



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

지리정보시스템기반의 조선소 블록 물류 시뮬레이션에 관한 연구

A study on the Block Logistics Simulation of Shipyard based
on Geographic Information System

지도교수 우종훈

2017년 2월

한국해양대학교 대학원

조선해양시스템공학과
임현규

본 논문을 임현규의 공학석사 학위논문으로 인준함.

위원장 남 중 호 (인)

위 원 이 승 재 (인)

위 원 우 중 훈 (인)



2017년 2월

한국해양대학교 대학원

목 차

List of Tables	iv
List of Figures	vi
Abstract	ix

1. 서 론

1.1 연구 배경	1
1.1.1 조선업의 생산 환경	3
1.1.2 지리정보시스템(GIS; Geographic Information System)	5
1.2 관련 연구 동향	7
1.2.1 블록 물류 시뮬레이션 연구 사례	7
1.2.2 지리정보시스템을 활용한 연구 사례	8

2. 지리정보시스템(GIS) 분석 및 설계

2.1 지리정보시스템 표준	11
2.1.1 ISO(International Organization for Standardization)	12
2.1.2 OGC(Open Geospatial Consortium)	14
2.2 ArcGIS 솔루션	16
2.3 지리정보구조 설계	18
2.3.1 조선소 물류 분석에 필요한 기능 도출	18
2.3.2 물류 분석을 위한 지리 구조 설계	21

3. 지리정보시스템 변환

3.1 조선소의 지리정보시스템 체계 분석	30
3.1.1 지리정보시스템 체계 분석	30
3.1.2 형상정보 분석	31
3.1.3 속성정보 분석	31
3.2 지리정보시스템 변환로직 정의 및 적용	35
3.2.1 시뮬레이션 변수 정의	35
3.2.2 지리정보시스템 변환로직 정의	46
3.2.3 지리정보시스템 변환 Adapter 개발	50

4. 조선소 모델링

4.1 작업장/적치장/도로 모델링	57
4.1.1 계층 구조의 조선소 모델 생성	61
4.1.2 단위 모델 구현	65
4.1.3 시뮬레이션 모델 구현	72

5. 물류 시뮬레이션 결과 분석

5.1 시뮬레이션 부하 분석	74
-----------------------	----

6. 결론

6.1 연구 결론	78
6.2 향후 과제	78

참고문헌	80
------------	----

부록 A	82
------------	----

List of Tables

Table 1	Information of the boundary and dimension in Geometry class	14
Table 2	Detail description of extraction item	17
Table 3	Detail description of logistics module	24
Table 4	Description of object information for block logistics analysis	25
Table 5	Relation of schema, physical space and GIS	28
Table 6	Description of shape information	31
Table 7	Description of attributes in LOTMIDDLE layer	32
Table 8	Description of attributes in LOTSMALL layer	33
Table 9	Description of attributes in ROADCENTERLINE layer	34
Table 10	Definition of simulation variable	36
Table 11	Description of six attributes	37
Table 12	Definition of method for IAdapterFile	51
Table 13	Definition of method for IAdapterLogic	54
Table 14	Mapping attributes of LOTMIDDLE and simulation variable	58
Table 15	Mapping attributes of LOTSMALL and simulation variable ..	59
Table 16	Mapping attributes of ROADCENTERLINE and simulation variable	60
Table 17	The process of creating a simulation model	64
Table 18	Storage location of simulation data	67
Table 19	Data of test model for LOTMIDDLE	69
Table 20	Sample data of test model for LOTSMALL	69
Table 21	Sample data of test model for ROADCENTERLINE	70

List of Tables

Table 22 Process information in master plan data	82
Table 23 Product information in master plan data	83



List of Figures

Fig. 1 Framework of process-centric DES simulation engine(Shipyard One™)	2
Fig. 2 Compare the resource centric modeling and process centric modeling	4
Fig. 3 Sample of attribute data in spatial	6
Fig. 4 Steps to build logistics information system using GIS	9
Fig. 5 Hierarchy structure for selection of suitable land	10
Fig. 6 Features of ISO and OGC	11
Fig. 7 Geometry class hierarchy of ISO	13
Fig. 8 Geometry class hierarchy of OGC	15
Fig. 9 Sample of the object inheritance structure for the transportation	16
Fig. 10 Shipbuilding process flow	19
Fig. 11 Transportation facilities in shipyard	20
Fig. 12 Limitation of process centric modeling for logistics simulation	22
Fig. 13 Add logistics module in process centric modeling	23
Fig. 14 Schema for the spatial data structures	26
Fig. 15 Layer classification of shipyard GIS	29
Fig. 16 Six attributes for advanced simulation	37
Fig. 17 Procedure for logistics simulation model creation of process centric	38
Fig. 18 Definition of logistics group	39

List of Figures

Fig. 19 Explanation of logistics group	39
Fig. 20 Setting of priority stock area	40
Fig. 21 Explanation of region	41
Fig. 22 Type of arrangement	42
Fig. 23 Explanation of arrangement type	43
Fig. 24 Explanation of area type	44
Fig. 25 Explanation of transportable road	45
Fig. 26 Algorithm for creation of area using lotmiddle	47
Fig. 27 Algorithm for creation of area using LOTSMALL	48
Fig. 28 Procedure of conversion GIS data into schema	49
Fig. 29 Component diagram of GisImporter	50
Fig. 30 Interface breakdown of IAdapterFile	51
Fig. 31 Component diagram of GisEditor	52
Fig. 32 Object model of IAdapterLogic	53
Fig. 33 Interface breakdown of IAdapterLogic	54
Fig. 34 Class diagram of GisImporter and GisEditor	55
Fig. 35 Sequence diagram of GisImporter and GisEditor	56
Fig. 36 Hierarchy of shipyard model	62
Fig. 37 Creation of a hierarchical model with spatial and attribute data	63
Fig. 38 The Process of creating a simulation model(UI)	65

List of Figures

Fig. 39 Implementation of unit model	68
Fig. 40 Result of unit model for creation of simulation model	71
Fig. 41 Result of simulation model	73
Fig. 42 WIP/inventory count in yard	75
Fig. 43 Transporter usage count	76
Fig. 44 Frequency of transporter moving roads	77
Fig. 45 Reconfiguration of master plan data	83
Fig. 46 Procedure of dijkstra algorithm	84
Fig. 47 6 factors and simulation result	85
Fig. 48 Block logistics simulation log - Schedule	86
Fig. 49 Block logistics simulation log - Facility	86
Fig. 50 Block logistics simulation log - Space	87
Fig. 51 Block logistics simulation log - Product	87
Fig. 52 Traffic situation of transporter in shipyard from block logistics results	88
Fig. 53 Logistics distance of each product	88
Fig. 54 Transporter working count and ratio	89
Fig. 55 Integrated logistics process	90

A study on the Block Logistics Simulation of Shipyard based on Geographic Information System

Lim, Hyun Kyu

Department of Naval Architecture and Ocean Systems Engineering

Graduate School of Korea Maritime University

Abstract

조선소의 생산 프로세스는 일반 제조업에 비해 복잡한 생산방식을 가지고 있기 때문에 전통적인 시뮬레이션 방법으로는 표현하기 어려운 점이 존재한다. 이를 해결하기 위한 시뮬레이션 방법론에 대한 연구가 지속적으로 진행되고 있는데, 그 중 하나가 공정중심(Process Centric)의 DES 시뮬레이션 방법론이다. 공정중심 DES 시뮬레이션의 경우 복잡한 액티비티 네트워크로 구성되는 선박 건조 공정을 모델링하고 시뮬레이션 하는데 있어 설비중심의 시뮬레이션과 비교하여 모델링의 난의도와 시뮬레이션 수행시간에 있어 장점을 지니고 있다. 하지만 공정중심 방법론의 단점은 액티비티 네트워크 중심으로 시뮬레이션을 수행하기 때문에 설비들 간의 물류(Logistics)를 분석하는데 한계가 있다. 즉, 물류 분석을 위해서는 제품이 설비를 이용하여 운송되는 시간과 운송설비, 이동경로와 관련된 결과가 도출되어야 하는데 액티비티 네트워크로 모델이 구성되는 공정중심 방법론에서는 그 자체만으로는 물류 거동에 대한 고려가 불가능하다. 따라서 본 연구에서는 공정중심 DES 시뮬레이션 환경에서 물류 분석이 가능한 방법론을 제안하고, 물류 분석을 위해 지리정보시스템(GIS; Geographic Information System)의 표준을 바탕으로

물류 시뮬레이션을 위한 지리정보 구조를 정의하였다.

오늘날 지리정보시스템은 일상생활과 다양한 산업 분야에서 사용되고 있지만, 조선소에서는 단순히 야드 레이아웃을 관리하는 정도로만 활용되고 있다. 중소형 조선소의 경우 지리정보시스템이 구축되어 있는 조선소가 극히 드물며, 대형 조선소 또한 제대로 구축되어 있지 않거나 구축되어 있더라도 지리정보시스템을 제대로 활용하지 못하고 있는 상황이다. 지리정보시스템을 보다 생산적인 목적으로 활용하기 위해 본 연구에서는 조선소 블록 물류를 검증하고 개선할 수 있는 시뮬레이션 시스템 구축에 지리정보시스템을 적용하는 방안에 대한 연구를 진행하였다. 현재 조선소의 블록 물류는 일반적으로 실행 계획 단계에서 일일 단위의 물류 계획에 대해서만 관리가 되고 있다. 하지만 일일 단위의 계획이기 때문에 돌발 상황에 대해 즉각적으로 대응하기 힘들고, 그 이상의 부가가치를 판단할 수 있는 적용은 미흡한 상황이다. 따라서 본 연구에서는 중장기적으로 작성되는 기준 계획 단계에서 중장기 야드 블록 물류를 검증하고 개선할 수 있는 블록 물류 시뮬레이션에 활용하기 위해 지리정보시스템에 내재된 형상 및 속성 정보를 바탕으로 공장과 도로의 공간 및 속성 정보 생성을 하였다. 또한 생성한 지리정보를 활용하여 물류 현황 파악과 작업장/적치장의 부하 분석, 배원/배량 계획 관점에서 전반적인 물류 개선에 기여하고자 한다.

본 연구에서 제안하는 지리정보 구조는 공정중심 DES 시뮬레이션 플랫폼에 탑재가 되어 공정과 물류 모듈 사이의 정보교환을 위한 인터페이스 역할을 하게 된다. 정보교환을 통해 As-Is 모델을 생성하여 시뮬레이션 결과를 확인하고, 지리정보시스템의 정보를 변경하여 다양한 시나리오에 따라 변화되는 모델을 라이브러리로 구축하여 기준 계획에 따라 변화되는 결과의 확인이 용이할 수 있도록 하였다.

KEY WORDS: DES Simulation 이산사건시스템 시뮬레이션; Process centric 공정중심; Shipyard 조선소; Geographic information system 지리정보시스템; Block logistics 블록물류.

제 1 장 서 론

1.1 연구 배경

최근 조선 및 해양플랜트 산업이 어려워짐에 따라 납기 준수 및 생산성 향상을 위한 노력을 하고 있다. 선박을 건조함에 있어 가장 큰 문제점은 계획한 일정에 비해 실제로 작업이 이루어지지 않아 잦은 계획 수정을 진행하고, 이에 따라 정확한 일정 관리가 되지 않는 점이다. 또한 명확한 프로세스가 구축되어 있지 않아 작업을 진행하지 않는 경우에는 지연 정도를 정확히 알 수 없는 실정이다.

