

1. 시뮬레이션 개요

1.1 시뮬레이션 필요성 및 목적

본 세부 분야에서는 설비 기반 시뮬레이션을 수행한다. 설비란 구체적으로 각종 도크(Dock)와 안벽(Quay)에서의 호선 배치 및 이동이 주 관심 대상이다. 물론 이에 필요한 다양한 조선소 내의 설비의 지리적, 물리적 용량을 고려하며 이러한 시설물 운영 최적화를 위한 시뮬레이션이 동반된다. 일정 및 공정 계획 차원에서 보면, 선박 및 해양 구조물의 진수 이후 과정을 담당한다.

선행과정에 비해 후행 공정 및 일정 관리는 경험적이고 구체적이지 않으며, 조선소 설비의 다양한 특성과 도크/안벽의 지리적인 특징에 많은 지배를 받게 되는 요소가 존재한다. 또한, 대부분의 기획 및 계획은 각 조선소가 보유한 경험적인 규칙과 경험에 의해 일부 전산화 및 자동화되기는 하였지만 일반적인 규칙과 법칙을 제시하지 못하고 있다.

또한 2차원적인 도면의 한계를 벗어나, 3차원적으로 설비들을 조망하여 현실성 있는 배치와 운용을 가능케 하며, 중일정 수준의 정보를 대일정 계획에 반영할 수 있도록 Bottom-Up 방식의 정보 선형화를 가능케 하고자 한다. 더불어, 설비 시뮬레이션은 공간적 배치와 더불어 시간적 일정계획을 요구한다. 최적화를 수행함에 있어서 이를 고려한 문제 정식화를 하여, 작업자가 얻어 낼 수 있는 출력보다 설정된 성능차원에서 더 우수한 해를 도출하는 것을 목표로 한다.

조선 전용 지리정보 시스템(Geographical Information System, 이하 GIS) 프레임워크의 구축은 본 세부과제에서 수행되는 모든 과정과 핵심 알고리즘이 대부분의 조선소에서 활용케 하는 일반화에 목적이 있다. 조선소마다 다른 설비와 지리적인 특징을 가지고 있지만 이를 포용하는 프레임워크 및 DB를 운영하여 대부분의 조선소가 이를 활용하게 하며, 같은 조선소라 하더라도 설비의 증설, 보강, 변경, 폐쇄에도 유연하게 대처할 수 있는 시스템을 목표로 한다. GIS는 생산 관리 및 계획 시 조선소 내의 공간 객체와 관련한 각종 데이터를 통합적으로 제공할 수 있을 것이다. 그림 1은 시뮬레이션 기반 선박해양 생산관리에서 GIS의 위치를 보여 주고 있다. 생산 관리를 위해 조선소 내의 공간과 관련한 각종 데이터를 구축하

여, 관리 영역에 따라 요청하는 정보를 쉽게 검색, 연산하여 제공하게 된다.

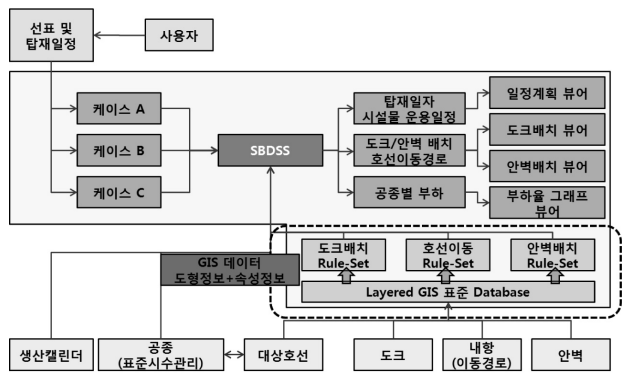


그림 1. 선박해양 생산관리에서 GIS의 역할

1.2 국내외 관련 기술 현황

중대형 조선소의 경우, 대부분 자체적으로 개발된 도크 내 호선 배치와 일부긴 하지만 안벽 운용 계획 프로그램을 보유하고 있다. 대표적인 예가 대우해양조선의 ThirdAPS와 LOPPS (Longterm Process Planning System) 그리고, STX가 개발한 SAPS(STX Advanced Planning System)이다. 하지만 이는 관습적으로 수행되는 규칙과 각자 보유한 설비를 근간으로 하는 '일반화' 되지 못한 조건에서 결과치를 받아보고 있으며, 전문가가 수행하는 품질 이상의 결과를 확보하지 못하고 있다. 한편, GIS는 새로운 기술은 아니다. GIS와 관련된 연구는 국내외적으로 여러 분야에서 구현되어 널리 사용되고 있다. 하지만 조선해양 생산 분야에서 GIS를 이용한 사례가 공개적으로 보고되고 있지 않다.

