.Y. and Lee, K.Y., 2006. "Rapid Pipe Modeling method Considering the Relationship with a Hull Structure," Transactions of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 43, No. 2, pp. 258-267.
- Woo, I., Kim, S., Heo, C., Cho, Y., Gu, J. and Kim, D., 2005, "Development of Automatic Pipe ISO-Drawing and BOM Generation System," Transactions of the Society of Naval Architects of Korea, "Special Issue, pp. 127-133.





< 김 성 민 >



< 신 동 목 >