오늘날 지리정보시스템(GIS; Geographic Information System)은 일상생활과 다양한 산업 분야에서 사용되고 있지만, 조선소에서는 단순히 전체 야드의 레이아웃을 관리하는 정도로만 활용되고 있다. 중소형 조선소의 경우 지리정보시스템이 구축되어 있는 조선소가 극히 드물며, 대형 조선소 또한 지리정보시스템을 제대로 활용하지 못하고 있는 상황이다. 조선소의 생산 환경은 대규모의 작업 공간을 활용하여 선박 및 해양 물량을 생산하고 있으며, 선주의 요구사항에 따라 프로젝트 성으로 다양한 제품을 제작하고 있다. 하지만 특정 기간 동안 한 척의 선박을 제작하는 것이 아니기 때문에 생산 일정이 복잡하고, 한정된 공간에서 여러 척의 선박을 생산하기 때문에 공간과 설비에 대한 제약사항이 존재한다. 또한, 현재까지 구축된 물류를 수정하는데 막대한 비용이 소요되며, 이를 검증할 수 있는 수단이 부족한 상황이다. 본 연구에서는 지리정보시스템을 보다 생산적인 목적으로 활용하기 위해 조선소 블록 물류를 검증하고 개선할 수 있는 시뮬레이션 시스템 구축에 지리정보시스템을 적용하는 방안에 대한 연구를 진행하였다(임현규 등, 2016).

조선소의 블록 물류는 일반적으로 실행 계획 단계에서 일일 단위의 물류

계획에 대해서만 관리되고 있다. 하지만 일일 단위의 계획이기 때문에 돌발 상황에 대해 즉각적으로 대응하기 힘들고, 그 이상의 부가가치를 판단할 수 있는 적용은 미흡한 상황이다.

따라서 본 연구에서는 중장기적으로 작성되는 기준 계획 단계에서 야드의 블록 물류를 검증하고 개선할 수 있도록 프로세스 중심 DES 시뮬레이션 엔진인 Shipyard One™을 이용하여 지리정보시스템에 내재된 형상정보와 속성정보를 시뮬레이션 모델로 생성하는 연구를 진행하였다(Fig. 1). 이를 바탕으로 조선소의 블록 물류 현황 파악과 작업장, 적치장, 도로의 부하 분석, 배원/배량 계획 관점에서의 전반적인 물류에 기여하고자 한다. 또한 지리정보시스템에서 정보 수정을 통해 별도의 새로운 모델을 구축할 필요 없이 다양한 케이스의 시뮬레이션을 진행하여 빠른 시간 내에 다양한 결과를 확인할 수 있도록 한다.

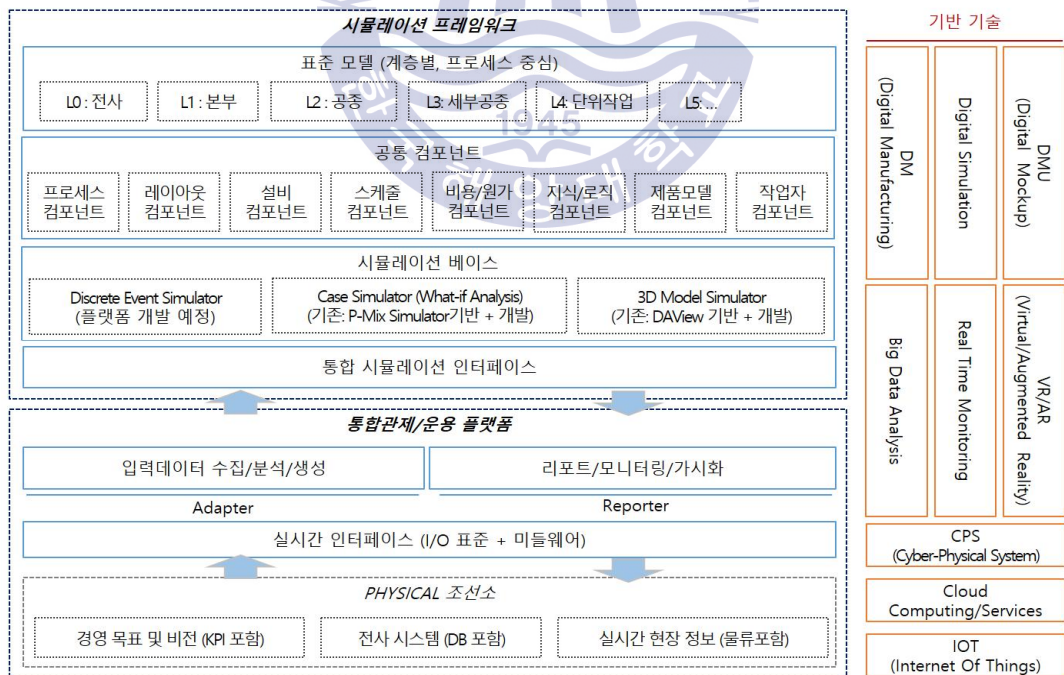


Fig. 1 Framework of process-centric DES simulation engine(Shipyard One™)

1.1.1 조선업의 생산 환경

과거 조선업은 선박의 크기와 중량 등의 제약조건 때문에 고정된 장소에서 하나의 호선을 제작하였다. 하지만 기술의 발전과 동시 호선 건조에 따라 조립 블록으로 분할하여 제작하고, 대형블록, PE 블록 등의 과정을 거쳐 탑재되는 형태의 생산 공법을 도입하게 되었다. 블록 분할을 통해 크기와 중량의 제약조건을 극복할 수 있게 되었고, Job shop과 Flow shop 방식을 적용하여 서로 다른 장소에서 가공, 조립, 도장, 의장, PE 등의 공정을 수행할 수 있게 되어 생산성을 향상시키고 있다(손정열 등, 2014).

일반 제조업의 생산 계획은 MRP(Material Requirement Planning & Manufacturing Resource Planning) 방법론에 기반 하여 무한 생산능력(Infinite Capacity)과 고정 리드타임(Fixed Leadtime) 조건에서 수립이 되어 오고 있다.¹⁾ 반면 조선업의 경우는 대표적인 프로젝트 생산 유형이기 때문에 동일한 제품을 생산하더라도 작업장과 투입 인력, 사용 설비 등에 따라 생산능력이 차별화되고 이에 따라 리드타임 또한 변동성을 가지게 된다. 또한 선박 건조과정은 이러한 한계와 변동성 외에 장시간에 걸쳐 여러 단계의 프로세스가 복합적으로 구성되어 있기 때문에 일관된 생산계획의 수립이 어려운 상황이다(우상복 등, 2003).

조선 및 해양플랜트 산업은 일반적으로 수주를 바탕으로 다양한 선종을 생산하는 ETO(Engineering to Order) 형태의 제작 방식을 가지고 있다(이동건과 오대균, 2015). 자동차나 반도체와 같이 대량생산을 주로 하는 일반 제조업에서는 제품을 기준으로 생산라인을 결정하고 어떠한 제품이 생산되는지에 대해 중점을 두고 있다. 반면, 조선 및 해양플랜트 산업에서는 프로젝트 성으로 다양한 제품을 생산하기 때문에 생산 프로세스에 중점을 두고 제품을 생산한다. 또한 조선소의 생산 프로세스는 일반 제조업에 비해 복합적인 생산방식을 지니고 있기 때문에 생산 능력을 갖춘 설비에 공정 및

1) 최근 다품종 다량생산으로 제조 패러다임이 변화하면서 많은 제조업의 계획에 유한 생산능력, 변동 리드타임을 고려할 수 있는 APS 방법론의 적용이 확대되어 가고 있음.

제품을 할당하는 방식의 전통적인 시뮬레이션 방법으로는 표현하기 어려운 점이 존재한다(백명기 등, 2013).

다양한 제품을 생산하고 제품별로 서로 다른 공정이 수행되는 조선소 생산 프로세스에 설비중심의 시뮬레이션을 사용할 경우, 발생할 수 있는 모든 공정을 모델링한 뒤 공정에 존재하는 모든 설비를 모델링하여야 하고, 설비들 간의 연결을 수작업으로 진행하여야 한다. 또한 새로운 설비를 추가하거나 변경하는데 있어 많은 공수가 들어가며, 이는 Job shop 방식을 사용하는 조선소에 적용하기 어렵다.

이를 해결하기 위한 시뮬레이션 방법론 중 하나로 공정중심(Process Centric)의 DES 시뮬레이션이 있다(Fig. 2). 공정중심 DES 시뮬레이션의 경우 복잡한 액티비티 네트워크로 구성되는 선박 및 해양플랜트 건조 공정을 모델링하고 시뮬레이션 하는데 있어 설비중심의 시뮬레이션과 비교하여 모델링의 난이도와 시뮬레이션 수행시간에 있어 장점을 지니고 있다(권기욱 등, 2015).

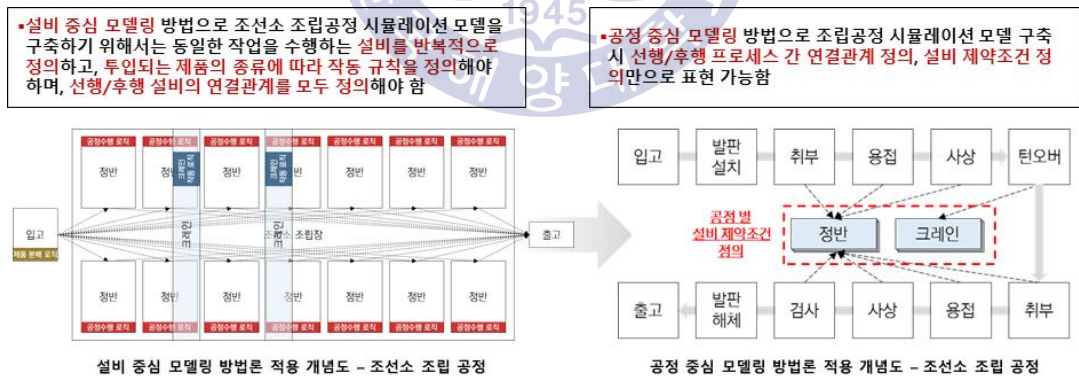


Fig. 2 Compare the resource centric modeling and process centric modeling

하지만, 공정중심 방법론의 단점은 액티비티 네트워크를 중심으로 시뮬레이션을 수행하기 때문에 공정과 공정 사이에 발생할 수 있는 설비들

간의 물류(Logistics)를 분석하는데 한계가 있다. 즉, 물류 분석을 위해서는 제품이 설비 간에 운송되는 시간과 운송설비, 이동경로와 관련된 결과가 도출이 되어야 하는데 액티비티 네트워크로 모델이 구성이 되는 공정중심 방법론에서는 그 자체만으로는 물류 거동에 대한 고려가 불가능하다. 따라서 본 연구에서는 공정중심 DES 시뮬레이션 환경에서 물류분석이 가능할 수 있는 방법론을 제안하고, 지리정보시스템이 반영된 물류분석을 가능하게하기 위해 지리정보 구조를 정의하였다.

1.1.2 지리정보시스템(GIS; Geographic Information System)

지리정보시스템(GIS; Geographic Information System)은 공간에 대한 정보를 수집(Collection), 관리(Management), 분석(Analysis)할 수 있는 시스템으로 방대한 공간 정보를 시스템에 데이터베이스화하여 사용자가 원하는 목적에 따라 결과물을 생산, 활용할 수 있는 시스템이다. 일반적으로 지리정보시스템은 공간 정보와 속성 정보로 이루어져 있다. 공간 정보는 지형의 면적, 위치 등의 정보가 포함되어 있으며, 속성 정보에는 해당 공간의 이름, 지역 등의 추가적인 설명이 포함된다.

지리정보시스템의 표준에는 ISO(International Organization for Standardization)와 OGC(Open Geospatial Consortium)가 있다. ISO는 국가의 공식적인 표준 기구가 모여 지리정보시스템의 기반이 되는 표준을 개념적으로 정의하고 개발한 것이 목표이며, OGC는 지리정보와 관련된 민간 기업에서 지리정보의 실질적인 활용을 위해 사실상 표준을 개발하는 것을 목표로 한다(이상훈과 이우식, 2012). 본 연구에서는 ISO와 OGC에서 제정한 다양한 표준을 지원하는 Esri사의 ArcGIS 솔루션을 사용하여 조선소의 지리정보시스템을 구축하였다.

