이산 사건 시물레이션 엔진을 이용한 조선소 레이아웃의 전과정평가 적용 연구

이동건¹ · 남승훈^{1†} · 신종계²

A Study of Life Cycle Assessment in Shipyards Layout using a Discrete Event Simulation Engine

Dong Kun Lee · SeungHoon Nam · JongGye Shin

ABSTRACT

In recent days, global shipbuilding companies have been showing great interest in eco-friendly ship products and trying to reduce environmental pollution - harmful gas and dust in shipbuilding process. Following this trend, Life Cycle Assessment (LCA) was carried out to an application of shipyards layout. LCA is a technique used to assess environmental impacts during the life cycle of products and systems. Until now, LCA has been used through ISO 14040 in somewhat limited industries, such as Building Life Cycle Assessment. Thus, this study analyzes the shipyard layout planning framework and builds life cycle inventory along with the simulation model structure to evaluate environmental impacts.

Key words : Life Cycle Assessment(LCA), Discrete Event Simulation(DES), Shipyards Layout

요 약

최근들어, 글로벌 조선소들은 친환경 선박 건조와 환경친화적 생산 공정에 큰 관심을 보이고 있다. 이러한 추세에 따라 이 연구는 조선소 레이아웃에 전과정평가를 적용하는 연구를 수행하였다. 전과정평가는 제품과 시스템의 전수명주기와 관련된 환경적영향을 평가하는 기법으로 특정 산업분야에서 ISO 14040 표준에 따라 적용연구가 수행되고 있다. 전과정평가를 조선소 레이아웃에 적용하기 위해 조선소 레이아웃 계획 프레임워크를 분석하고, 조선소 레이아웃에 대한 목록분석을 수행하였으며, 환경적 영향에 대한 이산 사건 시물레이션 모델을 구축하였다.

주요어 : 전과정평가, 이산 사건 시물레이션, 조선소 레이아웃

1. 서 론

조선 산업에 있어서 최근 환경의 중요성이 어느 때보다 강조되고 있다. 이는 선박의 운항시의 대기오염문제, 해양오염문제 뿐 아니라 선박을 생산하는 조선소 자체에서도 기후협약의 주 의제인 지구온난화 관련 탄소배출권

규제 등과 같은 문제에 직면하고 있기 때문이다. 향후 몇 년 내에 선박, 조선소의 환경 문제는 규제로써 관리될 것이고 조선사들은 이러한 상황에 대비하기 위한 노력을 지속적으로 펼치고 있다.

선박 자체에 대한 규제는 선사, 조선소, 선급 등을 중심으로 대처가능한 수준의 협의가 지속적으로 이루어지고 있으며 이에 대한 대비도 문제가 없을 것으로 예상된다. 하지만 조선 산업만의 문제가 아닌 글로벌 이슈로써의 탄소배출권 규제는 조선소의 경영에 직접적인 영향을 끼칠 것으로 예상되지만 대부분의 조선사들이 효율적인 대처 방안을 마련하지 못하고 있는 것으로 알려져 있다. 최근 들어 철강 산업의 선도업체인 포스코와 한국전력 등 일부

접수일(2011년 11월 29일), 심사일(1차 : 2011년 11월 3일),
게재 확정일(2011년 12월 19일)

¹⁾ 서울대학교 조선해양공학과

²⁾ 서울대학교 조선해양공학과 및 해양시스템공학연구소

주 저 자 : 이동건

교신저자 : 남승훈

E-mail: nam8438@snu.ac.kr

업체만이 탄소배출권 문제에 대한 해결 노력을 하고 있는 상황이다. 많은 자원과 에너지를 소모하는 조선 산업의 특성에 미루어보아 체계적이고 효율적인 환경문제에 대한 접근방안의 모색이 시급하게 논의되어야 할 것이다.

