

### 1. 시물레이션 개요

#### 1.1 시물레이션 필요성 및 목적

최근 대형조선소에서는 그 어느 때보다도 블록 및 부재에 대한 효율적인 물류관리의 필요성이 대두되고 있는데 그 주요 원인 및 필요한 항목을 정리해보면 다음과 같다.

- 국내 대형조선소에서는 평균적으로 연간 50척 이상의 선박을 건조하는데 따라서 조선소에서는 기본적으로 5,000개 이상의 블록, 수십만개 이상의 부재들을 관리해야 함.
- 특히, 2006~7년 유래 없는 조선호황으로 수주량은 크게 늘어난 반면 대조립장 정반, 야외적치장, 도크 등의 물리적인 공간은 한정되어 있기 때문에 최적 물류계획과 블록 및 부재의 위치 추적이 중요해짐.
- 2008말 금융위기로 선박 주문이 취소 또는 연기되면서 생산계획의 잦은 변경을 반영할 수 있는 최적 물류계획수립 방법의 필요성이 대두됨.
- 기존의 경험 또는 생산실적 기반의 중일정 계획 수립에서 벗어나 생산시물레이션 및 물류부하예측을 이용한 중일정 계획수립의 정확성이 요구됨.
- 생산성향상을 위한 새로운 공법 적용에 따른 물류흐름의 변화를 예측할 수 있는 방법 및 부하계산이 필요함.

블록운송 부하예측 시물레이션의 필요성에 대하여 예를 들자면, 기존에는 그림1과 같이 300ton 중량의 A, B블록에 대하

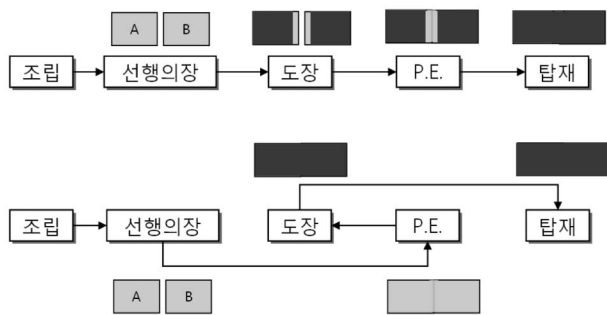


그림 1. 새로운 공법적용에 따른 물류흐름의 변화

여 선행의장, 도장작업, 선행탑재(P.E.), 탑재 순으로 공정을 수행하였다.

그러나 최근에는 도장 후 용적작업으로 인한 유해가스 발생을 억제하기 위하여 선행의장작업 후 선행탑재를 수행하고 도장, 탑재순으로 진행되는 새로운 공법이 개발되었다. 이 경우, 300t 2개의 블록 대신 600t 1개의 블록을 운송해야 한다. 따라서 트랜스포터의 운용계획이 크게 달라지게 되고 새로운 공법을 적용할 경우 발생할 물류부하에 대한 분석이 미리 이루어져야만 함을 알 수 있다.

#### 1.2 국내외 관련 기술 현황

전자, 통신분야의 IT 기술의 발전과 더불어 최근 IT+조선 기술융합이라는 화두로 국내에서는 조선소 내 통신망(SAN) 구축, RFID, GPS 등을 이용한 선박블록/자재 및 이동객체에 대한 실시간 모니터링, 증강현실 가시화 등에 대한 다양한 기술 개발을 수행하고 있다(그림 2 참조). 그러나 완벽한 조선소 현장적용을 위해서는 아직 해결해야 할 과제가 남아있는 실정이다.



그림 2. 조선소 블록 실시간모니터링 개념도(박정호 외, 2010)

이와 더불어 모바일기기(스마트폰, 태블릿 등)의 성능과 무선통신속도 향상에 따라서 이를 이용한 다양한 물류관리 시스템에 대한 연구도 활발하게 수행되고 있다.