지리정보시스템은 일반적으로 공간의 면적과 위치정보(위도/경도) 등의 지리학적 특징을 나타내는 형상정보와 해당 공간의 이름, 상태, 행정구역, 주소

등 공간의 추가적인 정보를 나타내는 속성정보로 구성된다. 지리정보시스템을 활용한 서비스의 대표적인 예로 네이버, 다음, 구글 등에서 제공하는 지도와 길찾기 서비스가 있다. 지도 서비스에서는 조건에 맞는 목적지를 검색할 수 있으며, 주소/전화번호/홈페이지 등 해당 공간의 정보를 확인할 수도 있다(Fig. 3).



Fig. 3 Sample of attribute data in spatial

길찾기와 관련된 내비게이션 분야에서는 실시간 교통량 정보를 수집/관리/분석하여 정체 정도를 색상 별로 가시화하여 활용하고 있으며, LOD(Level of Detail)을 이용하여 축척에 따라 나타나는 지리정보 수준의 변화를 확인할 수 있다. 최근에는 지리정보시스템을 활용한 3D 실내 공간 지도 서비스가 활성화되어 건물의 외곽뿐만 아니라 내부에 입점 되어 있는 가게에 대한 정보, 층별 정보 및 비상구 위치 등의 Indoor Map 서비스를 제공해주고 있다(조용주 등, 2009).

1.2 관련 연구 동향

1.2.1 블록 물류 시뮬레이션 연구 사례

한국 조선업은 규모의 경제를 바탕으로 급격하게 성장하였다. 다른 나라에 비해 큰 규모를 가지고 있는 한국 조선소들은 대량 건조와 모듈화, 일관성 있는 생산을 통해 납기 단축 및 원가절감의 효과를 이끌어 냈다(김양민, 2008). 선박 및 해양 구조물의 선체는 크기가 크고 복잡하기 때문에 다수의 블록으로 분할하여 조립한 후 각각의 블록들을 조립하여 완성한다. 블록 생산은 강재입고에서부터 가공, 조립, 도장, 의장, PE 등 다양한 단계의 공정을 거친 후 완성된다. 일반적으로 조립 이후 단계에서 블록 물류가 발생하며, 트랜스포터를 이용하여 블록을 운반한다. 하지만, 각 공정에서의 작업 시간이 서로 다르기 때문에 극히 소수의 블록들만 JIT(Just in Time) 방식의 작업을 진행한다. 따라서 작업이 끝난 대다수의 블록들은 작업장이 아닌 적치장으로 이동하게 되고, 이때 물류가 발생하게 된다.

대형조선소에서는 과거부터 야드 레이아웃 변경에 따른 물류 개선과 투자 효과를 정량적으로 알기 위해 블록 물류 시뮬레이션을 진행하였다. 이춘재 등(2007)은 조선소 옥외 물류 분석을 위해 이산 사건 시뮬레이션을 수행하였다. 옥외 물류 흐름을 분석하기 위해 시뮬레이션 모델을 구축하였고, PPR(Product, Process and Resource) 분석 및 설계를 통해 시뮬레이션에 필요한 변수를 정의하였다. 또한, 적치장에서의 블록 배치와 트랜스포터를 이용한 이동에 관한 로직을 구현하여 실제 계획 일정과 시뮬레이션 결과를 비교를 통해 타당성을 검증하였다.

또한, 송창섭과 강용우(2009)는 블록 물류 시뮬레이션을 위해 DELMIA QUEST를 사용하여 데이터베이스에 저장된 생산 계획 데이터를 가져오고, CAD 데이터를 바탕으로 시뮬레이션 레이아웃을 구축하였다. 생산 계획 데이터를 현재 야드 기준으로 생성된 모델과 현재 야드에서 일부를 개선한 야드에서 시뮬레이션 영향 평가를 진행하였으며, 적치장, 트랜스포터, 도로에 대한

부하를 분석하였다.

허예지 등(2012)은 조선소에서 블록 물류 흐름을 원활하게 하기 위해 A* 알고리즘을 이용하여 트랜스포터의 블록 최단 운송 경로를 계산하였다. 예상치 못한 작업 지연, 트랜스포터의 고장 등으로 인해 운송 경로를 지나지 못할 경우, 다른 모든 트랜스포터의 블록 운송 계획에 차질이 생기게 된다. 이를 해결하기 위해 알고리즘 고도화를 진행하여 경로 계산에 소요되는 시간을 초단위로 단축하였으며, 실시간으로 최단 경로를 반영할 수 있도록 하였다.

12.2 지리정보시스템을 활용한 연구 사례

GIS를 이용해 문제해결을 하고자 하는 연구는 다양한 형태로 진행되어 왔다. 양인태 등(1996)은 교통영향 평가를 위해 자료와 그래픽은 물론 중첩 분석이 가능한 GIS를 적용하였다. 토지 이용현황과 도로망 현황, 교통량 현황 등과 같은 GIS 정보를 삽입, 삭제, 중첩하여 주변 교통 환경에 대한 특성을 파악하였고, 전체적인 문제점 파악 및 개선 방안을 제시하였다. 또한 가로와 교차로의 교통량 파악 및 설정된 서비스 수준과 비교분석으로 개선해야 할 실제적 데이터를 획득 가능하게 하였다.

심종익(2009)은 합리적인 학교배정을 위하여 GIS를 기반으로 하는 의사결정 시스템을 제안하였다. 통학의 편의를 고려하여 학생의 집 근거리에 존재하는 학교에 배정하는 것을 원칙으로 하였다. 해당 연구는 행정 편의주의적 배정과 부정확한 근거리표에 의해 결정되었던 배정 문제를 GIS 공간분석 기법을 이용하여 3가지 배정 방안을 고려한 시뮬레이션을 통해 배정을 위한 의사결정을 도와주었다.

장남식(2011)은 K통신사를 대상으로 시장분석 및 영업관리 역량 강화를 위해 GIS를 적용하였다. GIS 영업지원 시스템 구축을 통해 주거블록 별 영업 현황 파악이 가능해졌고, 시장 세분화 및 고객 타겟팅 기반이 구축되었으며, 약정 정보 등을 활용한 선행적 고객관리가 가능하게 되었다. 이를 통해 담당 구역에

대한 경쟁상황 파악 및 타겟 영업 지역 선정이 용이해졌고, 소요 비용 및 시간이 절약되는 것을 알 수 있었다.

임해용(2002)은 국내의 산업발달과 생산량 증대 및 정보기술의 발전으로 물류 운송활동이 복잡화되고, 이에 따라 물류비용의 비중 역시 5~20%를 차지하는 것을 확인하였다. 이는 다른 선진국에 비해 매우 큰 비중을 차지하고 있으며, 물류 운송 활동의 비효율성과 물류 정보시스템에 대한 활용이 부진하다고 판단하였다. 이를 해결하기 위해 현재의 지형지물과 도로상태 등의 현실적인 요소들을 고려한 GIS를 물류시스템에 적용함으로써 도로 네트워크상에서 화물을 적재한 차량이 경로를 따라 운행하도록 설계할 수 있으며, 실시간 운행 차량 조회를 통해 배송 상태에 대한 통제가 가능하도록 하였다. 해당 논문에서 진행 절차를 요약하면 Fig. 4과 같다.

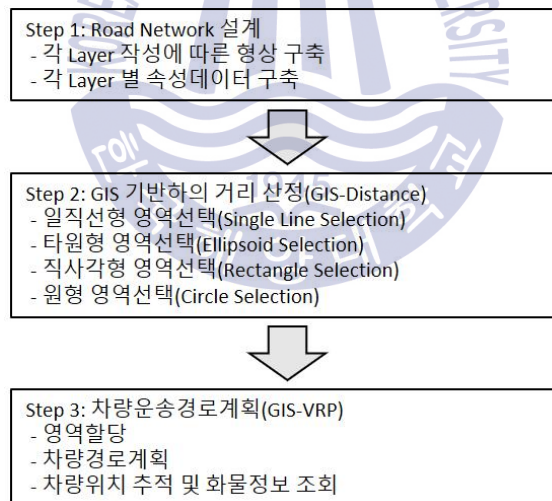


Fig. 4 Steps to build logistics information system using GIS

한승희(2011)는 계층적 GIS분석 모델링에 의한 주거지개발 적지선정 공간분석을 실시하여 대상지역 내 최적의 주거지역 선정을 합리적으로 결정하는 연구를 진행하였다. 적지선정 조건과 의사결정요소들을 유기적으로

고려하여 정량적 & 정성적인 평가지표를 만들고 요소들 간의 가중치를 부여하여 우선순위를 배정하였으며, 주거지 적지선정을 위한 계층도를 속성데이터베이스와 공간데이터베이스로 구분하여 기준을 세분화하였다. 적지선정을 위한 계층도는 Fig. 5와 같다.

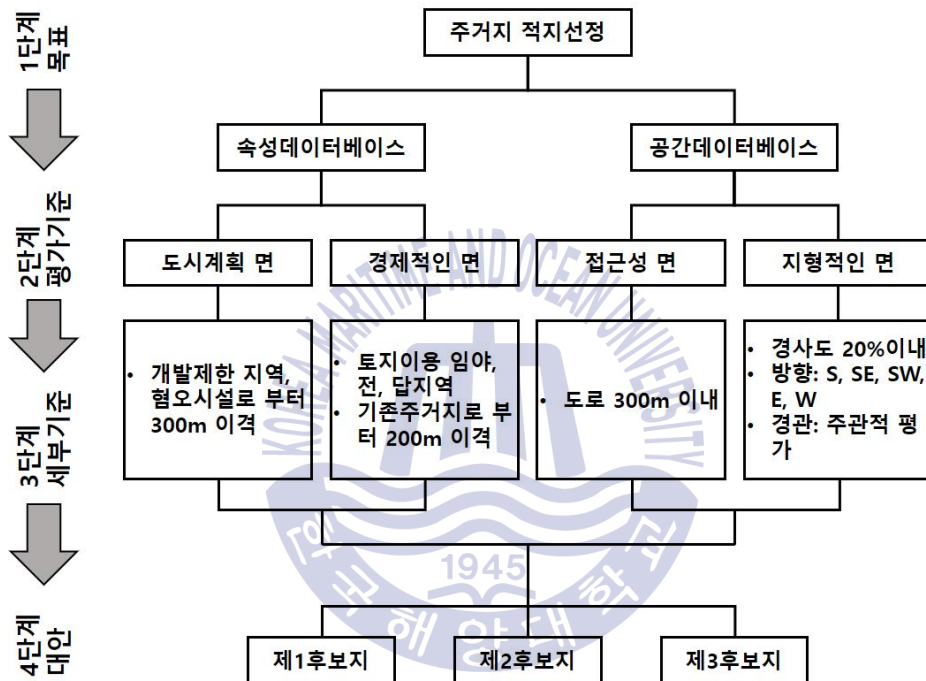


Fig. 5 Hierarchy structure for selection of suitable land

제 2 장 지리정보시스템(GIS) 분석 및 설계

2.1 지리정보시스템 표준

조선소 생산 시뮬레이션의 물류분석을 위한 지리정보 구조를 정의하기 위해 지리정보시스템 표준 기반의 데이터 구조에 대하여 분석하였다. 지리정보시스템의 표준으로는 ISO(International Organization for Standardization)와 OGC(Open Geospatial Consortium)가 있다. ISO와 OGC의 특징을 비교하면 Fig. 6와 같다.