생산성 향상과 일정준수를 중심으로 이루어진 조선소 시스템은 환경 이슈에 대한 고려가 부족한 실정이다. 이에 본 연구에는 객관적이고 정확한 환경영향평가방법으로써 전과정평가(Life Cycle Assessment)를 도입하고자 한다. 신경순 등(2006)에 따르면 전과정평가는 1991년 UNCED (United Nations Conference on Environment and Development)에서 발의된 개념으로 1996년 ISO (International Standardization Organization)을 통해 인증 제도가 시행되고 있다. 전과정평가는 ISO 14000을 통해 관리되고 있으며 ISO 14000은 이 밖에도 환경경영시스템, 환경성표지, 환경성과평가, 제품규격 환경측면, 관련 용어 및 정의 등을 포함하고 있으며 목적에 따라 다양한 형태로 활용되고 있다.

본 연구에서는 조선소 자체의 환경요인을 도출하고 환경적인 상태를 객관적으로 판단하기 위한 수단으로써 전과정평가를 활용하고 있으며 조선소 분석 기법으로써 조선소 레이아웃 설계 프레임워크 기반의 분석을 적용하고 있다. 상기의 분석 방법은 조선 산업의 환경관련연구가 선박 제품의 요소기술이나 해양오염방지 기술 등이 대부분이고 이에 활용되는 적용방안들이 조선소의 설비나 공장 등의 분석에 효율적으로 적용하는데 문제가 있어 새로이 연구하게 되었다. 이는 단순히 설계된 레이아웃에 대한 정적인 환경평가를 수행하는 것이 아닌 실제 조선소 운영정보를 반영한 시뮬레이션 모델을 통해 동적인 운영 환경을 평가 할 수 있는 의미를 갖는다. 이를 위해 가장 이슈가 되고 있는 이산화탄소 관련 환경평가식을 산정하였으며 이산 사건 시뮬레이션을 통한 적용 방안을 연구하였다.

본 논문에서 제안하고 있는 조선소 전과정평가 적용 방안은 공장 시뮬레이션 분야에서 널리 사용되는 이산 사건 시뮬레이션 기술을 통해 검증하는 단계까지 포함하고 있으며 향후 다양한 케이스의 조선소 전과정평가 결과들의 적용을 위해 강형석(2008)이 연구한 시뮬레이션 모델 자동생성기법을 활용하였다. 본 연구의 결과는 조선소 전과정평가에 대한 방향과 적용가능성을 판단하였다는 점에서 의의가 있으며 시뮬레이션 기법을 활용한 검증을 수행하여 그 신뢰성을 확보하고자 하였다.

2. 조선소 레이아웃 분석

2.1 조선소 시스템 분석

조선소에 대한 전과정평가를 위해 평가하고자 하는 생산시스템 및 레이아웃에 대한 분석을 수행하였다. 조선소의 생산시스템은 주 생산품인 선박의 건조 공정을 통해 그 형태를 파악할 수 있다. 이를 위해 본 논문에서는 국내 대형 조선소 3사에 대한 선박 건조 공정을 분석하고 레이아웃과 관련된 설비관리항목들을 추출하였다. 표 1은 이와 관련한 설비관리항목을 정리한 것으로 주요 항목들의 입출력 관계를 표현하였다.

본 관계 정보를 통해 조선소 생산시스템에 대한 정보 흐름과 구조를 파악할 수 있으며 이는 설비와 레이아웃에 대한 환경영향요인 도출에 사용되며 조선소 생산시스템 자체의 정보를 사용함으로써 전과정평가 수행 결과에 대한 보다 높은 신뢰수준을 확보할 수 있게 한다. 설비관리 항목은 크게 기준정보와 예방수리정보, 고장관리정보로 구분되며 본 연구의 전과정평가에서 수행되는 정보들은

