

RFID 기술을 이용한 곡가공 부재 추적 및 모니터링 시스템 설계 및 프로토타입의 구현

노재규*, 신종계**

Design and Prototype Implementation of the Curved Plates Flow Tracking and Monitoring System using RFID

Jackyou Noh* and JongGye Shin**

ABSTRACT

In order to improve productivity and efficiency of ship production process, production technology converged with Information Technology can be considered. Mid-term scheduling based on long-term schedule of ship building and execution planning based on short-term production schedule have an important role in ship production processes and techniques. However, data used in the scheduling are from the experiences of the past, cognitive, and often inaccurate, moreover the updates of the data by formatted documents are not being performed efficiently. This paper designs the tracking and monitoring system for the curved plates forming process with shop level. At first step to it, we redefine and analyze the curved plates forming process by using SysML. From the definition and analysis of the curved plates forming process, we design the system with respect to operational view considering operational environment and interactions between systems included and scenario about operation, and with respect to system view considering functionalities and interfaces of the system. In order to study the feasibility of the system designed, a prototype of the system has been implemented with 13.56 MHz RFID hardware and application software.

Key words : RFID, Tag, Reader, Curved Plates Forming, SysML, Scheduling, Real Time Tracking and Monitoring of Curved Plates Flow

1. 서 론

국내 조선 산업에서 선박 건조의 생산성 및 효율성, 그리고 가격 경쟁력을 고양시킬 수 있는 방안으로 IT 융합화를 통한 생산 기술 개발에 대한 관심이 높아지고 있다. 선박의 건조를 위한 생산 활동은 크게 생산 설계와 생산 관리로 나눌 수 있으며, 생산 관리 중에서 계획은 공정계획과 일정계획으로 나눌 수 있다. 공정계획에서 사용하는 정보는 시간에 지배되지 않는 정보로, 설계 정보로부터 부품이나 제품의 형상을 추출하고 그 기능과 구성 요소에 따라 현장의 생산 방법

을 결정하는 계획이며, 일정계획은 주어진 공정의 집행 일자를 일정이라는 시간의 축에서 결정하고 부하를 계획하는 활동으로 사용하는 정보가 시간의 변화에 따라 효율적이 되려면 공정계획과 연계가 필요하다^[1].

일정계획은 크게 선박 건조와 관련된 도크의 운영에 관한 대일정계획, 대일정계획에 따라 블록 단위 공사에 대한 분량과 공기에 관한 중일정계획, 중일정계획에 따라 작업장 단위 작업 별 분량과 공기에 관한 일간 계획, 주간 계획, 일일 계획 등의 소일정계획으로 나뉘게 된다. 조선소에 따라서는 소일정계획으로 일정계획이 관리되는 조선소도 있으며 한 단계 더 상세하게 부재 단위의 요소 작업과 요소 작업을 모아 작업자에게 지시하는 작업 형태인 세부 작업으로 나누어 작업 일정계획 또는 실행 계획을 수립하여 관리하는 조선소도 있다.

*정희원, 서울대학교 해양시스템공학연구소

**송신희원, 서울대학교 조선해양공학과 및 해양시스템공학연구소

- 논문투고일: 2009. 03. 05

- 논문수정일: 2009. 11. 12

- 심사완료일: 2009. 11. 12

대일정계획 및 중일정계획은 생산운영 부서에서 과거 투입 공수에 대한 경험을 바탕으로 요구 작업 종류와 조립체 특성 정보만으로 예측하는 총량적 예측에 기반하여 계획을 수립하고, 소일정계획 및 실행일정계획은 조립생산 부서에서 작업장의 단위 작업 별 구체적 작업 방법을 고려하는 기술적 예측에 기반하여 계획을 수립한다. 이와 같이 대일정계획 및 중일정계획과 소일정계획 및 실행일정계획은 그 성격에 차이가 있으나 모두 경험에 의한 실적 데이터에 근거하여 계획을 수립한다는 점은 동일하다고 할 수 있다. 그런데, 이러한 대일정계획, 중일정계획, 소일정계획 및 실행일정계획의 계획 정보의 흐름이 하향(top-down)으로 전파는 되지만 생산 현장의 실적 정보가 상향(bottom-up)으로 온전하게 전파되지 못하고 있다. 이는 유일한 상향 전파 수단인 작업일보의 작성이 현업 직/반장에 의해 수작업으로 이루어지므로 주관적, 누락 등의 문제가 발생하기 때문이다. 일정계획은 사전에 예측하여 계획을 수립하는 것이므로 객관적이고 정확한 실적 정보의 상향 전파는 일정계획 수립에 있어 중요하다.

또한, 선공정 및 후공정의 영향, 부재 분류 불안정, 부하 불균형, 유휴 인력 및 결원 발생 등과 같은 일일 상황 변화에 따른 대처를 효율적으로 실행하기 위해 우선순위 작업 선정과 작업 인력의 재배치 등의 계획 변경이 필요하고 이를 위해서는 실시간 실적 정보의 추적과 모니터링이 필요하다.

본 연구는 이러한 일정계획의 수립에 필요한 객관적이고 정확한 실적 정보와 계획 변경에 필요한 실시간 실적 정보를 제공할 수 있는 추적 및 모니터링 시스템의 설계에 관한 것이다. 하지만, 모든 실적 정보 불 연구 대상으로 하지는 않았으며 그 대상으로는 의장이 아닌 전체 생산의 내업 공정에 해당하는 블록 조립 이전 단계의 국가공, 배넬 조립, 소조립 단계 중 국가공 공정에서의 국가공 부재의 물류 정보를 그 대상으로 하였다.

국가공 공정은 선체 외판의 곡면을 구성하는 곡판을 가공하는 공정으로서 숙련된 작업자의 기술에 의존하여 작업하고 있는 대표적인 공정 중의 하나로서 가공 공정 중 주요 병목 공정이다. 또한, 국가공 공정은 곡블록을 제작함에 있어 선행하는 가공 공정으로 그 성립도가 곡블록 조립에 큰 영향을 끼치는 중요 생산 공정이며, 각 조선소나 곡블록 전문 제작 업체에서 계획에 의해 주어진 공기에 맞추어 생산하기 위해 설비와 규모에 따라 다양한 방법으로 작업하는 공정이다. 본 연구에서는 현재 대부분의 대형 조선소 및 곡블

록 전문 제작 업체에서 사용하고 있는 1차 국가공 작업과 2차 국가공 작업이 모두 사용되는 전형적인 국가공 공정을 연구 대상으로 정하였다.