한편, 한정된 조선소 시설 내에서 최적의 블록생산계획 수립을 위한 연구는 오래전부터 수행되어 왔는데, 대조립장 정반 배치계획 최적화분야에서는 주로 블록의 2D 투영형상 또는 표준형상을 기반으로 한 최적 시공간배치 방법 연구에 초점을 맞추고 있다(그림 3 참조). 그러나 2D 형상으로는 조립장내 블록의 turn-over 작업과 조립완료 블록을 반출할 때, 크레인

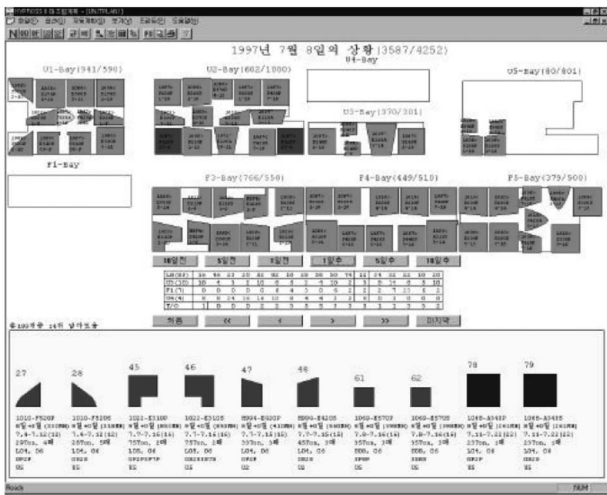


그림 3. 2D 블록형상 기반 정반배치 시스템(고시근 외, 2007)

또는 다른 블록과의 간섭문제 등을 해결하기 어렵다는 한계점이 있다.

## 2. 주요 응용 시뮬레이션

본 과제에서는 조선소내 블록 및 물류계획 최적화와 부하분석을 목표로 다음과 같은 세부 응용분야를 선정하여 연구를 수행하고 있다.

- 대조립장 정반에 대한 곡블록 최적배치계획 수립 및 부하산출 시뮬레이션
- 블록운송계획과 연동된 야외적치장 블록최적배치계획 수립 시뮬레이션
- 조선소내 블록 물류흐름에 따른 트랜스포터 최적할당계획 수립 및 운송시뮬레이션
- 모바일기기를 이용한 블록생산 및 운송실적 입력 및 이를 이용한 물류관제 시스템개발

### 2.1 대조립장 블록최적배치 및 시뮬레이션

현재 대부분의 조선소에서는 대조립장 정반에 대한 곡블록 배치계획을 현장작업자의 경험에 의존하고 있다. 예를 들면 본 과제의 참여조선소인 H중공업에서는 현장작업자가 생산계획 부서로부터 2차원 블록생산도면 및 관련정보를 전달받아서 화이트보드 또는 Excel파일을 이용한 수작업 배치에 의존하고 있기 때문에 여러 가지 비효율성을 내재하고 있다.

본 세부 응용분야 연구의 목표는 2차원 블록생산도면 대신 생산설계 Tribon M3 또는 Aveva Marine(이하 AM) 시스템으

로부터 자동으로 추출한 3차원 선체구조모델과 조립계층구조(block assembly tree) 등을 이용하여 정반배치 작업을 자동화하는 것이다(그림. 4 참조).