표 1. Components of Shipyard Facility Management System

관리항목/정보	선행정보	후행정보
설비타입코드	-	설비마스터
설비특성코드	-	설비마스터
설비액티비티중구분	-	설비표준 액티비티코드
설비액티비티소구분	-	설비표준 액티비티코드
설비마스터	설비타입코드/ 설비특성코드	설비사용단가/ 설비파트정보/ 설비특성정보/ 설비히스토리/ 설비액티비티 마스터
설비표준액티비티코드	설비액티비티 중/소구분	설비액티비티 마스터
설비액티비티마스터	설비마스터/ 설비표준 액티비티코드	액티비티자재 소요량/ 액티비티세부 작업단위
설비수리계획	설비액티비티 마스터	고장신고관리
고장신고관리	설비수리계획	작업지시실적
작업지시실적	공장신고관리	일일자재투입/ 일일작업상세/ 설비별가동실적

예방수리정보와 고장관리정보형태로 관리되고 있음을 확인하였다. 조선소별로 다소 차이는 있지만 기준정보는 설비의 타입, 특성, 액티비티 마스터, 수리액티비티, 수리이력을 관리하고 있으며 예방수리정보는 설비의 수리계획을 생성, 확정, 수정, 지시하는데 필요한 정보와 수리작업을 지시, 결과, 분석하는데 필요한 정보를 포함하고 고장관리정보는 설비의 고장신고를 접수, 관리, 분석하기 위한 내역을 관리하게 된다.

위 정보들은 조선소의 생산특성을 반영한 작업분류체계(Work Breakdown Structure)를 통해 관리되며 작업분류체계는 관리능력, 담당부서에 따라 상이한 형태를 갖게 된다. 즉, 실제로 관리되는 유형의 정보는 영문 알파벳과 숫자 등의 조합으로 이루어진 고유의 코드로써 존재하며 코드의 구조와 의미를 파악하여 적절히 전과정평가에 필요한 정보로 사상(Mapping)하는 것이 영향요인을 효율적으로 활용하는데 중요한 요소이다.

2.2 조선소 레이아웃 분석

본 연구에서 사용되는 조선소 레이아웃 설계 프레임워크는 송영주 외(2008)에 의해 연구된 것으로 야드 내의 공장, 작업장, 설비의 관점에서 공간과 흐름에 대한 최적 조합을 찾는 데 목적이 있다. 기존의 연구는 조선소의 생산 가능성 검토를 목적으로 하며 작업장별 공정별 생산 능력을 검증하는데 초점을 맞추고 있으며 시뮬레이션 도구를 활용해 레이아웃 결과를 모델링하여 검증하는 과정을 포함하고 있다. 본 연구에서 수행하는 전과정평가 시뮬레이션은 레이아웃을 모듈화하여 모델링하는 것이 그 첫 번째 단계로 조선소 레이아웃을 분석하는데 있어 레이아웃 설계 프레임워크를 활용한 수행과정을 거치게 되며 도출된 모듈은 전과정평가 시뮬레이션 모델에서 개체 요소(Element)로 사용된다.

조선소 레이아웃 분석 프로세스는 기본적인 흐름만을 포함하며 생산 유연성, 확장성, 물류 용이성 등 다양한 변수들에 대한 고려는 생략하고 환경요인에 대한 측정에 초점을 맞추고자 하였다. 이에 주문생산(Job-Shop)형태를 갖는 레이아웃 프로세스만을 선정하여 사용하였으며 그 흐름은 다음과 같다.

우선 조선소가 입지할 토지의 형태(항구 위치, 선대 위치)를 분석하고 풍향 등의 환경 요건을 추출하는 단계로 시작한다. 환경 분석을 마치면 고객의 요구사항을 분석한다. 이후 선대나 도크의 사양, 제품군, 조선소 타입 등을 설정한다. 요구사항에 맞는 주공정을 결정하고 기준 건조 능력을 산출한다. 이때 옥외와 옥내로 나누어 건조 능력