본 연구에서 국가공 부재의 추적 및 모니터링 시스템 설계는 SysML¹⁾을 사용하여 시스템의 운영적 측면과 시스템적 측면을 정의하고, RFID 기술에 기반하여 객관적이고 정확하며 실시간으로 실적 정보를 수집하여 저장하고 전송할 수 있는 구조를 가진다. 이를 위해서 먼저 타 산업의 물류 추적 및 모니터링 시스템에 활용되고 미래 USN(Ubiquitous Sensor Network) 환경에서 그 역할 비중이 확대되고 있는 RFID 기술에 대해서 설명하고, 연구 대상 범위인 전형적인 국가공 공정을 정의한 다음, 추적 및 모니터링 시스템과 국가공 공정, 일정계획 시스템, 생산실계DB와의 운영관계를 분석하여, RFID 기술을 활용하는 추적 및 모니터링 시스템의 기능 및 인터페이스를 정의하였다. 또한, 본 연구에서 제안하는 국가공 부재 추적 및 모니터링 시스템의 설계에 대한 프로토타입을 구현하여 평가, 검증할 수 있도록 하였다.

2. 관련 연구

선박은 많은 수의 부품의 결합으로 구성된 복합적인 구조물이다. 선박의 선체 구조물은 강재들을 절단하고 가공하여 여러 단계의 조립 단계를 통해 블록으로 조립된 다음 조립된 블록들을 도크에서 탑재하여 완성된다.

선박의 건조는 일품 제조이며 건조 공정이 대단히 복잡하기 때문에 사전의 계획 단계에서 예측이 어려운 문제가 수시로 발생하여 건조 일정에 영향을 주기도 한다. 이에 선박 건조에 있어서의 물류 흐름과 일정계획에 대한 연구가 지속적으로 진행되어 왔다.

그 연구들의 일환으로 제품 수명 주기(PLM) 기반의 디지털 생산 기술을 조선 생산에 적용한 디지털 물류 모델 프레임워크가 제안되었다²⁾. 또한 선박 건조 공정과 제품 수명주기 관리 및 디지털 생산 기반의 시뮬레이션이라는 두 가지의 핵심 기술 접목을 기반으로 복잡한 선박 건조 공정에 대한 체계적인 분석을 통해 이를 모델링하고 시뮬레이션 할 수 있는 방법론이 개발되기도 했다³⁾.

소조립 공정에 관한 시뮬레이션에 관한 연구에서는 시뮬레이션에 있어 중요한 요소인 작업 시간에 대하여 설비를 실제와 가깝게 모델링하여 작업 시간을 시뮬레이션을 통해 예측한 다음 매치의 물류에 대한 최적화를 도출해 내는 방법을 사용하였다⁴⁾. 하지만 이

방법 또한 실제 설비와 가깝게 모델링을 하였지만 실시간으로 일어나는 변동 상황을 고려한 작업시간을 사용하지는 않고 있다.

일정계획에 관한 연구로는 평블록 조립공장¹⁷⁾, 곡블럭 조립 작업¹⁸⁾, 블록 배치¹⁹⁾, 탑재¹⁰⁾에 관한 일정계획과 영향 인자의 변동에 대한 시뮬레이션을 통한 최적화 일정계획에 관한 연구가 이루어진 바 있다. 소일정계획의 하루 계획 단계인 실행일정계획과 관련하여서는 패널 조립 공정에서의 실행계획을 시뮬레이션을 통하여 예측하고 최적의 계획을 수립할 수 있는 연구가 수행된 적이 있다¹¹⁾.

하지만 기존의 일정계획에 관한 연구는 특정 시기의 한정된 수작업으로 작성된 경험적 데이터를 사용하여 소조립, 패널 조립, 블록 조립 및 배치에 대한 일정계획 수립의 최적화 방법이나, 시뮬레이션을 수행하여 일정계획을 수립하는 방법에 대해 초점을 맞추고 있으나 가공 작업에서 주요 병목 공정으로 인식되는 곡가공 공정을 고려한 일정계획에 대한 연구가 수행된 적은 없다.

최근에는 생산성 향상을 위해 일정계획에 덧붙여 부재의 위치 추적 및 관리에 대한 연구가 이루어졌다. 특히 중조립 이후에 제조되는 블록들의 위치 추적에 관한 연구가 수행되었는데, 옥외 작업장의 블록 배치를 PDA와 GPS를 이용하여 추적하는 시스템이 제안되었으며¹²⁾, GPS의 전파 음영지역에서의 이동 거리 추정을 위해 간접 칼만 필터 기법에 의한 완성 함법 기술을 융합한 INS(Inertial Navigation System)를 적용시킨 위치 추적 시스템이 연구되기도 하였다¹³⁾. 하지만, 곡가공 공정을 고려한 부재의 분류 추적에 관한 연구는 수행된 바가 없다.

그리고, RFID 기술과 관련해서는 효율적인 조선기자재 분류 흐름 관리를 위한 RFID 도입에 대한 연구가 이루어졌으나¹⁴⁾, 직접적인 조선 생산 공정 특히 곡가공 공정에서의 RFID 관련 연구는 수행된 바가 없다.

3. RFID 기술

3.1 RFID 기술

RFID(Radio Frequency Identification)는 다가올 유비쿼터스 환경을 주도할 무선 주파수 인식을 통한 객체 인식 기술 중의 하나로서 바코드와 마그네틱 카드를 대체할 비접촉식 카드(Contactless Card)의 대표격이라 할 수 있는 기술이다.

이는 초소형 반도체에 식별 정보를 입력하고 무선

주파수를 이용해 이 칩을 지닌 불체나 동물, 사람, 물품 등을 판독, 추적, 관리할 수 있는 기술로서, 원거리에서도 인식이 가능하고 다중 정보를 동시에 판독하거나 수정할 수 있는 장점으로 인해 유통 분야뿐 아니라 물류, 교통 보안 가전 분야 등 이용 분야가 나날이 확대되고 있다¹⁵⁾.