2. 주요 응용 시뮬레이션

본 세부과제에 시뮬레이션은 GIS 프레임워크가 제공해 주는 정보를 활용하여 다양한 도크 타입에 호선을 BATCH 별로 배치시키며, 대일정 주요 이벤트(key-Event) 중에 후행 일정(진수, 시운전, 인도 등)을 중심으로 하는 안벽 운용 및 그에 따른 중일정 수준의 공정 부하량 분석을 목적으로 한다.

2.1 시뮬레이션의 특징

시뮬레이션이라 한다면 흔히 Zeigler가 고안한 이산사건 시스템(Discrete Event System)을 떠올린다. 대상 시스템의 모형화를 위한 계층적 형식론(formalism)으로 사건(event)의 발생에 따라 상태가 변하는 관점에서 시스템의 동적인 변화를 기술하는 방식이다. 본 과제에서 수행하는 도크/안벽에서의 호선 배치와 이동 시뮬레이션의 경우, 시간에 따른 혹은 물리적인 상태의 변화가 이슈가 아니고 유저가 설정한 주어진 비교적 장기간 동안에 완벽과 도크 내에서 일어나는 호선의 이동 추이를 보는 것이 목표이므로 간단한 Rule-Set 혹은 최적화 모듈로 이동 상태를 예측 혹은 시뮬레이션이 가능하다. Rule-Set 자체는 간단하지만 장기간 동안에 호선 이동이 누적되고 이에 따른 공중률의 변화 추이를 살펴볼 수 있다. 즉 DES에서 주로 사용되는 미분방정식으로 작업자가 예측하기 어려운 시스템의 예측결과를 도출하는 것이 아니고 단기적으로 이미 해 오고 뻔히 알고 있는 일들을 누적시켜서 일정예측이 실행가능한지 살펴보는 시스템으로 시뮬레이션을 수행한다. 결국 DES의 시스템 변화를 Rule-Set 혹은 최적화 프로그램이 대처한다고 요약할 수 있다.

GIS(Geographical Information System)란 객체의 위치 정보를 기본으로 하고 객체와 관련한 각종 정보를 공간 데이터로 정의하여 종합적으로 관리·가공하여 공간 데이터를 시각적으로 표시함으로써 고도의 분석과 신속한 판단을 지원하는 기능을 지원하는 기술을 말한다. 각종 GIS 데이터는 벡터 자료층(레이어, Layer) 단위로 표시되는데 GIS 응용 프로그램들은 여러 면의 레이어를 임의로 선택하여 표시할 수 있고 지도의 축척도 몇 단계로 나누어 선택할 수 있으므로, 데이터 분석만이 아니라 분석결과를 설명하기에 편한 구조를 가지고 있다.

GIS의 공간 데이터는 기본적으로 위치에 관련된 것으로 공간 객체의 속성(Attribute)과 위치(Position)를 동시에 다루어야 하는 특성을 가지고 있다. 또한 분석을 위한 입력 자료의 대부분은 수치지도와 같은 벡터 자료층의 개념이 필요한 것들이다. 공간분석이란 분석하고자 하는 현상이나 변수들의 공간적인 위치를 고려한 분석을 말한다. 앞서 언급했듯이 GIS의 공간 데이터는 공간과 관련된 위치정보와 속성정보로 이루어진다. 이들이 분석하고자 하는 자료의 대상이 되며, 위치정보는 2차원 또는 3차원상의 좌표로 표현되며 속성정보는 변수 또는 문자정보를 포함한다.