그림 1. Shipyard Layout Analysis Process

을 결정하게 되며 활동 분석을 통해 작업 정보와 단위 및 작업장을 추출한다. 여기서 작업장들은 레이아웃 설계의 단위모듈로 고려되며 모듈간에는 근접도 평가(Activity Relationship Chart)를 수행하게 된다. 이를 통해 각 공장간의 위치를 결정할 수 있다. 공장의 위치가 결정되면 각 공장의 능력과 면적을 결정하여 레이아웃에 적용하며 이에 여유면적과 설비의 추가를 고려하여 최종 레이아웃 모듈을 도출하는 과정을 거친다.(그림 1)

3. 전과정평가 개념 및 적용

3.1 전과정평가 정의

전과정평가(LCA)는 제품 또는 서비스에 관해서, 원료의 조달로부터 제조, 유통, 사용, 폐기, 리사이클에 이르는 라이프 사이클 전체를 대상으로 하여 각 단계에서 투입되는 자원-에너지 및 배출물을 정량적으로 파악하고, 이것들에 의한 환경 영향을 객관적으로 정량화해서 환경 개선 등에 대한 의사결정을 지원하는 과학적이고 객관적인 근거를 줄 수 있는 방법으로 정의된다.

이 개념은 신경순 등(2006)에 따르면 1993년 말 환경 문제에 대한 국제적 관심이 높아짐에 따라 국제표준화기구 ISO가 환경관리에 관한 기술위원회를 설치하고 환경경영에 관한 국제표준인 ISO 14000 시리즈를 개발하면서 나오게 되었으며 최근 환경적으로 건전하고 지속 가능한 개발이라는 명제하에 환경에 미치는 영향을 평가하여 이를 저감, 개선하고자 하는 노력의 일환으로 전과정평가에 대한 연구, 보급이 활발히 진행되고 있다.

3.2 전과정평가의 구성

전과정평가는 목적 및 범위설정, 목록분석, 영향평가, 전과정결과해석의 4단계로 구성되며 그림 2는 이를 표현한 프레임워크다.

그림 2. Framework of Life Cycle Assessment

3.2.1 목적 및 범위설정(Goal and Scope Definition)

목적 및 범위설정 단계에서는 연구의 목적, 범위, 기능 단위 등을 정하는데 연구의 범위 및 정도를 정의한다. 전과정평가는 사용목적에 따라 수집하는 자료, 분석방법, 결과가 다르기 때문에 우선 전과정평가를 어떠한 목적으로 사용할 것인가를 명확히 해야 한다.

3.2.2 목록분석(Inventory Analysis)

목록분석 단계는 상품, 포장, 공정, 물질, 원료 및 활동에 의해 발생하는 에너지 및 천연원료 요구량, 대기오염물질, 수질오염물질, 고형폐기물 배출량 등의 환경 오염부하량 등에 대한 기술적, 통계적 자료구축과정이다.

3.2.3 영향평가(Impact Assessment)

영향평가단계는 목록분석 결과를 이용하여 환경에 미치는 영향을 평가하는 과정이다. 일반적으로 이 단계는 특정한 잠재적인 환경영향들(자원고갈, 지구온난화, 오존층파괴 등) 과 목록 데이터를 연결하고 이들의 영향들을 종합적으로 평가하는 것으로 이해한다.

3.2.4 전과정결과 해석(Life Cycle Interpretation)

이렇게 영향평가까지 마친 전과정평가 결과는 의뢰자에게 결론과 조언의 형태로 전달된다. 이 단계를 전과정결과해석이라고 한다. 전과정 결과해석은 신뢰성을 주기 위해 설계된 정보가 의사결정자에게 원활히 전달되도록 연결시켜 주는 단계이다. 그러므로 결과해석 단계의 적용에 있어서 그 이전의 단계로 다시 돌아가는 반복적인 절차의 수행도 중요하지만 품질기능전개나 전과정 비용평가와 같이 해석의 결과를 이용하는 방향으로 나아가는 것도 매우 중요하다.