3.2 RFID 시스템 구성

RFID 시스템은 크게 태그(Tag), 리더기(Reader), 서버(미들웨어 및 응용서비스 플랫폼)로 구성되고 유무선 통신망과 연동되어 사용된다. 기본적인 구성은 Fig. 1과 같다. 태그 안에 내장된 안테나가 리더의 안테나로부터 전파를 수신하면, 태그에 내장된 IC RFID System 칩이 기동하여 칩 안의 정보를 신호화하여 태그의 안테나를 통하여 신호를 발신한다. 리더기는 발송된 신호를 안테나로 수신하고 수신된 정보를 유무선 통신 방식으로 서버에 전달한다¹⁶⁾. 서버에 전달된 데이터는 서버 내의 미들웨어로 전달되어 전 처리된 후 해당 어플리케이션에 의해 사용된다.

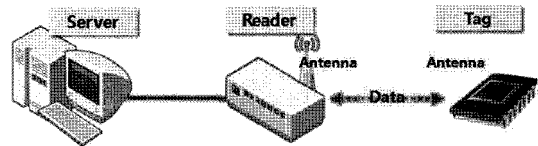


Fig. 1. RFID system.

RFID는 트랜스폰더(transponder)라고도 불리는 태그에의 전력 공급 및 데이터 전송 방식에 따라 수동형(Passive)과 능동형(Active)으로 분류된다. 수동형 RFID는 전력을 리더로부터 받아 이를 이용해 데이터 저장, 컴퓨팅 및 RF 전송에 활용하는 반면, 능동형 RFID는 배터리와 같은 내부 전력 공급원을 사용하여 연속적으로 전원을 공급받는다¹⁷⁾.

3.3 RFID 주파수

RFID 시스템은 주파수 대역에 따라 서로 다른 특징과 응용 범위를 나타낸다. RFID에 대한 표준은 ISO/IEC에서 지정하고 있는데, 저주파(135 KHz 이하), 고주파(13.56 MHz), 극초단파(433.92 MHz, 860~960 MHz), 그리고 마이크로파(2.45 GHz) 등의 주파수 대역이 RFID의 주파수로 이용된다.

RFID 시스템에 있어서의 주파수는 중요한 의미를 가지는데, 이는 사용하려는 주파수에 따라 태그의 크기 및 가격, 쓰이는 용도 등이 결정되기 때문이다. 저주파 RFID는 태그의 크기가 크고 데이터 인식 및 전

Table 1. Characteristics of RFID frequency range¹⁴⁾

	주파수	인식거리	동작방식	적용분야
저주파	125 KHz 134 KHz	10 cm 내외	수동형	출입 통제 가축 관리 농장 자동화
고주파	13.56 MHz	~80 cm	수동형	수하물관리 대여물품관리 교통카드 출입 통제
극초단파	433.92 MHz	50~300 m	능동형	컨테이너관리 실시간 위치추적
	860~960 MHz	3~9 m	능동 / 수동형	공급망 관리 자산관리 자동동행표정수
마이크로파	2.45 GHz	~2 m	능동 / 수동형	위조방지

송 속도가 느리며 사용 거리가 짧은 반면 환경 영향에는 고주파 RFID보다 덜 민감하다. 고주파 RFID는 태그의 크기가 크고 인식 속도가 빠른 반면에 환경 영향에는 저주파보다 민감한 편이다. 135 KHz 이하의 저주파대 RFID는 주로 출입 통제나 가축 관리, 재고 관리 등에 이용되며 13.56 MHz의 고주파 RFID는 스마트 카드 등에 이용된다. 860~960 MHz의 극초단파는 공급망 관리 및 세계적인 응용 물류 분야에 이용될 것으로 예상되고 있다. Table 1은 각 RFID의 주파수별 특성을 요약한 것이다.

3.4 바코드와 RFID의 비교

물류 정보 인식 및 관리 자동화 기술로 현재 가장 많이 사용되고 있는 대표적인 것으로 바코드(Barcode) 기술이 있다. 바코드는 작업자에 의해 제품의 정보 입력이 수작업으로 이루어질 때의 오류와 작업 시간을 줄여 그와 관련된 업무를 줄일 수 있었다. 그러나 제품에 대한 정보를 읽어 들일 시에 작업자에 의해 제품의 정보를 하나하나 스캔하여 입력해 주는 작업이 이루어져야 하는 단점이 있다. 이에 반해 RFID는 태그를 통해 정보 입력을 자동화할 수 있고 다중 정보를 동시에 인식할 수 있다는 장점을 가진다.

그리고, 바코드는 데이터를 수정하고 재입력하는 것이 불가능하지만 RFID의 경우에는 가능하며, 바코드는 100 byte 이하의 제한된 용량의 데이터만 보관 가능한 것에 비해 RFID는 256 Kbyte까지의 데이터의 수정 및 기록이 가능하다는 차이를 보인다. 또한 재활용이 가능한 RFID에 비해 바코드는 한 번 사용된 후 재활용이 불가능하다. 즉, 가격이 바코드에 비해 비싸다는 단점을 제외하면 RFID가 낫다고 할 수 있다.

4. 목가공 부재 추적 및 모니터링 시스템

본 장에서는 일정계획 시스템, 생산실제DB, 목가공 작업장과 연계된 목가공 부재 추적 및 실시간 모니터링 시스템의 설계에 대해 설명한다. 시스템의 설계는 크게 RFID 기술에 기반하여 운영적 측면과 시스템적 측면의 정의로 구성된다.

4.1 목가공 공정

생산 공정의 관점에서 바라본 일반적인 선박의 건조 공정은 강제 적지에서 시작하여 탑재를 거쳐 안벽 의장에 이르는 Fig. 2와 같은 공정들로 이루어진다.

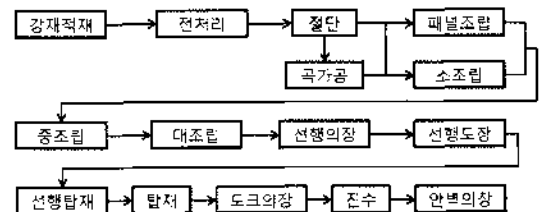


Fig. 2. Ship production process.