공간 데이터는 분석 목표와 관련한 각종 공간상의 객체를 일정 형식으로 표현하고 객체간의 공간적 분포나 연관성을 정량화하여 관계형 데이터베이스에서와 유사하게 관리되고 저장된다. 이러한 데이터 모델을 이용하여 필요한 자료를 추출하고

앞으로의 현상을 예측하는 등의 분석을 수행한다. 이처럼 데이터 모델을 설계하고 구축하는 전 과정을 공간 모델링이라 부른다. 공간 분석을 통하여 현실 세계에서 발생하는 각종 현상에 대한 분석을 수행하기 위해서는 분석의 대상이 되는 공간 데이터가 실제로 발생하는 현상 또는 실제 값을 올바르게 반영하고 있어야 한다.

대체로 지리 정보는 지리 객체(Geographic object)와 지리 공간(Geographic field)으로 구분이 되는데, 이중 지리 객체는 공장 및 작업장, 도로, 설비 및 시설물 등을 포함하며 본 연구에서 조선소는 지리 객체만을 갖는 것으로 한다. 분석 정보를 분석 대상에 분포시키고 그 분포한 영역을 가상의 지형으로 정의를 하게 되는데 이를 지리 공간이라고 한다. 선박해양 생산관리 분야에서는 시뮬레이션 및 실적 집계를 통해 분석한 정보가 단기적으로 변하기 때문에 지리 공간에 대한 정의가 필요하지 않을 것으로 보인다.

2.2 시뮬레이션 기법 및 관련 커널

도크 내에 호선 배치를 위한 알고리즘: 모든 호선마다 지정된 도크와 BATCH가 확정된 문제인 경우와 비확정 선포에서 즉 새로 수주한 혹은 변경이 필요한 호선의 도크와 BATCH를 지정하고 동시에 공간적인 배치까지 하는 두 가지 문제를 풀고자 한다. 후자의 경우, 전자를 포함하는 확장된 문제이며 소위 전형적인 Space-Time-Allocation(이하 STA)에 해당한다.

D.V:

- $b_{ij} \in [0, 1]$, ship i will be located at the dock j
 - x_i, y_j represent the position of the bottom-left corner of the ship i
 - $o_i \in [0, 1]$, indicating the orientation (either longitudinal or transversal of the offshore structure)
 - s_i , the starting date for one of the batch of the ship i
- Objective:

$$\text{Maximize } f(\tilde{x}) = \sum_{k=1}^N S_k(\tilde{x}), \text{ where } S_k(\tilde{x}) \text{ is the}$$

remain area to be used for the P.E. space on the dock s.t:

- All ships should not be overlapped with the dock and the other ship, $\sum OL_{ij}(x, y) = 0$, where OL means the overlap between the i, j ship
 - each ship i must fit within the width of a dock j : $x_i \geq 0$ and $x_i + [o_i w_i + (1 - o_i) l_i] \leq W_j$
 - each ship i must fit within the length of a dock j : $y_i \geq 0$ and $y_i + [o_i l_i + (1 - o_i) w_i] \leq L_j$
- where, w_i, l_i are the width and length of a ship i , respectively and W_j, L_j are the width and length of a dock j .