3.3 전과정평가의 적용 방안

최근 이러한 전과정평가의 한 분야로 ‘건축물의 전과

표 2. Establishment on the subject of Shipyards Layout

조사대상에 관한 설정 항목	기록 내용
조사 대상의 명칭	대형 조선소 레이아웃
조사 대상의 기능	각종 선박을 건조하는 장소로, 선박 생산 공정에 필요한 강재적치장, 전처리장, 절단공장, 소조립장, 중조립장, 대조립장, 도장공장, 도크, 안벽 등을 포함
조사 대상에 대한 기능 단위	조선소 레이아웃 내 건물에서의 이산화탄소 배출량($kg - CO_2$)
조사 대상에 대한 인벤토리 항목	지구온난화의 원인물질인 CO_2 한정 평가

정평가’ 적용 연구가 활발히 진행되고 있다. 정영선(2008) 등에 따르면 건축물의 경우 어떤 제품보다도 긴 라이프 사이클(기획/계획/설계 - 건설단계 - 사용 및 유지관리단계 - 철거/해체)을 가지며 라이프 사이클 동안 건물에서 사용하는 건축자재와 운용되는 환경에서의 에너지 소비가 크기 때문이다.

따라서 본 연구에서는 여러 건축물의 집합이라 볼 수 있는 조선소의 레이아웃에 대하여 ‘건축물의 전과정평가’ 방식을 참고하여 전과정평가를 적용하였다.

4. 조선소 레이아웃 전과정평가

4.1 전과정평가의 목적 및 범위

본 연구의 목적은 조선소 레이아웃을 대상으로 전과정평가를 수행함으로써 환경영향을 정량화하고 파악하고자 하는데 있다. 이를 위해 한국건설기술연구원(2004)을 참고하여 전과정평가를 수행하는 조사 대상에 관한 몇 가지 설정항목을 표현하였다.(표 2)

4.2 목록 분석(Inventory Analysis)

목록분석은 주어진 제품 체계의 라이프 사이클 동안 입출력의 관계를 정의하고 환경 영향을 정량화하는 과정이다. 조선소 레이아웃의 라이프 사이클은 ‘설계 - 건설 - 사용-유지 관리 - 해체’의 4단계로 구성할 수 있다. 본 연구에서는 4단계 중 사용-유지 관리에 초점을 맞추어 기존 조선소 레이아웃의 환경영향을 평가하고자 한다. 사용-유지 관리에서 사용 단계는 레이아웃 내 공정을 위해 투입되는 에너지를 유지 단계는 사용 단계에서 사용되는 설비들의 사용 장애요인이나 노후 등으로 인해 투입·산출되는 물질과 에너지를 고려하였다.

표 3. Parameter of Inventory analysis for each process

Level 1	Level 2	Level 3
Zone	Process Parameter	Resource Parameter
강재적치장	강재하역	크레인
	강재운송	컨베이어 포크리프트
전처리장	투사	Shot Blasting
	도장	Shop Primer
절단공장	마킹	NC Machine
	절단	가스 토치
		플라즈마 절단기
	가공	프레스
		롤러
		히팅기
소조립장	배재	컨베이어
	취부	용접봉
		절단기
	용접	용접기
		용접봉
	사상	절단기 그라인더
중조립장	이동	포크리프트
	배재	포크리프트
		용접봉
	취부	절단기
		용접봉
	용접	용접기
대조립장	사상	절단기
		그라인더
	이동	컨베이어
		트랜스포터
	취부	용접봉
		절단기
도장공장	배재	트랜스포터
		용접봉
	용접	용접기
		용접봉
	사상	절단기
		그라인더
도크	이동	트랜스포터
	투사	Shot Blasting
	도장	Spray Gun
	도장	Spray Gun
안벽	의장	크레인
		용접봉
		용접기
		절단기
안벽	의장	그라인더
		크레인

그림 3. System boundary of Steel Cutting Zone

구축된 라이프 사이클 단계에 따라서 목록분석 결과를 도출하는 방법으로는 공정 분석을 통한 LCI(Life Cycle Inventory) 구축, Input-Output 분석을 통한 LCI 구축, 앞의 두 방법을 혼합한 형태의 하이브리드 구축 방법 등이 있다. 이들 중 공정 분석을 통한 LCI 구축을 수행하였다.