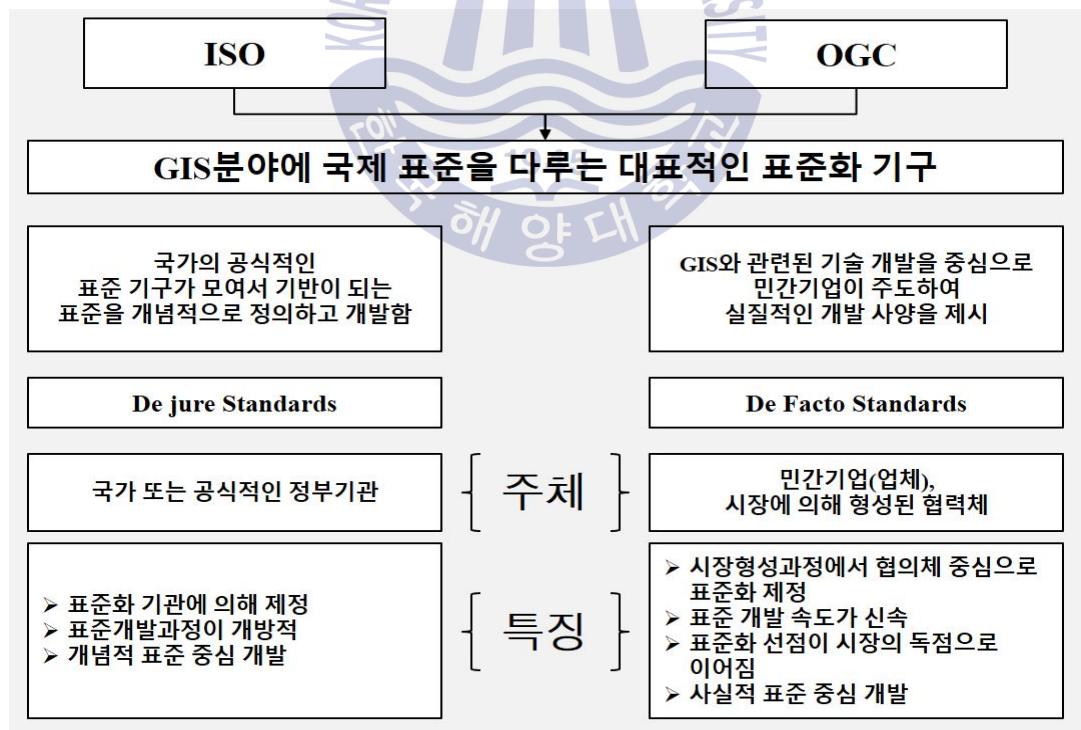


Fig. 6 Features of ISO and OGC

본 연구에서는 ISO와 OGC, Esri의 ArcGIS를 대상으로 데이터 구조를 분석하였다.

2.1.1 ISO(International Organization for Standardization)

ISO는 국가의 공식적인 표준기구가 모여서 기반이 되는 표준을 개념적으로 정의하고 개발하기 위한 표준화 기구로서, 국가 또는 공식적인 정부기관이 표준화 기관으로 선정되어 개념적인 표준을 개발한다. ISO의 Geometry 클래스 계층 구조는 Fig. 7과 같다.



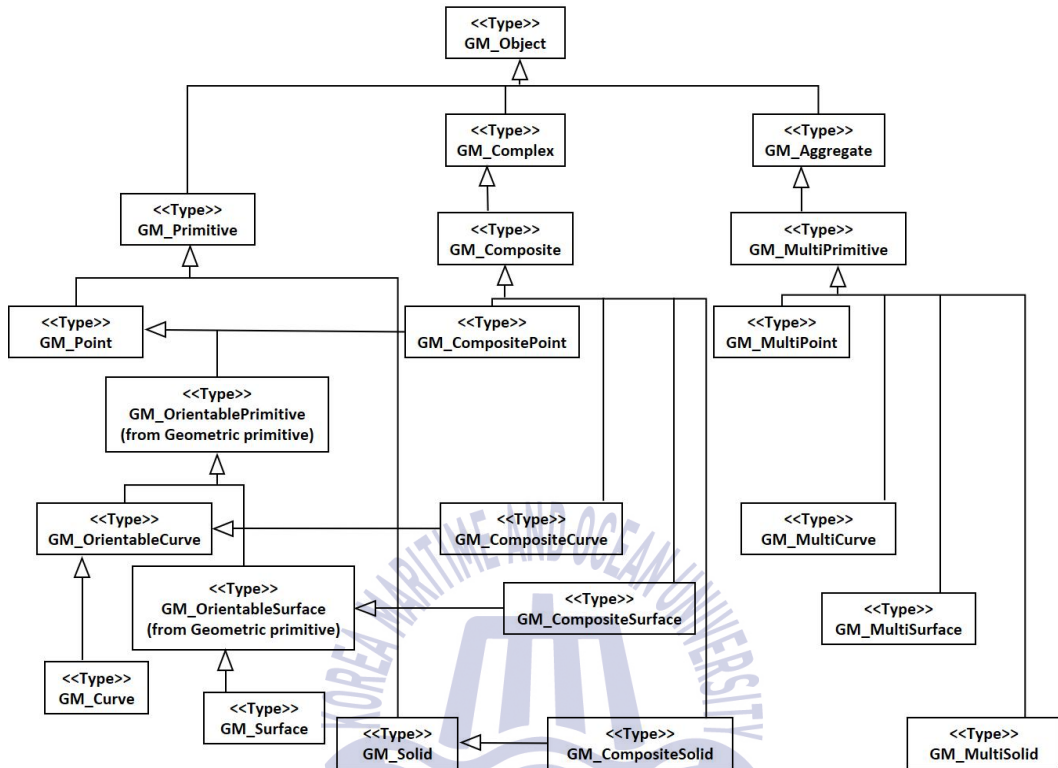
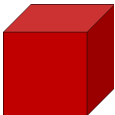


Fig. 7 Geometry class hierarchy of ISO

ISO의 경우 GM_Object 클래스 하위에 Point, Curve, Surface, Solid 등의 형상정보를 나타낼 수 있는 클래스를 정의하였고, 차원 및 경계를 이루고 있는 기하학적인 요소를 확인할 수 있도록 하였다. Point의 경우 공간상에서 하나의 점 형태로 표현되기 때문에 0차원이고, Point의 경계가 존재하지 않는다. 반면 1차원의 정보를 가지고 있는 Curve는 Point와 Point를 연결하여 하나의 선 형태로 구성되어 있으며, Curve는 Point의 집합으로 구성된다. 그렇기 때문에 Curve의 경계는 Point로 구성된다. 2차원, 3차원 정보를 나타내는 Surface와 Solid도 이와 유사한 형태로 정의되어 있으며, 정의된 클래스 별 차원정보와 경계를 이루고 있는 기하학적인 요소를 정리하면 Table 1과 같다.

Table 1 Information of the boundary and dimension in Geometry class

형상정보	차원	경계	예
Point	0	Empty	●
Curve	1	Point	● — ●
Surface	2	Curve	
Solid	3	Surface	

2.1.2 OGC(Open Geospatial Consortium)

OGC는 GIS와 관련된 민간 기업이 협력하여 만든 표준화 기구로서, 사실상 표준(또는 업계 표준)이라 불린다. 지리정보와 관련된 민간업체 등에서 실질적인 활용을 위해 표준화 기구를 만들고 표준화를 추진하였다. OGC는 해당 시장에서 사용할 실질적인 표준 개발을 목표로 하고 있으며, OGC의 Geometry 클래스 계층 구조는 Fig. 8과 같다.

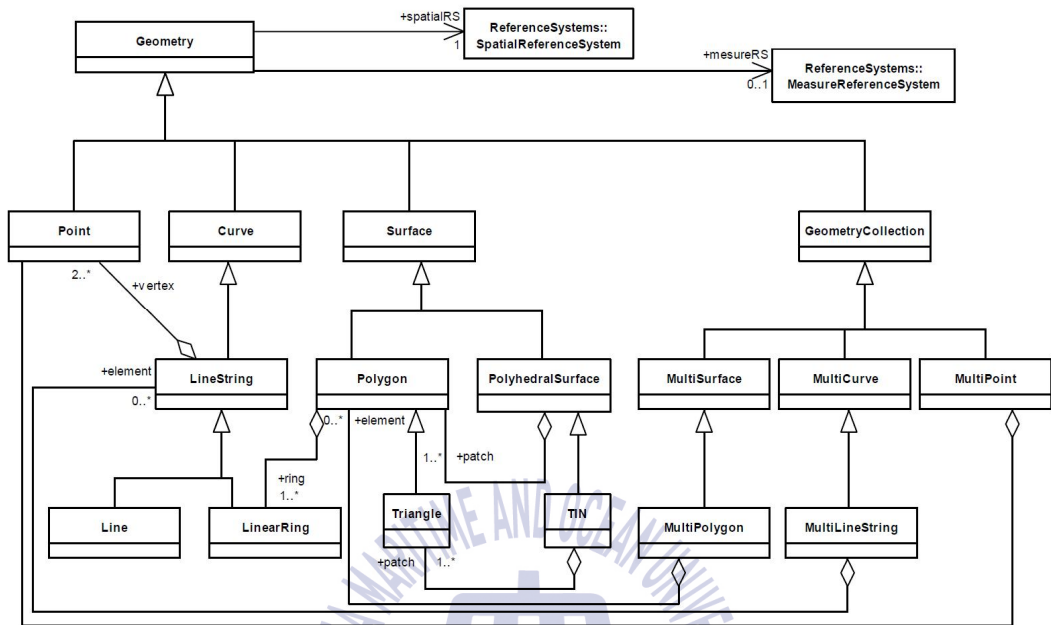


Fig. 8 Geometry class hierarchy of OGC

OGC의 경우에도 ISO와 유사한 구조로 클래스를 구성하고 있으며, 기본적인 Geometry 정보인 Point, Curve, Surface가 존재한다. 3차원 형상정보를 관리하는 Solid 클래스가 정의되어 있지 않았는데, OGC 표준은 실내 표준, 3차원 표준 등 약 50여개의 표준을 지원하고 있으며, 사용하는 표준의 역할에 따라 Geometry 구조에 차이가 있다. 하지만 조선소의 경우 Point, Curve, Surface 등의 낮은 차원의 클래스 수준에서 Shop, Dock, Quay, 지번, 도로 등을 관리하기 때문에 Fig. 8의 OGC 표준을 사용하여 지리정보를 나타내는데 무리가 없는 것을 확인하였다.

2.2 ArcGIS 솔루션

Esri는 GIS 소프트웨어를 제공하는 소프트웨어 개발사로서 ArcGIS Desktop을 비롯하여 다양한 제품을 전 세계 시장에 공급하고 있으며, 전 세계 GIS 소프트웨어 사용자의 80%의 점유율을 보유하고 있다²⁾. Esri의 ArcGIS는 데이터 형식과 메타데이터, 서비스를 포함한 100개 이상의 표준을 지원하며, KML, GeoPackage 등과 같은 다양한 표준 데이터 형식을 읽고 쓸 수 있는 기능을 제공한다. 다양한 GIS 표준을 지원하기 때문에 Esri의 데이터 구조를 참고하였으며, 수송(Transportation)과 관련된 데이터 구조를 통해 조선소의 블록 물류 시물레이션에 적용할 수 있는 요소들을 파악하였다(Fig. 9).