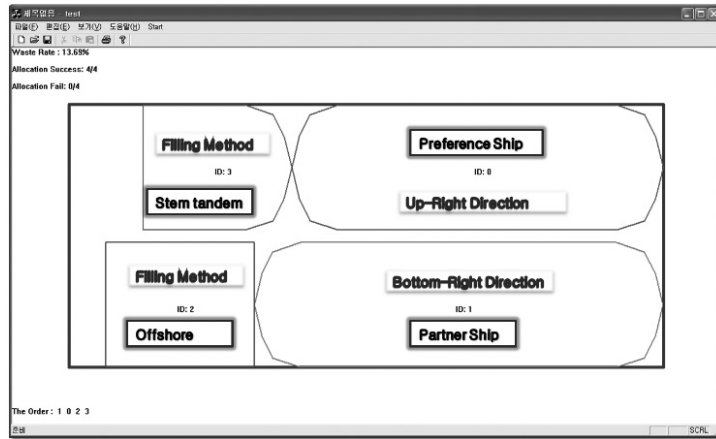
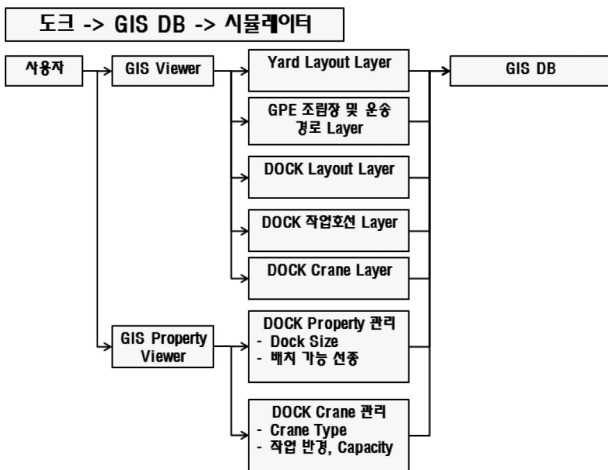


그림 2. 한 배치(batch)기간과 한 도크내에 배치를 위한 순서와 배치방법에 관한 설명



전자의 경우 배치를 위해서 “Bump Algorithm”을 개발하여 네스팅의 배치 알고리즘(Placement algorithm)을 대체하도록 하였으며, 도크 내에 주력 선종 및 파트너 선종 이외에 Semi-tandem 방식의 선박과 해양 구조물의 경우 Ordered-GA를 통해 배치 순서(Ordering algorithm)를 정한다.(그림 2 참조)

도크 시뮬레이션의 GIS 요구사항은 다음과 같다.

- 도크 지리정보를 GIS DB로 구축한다.
- GIS DB에는 도크의 자원 및 필요한 제약조건을 포함한다.
- 도크 내 작업 중인 호선의 정보 및 주변 설비의 현황을 시간대별로 조회가 가능하도록 한다.