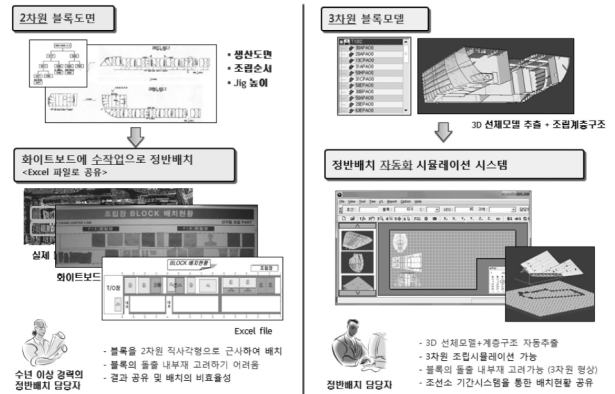


그림 4. 대조립장 블록최적배치 및 시뮬레이션의 목표

현재의 정반배치계획 수립과정을 살펴보면, 대조립장에 배치할 블록에 대한 일정계획 및 조립장 할당관련 정보는 생산계획 부서에서 결정되는데 대블록단위의 중일정 정보로 바탕으로 대조립장의 Capa와 블록의 속성(크기,중량 등), 생산부하 등 고려하여 블록이 각 대조립장에 할당되게 된다.

이러한 블록할당계획은 중일정 계획을 바탕으로 1년 또는 6개월 단위로 수립하고 매달 수정된 부분을 반영하여 월간생산계획을 수립하여 대조립장 현장으로 전달하게 된다. 대조립장의 현장작업자는 생산계획 부서로부터 월간생산계획과 블록생산도면 등의 정보를 전달받아서 블록이 정반에 배치가 가능한지 여부를 확인하고, 정반에 배치되는 Base부재 단위의 2주간 공정표를 작성하게 된다.

대조립장에서 블록 정반배치를 통하여 작업가능성을 확인하는 과정에서 필요한 기본 입력정보는 블록생산도면(H중공업의 경우 BPE도면)에 대부분 포함되어 있는데, 블록조립순서 및 계층구조, 블록조립도, 정반에 배치되는 base 부재의 pin jig height 정보, 그리고 화이트보드에 배치할 블록의 2D 투영형상 등이다(그림 5).

정반최적배치를 위한 정보 중에서 가장 먼저 필요한 것은 3D 선체블록모델과 assembly tree 정보를 통합한 자료구조를 구축하는 것이다. 본 연구에서는 3D 선체블록모델 추출을 위하여 Tribon, AM 시스템의 Robot interface 또는 Tribon Model DB로부터 직접 선체블록모델을 추출하는 방법(eXTAD)을 이용하였다. 의약품 정보의 경우에는 3D DXF로 추출하였다. 그림 6은 assembly tree와 추출된 3D 선체블록모델을 연동하여 조립계층구조와 Base 부재를 자동으로 인식한 결과를 보여주고 있다.

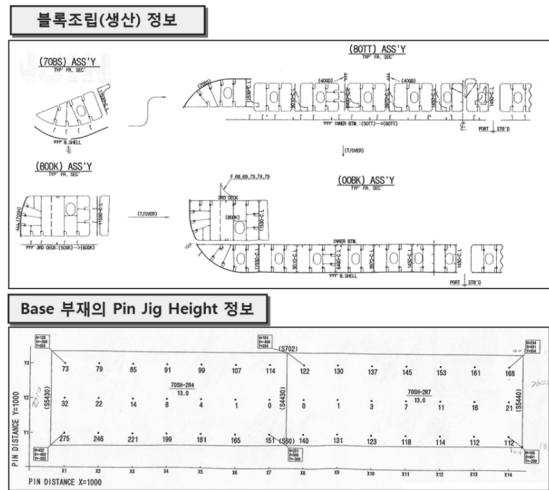


그림 5. 블록조립도면 및 pin jig height 정보의 예

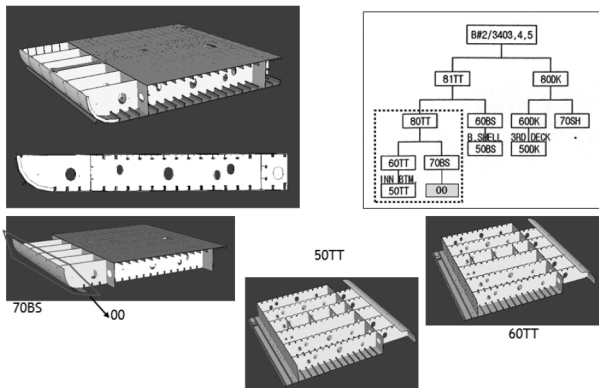


그림 6. 선체블록모델 추출 및 Base 부재 인식결과

본 연구에서는 대조립장 블록최적배치 및 시뮬레이션 시스템 개발을 크게 2단계로 나누어 진행하고 있다.