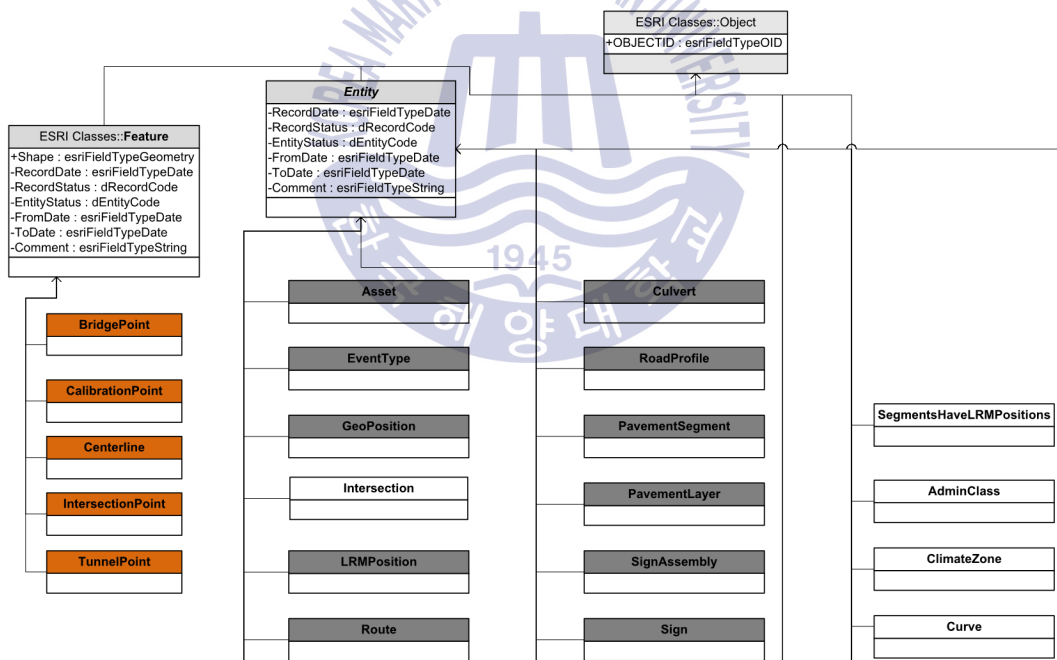


Fig. 9 Sample of the object inheritance structure for the transportation

2)<http://www.gisjobs.com/survey/responses.jsp?countryLoc=all&sal=N>

우선, Feature에 해당하는 ESRI 클래스에는 기하학적인 정보를 나타내는 Shape이 존재하였다. Feature는 지리정보체계와 관련하여 실제 세계의 실체를 표현하는 공간 자료 기반에서의 점, 선, 다각형의 집합으로, 실제로 존재하는 대상물이거나 개념적으로 규정한 대상물을 의미한다. Feature의 속성에는 RecordDate, RecordStatus, EntityStatus, FromDate, ToDate, Comment가 존재하며, 해당위치를 지나간 시점과 상태 등을 기록할 수 있도록 정의되어 있다. 운송과 관련된 지리정보 구조이기 때문에 운송수단이 이동하는 터널, 교량, 교차로, 도로중심선 등의 위치와 관련된 정보를 저장할 수 있도록 정의되어 있다. 본 연구에서는 조선소 야드를 대상으로 진행하기 때문에 터널, 교량 등은 제외하고 도로중심선에 대한 정보를 참고하여 지리정보 구조를 정의하였다.

Entity에는 차선의 수, 경로, 도로이름, 출구, 규정 속도, 주변시설, 가드 레일, 인도 등 수많은 정보를 저장할 수 있는 클래스가 존재하였다. 하지만 조선소 야드 내의 블록 물류 시뮬레이션을 위해서는 이러한 정보 모두를 사용하지 않는다. 따라서 조선소의 블록 물류 시뮬레이션에 적용하기 위해 필요한 정보들을 추출하였다. 추출된 항목들과 상세 설명은 Table 2와 같다.

Table 2 Detail description of extraction item

항목	설명
도로이름	폴리 라인으로 구성된 도로의 이름을 나타냄
출입구	도로의 출입구 위치를 나타냄
차선의 수	해당 도로의 차선 정보를 나타냄
경로	출발지에서 목적지까지의 경로를 나타냄
트럭	이동에 필요한 운송 수단을 나타냄
도로 폭	해당 도로의 폭 정보를 나타냄

ArcGIS 솔루션에서는 공간 데이터의 좌표 체계를 지정하고 변환할 수 있다. 지구상의 위치를 나타내는 방법은 크게 GCS(Geographic Coordinate System)과 PCS(Plannar Coordinate System)로 구분할 수 있으며, GCS는 3차원의 둥근 지구에 동서 방향과 남북 방향으로 선을 긋고 이 선을 이용하여 좌표를 나타내는 위도, 경도 좌표 체계가 이에 해당한다. PCS는 컴퓨터 스크린 또는 종이 지도와 같이 2차원 평면에 직각 좌표계를 설정하여 지구상의 위치를 나타내는 좌표 체계로써, 투영법(Projection)을 이용하여 3차원의 지구를 2차원 평면에 옮길 수 있다. 본 연구에서는 위도, 경도 좌표계로 관리되는 조선소의 지도 정보를 활용하기 위해 2차원의 TM(Transvers Mercator) 도법으로 투영하여 직각 좌표계에서 확인할 수 있도록 하였다.

2.3 지리정보구조 설계

2.3.1 조선소 물류 분석에 필요한 기능 도출

물류 시스템은 공정을 마친 부재 또는 블록이 다음 공정에 공급되기 위해 설비를 사용하는 것을 의미한다. 현재 조선 산업에서는 전통적인 선박뿐 아니라 다양한 해양구조물의 건조를 위하여 생산설비를 공유하며 다양한 블록들이 동시에 생산된다. Fig. 10에서와 같이 선박 및 해양구조물을 생산하기 위해서는 우선 개념설계, 기본설계, 상세설계, 생산설계를 거쳐 생산 일정을 계획한다. 블록 분할 공법에 의하여 나누어진 블록은 선박의 종류와 선박 내의 위치에 따라 다양한 작업량과 난이도를 가지며, 생산계획 일정을 바탕으로 서로 다른 Shop에서 강재절단, 가공, 조립을 진행한다. 조립이 끝난 블록은 의장, 도장, PE, 탑재, 안벽의장을 거쳐 선박의 형상을 띄게 된다. 이처럼 내업에서 외업으로 진행될 때 물류가 발생하며, 블록 분할 공법에 의하여 나누어진 블록은 선박의 종류와 선박 내의 위치에 따라 다양한 작업량과 난이도를 가지며, 이로 인해 생산 공정에서 선후 블록들 간의 생산시간의 편차가 발생한다. 또한 입고 지연, 생산 공정 차질, 기상 변화, 중간품질 검사

등으로 일정이 빈번하게 변경된다. 이러한 이유로 공정 간 생산 동기화의 어려움을 극복하기 위하여 재공(work inprocess) 블록을 보유하게 된다.

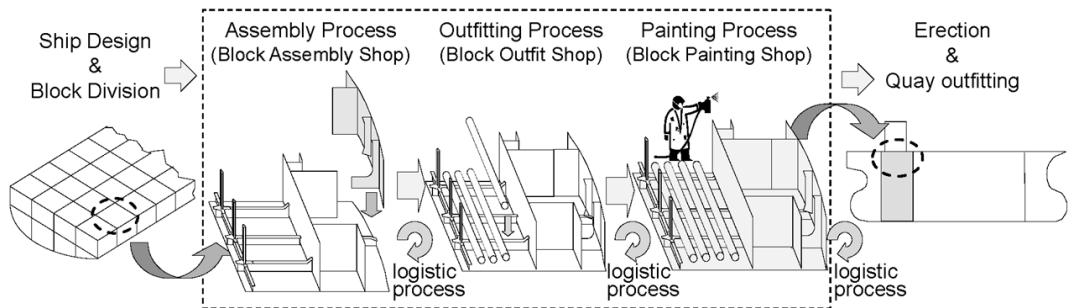


Fig. 10 Shipbuilding process flow

재공 블록을 적치하기 위하여 과거에는 각 공정별 전용 적치장이 분산 운영되어 왔다. 하지만 최근 선박 건조량의 증가와 공정간 생산능력의 불균형으로 재공 블록 수가 증가하고 적치장 용량의 불균형이 커졌다. 이를 해소하기 위해 현재 대부분의 조선소에서는 적치장을 통합하여 운영하고 있다. 그에 따라 적치장 규모가 증가하게 되고, 다양한 형상과 중량, 일정을 가진 블록이 적치되어 결과적으로 운영의 복잡도가 높아지게 되었다. 적치장에서 출고 블록을 꺼내기 위해서는 이동 동선에 놓여 있는 간섭 블록을 옮기는 재취급 작업이 함께 수행된다. 높아진 운영 복잡도로 인해 간섭 블록의 수가 많아지고 재취급 작업도 함께 증가하게 되었다(손정열 등, 2014).

일반적으로 조선소에서 사용되는 운송 설비는 Fig. 11과 같이 트랜스포터, 콜리아트크레인, 해상크레인이 있으며, 이는 주로 블록 단위의 운송에 사용된다. 이 외에도 트럭, 지게차는 작은 크기의 자재, 부재 등의 운반에 사용된다(임현규 등, 2016).



Fig. 11 Transportation facilities in shipyard

운송에 사용되는 설비는 공정간 운송되는 제품의 유형 및 제품의 속성에 따라 선택된다. 운송되는 제품은 강재 및 부재, 의장품, 블록 등이 이에 해당되며 제품에 따라 옮기기에 효율적인 설비가 정해져 있다. 하지만 같은 유형의 설비를 사용하더라도 설비 별로 운송 가능한 용량이 정해져 있으며 같은 운송 설비를 사용하는 경우 최소 용량의 설비를 사용하는 것이 효율적이라 할 수 있다.

물류 시뮬레이션에서는 이러한 운송 제품의 속성에 따라 설비가 선택되고 출발점에서 도착점까지의 최적 경로로 운송하여야 한다. 최적 경로는 운송설비가 이동 가능한 거리 중 최소 거리를 가지는 경로 또는 최단 시간을 선택하여야 한다.

트랜스포터로 블록을 운송하는 경우 적재된 블록의 크기에 따라 운송의 제약조건이 발생하기도 한다. 블록이 트랜스포터보다 폭이 넓은 경우 트랜스포터가 이동 가능한 경로로 운송 불가능한 경우가 발생할 수 있다. 이러한 상황을 고려하여 최적 경로를 검색할 수 있어야 하며, 회전을 고려한 경로 탐색이 진행되어야 한다. 교차로에서 회전을 빈번하게 진행하게 되면 운송 수단의 속도가 줄어들게 되므로, 이를 반영할 수 있어야 한다.

또한 다른 제품을 운송하는 다수의 설비가 같은 경로를 사용할 때 상황에 따라 하나의 설비가 다른 경로를 선택하는 경우가 발생할 수 있다. 시뮬레이션에서는 운송제품이 결정되면 경로를 검색하고 동일시간에 같은

경로를 지나가는 다른 운송 정보를 확인하여, 중간에 경로를 변경하여 나타낼 수 있는 불필요한 시간이 없도록 하여야 한다.

2.3.2 물류 분석을 위한 지리 구조 설계

선박 및 해양플랜트를 생산의 경우 절단, 가공, 조립, 도장, 의장, 탑재 등의 다양한 공정을 거치게 되며, 조립 이후 단계에서 블록 물류가 발생한다고 볼 수 있다. 일반적으로 블록 물류에 사용되는 설비는 트랜스포터이며, 한정된 트랜스포터를 효율적으로 사용하는가에 따라 블록 물류 성과가 달라진다. 조선소에서의 블록 생산은 Shop단위로 구성된 공간에서부터 이루어진다. 작업 공정 별로 서로 다른 Shop에서 진행되며, 같은 공정이라도 생산되는 제품의 크기, 무게, 선종 등에 따라 서로 다른 Shop에서 작업이 진행되기도 한다. 그러나 넓은 야드를 가지고 있는 조선소라도 그 규모가 한정되어 있기 때문에 모든 블록이 Shop내에 존재할 수 없다. 적시 생산 방식(JIT; Just In Time)이 아닌 경우 작업을 위해 대기되어야 하는 블록이 발생하게 되며, 이들은 모두 특정 적치장에서 대기하게 된다. Shop에서 작업을 완료하면 트랜스포터를 이용해 다음 공정으로 블록을 운반하고, 다음 블록의 작업을 위해 적치장에 있는 블록을 운반하기 위해 트랜스포터를 호출한다.