그림 3. 도크 시뮬레이션을 위한 GIS 요구 사항

안벽 호선 배치 및 호선 이동 시뮬레이션: 도크와 안벽 주변

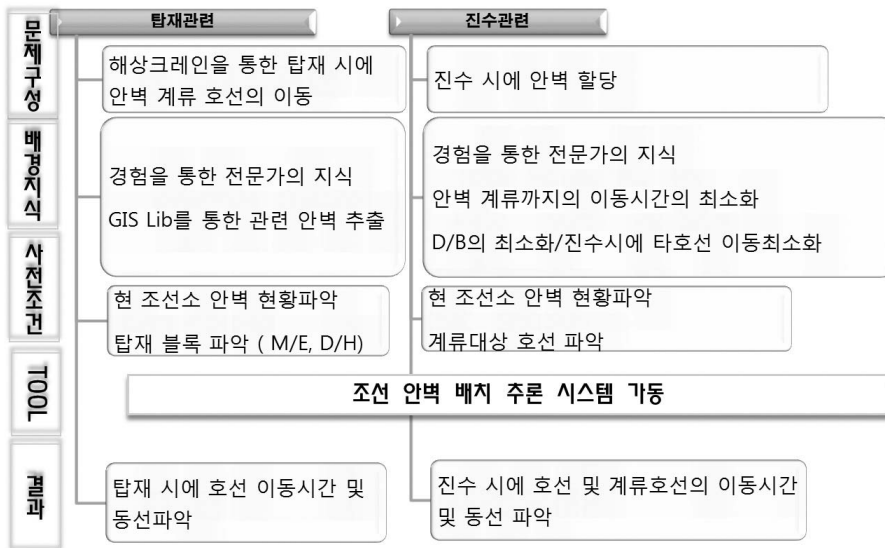


그림 4. 조선안벽 배치 및 호선이동 추론시스템

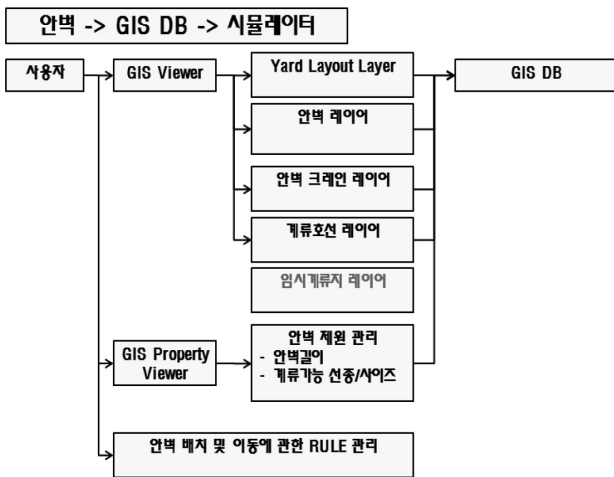


그림 5. 안벽 시뮬레이션을 위한 GIS 요구 사양

에는 후행 주요 이벤트가 발생할 때마다, 안벽 계류 중인 호선의 이동이 필요한 경우가 발생하며, 진수된 호선은 후행 공정을 위해 안벽을 차지하기 위한 배치가 이루어져야한다. 최근 해양구조물을 비롯하여 복잡한 의장 설치가 필요한 호선을 중심으로 후행공정 기간이 선행공정의 그것보다 더 길어지는 경향이이며, 이미 할당된 안벽에서 호선의 불가피한 이동은 후행 공정에 꼭 반영해야 실질적이고 구체적인 후행공정을 산출 할 수 있다. 진수, 시운전, 인도 등이 대표적인 본 시뮬레이션을 자극하는 주요 이벤트로 작용한다. LPG/LNG와 같은 경우 시운전 시 안벽을 비우는 시간이 길고, 비는 안벽을 이용한 호선 이동의 활용은 본 시뮬레이션이 필요한 대표적인 예라고 볼 수 있다.

본 시뮬레이션은 Rule-Set 방식으로 구동된다. 3년~6년 정도의 대일정 단위로, 진수시 호선의 안벽배치와 후행 주요 이벤트가 발생할 때, 필요한 호선의 이동과 임시 계류를 전문가의 지식을 근간으로 추론엔진이 결정하는 방식으로 시뮬레이션 코어가 동작하게 한다.

추론엔진으로는 퍼지, 인공지능망 그리고 Bayesian Inference가 활용될 것이다. "If-Then" 구조로 전문가의 지식을 구조화하며, 정확하게 매치가 안되는 경우, 학습된 인공지능망과, 누적된 선지식(Prior Information)과 확률론적 MAP(Maximum a Posterior)를 계산하여 결과를 도출할 수 있도록 한다.

한편, 안벽 시뮬레이션의 GIS 요구사항은 다음과 같다.

- 안벽 지리 정보를 GIS DB로 구축한다.
- 안벽 길이 및 계류 가능 선종과 사이즈 등의 안벽 제원을 속성으로 가진다.
- 크레인 이동 경로, 크레인 용량, 작업 반경 등의 안벽 크

레인 설비 제원을 속성으로 가진다.

- GPE 탑재시 안벽호선 라인 이동 및 임시계류지로의 이안, H/C 탑재시 작업 가능한 안벽으로 배치 및 이동, L/C 시점에서의 안벽호선 이동 및 작업호선 배치, D/Banking 시 접안 순서(선일정, 대형선) 등 안벽에서 임시 호선 이동과 관련한 Rule을 정의하여 Rule을 속성으로 가지고 호선 이동 시뮬레이션에 그 정보를 활용할 수 있도록 한다.

GIS 기반의 시뮬레이션: 그림 1에서 점선 안 항목이 GIS의 역할과 기능에 해당한다. 이러한 역할을 수행하기 위해서 GIS는 다음과 같은 기능을 갖추어야 한다.

- 조선소 설비 및 각종 자원들을 GIS 데이터화하는 기능
- GIS 데이터를 필요로 하는 시스템에 데이터를 제공하는 기능
- 시뮬레이션을 위한 조선소 설비 및 자원의 제약 조건 및 Rule에 대한 정보 제공 기능
- 시뮬레이션 결과를 분석한 결과, 조선소 공장 및 설비 등의 작업 현황, 부하 등 표시 기능

그림 6은 GIS 기반의 시뮬레이션에 필요한 주요 핵심 커널들의 관계를 잘 보여주고 있다.