공정 분석은 공정(Process)과 설비(Resource)가 동시에 고려된 조선소 생산관리 작업분류체계를 활용하여 조선소 레이아웃 내 흐름도(Flow Diagram)를 작성하였고 작성된 흐름도를 토대로 설비를 파라미터로 추출하여 표 3에 나타내었다. 또한 그림 3은 절단공장 내 공정과 설비 자원에 따른 흐름을 표현하였다.

최종적으로는 실제 생산 데이터를 이용하여 파라미터 별 단위 기준의 이산화탄소 배출량까지 도출하는 것이 목록분석의 결과물이나 본 연구에서는 실제 생산통계자료의 부재로 인하여 파라미터를 추출하는 과정까지 수행하였다.

4.3 영향평가(Impact Assessment)

목록분석 결과를 이용하여 환경에 미치는 영향을 종합적으로 평가한다. 일반적으로 환경에 미치는 영향을 평가할 때 최두성(2008)등에 따르면 영향범주를 크게 천연자원(자원고갈), 생태계(지구온난화, 오존층파괴, 광화학 산화물 생성, 산성화, 부영양화, 생태계독성) 및 인간보건(인간독성)의 세 범주로 구분하고 8개의 세부 영향범주를 선정하여 분석한다. 그러나 이번 연구에서는 지구온난화의 영향만으로 범위를 한정하였기에 조선소 레이아웃 내

이산화탄소 배출량을 산출하는 것만으로 이 과정을 진행한다.

이산화탄소 배출량은 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change) 온실가스 추계 방법론을 활용한다. 임정균(2007)에 따르면 총 5단계를 걸쳐서 이산화탄소 대기 배출량을 구하는 수식이 산출되게 되는데 이는 아래와 같다.

$$CO_2 \text{ 배출량} = \text{공통단위로 전환된 연료소모량} = \text{연료소모량(ton/hour)} \times \text{발열량(Kcal/Kg)} \times \text{IPCC 탄소배출계수} \times \text{연소율} \times CO_2 \text{와 탄소간의 질량비}$$

조선소 레이아웃 내 운용단계에서 이를 파악하기 위해서는 각 설비별로 사용되는 연료를 파악하고 연료소모량을 파악하는 작업이 필요하다. 하지만 연료소모량의 경우 실제 조선소에서 사용되는 데이터를 파악하는 것이 현재의 단계에서는 가능하지 않기에 임의로 대체하여 파악한다.

4.4 전과정평가 적용 프로세스 및 시뮬레이션 적용

앞서의 단계를 정리하여 최종적인 적용 프로세스는 그림 4와 같다. 조선소 레이아웃 내 설비들의 시간당 이산화탄소 배출량을 파악하였기에 이를 바탕으로 시뮬레이

션에 적용하기 위한 환경부하 산출식을 도출하였다.

각 설비의 연료소모율은 시간이 흐름에 따라 계속 증가하는데 이는 설비의 수리기간에서 다시 감소한다. 즉, 최종식은 배출량과 수리 주기, 설비의 전체 수명의 함수로 구성된다. 즉, 총 수명주기 동안 설비의 이산화탄소 배출량 식은 다음과 같다. 이러한 환경평가식은 조선소 운영기간에 따른 시뮬레이션 모델을 통해 구체화된다. 본 연구에서는 수학적 시뮬레이션 중 확률적 모델에 대한 고려를 하였으며 조선소의 실제 물류 시스템이나 공정 시스템을 복합적으로 고려하기 위해 이산적인 시간에 일어나는 사건이 시스템의 상태와 성능에 미치는 것을 모델링할 수 있는 이산 사건 시뮬레이션 기법을 선정하였다.