먼저 기존의 2D 선체조립도면과 화이트보드를 Tribon으로부터 자동으로 추출한 3D 선체블록모델과 시스템 내에서 3차원으로 모델링한 정반으로 대체하여 현장작업자가 컴퓨터를 이용하여 수작업으로 배치하고 그 결과를 조선소 기간시스템을 이용하여 공유할 수 있는 '3D기반 정반배치 지원시스템'을 개발하고, 그 후 작업자에 의한 수작업 배치가 아닌 최적화 알고리즘 기반의 자동배치 알고리즘을 적용한 '3D기반 정반배치 자동화시스템'을 개발할 계획이다. 그림 7에서 볼 수 있듯이 현재 개발 중인 3D기반 정반배치 지원시스템으로서 기간시스템과 Tribon 시스템으로부터 정반에 배치할 Base 부재를 자동으로 추출하여 현장작업자가 블록의 3차원형상을 고려하여 수작업으로 배치하고, 조립일정을 입력하여 2주간 공정표를 생성할 수 있는 기능 구현을 마무리 중에 있다.

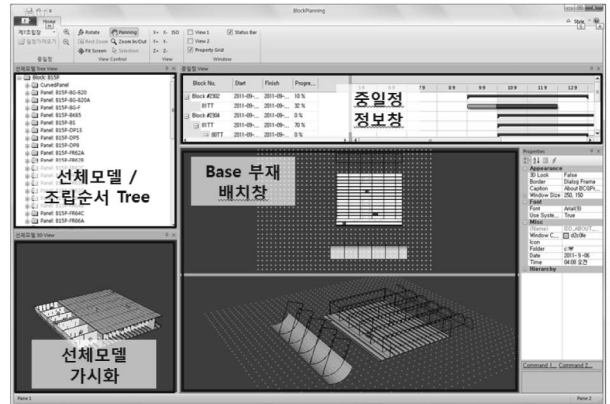


그림 7. 개발중인 대조립장 정반배치 지원시스템 프로토타입

## 2.2 트랜스포터를 이용한 블록운송계획 최적화 및 시뮬레이션

현재 대부분의 조선소에서는 트랜스포터에 블록을 할당하고 운반 순서를 결정하기 위해 다음과 같은 작업 프로세스를 거친다. 우선 블록을 운반 받을 부서에서는 트랜스포터 운영 담당자에게 해당 블록의 운반 작업을 신청한다. 이때 각 부서가 각자의 일정에 따라 특정 트랜스포터를 필요한 시간에 서로 사용하려고 하는 문제가 발생하게 된다. 이를 해결하기 위해 트랜스포터의 운영 담당자는 각 블록의 공정 단계, 우선 순위 및 경험을 바탕으로 각 블록을 트랜스포터에 적절히 할당하고, 운반 순서, 운반 시간 등을 결정한다. 하루에 수백 개의 블록들이 운반되는 환경에서(국내의 대형 조선소의 경우 하루 300개 이상의 블록들을 운반함) 트랜스포터 운영 담당자가 모든 트랜스포터와 모든 블록의 운반 정보를 고려하여 물류 비용을 최소화하고 물류 이동을 원활하게 하는 블록운송계획(블록 할당 및 운반 순서 결정)을 수립하는 것은 어렵다.