기존의 공정 중심 시뮬레이션은 작업이 수행되는 공정에 제품이 할당되고, 제품에 따라 서로 다른 설비를 호출하여 진행한다. 하지만 선/후행 공정의 위치를 고려하지 않았기 때문에, 선행 공정에서 작업이 종료되고 후행 공정으로 투입되기까지의 단순한 리드타임만 반영하는 한계가 존재하였다(Fig. 12). 따라서 작업장의 위치와 운송에 사용되는 설비의 속력, 이동 경로 등에 대한 정보가 고려된 물류시뮬레이션을 진행하지 않았기 때문에 정확한 물류 시뮬레이션이라 할 수 없다.

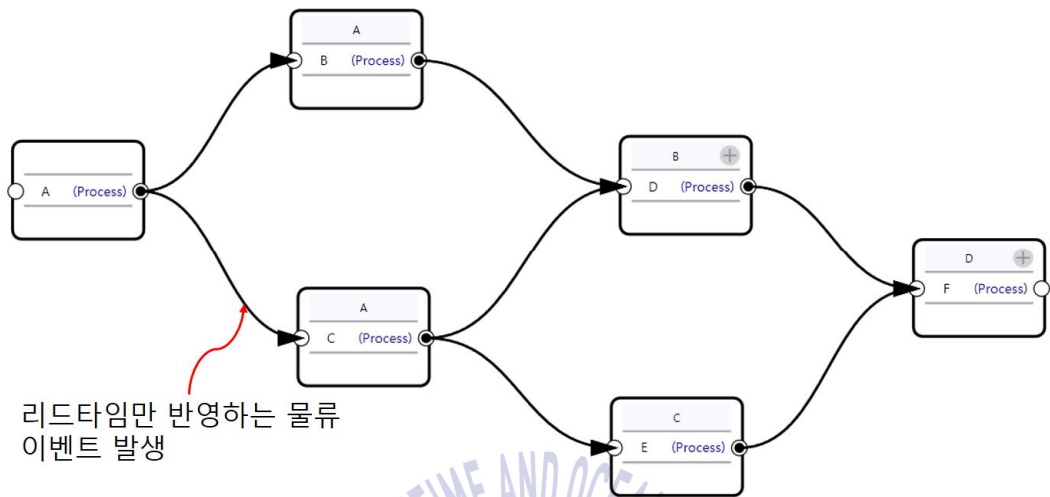


Fig. 12 Limitation of process centric modeling for logistics simulation

따라서 본 연구에서는 지리 정보 시스템을 활용하여 더욱 정밀한 물류 시뮬레이션을 진행하기 위해 물류 모듈을 추가하여 작업장과 적치장, 운송 설비를 선정하고, 이에 소요되는 시간을 반영할 수 있도록 하였다(Fig. 13).

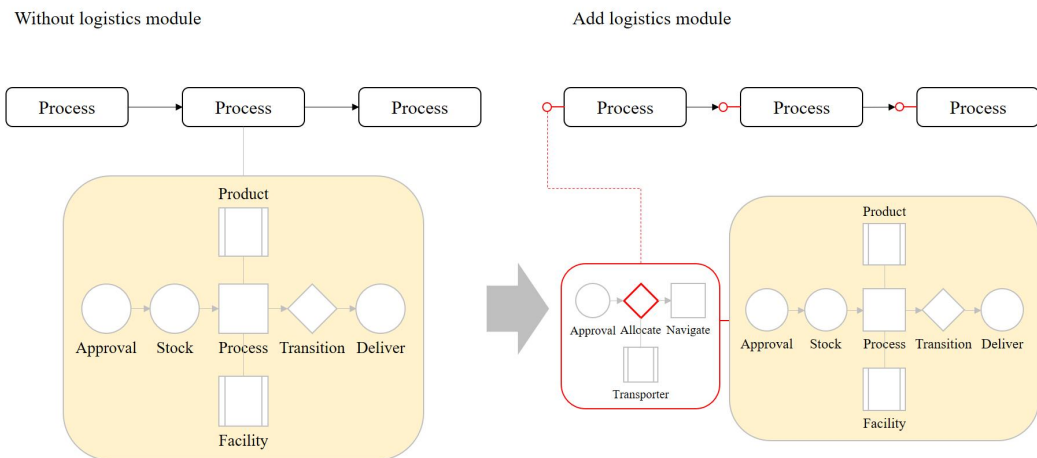


Fig. 13 Add logistics module in process centric modeling

물류 모듈은 Approval, Allocate, Navigate, Transporter로 구성되어 있으며(김병섭 등, 2016), 각각의 역할은 Table 3과 같다.

Table 3 Detail description of logistics module

구분	설명	반환값
Approval	제품/설비 제약 조건과 해당 공정이 수행되는 조건을 만족하는지 확인하는 로직을 작성하는 곳	조건 만족 여부 (True/False)
Allocate	후행 작업시작일과 현재 날짜를 고려하여 적치장/작업장 배정을 위한 로직을 작성하는 곳	적치장에 대기하는 공정 시간 (실수)
Navigate	Allocate에서 선정된 작업장/적치장까지의 도로를 확인하고, 트랜스포터의 속도와 이동거리를 고려하여 그 시간만큼 지연시키는 로직을 작성하는 곳	이동에 소요되는 시간 (실수)
Transporter	이동에 필요한 트랜스포터를 결정하며, 제품의 무게를 고려하여 트랜스포터 할당에 대한 로직을 작성하는 곳	트랜스포터 우선순위 점수 (정수)

본 연구에서는 Esri의 Transportation 데이터 모델이 조선소 물류와 밀접한 관계가 있다고 판단하였고, 조선소 시뮬레이션의 물류 분석을 위해 Transportation 데이터 모델을 바탕으로 데이터 구조를 재정의 하였다.

우선, 블록이 생산되고 적치되는 공간정보를 정의하였다. 공간정보에는 공장과 적치장 같이 건물 또는 면적을 차지하고 있는 객체들이 상속되어 있다. 공간의 면적과 위치, 스펙 정보는 폴리곤의 형상정보를 참조하였고, 블록이 이동할 수 있는 출입구를 정의하여 트랜스포터의 출입에 대한 정확성을 높였다.

다음으로 블록의 이동을 나타내기 위해 운송수단인 트랜스포터를 정의하였다. 트랜스포터의 경우 공장 또는 적치장에서 블록을 실어 운반하는 목적으로 사용되는데, 트랜스포터의 현재 위치와 운반을 필요로 하는 시작지점, 목표지점(공장 또는 적치장), 대기 장소에 대한 정보를 속성으로 추가하였다. 또한, 트랜스포터에 적재할 수 있는 최대적재량과 블록의 제원, 경로정보를 속성으로 추가하여 트랜스포터 가용 여부 및 실시간 위치정보를 확인할 수 있도록 하였다.

Transportation에서의 Bridge와 Tunnel을 바탕으로 트랜스포터가 이동하는 도로의 개념에 적용하였고, 스펙정보와 위치정보를 가질 수 있도록 하였다. 소유주, 설립년도 등과 같이 조선소 물류 분석에 필요하지 않은 정보는 제외하였다. Table 2와 같이 도로에 차선의 개념을 추가하여 도로의 속성으로 부여하였고, 차선의 정보를 추가하여 트랜스포터의 이동 가능여부를 확인할 수 있도록 하였다. 도로의 형상 정보는 도로중심선으로 나타내었고, 도로중심선의 기하학적인 정보는 Curve 형태인 폴리라인으로 구성하였다. 또한 도로의 점유 상태를 속성에 추가하여 시뮬레이션에서의 해당 시간에 다른 트랜스포터가 이동이 가능한지 판단하였다. 또한 공장과 적치장의 출입구 방향을 고려하여 도로중심선 위에 표시하였고, 이를 바탕으로 경로 탐색 모듈이 수행될 수 있도록 하였다. 조선소 물류 분석을 위한 객체정보는 Table 4와 같다.

Table 4 Description of object information for block logistics analysis

객체	설명
작업장	블록을 생산하는 작업이 이루어지는 공간
적치장	블록 생산을 위해 투입되는 일자까지 대기하는 공간
도로	블록이 트랜스포터를 이용하여 작업장 또는 적치장으로 이동하는 공간
출입구	작업장 또는 적치장의 출입구 방향을 나타내는 공간

다음으로 ISO와 OGC의 데이터 구조를 바탕으로 공간과 관련된 지리정보 구조를 정의하였다. 먼저 최상위에 Spaces를 정의하였으며, 하위에 복수의 Space 정보를 가질 수 있는 구조로 정의하였다. Space 고유의 정보를 나타내기 위해 Key와 Name을 필수 요소로 추가하였고, 해당 공간에 대한 설명을 나타낼 수 있도록 Description을 선택 요소로 추가하였다. Space 하위에는 Table 1의 Point, Curve, Surface를 참고하여 각 차원의 입력이 가능하도록 Location, Road, Area의 정보가 저장될 수 있도록 정의하였다(Fig. 14).

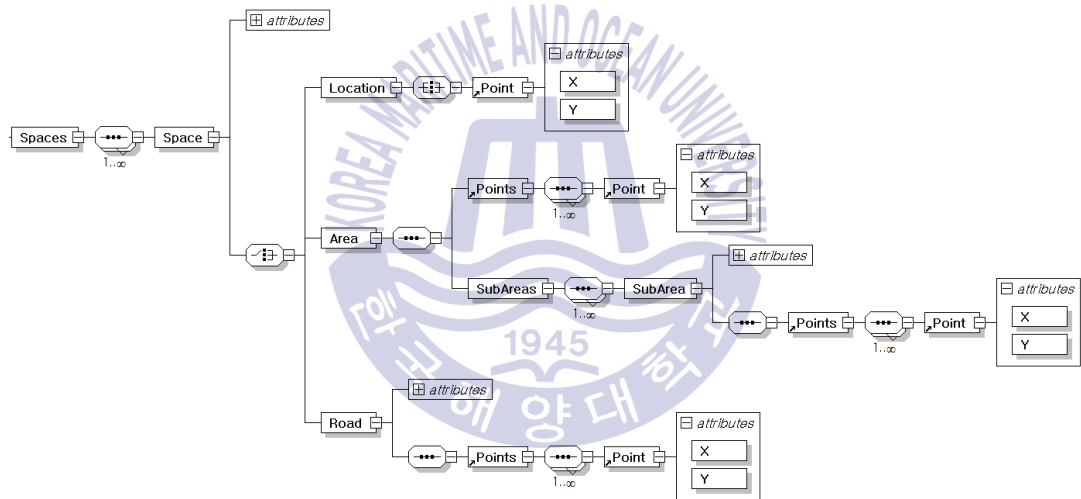


Fig. 14 Schema for the spatial data structures

먼저 Area는 조선소에서 공간으로 관리되고 있는 중지번, 소지번 정보가 저장될 수 있도록 정의하였다. 중지번에는 Shop과 같이 내업을 수행하는 공간과 도장, 의장, PE장과 같이 외업을 수행하는 공간, 작업 수행을 위해 블록이 대기하는 적치장 정보가 포함되어 있다. 이러한 중지번은 폴리곤 형태의 2차원으로 구성되어 있으며, 폴리곤의 형상 정보는 Point의 집합으로 구성되어 있다. 본 연구에서는 지번 체계로 관리되고 있는 지리정보시스템을

이용하여, 모든 지번이 Area에 저장될 수 있도록 하였다. 또한, 중지번은 소지번의 상위 계층이며, 같은 공간에서 여러 개의 소지번이 존재하기 때문에 Area 하위에 복수 개의 SubArea를 저장할 수 있도록 하였다. 따라서 계층 구조로 이루어진 공간 정보를 통해 중지번 하위에 존재하는 소지번의 정보를 확인할 수 있도록 하였다. Area 고유의 정보를 나타내기 위해 Key와 Name을 필수 요소로 추가하였고, 상위 Area와의 관계를 나타낼 수 있는 Relative, 지번의 설명을 나타낼 수 있는 Description을 선택 요소로 추가하였다.