$$Q = \sum_{n=1}^{C/B} [A \times B \times (1 + \frac{(n-1)B}{C} \times (1 - \frac{(n-1)B}{C}))]$$

Q: 총 수명주기 동안 각 설비의 이산화탄소 배출량
A: 월별 설비의 이산화탄소배출량, B: 설비의 수리 주기(단위: 월), C: 설비의 전체 수명(단위: 월)

4.5 조선소 레이아웃 전과정평가 시뮬레이션

조선소 레이아웃 전과정평가 결과의 시뮬레이션을 위해서는 견고하게 정의된 모델 구조 설계와 조선소의 정보를 반영하고 있는 강건한 공장 시뮬레이션 모델이 필요하다. 공장 시뮬레이션 모델은 조선소의 운영기간동안 발생하는 오염배출식을 바탕으로 조선소 레이아웃을 구성하는 실제 공장 객체로써 시뮬레이션 된다.

본 연구에서는 환경정보와 공장 시뮬레이션 모델 정보를 쉽게 통합하기 위해 시뮬레이션 중립모델 기술(Neutral Simulation Model)을 활용하여 시뮬레이션 모델을 생성하게 된다.

시뮬레이션 중립모델은 이기종 시뮬레이터간의 모델 및 정보의 교환을 위한 기술로 다양한 형태로 변형되어 활용되고 있다. 그림 5는 시뮬레이션 중립모델 기술의 데이터 교환포맷과 대표적 시뮬레이션 도구인 Dassault DELMIA QUEST®, SIEMENS emPlant®로의 적용방법을 정리하고 있다. 모델 개발 공수를 줄이기 위해 송영주 등(2009)의 조선소 공장 시뮬레이션 모델 연구를 참조하여 QUEST®를 선정하였으며 이를 전과정평가에 필요한 정보를 추가하여 QUEST® 모델로 자동생성하기 위한 BCL(Batch Control Language) 기반 모델생성 프로그램과 QUEST® 통신 프로그램을 개발하였다. 각 프로그램은 .Net Framework 기술을 통해 구현하였으며 시뮬레이션 중립모델 교환을 위한 타 수행과제를 통해 적용, 검증

그림 4. Shipyard Layout LCA Process

그림 5. Neutral Simulation Data Format

표 4. Shipyard LCA Simulation Model Structure

Item	Description
Block	ID/Name/Dimension/BlockType/PartQty/ ParentItem/Archive/Location
Process	ID/Name/ProcessType/ PreviousWork/ParentWork
Resource	ID/Name/Dimension/ParentStage /InitialStock/RelatedResource/ Location/RepairCycle/ ResourceRelationship[] /LCAAttribute[]
Stage	ID/Name/Dimension /ParentFactory/Location
Factory	ID/Name/Dimension /ParentFactory/Location
Flow	ID/Name/FlowType/TransPorterID/ TransPorterPath/PreviousFlow/ RelatedResource[]
TPPath	ID/Name/ParentFlow/ Length/StartLocation/EndLocation

을 완료하였다.

표 4는 QUEST[®] 시뮬레이션 모델 생성을 위한 정보 구조를 표현하고 있다. QUEST[®]의 정보구조는 PPRS (Product, Process, Resource, Schedule)의 형태를 갖고 있으며 본 시뮬레이션 모델은 PPRS의 구조를 참고하여 전과정평가 레이아웃 결과를 반영하였다.

QUEST[®]의 PPRS 정보 구조는 조선소의 공장 시뮬레이션을 위한 선박정보, 공정정보, 설비정보, 일정계획과 연계가 용이한 형태로 다수의 사례가 보고되었다.

전과정평가 시뮬레이션 모델에서는 일정(Schedule)은 삭제되었고 설비(Resource)를 상세화한 형태로 구조가 설계되었으며 이는 블록(Block), 공정(Process), 설비

(Resource), 작업장(Stage), 공장(Factory), 흐름(Flow), 경로(Transporter Path)의 정보를 담고 있다.