예를 들어, 그림 8의 (a)와 같이 전처리/도장공장 A에 위치해 있는 블록 B1을 PE장 P3-01에 운송한 후에, 전처리/도장공장 B에 있는 블록 B2를 P3-08에 운송하는 상황을 고려해보자. 트랜스포터가 블록 B1을 P3-01에 운송한 후에 블록 B2가 있는 전처리/도장공장 B로 이동하는 동안에는 빈 상태로 이동해야 한다(붉은색 화살표). 이 때 소요되는 시간을 공주행 시간이라고 하고, 트랜스포터를 효율적으로 운용하기 위해서는 공주행 시간을 최소화 시키는 것이 바람직하다. 그림 8의 (b)와 같이 블록 B2 먼저 운송하고 B1을 운송하게 되면, P3-08에서 전처리/도장공장 A로 이동하는 시간이 공주행 시간이 된다(붉은색 화살표). 따라서 (b)보다는 (a)와 같은 블록운송계획이 더 효율적인 운송계획이라는 것을 알 수 있다. 본 과제에서는 개미 알고리즘(Ant algorithm)과 유전 알고리즘(Genetic

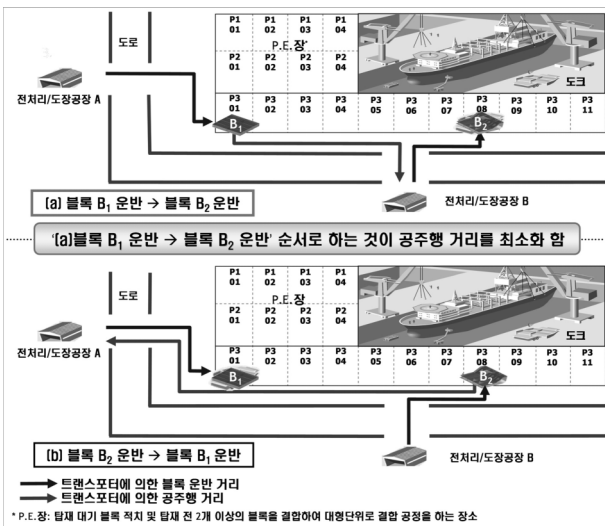


그림 8. 블록운송계획에 따른 트랜스포터 공주행 시간 차이

algorithm)을 사용하여 트랜스포터의 공주행 시간을 최소화하기 위한 블록운송계획 최적화 및 시뮬레이션 프로그램을 개발하고 있다.

본 과제에서 개발한 블록운송계획 최적화 및 시뮬레이션 프로그램의 구성도는 그림 9와 같다. 각종 기능을 수행하기 위한 실행 메뉴(①)가 상단에 위치해 있으며, 화면 중앙에는 조선소의 Layout 및 블록운송경로가 가시화 된다(②). 화면 좌측에는 운송해야 하는 블록과 사용되는 트랜스포터의 구성이 Tree 구조로 나타나 있으며(③), 우측에는 선택된 블록 및 트랜스포터의 속성 정보가 표시되어 있다(④). 화면 아래에는 최적화 및 시뮬레이션 실행 과정을 텍스트로 확인해 볼 수 있는 창이 위치하고 있다(⑤).