다음으로 Road는 조선소에서 운송 수단이 이동할 수 있는 도로에 대한 정보가 저장될 수 있도록 하였다. 운송 수단에는 트랜스포터뿐만 아니라 트럭, 지게차 등이 존재하며, 조선소의 지리정보시스템에서 관리하는 도로 정보가 저장될 수 있도록 하였다. 도로는 라인스트링 형태로 이루어져 있으며, Feature에 존재하는 모든 Point가 Road에 저장될 수 있도록 하였다. 도로의 Type을 필수 속성 정보로 추가하였으며, Type에는 트랜스포터가 지나갈 수 있는 도로와 트랜스포터가 지나갈 수 없는 도로를 구분하기 위해 사용하였다. 또한 도로의 폭과 차선의 수에 대한 정보를 선택 요소로 추가하여 도로의 폭을 고려한 물류 시뮬레이션 고도화에 적용할 수 있도록 하였다.

마지막으로 Location은 야드 내에서 특정한 역할을 가지는 지점을 나타내기 위해 정의하였다. 예를 들면, 트랜스포터가 대기하는 장소의 경우 특정 위치를 나타내는 지점으로 표시할 수도 있으며, 도로에 생성된 주변 작업장 또는 적치장의 출입구 위치를 나타낼 수 있다. 따라서 특정한 지점을 나타내기 위해 Location 하위에 Point 정보가 저장될 수 있도록 정의하였다. Schema와 조선소의 물리적 형상, 지리정보시스템과의 관계를 나타내면 Table 5와 같다.

Table 5 Relation of schema, physical space and GIS

스키마	물리적 공간	지리정보시스템
Area	Shop	중지번/소지번 레이어
	도장 작업장	중지번/소지번 레이어
	의장 작업장	중지번/소지번 레이어
	PE장	중지번/소지번 레이어
	적치장	중지번/소지번 레이어
	일반건물	중지번/소지번 레이어
	도크	중지번/소지번 레이어
	안벽	중지번/소지번 레이어
Road	도로	도로중심선 레이어
Location	출입구	-

블록 물류에 사용되는 Shop, 적치장, PE장, 건물 등은 모두 Area로 표현할 수 있으며, 지리 정보 시스템 상에서 중지번과 소지번 레이어로 나타낼 수 있다. 또한 도로의 경우 도로중심선 레이어에서 폴리라인으로 정보를 이용하여 표현할 수 있으며, 대기 장소의 경우 별도의 레이어에 표현되어 있지 않았지만 도로중심선과 작업장/적치장의 중심점 사이의 최단거리를 바탕으로 Location에 나타낼 수 있을 것이라 판단한다(Fig. 15).

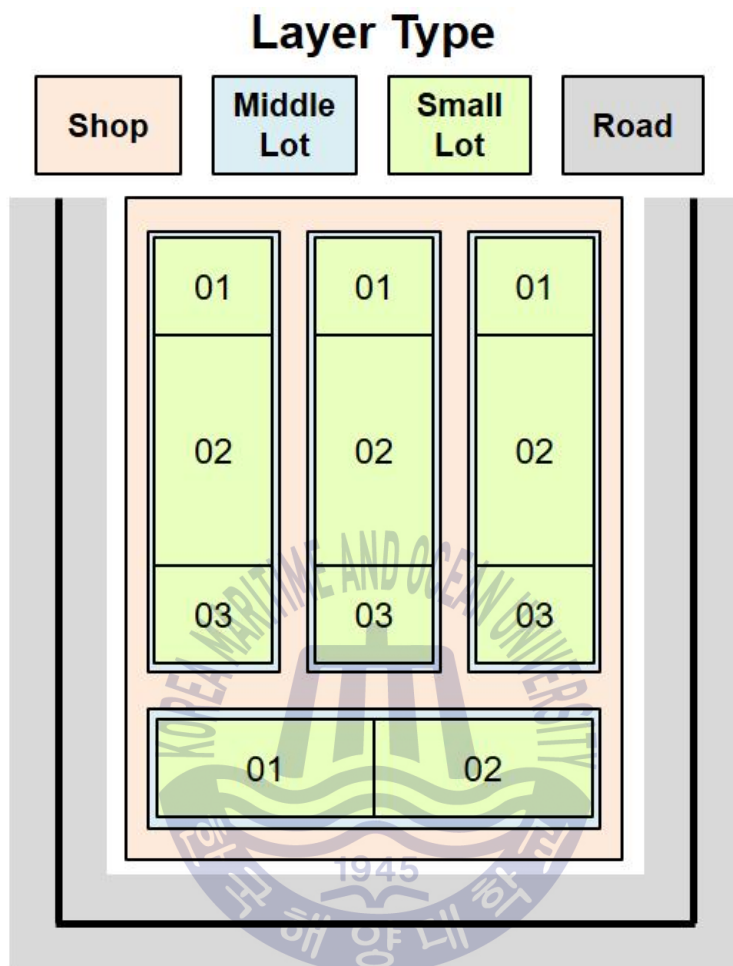


Fig. 15 Layer classification of shipyard GIS

제 3 장 지리정보시스템 변환

3.1 조선소의 지리정보시스템 체계 분석

3.1.1 지리정보시스템 체계 분석

본 연구의 대상이 되는 조선소의 지리정보시스템의 체계에 대해 분석하였다. 해당 조선소에서 지리정보시스템으로 관리되고 있는 항목으로는 Shop, 도크, 안벽, 중지번, 소지번, 도로, 도로중심선 등이 존재한다. 다양한 레이어가 존재하지만 블록 물류 시뮬레이션을 위해서는 중지번, 소지번, 도로중심선의 레이어가 필요할 것이라 판단하였다. 그 이유는 Shop, 도크, 안벽은 조선소에서 작업과 적치를 관리하는 물리적인 형상을 나타내지만, Table 5에 작성된 내용과 같이 실제 작업장과 적치장, Shop, 도크, 안벽 등에 대한 정보를 관리하는 기준은 세분화된 지번 단위로 이루어지기 때문이다. 일반적으로 조선소의 작업 공간은 Shop 하위에 여러 개의 Bay(또는 작업장)가 존재하며, Bay에도 하나 이상의 소지번이 할당된다. 적치장도 마찬가지로 하나 이상의 중지번으로 구성되며, 중지번 하위에 복수의 소지번으로 구성된다.

도로의 경우 폴리곤 형태, 도로중심선은 폴리라인으로 구성되어 있다. 폴리곤 형태로 구성된 도로는 지리정보시스템 상에서 가시성이 좋으나, 실제 도로상에서 트랜스포터의 이동은 중앙선을 기준으로 통행한다. 또한 폴리곤으로 구성된 도로는 교차로에 대한 정보를 명확하게 표현하기 힘들다. 따라서 조선소의 지리정보시스템을 활용하기 위해 중지번, 소지번, 도로중심선 레이어에 존재하는 형상정보와 속성정보를 분석하였다.

3.1.2 형상정보 분석

지리정보시스템은 크게 형상정보를 나타내는 *.shp 파일과 속성정보를 나타내는 *.dbf 파일 두 가지로 구성되어 있다. 형상정보는 Feature의 위치와 길이정보, 면적정보, 중심점 등에 대한 기하학적인 정보를 가지고 있다. 본 연구에서 사용하는 중지번, 소지번, 도로중심선 레이어에 대한 형상정보를 활용하였으며, 이를 바탕으로 시뮬레이션에 사용될 작업장과 적치장, 도로의 길이와 면적 등에 대한 정보를 저장하고 가시화할 수 있도록 하였다. 본 연구에서 사용한 형상정보와 그 설명은 Table 6과 같다.

Table 6 Description of shape information

형상정보	설명
Point	지리정보시스템의 기준 좌표계에서 각 요소의 위치를 나타내는 정보로서, x, y, z 좌표를 포함
LineString	지리정보시스템의 기준 좌표계에서 절점(Point)들로 이루어진 선형 보간 곡선의 위치 정보를 포함
Polyline	지리정보시스템의 LineString 정보를 바탕으로 선(또는 곡선)의 길이와 시작점, 끝점의 정보를 포함
Polygon	지리정보시스템의 Polyline 정보를 바탕으로 공간의 면적과 위치 등의 형상정보를 포함

3.1.3 속성정보 분석

지리정보시스템에는 레이어 별로 서로 다른 수준의 기능을 수행하기 때문에 내재된 속성 정보에 차이가 있다. 기존에 구축되어 있는 중지번, 소지번, 도로중심선 레이어에 대한 속성정보를 정리하면 Table 7 ~ 9와 같다.

Table 7 Description of attributes in LOTMIDDLE layer

속성	설명
MIDDLELOT	조선소에서 관리하고 있는 중지번 이름
DESCRIPTION	해당 중지번에 대한 작업위치 또는 수행 업무에 관한 설명
SID	Shape ID
USETYPE	중지번에서 수행하는 세부 작업 유형
TRANSPORTTEAM	트랜스포터의 운반반 정보
PRODUCTTYPE	생산하는 제품의 유형
WIP	재공/재고 정보
PROCESSTYPE	중지번에서 수행하는 공정 유형
ACCESSDIRECTION	중지번의 출입구 방향
WORKPLACETYPE	중지번의 옥내/옥외 구분
WORKPLACECODE	기준 계획에서 관리하는 Shop 코드와 유사한 정보
CAPACITY	중지번의 작업 한계 정보
BEGINDATE	N/A
PID	N/A
EDITINGTYPE	N/A

Table 8 Description of attributes in LOTSMALL layer

속성	설명
MIDDLELOT	조선소에서 관리하고 있는 중지번 이름
SMALLLOT	중지번 하위에 존재하는 소지번 이름
LOT	MIDDLELOT과 SMALLLOT의 합쳐 표시한 이름 소지번의 고유 ID로 표현 가능
SID	Shape ID
DESCRIPTION	해당 소지번에 대한 작업위치 또는 수행 업무에 관한 설명
USETYPE	소지번에서 수행하는 세부 작업 유형
WIP	재공/재고 정보
PROCESSTYPE	소지번에서 수행하는 공정 유형
USABLE	소지번의 사용 가능 유무
WORKPLACETYPE	소지번의 옥내/옥외 구분
WORKPLACECODE	기준 계획에서 관리하는 Shop 코드와 유사한 정보
BEGINDATE	N/A
PID	N/A
PRODUCTTYPE	해당 소지번에서 작업을 수행하는 제품의 유형

Table 9 Description of attributes in ROADCENTERLINE layer

속성	설명
ID	도로 고유의 ID
도로번호	N/A
명칭	N/A
도로구분	사내도로와 사외도로를 구분하는 정보
시점	N/A
종점	N/A
포장재	포장재의 재질을 나타내는 정보
분리대	N/A
차로수	해당 도로의 차선의 수에 대한 정보
도로폭	해당 도로의 폭에 대한 정보
일방통행	일방통행에 대한 정보
기타	N/A
UFID	N/A

소지번의 속성정보 중 Lot은 중지번과 소지번 코드의 합으로 구성되어 있다. 중지번 코드는 4자리 코드체계로 구성되어 있으며, 소지번 코드는 2자리 코드로 구성되어 있다. 따라서 Lot을 이용하여 계층 구조의 조선소 모델을 생성하는데 활용하였다.

3.2 지리정보시스템 변환로직 정의 및 적용

3.2.1 시뮬레이션 변수 정의

지리정보시스템에 내재된 형상정보와 속성정보의 분석을 진행하였지만, 이를 이용하여 조선소 블록 물류 시뮬레이션에 적용하기에 부족한 정보가 다수 존재한다고 판단하였다. 따라서 시뮬레이션 고도화를 위해 필요한 변수를 정의한 뒤, 부족한 정보를 지리정보시스템의 속성정보로 추가하였다(Table 10).