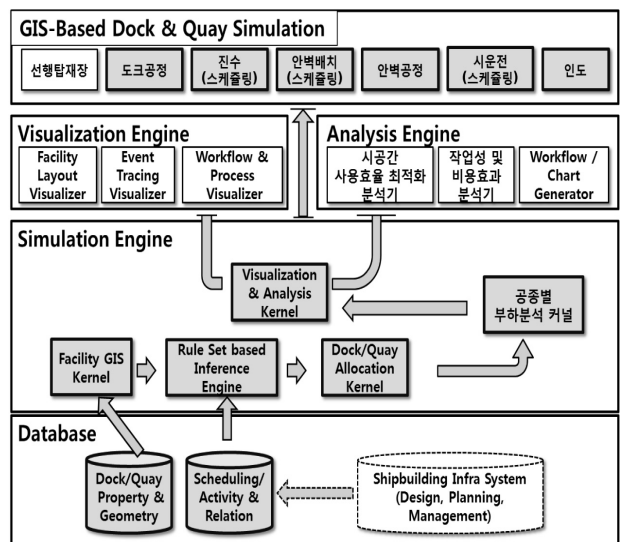


그림 6. GIS 기반 설비 시뮬레이션 시스템의 주요 커널

2.3 시뮬레이션 결과

본 시뮬레이션의 경우, 각 조선소가 보유하고 있는 ERP 시스템과의 연계성이 필수적이다. ERP 시스템을 통해, 선표관련

한 호선 정보 조회, 생산달력, 탑재네트워크 등의 정보가 필요하며, 본 세부과자의 경우, 해당 결과를 받아서 입수된 정보를 체계적으로 정리할 필요가 있었다.

우선 진행된 도크 내 호선 배치 관련 결과를 살펴보자. 도크마다 호선마다 설비의 반경등 다양한 요인으로 작업공간을 확보하기 위해서 도크-호선, 호선-호선간의 정해진 간격이 필요한데, 이를 반영해서 배치된 모습을 볼 수 있으며, 이는 3-6년 혹은 유저가 지정한 기간 동안의 모든 BATCH들을 대상으로 한다.

모든 도크 내 호선들의 배치는 도면 모드로 전환될 수 있으며 도면에는 자동으로 필요한 디멘전이 표시된다. 각 조선사가 사용하는 도면 폼을 추가하면 작업자의 시수를 줄이는 큰 도움이 될 것으로 예상된다.

추가적으로 3D CAD API를 이용하여 2차원적으로 확인 할 기 관련한 도크내의 호선 배치 상황을 3차원적으로 확인 할 수 있는 모드를 개발하였다. 형상적인 호선 정보는 조선전용 CAD에서 DXF파일 형태로 추출하여 3D CAD를 통해 가시화 하였다. 외판 정보만 필터링하여 원활한 화면조작이 가능하게 할 것이며, 해당 형상 정보가 없는 경우, 표준호선의 정보를