실행 메뉴의 “경로” 탭을 선택하여 조선소 Layout 내에서 Node와 Edge로써 트랜스포터가 주행할 수 있는 경로를 생성

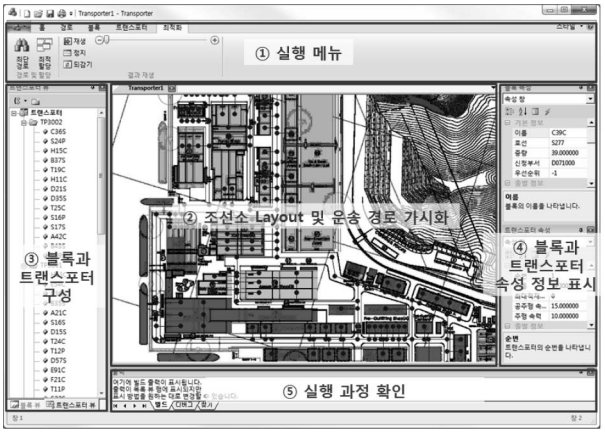


그림 9. 블록운송계획 최적화 및 시뮬레이션 프로그램 구성도

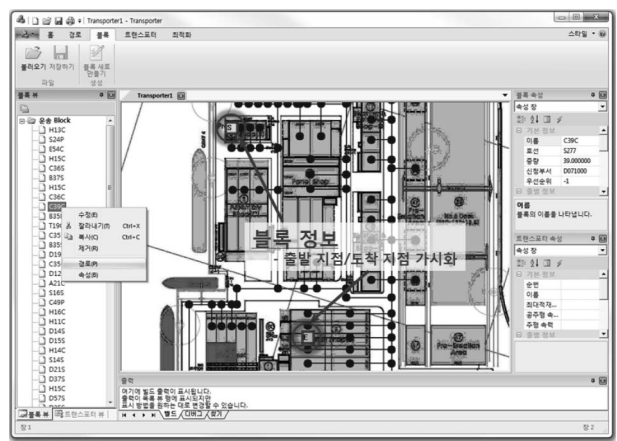


그림 10. 운송해야 하는 블록의 출발/도착 지점 선택 예시

하고 저장할 수 있다. 마우스를 사용하여 조선소 Layout을 확대/축소 및 이동하여 확인할 수 있다. 실행 메뉴의 “블록” 탭을 선택하여 운송해야 하는 블록을 입력하고 저장할 수 있다. 이 때, 우측의 블록 속성 정보 창에 운송 출발/도착 시각을 비롯한 각종 정보를 입력할 수 있고, 조선소 Layout에서 운송 출발/도착 위치를 선택할 수 있다(그림 10). 이와 유사한 방법으로 실행 메뉴의 “트랜스포터” 탭을 선택하여 사용되는 트랜스포터의 정보를 입력할 수 있다.

마지막으로 실행 메뉴의 “최적화” 탭을 선택하여 블록의 이동 최단 경로 및 공주행 시간을 최소로 하는 트랜스포터 할당을 수행한다(그림 11). 그리고 시뮬레이션을 수행하여 트랜스포터가 블록을 순차적으로 운송하는 것을 확인해 볼 수 있다.

현재 필리핀 수빅 조선소를 대상으로 최적화 결과를 검증하고 있다. 수빅 조선소의 실적 결과를 그대로 입력하여 계산한 공주행 시간과 본 과제에서 개발한 최적화 프로그램으로 계산한 공주행 시간을 비교하여 효용성을 검증할 예정이다.

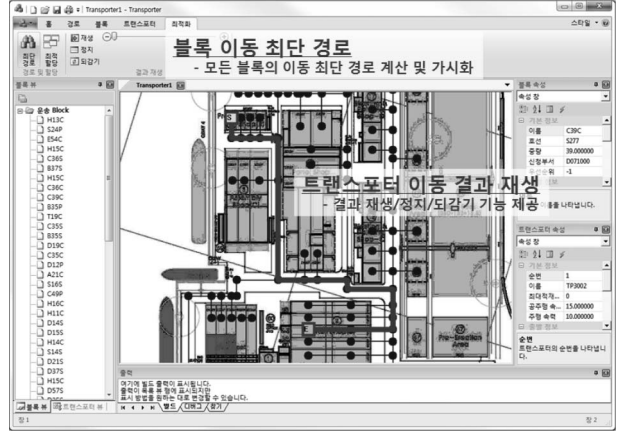
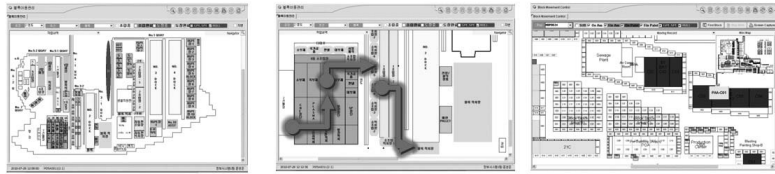