이러한 선박의 건조 공정 중에서 목가공 공정은 선체 내업 공정 중에서 소조립 및 중조립 공정에 앞선 것으로, 생산 설계에서 설계된 절단 형상대로 절단된 평판의 판재를 곡관 형태의 최종 목적형상으로 가공하는 공정이다. 일반적으로 선체 외판은 선박에서 차지하는 위치에 따라 관행적으로 분류하여 명명하고 있다. 이러한 관행에 따르면, 선수부의 선수제판(fashion plate), 선수 초크판(bow chock plate), 난간판(bulwark plate), 스폴판(spool plate), A 판(A plate), 중앙부의 선저판복부 외판(bilge plate), 선미부

의 선미판(stern plate), 중앙과 선수미부에서 곡판과 평판이 만나는 부분을 동시에 가지는 K판(K-plate)로 나누어 사용한다^[16]. 하지만 이러한 선박에서의 위치에 따른 분류는 곡가공을 위한 분류는 아니다. 실제로 곡가공에 사용되는 곡판의 분류는 곡률에 따른 분류를 사용하고 있다. 이러한 곡가공에서의 곡판의 분류는 한 방향의 곡률만을 가지는 콘 형상이나 실린더 형상의 1차 곡판, 종방향과 횡방향의 2방향으로 곡률을 가지는 안장형상, 볼록(오목)형상, 비틀림형상의 2차 곡판으로 나뉜다. 하지만, 1차 곡판의 콘 형상이라 할지라도 각각의 곡판이 가지는 콘 형상은 모두 다르므로 개개의 절단된 판재는 각각의 다른 가공 정보를 가지게 되어 곡판 각각에 대해 단일 제품으로서의 가공 정보가 필요하게 된다.

1차 곡판은 프레스나 롤벤딩 머신을 사용하는 1차 곡가공 작업으로 완성되는 곡판이며, 2차 곡판은 가스 토치를 사용하여 선상 가열법, 삼각 가열법, 도그(dog)와 반목 및 강제변형, 그리고 판을 뒤집는 턴오버(turn over) 등의 방법을 사용하는 2차 곡가공 작업으로 완성되는 곡판이다. 특히, 2차 곡판을 가공할 때도 2차 곡판에 가장 가까운 1차 곡판으로 가공한 다음 가스 토치를 사용하여 가공할 때가 절단된 평판에서 마모 가스 토치를 사용하여 2차 곡판을 완성할 때보다 시간과 품질에 있어 더 나은 결과를 제공하므로 대부분의 대형 조선소와 곡블록 전문 제작 업체에서는 1차 곡가공 작업을 거치는 2차 곡가공 작업을 수행하고 있다.

본 연구에서는 상기에서 설명된 대형 조선소 및 곡블록 또는 곡판 전문 제작 업체에서 일반적으로 사용하는 작업 공정인 절단된 부재의 적치 작업, 절단된 부재를 프레스 또는 롤벤딩 머신을 사용하여 실린더형상이나 콘형상으로 가공하는 1차 곡가공 작업, 가스 토치를 사용하여 안장(Saddle)형상, 볼록(Convex)형상, 비틀림(Twist)형상을 가지는 곡판으로 가공하는 2차 곡가공 작업, 가공된 부재의 적치 작업으로 구성된 곡가공 공정을 전형적인 곡가공 공정으로 정의하고 연구 대상으로 하였다.

전형적인 곡가공 공정의 분석을 위하여 시스템 모델링 언어인 SysML(System Modeling Language)을 사용하여 곡가공 공정을 정적인 측면과 동적인 측면에서 분석하고 모델링 하였다. SysML은 시스템의 개발에 있어 모델기반 시스템 설계를 위한 언어로서 하드웨어, 소프트웨어, 정보, 프로세스, 인력 및 설비를 포함하는 광범위하고 복잡한 시스템을 모델링 하여 사양, 분석, 설계, 검증 및 확인할 수 있도록 지원해

주는 모델링 언어이다^[2].

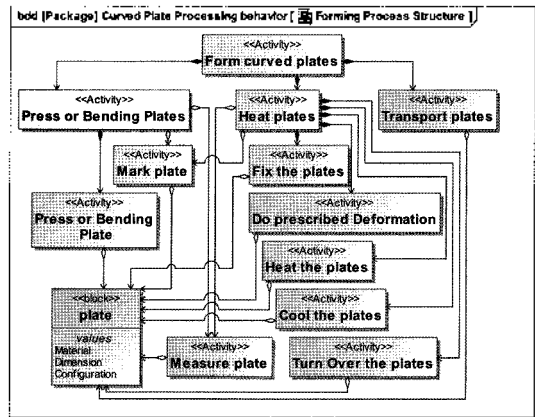


Fig. 3. Curved plates forming process structure (static).

Fig. 3은 곡가공 공정의 세부 작업을 구조화한 블록정의 다이어그램(BDD, Block Definition Diagram)이다. 곡가공 공정의 세부 작업은 크게 1차 곡가공 작업에 해당하는 프레스 또는 롤벤딩 작업과 2차 곡가공 작업에 해당하는 고정 작업, 가열 작업, 냉각 작업, 턴오버 작업으로 구성되고, 공통적인 작업으로는 마킹 작업, 측정 작업, 이송 작업이 있다.

특히, 2차 곡가공 작업은 1차 가공된 곡판을 고정시킨 후 강제 변위가 필요한 경우에는 강제 변위 작업을 거치고 필요 없는 경우에는 가열선 마킹 후에 가열과 냉각 작업을 수행한다. 턴오버가 필요한 경우에는 턴오버 작업 후 가열과 냉각 작업을 수행하고 완성 여부는 목재 형판을 사용하여 판단한다. 이와 같이 세부 작업 간의 계층 구조와 공유 구조를 분석 함으로써 곡가공 공정의 세부 작업에 관한 정적 구조를 모델링 하였다.

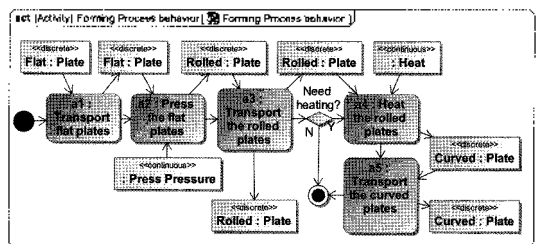


Fig. 4. Curved plates forming process behavior (dynamic).

Fig. 4는 곡가공 공정의 시간의 흐름에 따른 작업의 제어 흐름과 입력되고 흘러가는 물리적 객체의 흐름을 액티비티 다이어그램(Activity Diagram)으로 나타

낸 것이다. 직사각형은 공정에서 흘러가는 객체를 나타내고, 둥근 모서리 사각형은 객체를 사용하는 작업을 나타낸 것이다. 동적인 곡가공 공정은 다음과 같다. 적치장에서 작업상에 할당된 평판을 1차 곡가공 작업장으로 이송시키고, 프레스 또는 롤벤딩 작업으로 실린더 형상이나 콘 형상으로 가공한 다음, 2차 곡가공이 필요한 경우에는 2차 곡가공 작업장으로 이송하여 2차 곡가공 작업을 수행한 다음 출고 적치장으로 이송시킨다. 1차 곡가공 작업 후 2차 곡가공 작업이 필요하지 않은 경우에는 바로 출고 적치장으로 이송시킨다.