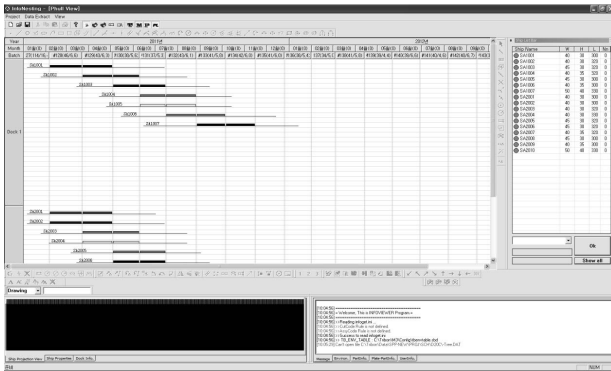


그림 7. 도크 배치를 위한 호선 정보

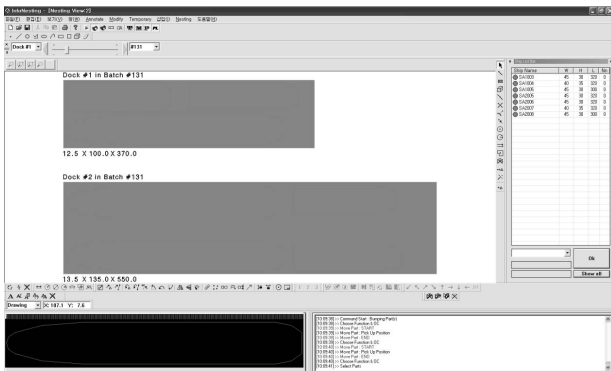


그림 8. 도크 내에서의 호선 배치의 예

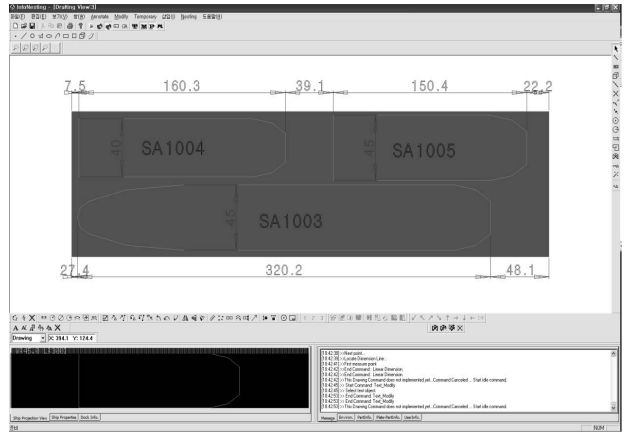


그림 9. 도크 호선 배치 도면

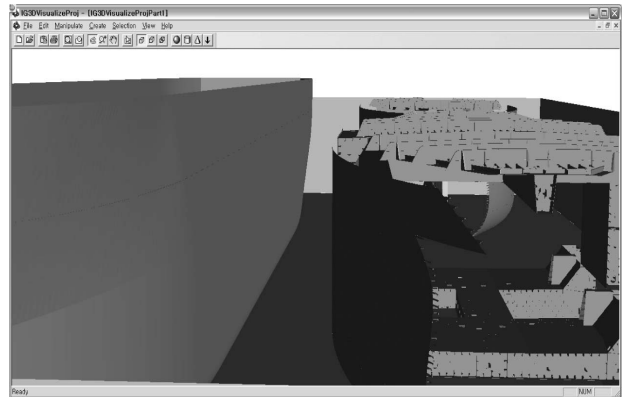


그림 10. 도크 내에 호선 배치를 3차원으로 확인

활용해 내삽(interpolation)하여 활용할 예정이다. 또한 관심 영역 혹은 점들 간에 거리정보를 가시화하여 실용적인 프로그램으로 발전시킬 계획이다.

그림 11은 안벽 배치와 안벽호선이동에 관한 프로그램이다.

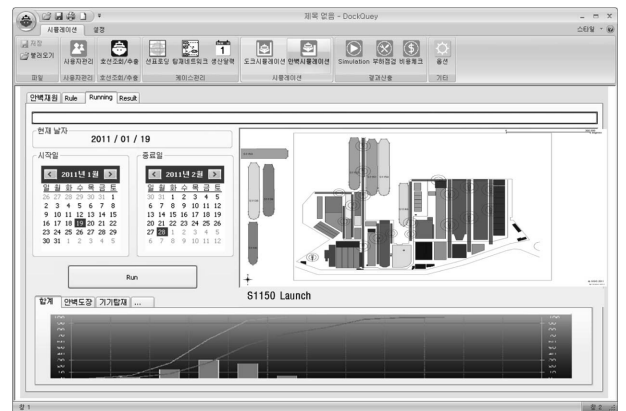


그림 11. 안벽 시뮬레이션 프로그램

사용자는 날짜를 지정하고 실행시키면, 시간단위로 조선소 도크와 안벽 수준에서의 호선의 안벽배치 및 호선이동을 가시적으로 확인 할 수 있으며, 그에 따른 후행공정의 추이도 파악하는 것을 목표로 하고 있다.