5. 결론

본 연구는 전과정평가를 활용하여 조선소 레이아웃에 대한 환경영향을 파악하고 이를 정량화하는 방법을 제시하였다. 이를 통해 주요 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 기존의 ISO에서 정한 전과정평가 단계를 분석하고, 이를 조선소 레이아웃에 적용하는 방안을 제시하였다.
- (2) 또한 조선소 레이아웃에 대한 분석을 수행하여 환경영향을 파악하는데 용이하기 위한 방안으로 공장-작업장-설비의 3단계의 작업분류체계를 구성하였다. 이를 통해 설비의 운용과정에서의 환경영향을 정량화하는 식을 도출하였다.
- (3) 도출된 환경영향식에 시간의 함수를 적용함으로써 시뮬레이션을 통한 조선소 내 환경영향을 파악하는 것이 가능해졌다.

향후, 실제 조선소에서 사용되는 설비에 대한 데이터베이스 구축을 통해 본 논문에서 제외된 다른 환경영향들을 파악하고 의미 있는 결과를 도출하는 과정이 필요할 것으로 사료된다.

후 기

본 연구는 지식경제부 산업원천기술개발사업 시뮬레이션 기반의 선박 및 해양플랜트 생산기술 개발과제(10035331)의 지원을 받아 수행하였습니다.

참 고 문 헌

1. 신경순 외(2006), *선박 설계 전문가 과정 친환경정정*, 아진서울.
2. 강형석(2008), “PPR 정보 기반의 시뮬레이션 모델 자동 생성에 관한 연구”, 석사학위논문, 성균관대학교.
3. 송영주, 이광국, 이동진, 황인혁, 우종훈, 신중계(2008), “시뮬레이션 기반 조선소 레이아웃 설계 프레임워크”, 대한조선학회, 제45권, 제2호, pp. 202-212.
4. 정영선, 최경석, 강재식, 이승연(2008), “건축물의 환경부하

- 평가를 위한 LCA 프로그램 개발에 관한 연구”, 대한건설학회 논문집, 제24권, 제5호, pp. 259-266.
5. 한국건설기술연구원(2004), “건축물의 LCA 활용 매뉴얼북”, 건설교통부; 한국건설교통기술평가원.
 6. 최두성, 문성환, 조균형(2008), “건축물 열원설비에서의 LCA 적용에 관한 사례연구”, 한국생활환경학회지, 제15권, 제4-2호, pp. 579-587.
 7. 임정균, 이상중(2007), “화력발전소의 발전출력과 Co₂ 대기 배출량 계산”, 한국조명·전기설비학회, 춘계학술대회 논문집, pp. 417-420.
 8. 송영주, 이동건, 우종훈, 신종계(2009), “시물레이션을 이용한 블록조립 공정 능력 분석”, 대한조선학회 논문집, 제46권, 제1호, pp. 43-56.

이 동 건 (imleedk1@snu.ac.kr)

2007 서울대학교 조선해양공학 학사
2007~현재 서울대학교 조선해양공학 석박사통합과정(박사수료)

관심분야 : Discrete Event Simulation, Shipyard Layout, 생산관리, 스케줄링

남 승 훈 (nam8438@snu.ac.kr)

2010 서울대학교 조선해양공학 학사
2010~현재 서울대학교 조선해양공학 석박사통합과정

관심분야 : Discrete Event Simulation, Shipyard Layout, Digital Manufacturing

신 종 계 (jgshin@snu.ac.kr)

1977 서울대학교 조선해양공학 학사
1979 서울대학교 조선해양공학 석사
1988 Massachusetts Institute of Technology Ocean Engineering Ph.D.
1997~현재 서울대학교 조선해양공학과 교수

관심분야 : Discrete Event Simulation, Digital Manufacturing, 생산관리, 스케줄링