4.2 운영적 측면(Operational View)

곡가공 부재 추적 및 모니터링 시스템의 운영적 측면의 정의는 시스템의 운영 환경을 정의하고 정의된 운영 환경 내에서 다른 시스템과의 상호 작용, 연결 관계, 정보 교환에 관하여 시나리오와 액티비티를 기반으로 정의하는 것이다.

먼저 곡가공 부재 추적 및 모니터링 시스템은 곡가공 작업상, 생산설계DB, 일정계획 시스템과 상호 정보를 교환하는 운용 환경을 가진다. 이러한 운용 환경 내에서의 시스템 운용 시나리오는 Fig. 5에 나타나 있으며 상세한 설명은 다음과 같다.

생산설계 DB는 추적 및 모니터링 시스템에 부재의 고유 정보를 제공하고, 추적 및 모니터링 시스템은 해당 정보를 시스템 DB에 저장하며, 일정계획 시스템은 곡가공 작업장에 일간, 주간 작업 계획을 지시한다. 이후에 곡가공 작업장의 적치장에 부재가 입고되면 입고된 부재 고유 번호와 입고 일시와 같은 입고 정보가 추적 및 모니터링 시스템에 통보된다. 통보된 입고 정보는 시스템 DB에 저장된다. 적치장에서 작업 정보에

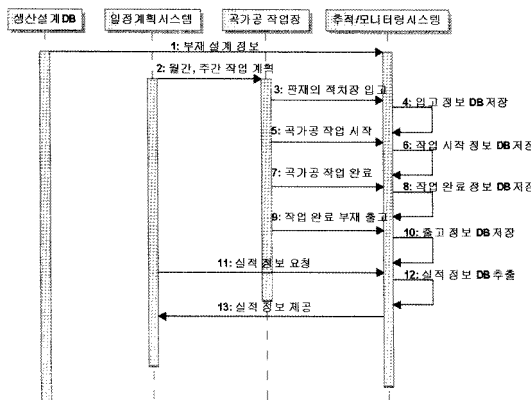


Fig. 5. Operational scenario of the tracking and monitoring system.

로 부재를 이송하면 작업장 번호, 각 작업장의 정반 번호, 해당 가공 작업 시작 및 완료 일시 등의 가공 작업 정보를 시스템 DB에 저장한다. 작업이 완료된 부재는 출고 적치장으로 이송되고 적치장 번호와 출고 일시 등의 정보가 시스템 DB에 저장된다.

이와 같은 운용 환경 및 시나리오에서는 현재 작업 실적 현황에 대해서 추적 및 모니터링 시스템이 실시간으로 실적 정보를 모니터링 할 수 있으며, 일정계획 시스템에서는 추적 및 모니터링 시스템의 DB에 접속하여 과거의 실적 정보를 추적하여 일정계획 수립에 활용할 수 있다.

4.3 시스템 측면(System View)

곡가공 부재 추적 및 모니터링 시스템의 시스템 측면의 정의는 시스템 내부의 데이터 흐름을 포함하는 시스템의 기능, 시스템 내부 및 외부와의 인터페이스에 대한 정의이다.

이를 위한 시스템 구성은 Fig. 6에서와 같이 태그가 부착된 부재, 입고 적치장, 1차 곡가공 작업장, 2차 곡가공 작업장, 출고 적치장, 각 적치장과 작업장의 리더기, RFID 서버, 시스템 DB로 이루어진다.

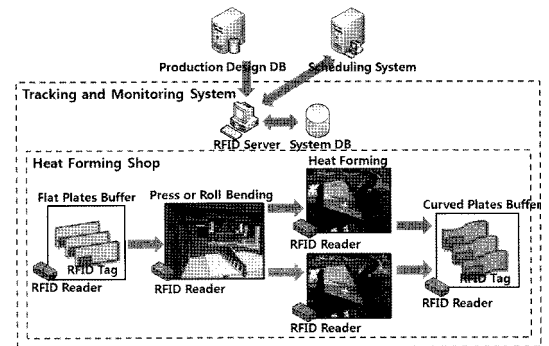


Fig. 6. The tracking and monitoring system configuration.

시스템 구성으로부터 시스템의 기능을 도출하기 위한 시스템의 세부 동작을 살펴보면 다음과 같다.

태그의 정보를 읽어 들이고 기록하는 역할은 RFID 서버가 수행한다. 태그 내에는 추적 및 모니터링 시스템이 생산설계 DB에서 획득한 부재 고유 번호(호선-분류-부재 번호의 형태로 이루어짐)와 가공 작업 완료 여부에 관한 정보가 저장된다. 절단된 부재에는 각각의 고유 정보가 기록된 태그가 부착된다. 태그가 부착된 절단 부재는 입고 적치장에 적치되는데 이때 입고되는 절단 부재의 입고 일시가 추적 및 모니터링 시스템의 DB에 저장된다. 입고 적치장에서 1차 곡가공 작

업장으로 부재가 이동하면 태그에는 1차 곡가공 작업장의 고유 번호, 미션 번호, 작업 시작 일시 등의 정보가 기록되고, 시스템 DB에도 저장된다. 1차 곡가공 작업이 완료되면 1차 곡가공 작업 완료 일시를 태그에 기록하고, 시스템 DB에 저장한다. 2차 곡가공 작업이 필요한 경우에는 2차 곡가공 작업장으로 이송하며 1차 곡가공 작업만으로 완료된 경우에는 출고 적치장으로 출고된다. 2차 곡가공 작업장으로 이송되면 2차 곡가공 작업장의 번호, 작업 정반 번호, 작업 시작 일시 등의 정보가 태그에 기록되고, 시스템 DB에 저장되며, 일정계획 시스템에 전송된다. 2차 곡가공 작업이 완료되면 2차 곡가공 작업 완료 일시를 태그에 기록하고, 시스템 DB에 저장한다. 출고 적치장으로 출고되면 출고 일시 정보를 태그에 기록하고, 시스템 DB에 저장한다.

일정계획 시스템은 일정계획 수립을 위하여 추적 및 모니터링 시스템에 과거 실적 정보를 요청하고, 추적 및 모니터링 시스템은 DB에서 필요한 데이터를 추출하여 제공한다.