3. 전망 및 기대효과

시물레이션 시스템에서 조선소 지리 정보를 GIS로 구축하여 사용하는 경우 표준화된 방법으로 정보를 표현하고 관리하기 때문에 시물레이션 시스템을 서로 다른 조선소에 적용하는 경우 데이터의 구축이 용이하고 조선소의 도크/안벽 보강, 폐쇄, 신설 시에 신속하고 유연한 대처가 가능하며 도크/안벽의 속성과 배치관련 Rule를 추가하여 일반적인 GIS 데이터 구조를 확장하게 되면 표준화된 조선용 도크/안벽 GIS를 구축할 수 있다. 조선소내의 설비 변화에 따른 다양한 상황을 고려한 시물레이션을 연속적으로 검토하고 특정 조선소에 구애받지 않고 표준성 혹은 일반성을 가질 수 있다는 장점과 더불어 3D로 표현된 도크 호선 배치 상태의 파악은 기존 접근 방법으로는 볼 수 있는 효과가 기대된다. 또한 비교적 많은 연구가 수행된 선행 공정과 비교해서 경험적 혹은 Top-Down 접근 방식으로 수행되는 후행공정과정을 중일정 레벨까지 체계적이고 세밀하게 분석하여 균형 잡힌 생산공정 계획에 큰 도움이 될 것으로 기대한다.

4. 결론

GIS 정보를 이용한 설비 시물레이션 세부과제는 조선 해양 산업체의 생산현장(YARD)에 대한 지리정보를 기반으로 하여, 선박 및 해양 플랜트 건조에 필요한 드라이도크, 안벽 및 주요 시설물의 제원을 구축하고, 계획 및 배치에 대한 정확한 예측을 통하여 시설물에 대한 운용 상태를 극대화 할 수 있는 시물레이션 시스템의 구축을 목표로 한다. 개발된 GIS 시스템을 이용하여 조선소 지리 정보를 구축하고 구축된 정보를 이용하여 도크 및 안벽에서의 설비 운용과 관련한 시물레이션이 수행될 계획이다.

본 사업을 통해서 수립된 조선소 지리정보, 생산정보의 통합 데이터 모델과 조선소 지리 정보의 GIS 데이터화를 통해 표준화된 조선소 지리 정보 및 설비 정보의 통합 관리가 가능하며, 조선해양 생산 시물레이션에 필요한 기본 지리 정보 및 설비 정보를 일관된 형태로 제공할 수 있을 것으로 전망한다.

참고 문헌

- Rigo, P. (2001), Least-Cost structural optimization oriented preliminary design, Journal of ship Production, pp. 202-215
- Zeigler, B.P. Zeigler, Praehofer, H. and Kim, T.G Kim (2000), Theory of modeling and simulation: Integrating discrete event and continuous complex dynamic systems – second edition, Academic Press.
- Bay, M., Crama, Y., Langer, Y., and Rigo, P. (2010), Space and time allocation in a shipyard assembly hall, Annals of Operations Research, Vol. 179, pp.57-76
- Neal, RM., (1996), Bayesian Learning for Neural Networks, Springer.

후기

본 원고는 지식경제부 산업융합원천기술개발사업(IT융합, 10035331, 시물레이션 기반의 선박 및 해양플랜트 생산기술 개발)으로 지원됨.



최형순

- 1968년생
- 1992년 서울대학교 조선해양공학과 졸업
- 현 재 : 인포겟시스템(주) 부사장
- 관심분야 : 조선해양 설계 및 생산기술
- 연 락 처 : 02-6925-6605
- E-mail : hschoi@infoget.co.kr



유원선

- 1969년생
- 1993년 서울대학교 조선해양공학과 졸업
- 현 재 : 제주대학교 해양시스템공학과
- 관심분야 : 조선 생산 기술 및 구조최적화
- 연 락 처 : 064-754-3485
- E-mail : wsruy@jejunu.ac.kr



류철호

- 1973년생
- 2002년 서울대학교 조선해양공학과 박사
- 현 재 : 인하공업전문대학 조선해양과 조교수
- 관심분야 : 조선해양생산시스템
- 연 락 처 : 032-870-2173
- E-mail : cheolho_ryu@inhac.ac.kr