그림 11. 블록 이동 최단 경로 및 트랜스포터 할당 예시



- 2중 작업으로 인한 조선소 현장 작업자들의 외면
- 물류정보 입력 누락 및 오류 가능성 높음



- 실적입력 편의성 증대 (현장에서 작업 후 바로 입력)
- 모바일기기 상시 휴대해야 함

그림 12. 모바일기기를 이용한 실적입력 및 물류관제 개념도

### 2.3 모바일기기를 이용한 블록 및 물류관제

대부분의 조선소에서는 블록 및 부재의 물류관리를 위하여 기간시스템 내에 블록과 주요부재의 생산실적, 현재의 위치 등을 입력하여 관리할 수 있는 기능을 구현해놓고 있다. 그러나 이러한 시스템은 대부분 PC에서 구동되는 시스템으로 현장작업자는 하루의 작업내용을 기록하였다가 일과시간 이후에 사무실로 돌아와서 기간시스템에 입력하는 2중 작업에 의존하고 있기 때문에 시스템이 원활하게 활용되고 있지 못한 실정이며, 이 때문에 물류정보가 누락되거나 오류가 있을 가능성이 있다 (그림 12 참조).

몇몇 조선소에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 블록 또는 트랜스포터에 RFID, GPS 등을 장착하여 실시간으로 위치를 서버로 전송하는 시스템에 관하여 연구하고 있으나 아직 실용화를 위해서는 넘어야 할 장벽들이 남아있다.

따라서 본 연구에서는 블록의 실시간 위치추적보다는 모바일기기와 무선통신을 이용하여 현장작업자들의 2중 작업을 개선하는 쪽으로 연구방향을 설정하였다. 즉, 모바일기기를 이용하여 작업현장에서 직접 블록생산실적, 블록의 위치를 입력하고 그 정보를 기간시스템에 무선통신망(3G, Wibro, WiFi 등)으로 전송하고, 또한 이러한 방법으로 기간시스템에 입력되어 있는 블록의 위치를 검색하는 기능을 갖춘 물류관제시스템을 개발하고자 한다.

그림 13은 현재 안드로이드OS용으로 개발 중인 물류관제시스템 초기 구상안으로 왼쪽 창에는 호선별 블록목록과 블록이름 또는 ID로 을 검색할 수 있는 기능을 가지고 있으며, 오른



그림 13. 개발 중인 모바일용 블록물류관제 시스템

쪽 창에는 조선소의 GIS 맵을 가시화하여 검색한 블록의 위치를 살펴볼 수 있는 기능을 구현하고자 한다. 현재는 조선소 GIS 정보 구축이 완료되지 않아 위성지도로 대체되어 있다. 또한 검색한 블록정보를 Tribon 시스템으로부터 추출하여 가시화하는 기능을 구현하여 현장에서 직접 블록형상을 확인할 수 있도록 하였다.

### 3. 결론 및 기대효과

본 과제에서는 조선소내 블록 및 물류계획 최적화와 부하분석을 목표로 (1) 대조립장 블록최적배치 및 시뮬레이션, (2) 트랜스포터를 이용한 블록운송계획 최적화 및 시뮬레이션, (3) 모바일 기기를 이용한 블록 및 물류관제에 관한 연구를 수행하고 있다.

(1) 대조립장 블록최적배치를 위해 Tribon, AM 시스템의 Robot interface 또는 Tribon Model DB로부터 직접 선체블록모델을 추출하는 방법(eXTAD)을 이용하여 3D 선체블록모델과 assembly tree 정보를 통합한 자료구조를 구축하였으며, 현장작업자가 블록의 3차원형상을 고려하여 수작업으로 배치하고 조립일정을 입력하여 2주간 공정표를 생성할 수 있는 기능을 구현 중이다. 이를 통해 정반 배치를 자동화함으로써 대조립장 내의 물류 부하를 예측하고 최적 공간 배치를 수행할 수 있을 것으로 기대한다.