이상의 시스템 동작을 바탕으로 시스템의 주요 기능과 인터페이스를 정리하면 다음과 같다.

<시스템 기능>

부재 추적 및 모니터링 시스템은 다음의 7가지 주요 기능을 가진다.

- ① 생산 DB로부터 부재의 고유 정보를 시스템에 가져오는 기능
- ② 입고 적치장의 태그에 관련 정보 기록하고 읽는 기능
- ③ 1차 곡가공 작업장의 태그에 관련 정보 기록하고 읽는 기능
- ④ 2차 곡가공 작업장의 태그에 관련 정보 기록하고 읽는 기능
- ⑤ 작업 완료 후 출고 시 태그에 관련 정보 기록하고 읽는 기능
- ⑥ 실적 정보를 시스템 DB에 저장하고, 추적에 필요한 실적 정보를 추출하는 기능
- ⑦ 모니터링 정보를 보여 주는 기능

<시스템 인터페이스>

시스템의 내부 인터페이스는 다음과 같다.

입고 적치장, 1차 곡가공 작업장, 2차 곡가공 작업장, 출고 적치장에 있는 태그의 정보를 읽고 기록하는 리더기는 작업자에 의해 조작된다. 따라서, 작업자가 리더기를 조작하고 동작 상태를 확인할 수 있는 인터

페이스가 필요하다.

시스템 관리자는 리더기에서 전송되는 데이터를 가공하고 가시화 시켜 주는 RFID 서버와 전송된 데이터를 저장하고 추출하는 시스템 DB를 모두 관리할 수 있어야 하므로 가시화 장치와 사용자 인터페이스가 필요하다.

RFID 서버에서 수집되고 가공된 데이터는 시스템 DB에 저장되어야 하므로 RFID 서버는 시스템 DB에 접속하여 테이블과 테이블 내의 데이터 속성에 따라 정의된 관리 항목(entity)에 저장할 수 있는 통신 인터페이스가 필요하다.

곡가공 작업 도중에는 판매에 기계적인 물리력과 가스에 의한 열이 한 전체에 가해지기 때문에 부재에 부착되는 태그는 금속에 부착된 상태에서도 인식이 가능하고 탈부착이 용이한 형태로 패키징 되어야 하는 제약 조건을 가지게 된다.

그리고, 시스템과 운용 환경 내에 있는 다른 시스템과의 인터페이스는 크게 2가지로 다음과 같다.

조선소에서 일정계획 시스템은 상용화된 제품을 사용하기 보다는 조선소의 특성에 맞게 자체적으로 개발하여 사용하고 있다. 그리고, 곡블록 또는 곡판 가공 전문 제작 업체는 엑셀과 같은 사무용 데이터시트 소프트웨어를 사용하여 일정계획을 수립하고 있다. 조선소에서 사용하고 있는 기존의 일정계획 시스템과의 개별적인 호환을 고려하기 보다는 추적 및 모니터링에 필요한 데이터를 중심으로 인터페이스를 정의하여야 한다. 따라서, 추적 및 모니터링 시스템의 RFID 서버와 일정계획 시스템 사이에는 마크업 언어인 XML과 같은 플랫폼 독립적으로 형식이 정의된 데이터 통신 방식의 인터페이스가 필요하다.

생산실적 DB도 조선소마다 개별적인 시스템을 사용하고 있으므로 생산실적DB와 추적 및 모니터링 시스템의 RFID 서버 사이에도 인터페이스는 데이터를 중심으로 정의하여야 한다. 생산실적 DB에서 부재 고유 정보 관련 데이터를 XML같은 형식으로 정의하여 통신하는 방식의 인터페이스가 필요하다.

5. 프로토타입

추적 및 모니터링 시스템의 프로토타입은 입고 적치장, 1차 곡가공 작업장, 2차 곡가공 작업장, 그리고 출고 적치장을 각각 하나씩 가지고, 각 적치장 및 작업장은 하나의 리더기를 가지고 있으며, 하나의 태그가 가공되는 하나의 부재를 대표하도록 모델링 하였다.

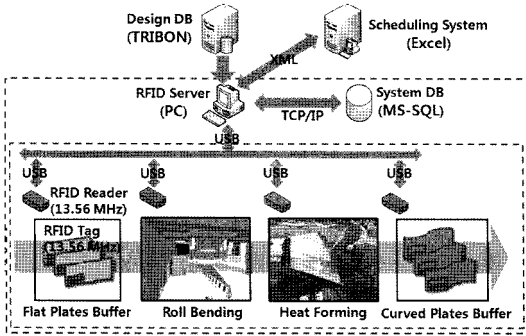


Fig. 7. Configuration of the prototype.

RFID 서버로는 PC를 사용하고, 태그는 1024 Byte의 저장 용량을 가지는 13.56 MHz의 Mifare 1K을 사용하였으며, 리더기는 ISO 14443A 프로토콜을 기반으로 하여 태그와 USB 간의 통신을 한다. RFID로 인식하거나 기록되는 실체 정보는 MS-SQL로 구현된 시스템 DB에서 관리하도록 구현하였다. 외부 시스템인 생산설계 DB는 조선소에서 주로 사용하는 생산설계DB인 트라이본(TRIBON)을 대상으로 하였으며, 일정계획 시스템은 엑셀을 사용한다고 가정하였다. 이러한 프로토타입의 구성도는 Fig. 7에 나타내었다.

구성도에 따라 실제로 구현된 프로토타입은 Fig. 8과 같다. 구현된 프로토타입의 하드웨어는 하나의 RFID 서버, 4개의 리더기, 8개의 태그, MS-SQL 서버로 이루어져 있다. 시스템의 하드웨어적 구성과 더불어 추적 및 모니터링 소프트웨어는 Visual C++로 구현하였다. 편의상 소프트웨어는 RFID 서버와 같은 PC 상에서 구동되도록 하였다.

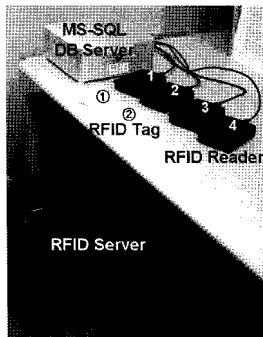


Fig. 8. A prototype of the tracking and monitoring system.