(2) 트랜스포터의 공주행 시간을 최소화 할 수 있는 블록운송계획 최적화 및 시뮬레이션 프로그램을 개발하고 있으며, 실적 데이터와 비교 검증을 수행할 예정이다. 트랜스포터를 효율적으로 운용함으로써 최적 물류 이동에 의한 생산성 향상을 기대할 수 있다.

(3) 작업현장에서 직접 블록생산실적, 블록의 위치를 입력하여 현장작업자의 2중 작업을 개선하기 위한 안드로이드OS용 물류관제시스템을 개발하고 있다.

### 참고 문헌

- 박정호, 진광자, 김재명, 유대승, 오문균, 임동선, "조선 IT 현황과 전망", 전자통신동향분석 제25권, 제4호, pp.19-26, 2010년
- 임병석, 이석현, 유지현, 임래수, 김호경, "스마트폰을 활용한 조선소 통합장비 관리 시스템 연구", 2011년 대한조선학회 추계 학술발표회 논문집, pp. 919-923
- 고시근, 박주철, 주철민, 박사훈, 이용순, 정동수, "곡블록 조립 일정계획시스템을 위한 정반배치시스템 개발사례", 1998년 대한산업공학회/한국경영과학회 춘계공동학술대회 논문집, pp. 1-5
- 고시근, 조국환, 엄찬호, "고정위치 배치전략을 통한 정반배치 알고리즘 개발", 2007년 한국경영과학회/대한산업공학회 춘계 공동학술대회 논문집, pp. 321-328
- 조두연, 송하철, 노명일, 김태영, 황호진, "3D 선체모델과 Assembly Tree를 이용한 정반배치 방법론 연구", 2011년 대한 조선학회 춘계학술발표회 논문집, pp. 524-527

- 조두연, 송하철, 차주환, 최형순, 황호진, "3D 선체모델과 Assembly Tree를 이용한 대조립장 정반배치 시뮬레이션", 2011년 대한조선학회 추계학술발표회 논문집, pp.144-147
- 조두연, 최형순, 정선인, "Tribon 선체모델정보를 이용한 효율적인 도장면적 모델링 방법개발", 2010년 한국CAD/CAM학회 학술발표회 초록집, p. 77
- 임선빈, 노명일, 차주환, 이규열, "트랜스포터의 공주행 최소화를 고려한 블록 운반 계획 최적화", 대한조선학회 논문집, 제45권, 제6호, pp. 646-656, 2008년
- 서연미, 노명일, 조두연, "최적화 기법을 이용한 트랜스포터의 최적운영 계획에 관한 연구", 2011년 한국CAD/CAM학회 학술 발표회 초록집, pp. 187-192

### 후기

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



조 두 연

- 1975년생
- 2005년 서울대학교 조선해양공학과 박사
- 현 재 : 목포대학교 조선공학과 교수
- 관심분야 : 조선CAD/CAM, 설계자동화, 생산시뮬레이션
- 연 락 처 : 061-450-2769
- E-mail : dycho@mokpo.ac.kr



송 하 철

- 1967년생
- 2001년 서울대학교 조선해양공학과 박사
- 현 재 : 목포대학교 조선공학과 교수
- 관심분야 : 선체구조역학, 생산건조공학
- 연 락 처 : 061-450-2767
- E-mail : hcsong@mokpo.ac.kr



차 주 환

- 1979년생
- 2008년 서울대학교 조선해양공학과 박사
- 현 재 : 목포대학교 해양시스템공학과 교수
- 관심분야 : 해양플랜트 설계, 해양구조물 설치 시뮬레이션
- 연 락 처 : 061-450-2733
- E-mail : jhcha@mokpo.ac.kr