프로토타입에서 사용한 운용시나리오는 다음과 같다. 트라이본에서 부재의 고유 정보를 추출하여 부재

에 해당하는 태그에 기록한다. 입고 적치장에 부재를 입고하면 태그에 입고 적치장 번호와 입고 일시를 기록한다. 입고 적치장에서 일정계획에 따라 필요한 부재를 선택하여 1차 목가공 작업장으로 이송할 때 입고 적치장의 태그에 입고 적치장에서의 출고 일시를 기록한다. 1차 목가공 작업장으로 이송하면 태그에 작업상 번호와 배신 번호, 작업 시작 일시를 기록한다. 작업이 완료되면 작업 완료 일시를 태그에 기록한 다음 2차 목가공 작업장으로 이송한다. 2차 목가공 작업장에서는 태그에 작업상 번호, 정반 번호, 작업 시작 일시를 기록한다. 2차 목가공 작업이 완료되면 작업 완료 일시를 태그에 기록하고 출고 적치장으로 이송한다. 출고 적치장에서는 태그에 적치장 번호와 출고 적치장 입고 일시를 기록한다. 출고 적치장에서 출고할 때는 출고 일시를 태그에 기록한다. 그리고, 상기의 모든 태그에 기록하는 데이터는 RFID 서버로 전송되어 추적 및 모니터링 화면에 표시되고 시스템 DB로 전송하여 저장한다.

운영 시나리오에 따라 국내 한 중소형 조선소에서 사용하고 있는 트라이본에서 하나의 블록에 있는 8개의 목판 부재의 고유 정보를 추출하고, 추출된 부재 고유 정보를 8개의 태그에 입력하고 시스템 DB에 저장하였다. 시스템 DB는 Fig. 9와 같이 부재 고유정보, 적치장, 목가공 작업에 관한 3개의 테이블로 구성되어 있다. 각 테이블은 회사명(Company), 호선번호(Ship), 블록번호(Block), 부재번호(Plate)를 기본키(Primary key)로 설정하였다.

부재 고유정보 테이블					
Company	Ship	Block	Plate	WorkDone	Error

적치장 테이블									
Company	Ship	Block	Plate	IncomingStock	IS TimeIn	IS TimeOut	OutgoingStock	OS TimeIn	OS TimeOut

목가공 작업 테이블							
Company	Ship	Block	Plate	RollBending Shop	RB Machine	RB Start Time	RB End Time

목가공 작업 테이블							
Company	Ship	Block	Plate	HeatForming Shop	HF Work Table	HF Start Time	HF End Time

Fig. 9. System DB tables of the tracking and monitoring system.

프로토타입의 추적 및 모니터링 GUI(Graphic User Interface) 화면을 Fig. 10에 나타내었다. 이 GUI 화면에서는 8개의 태그를 입고 적치장에 차례대로 인식시켜 리스트에 입력하고, K1부재는 1차 및 2차 목가공 작업을 완료한 다음 출고 적치장까지 이송시키고, K2 부재는 1차 목가공 작업을 완료하고 2차 목가공 작업 중이며, K3 부재는 1차 목가공 작업 중이고, 나

미지 부재는 입고 적치장에 적치되어 있는 상태를 나타내고 있다. 프로토타입의 특성상 적치장과 작업장간, 작업장 간의 시간 간격이 적는데 이는 시스템의 정상 동작 테스트를 위하여 빠르게 실행하였기 때문이다.

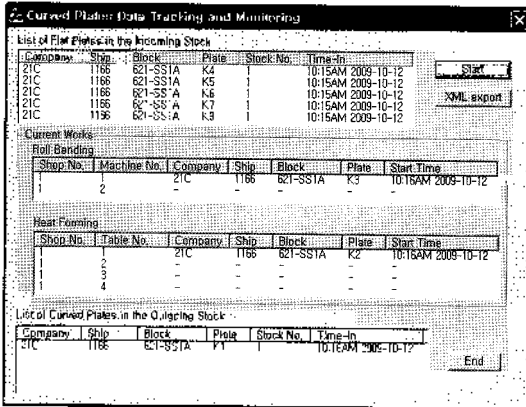


Fig. 10. A screen shot of the tracking and monitoring system software

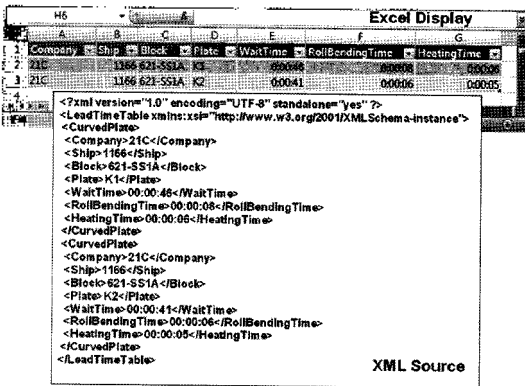


Fig. 11. Exported XML code and excel import of the XML code.

추적 및 모니터링 GUI 화면에서 XML 내보내기 (export) 버튼을 누르면 일정계획 시스템에 사용할 수 있는 XML 형식의 실적 정보를 시스템 DB에서 추출하여 제공한다. 이는 일정계획 시스템에서 필요한 실적 정보를 요청하면 그에 해당하는 실적 정보를 시스템 DB에서 관련된 데이터를 추출하여 가공한 다음 일정계획 시스템에 제공할 수 있는 기능에 대한 예로서 구현한 것이다. Fig. 11에서는 그러한 구현 예로서 K1 부재와 K2 부재에 대하여 입고 적치장에서의 대기 시간과 1차 곡가공 작업 시간 및 2차 곡가공 작업

시간에 대한 실적 정보를 일정계획 시스템에서 요청하였다고 가정하고 시스템 DB에서 입고 시간, 출고 시간, 작업 시작 시간, 완료 시간을 추출한 다음 각 적치장과 작업장에서의 시간 차이를 계산하여 XML로 변환하여 출력하도록 한 다음, 엑셀에서 XML 파일을 불러들여 나타낸 것이다.

6. 결론 및 향후 연구 계획

본 연구에서는 조선소의 일정계획을 수립할 때에 필요한 실적 정보 중 곡가공 공정의 실적 정보를 객관적이고 정밀하게 누락 없이 일정계획 시스템으로 전송할 수 있도록 RFID 기술을 사용하여 곡가공 부재 추적 및 모니터링 시스템을 설계하였다. 이를 위해서 적용 가능한 RFID 기술에 대해 정리하고, 대상이 되는 곡가공 공정에 대하여 정의, 분석하였다. 분석된 곡가공 공정을 기반으로 곡가공 부재 추적 및 모니터링 시스템의 운영 환경을 설정하고, 설정된 운영 환경 내에서 다른 시스템과의 상호 작용, 연결 관계, 정보 교환에 관하여 시나리오와 액티비티를 사용하여 운영적 측면을 정의하고, 시스템적 데이터 흐름을 포함하는 시스템 기능, 시스템 인터페이스에 대해 시스템 측면을 정의하여 시스템을 설계하였다. 설계된 시스템은 프로토타입을 구현하여 시스템을 평가할 수 있도록 하여 설계의 타당성을 검증할 수 있도록 하였다.

본 연구의 곡가공 부재 추적 및 모니터링 시스템은 작업일별을 수기로 작성하여 곡가공 공정의 실적 정보를 확보하는 대신 작업장 레벨에서의 누락 없는 정밀한 실적 정보를 RFID를 사용하여 실시간으로 수집함으로써 부재에 대한 가공 시간 관련 통계를 확보하여 일정계획 수립의 정확도 향상에 도움을 줄 것으로 기대한다.

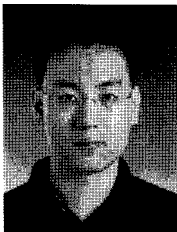
제안된 시스템의 설계는 작업장 레벨로 추적 및 모니터링이 이루어지도록 되어 있으나, 더욱 정밀한 실적 정보를 확보하기 위하여 향후 가 적치장 및 작업장의 세부 단위 작업에 대한 추적 및 모니터링도 가능한 시스템에 대한 연구를 수행할 예정이다.

감사의 글

본 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구(No. 2009-0063516)입니다. 그리고 본 연구를 위해 많은 배려와 도움을 주신 ㈜21세기 조선에 깊은 감사를 표합니다.

참고문헌

1. 유덕영, 김근철, "농성계획/일정계획 지원 시스템 개발을 위한 개념 정립", 대한조선학회지, 제30권, 제4호, pp. 37-40, 1993.
2. Sanford Fridenthal, Alan Moore, Rick Steiner, "A Practical Guide to SysML", The MK/OMG Press, 2008.
3. 우종훈, 이광국, 정호림, 권영대, 신종계, "디지털 조선소 구축을 위한 물류 모델 프레임워크", 대한조선학회논문집, 제42권, 제2호, pp. 165-174, 2005.
4. 우종훈, "제품, 공정, 설비와 일정 정보를 통합한 선박 건조 내입 시스템의 모델링 및 시뮬레이션", 박사 학위 논문, 서울대학교, 2005.
5. 성호림, 임현준, 이장현, 최양철, 김호구, 신종계, "디지털 메뉴팩처링 기법을 이용한 절단기계의 검증된 가상 NC 시뮬레이터 구축", 대한조선학회논문집, 제42권, 제1호, pp. 64-72, 2005.
6. Shim, J. G., Lee, K. K., Woo, J. H., Kim, W. D., Lee, J. H., Kim, S. H., Park, J. Y. and Yim, J. Y., "A Modeling and Simulation of Production Process in Subassembly Lines at a Shipyard", *Journal of Ship Production*, Vol. 20, No. 2, pp. 79-83, 2004.
7. 이상철, 하승진, 민상규, 최태훈, 김형식, "조선 평블록 조립공장 일일계획 시뮬레이션 시스템", 대한산업공학회/한국경영과학회 2002 춘계공동학술대회 논문집, pp. 158-162, 2002.
8. 김용섭, 이대형, "선박건조공정의 미세 통합 일정 관리 체계 구축에 관한 연구", 대한조선학회논문집, 제44권, 제1호, pp. 48-54, 2007.
9. 민상규, 이상철, 김지은, 하승진, 최태훈, "고정 정반에서의 블록 배치 및 일정계획 시스템 개발 사례 연구", 대한조선학회 특별논문집, pp. 159-164, 2005.
10. 최영림, 임호섭, "곡블록 조립 작업일일계획시스템 개발", 한국전자거래(CALS/EC)학회/한국정보시스템학회 종합학술대회논문집, pp. 309-318, 1999.
11. 이광국, "판넬 블록 生産管理를 위한 시뮬레이션 기반 船舶 生産 實行 시스템", 박사 학위 논문, 서울대학교, 2008.
12. 이장현, 신종계, "PDA 및 GPS를 이용한 육의 작업장 블록 위치 추적 시스템 개발", 대한조선학회논문집, 제43권, 제1호, pp. 87-95, 2006.
13. 이영호, 이규찬, 이길종, 손영득, "선체 블록 물류관리를 위한 위치추적 시스템 연구", 대한조선학회 특별 논문집, pp. 68-75, 2008.
14. 상양식, 최형린, 김현수, 홍순구, 박재영, "조선기자재 공동물류센터의 RFID 도입 방안", 한국IT서비스학회지, 제7권, 제1호, pp. 219-235, 2008.
15. 한국전산원, "RFID 도입방범론 기초연구", 2005.
16. 유승화, "RFID 기술 현황 및 활용분야", 정보과학회지, 제23권, 제7호, pp. 64-70, 2005.
17. 조현태, 백윤주, "유비쿼터스 항만 물류 환경을 위한 스마트 태그 시스템의 설계 및 구현", 한국해양정보통신학회논문지, 제11권, 제8호, pp. 1500-1510, 2007.
18. 유철호, "최소 변형률 에너지를 갖는 선체 외판의 전개 형상 알고리즘", 박사 학위 논문, 서울대학교, 2002.



노재규

1996년 서울대학교 조선해양공학과 학사
 1998년 서울대학교 조선해양공학과 석사
 2009년 서울대학교 조선해양공학과 박사
 2000년~2002년 대한신중공업 기술연구소 주임연구원
 2002년~2005년 케이지그라프 기술연구소 책임연구원
 2009년~현재 서울대학교 해양시스템공학연구소 선임연구원
 관심분야: RFID, 생산시스템 설계, 최적화, PLM, Modeling & Simulation



신종계

1977년 서울대학교 조선공학과 학사
 1979년 서울대학교 조선공학과 석사
 1988년 배스추세츠공과대학 해양공학과 박사
 1988년~1990년 배스추세츠공과대학 박사후연구원
 1990년~1993년 한국기계연구원 구조연구부 책임연구원
 1993년~현재 서울대학교 조선해양공학과 교수
 관심분야: PLM, Modeling & Simulation, Digital Shipyard