Table 10 Definition of simulation variable

변수	설명
Feature	파일 경로를 바탕으로 Feature의 공간 정보를 저장하는 변수
MiddleLot	중지번의 이름을 저장하는 변수
Lot	소지번의 이름을 저장하는 변수
Description	해당 공간의 설명을 저장하는 변수
UseType	해당 공간의 작업 유형을 저장하는 변수
AccessDirection	동/서/남/북으로 구성된 출입구 방향에 대한 정보를 저장하는 변수
WorkplaceType	해당 공간의 옥내/옥외에 대한 정보를 저장하는 변수
WorkplaceCode	해당 공간의 Shop코드를 저장하는 변수
Capacity	중지번의 블록 작업 한계에 대한 정보를 저장하는 변수
LogisticsGroup	중지번에 할당된 물류 그룹 코드에 대한 정보를 저장하는 변수
PriorityStockArea	물류 그룹 코드와 매핑된 선호 적치장에 대한 정보를 저장하는 변수
Region	중지번이 해당하는 권역 정보를 저장하는 변수
ActualCapacity	중지번의 실제 블록 작업 한계에 대한 정보를 저장하는 변수
ArrangementType	중지번의 블록 배치 유형에 대한 정보를 저장하는 변수
AreaType	중지번의 작업/적치/운용에 대한 정보를 저장하는 변수
LaneNumber	도로의 차선에 대한 정보를 저장하는 변수
Width	도로의 폭에 대한 정보를 저장하는 변수
RoadType	트랜스포터의 출입 여부에 대한 정보를 저장하는 변수

본 연구에서는 블록 물류 시뮬레이션 고도화를 위해 LogisticsCode, PriorityStockArea, Region, ArrangementType, AreaType, TransportableRoad의 속성정보를 추가하였다(Fig. 16).

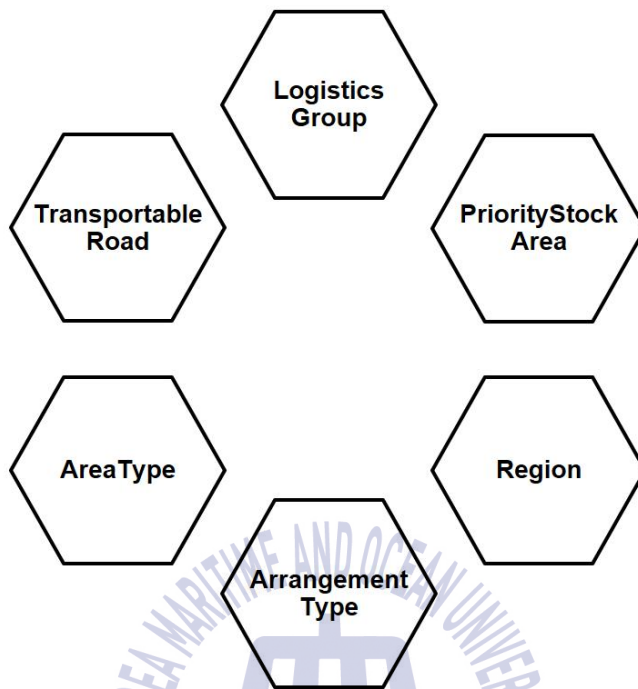


Fig. 16 Six attributes for advanced simulation

Table 11 Description of six attributes

속성	설명
LogisticsGroup	같은 공정을 수행하는 중지번을 그룹화하여 실제 작업을 수행하는 공간정보를 코드로 표현
PriorityStockArea	작업장 별 우선적치장 정보
Region	중지번을 포함하는 권역 정보
ArrangementType	적치장의 블록 배치 유형(Open Area Arrangement/Closed Area Arrangement)
AreaType	중지번에서 수행되는 작업의 유형 (작업/적치/운용)
Transportable Road	트랜스포터가 이동 가능한 도로에 대한 정보

우선 LogisticsGroup은 조선소 블록 물류 시뮬레이션을 위해 정의한 물류 그룹 코드이다. 기준 계획 정보와 조선소 지리정보시스템의 정보를 바탕으로 시뮬레이션 모델을 생성하는데(Fig. 17), 기준계획에는 해당블록이 어떠한 공정을 수행하고 있으며, 각 공정마다 어떠한 작업장에서 수행되는지에 대한 정보를 가지고 있다.

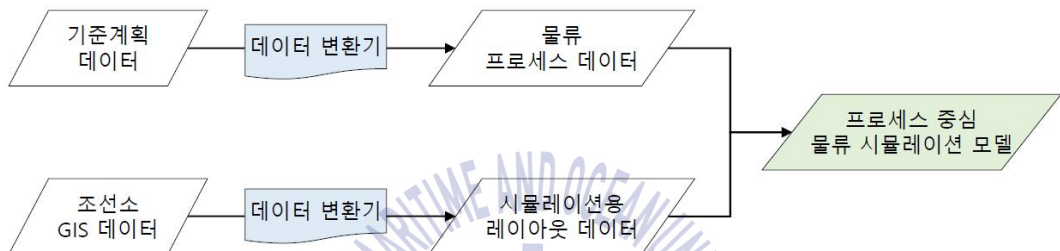


Fig. 17 Procedure for logistics simulation model creation of process centric

예를 들면, Block001이 AAAAAA 공정일 때에는 ABC 작업장에서 작업을 수행하며, BBBBBB 공정일 때에는 DEF, CCCCCC 공정일 때에는 GHI 작업장에서 작업을 수행한다고 하는 정보가 기준계획에 존재한다. 하지만, 작업장 코드는 공정에 따라 실제로 작업이 이루어지는 작업장의 차이가 존재하기 때문에 기준계획에 존재하는 작업장 코드를 사용하기에는 적합하지 않다고 판단하였다. 따라서 특정 지역에서 같은 공정을 수행하는 중지번을 그룹화한 것을 나타내는 LogisticsGroup을 정의하여(Fig. 18), 실제 블록 물류가 발생하여 이동이 이루어지는 장소를 나타낼 수 있도록 하였으며, 기준계획을 바탕으로 블록 물류 시뮬레이션을 진행하고 현황을 파악할 수 있도록 하였다(Fig. 19).



Fig. 18 Definition of logistics group

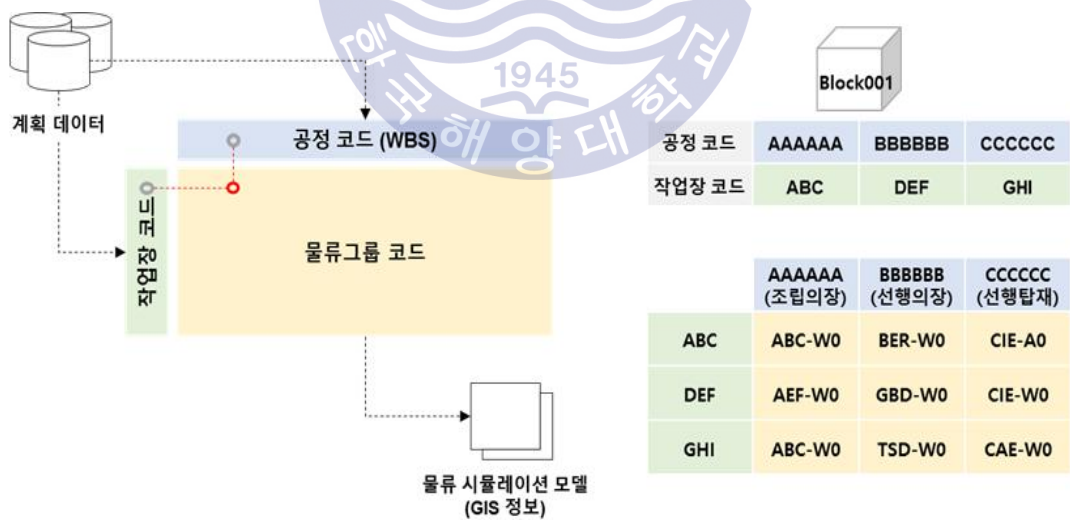


Fig. 19 Explanation of logistics group

PriorityStockArea는 작업장 별 우선 적치장에 대한 정보를 추가하기 위해 속성으로 추가하였다. 작업장에서는 탑재를 위한 블록을 완성시키기 위해 서로 다른 작업공간에서 서로 다른 공정을 진행한다. 조선 산업 특성상 적시생산(JIT; Just In Time)으로 공급되는 블록은 거의 존재하지 않기 때문에 공정과 공정 사이에 반드시 적치장을 거쳐야 하며, 적치장의 위치와 Capacity, 일정 때문에 대부분의 물류가 발생한다. 따라서 효율적인 적치장 관리의 블록 물류를 줄이는데 중요한 역할을 하고 있으며, 이를 제대로 수행하지 못할 경우 물류비용이 증가하게 된다. 본 연구에서는 모든 작업장(물류 그룹)에 대해 우선적치장을 부여하였으며, 작업을 수행한 모든 블록들은 후행 작업장의 우선적치장에서 대기할 수 있도록 하였다.

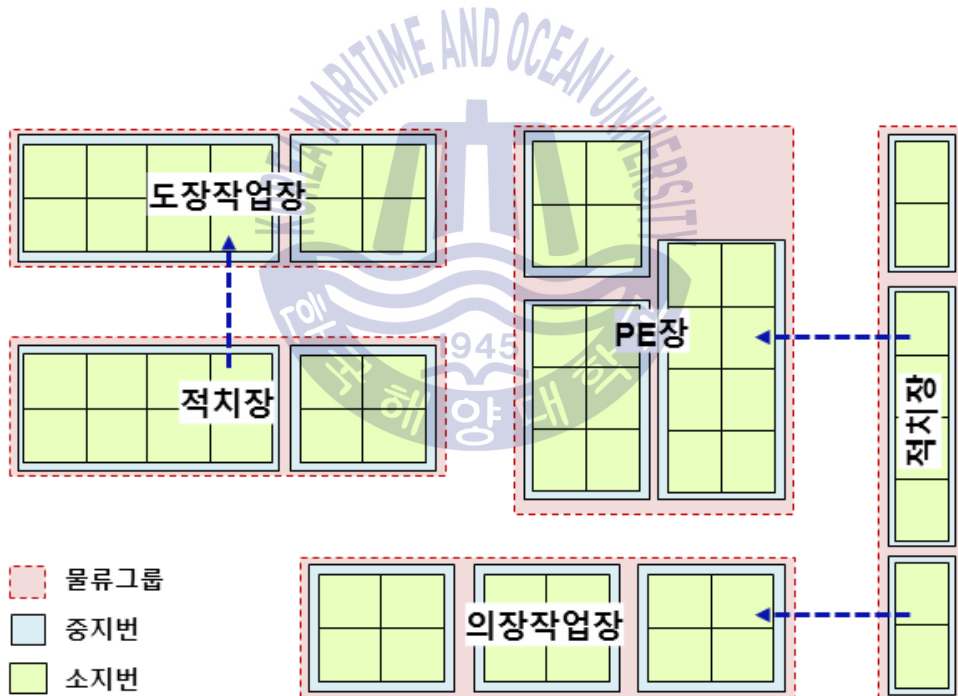


Fig. 20 Setting of priority stock area

Region은 조선소에서 관리하는 권역을 의미하며, 작업장의 위치와 생산하는 선종에 따라 구분된다. 일반적으로 작업장과 적치장은 권역 하위에 존재하며,

출발지와 도착지에 대한 권역 정보를 기준으로 운반반이 할당되어 있다(Fig. 21). 현재 권역 정보를 기준으로 물류 시뮬레이션을 진행하여 운반반 별 부하를 확인할 수 있게 하기 위해 권역 정보를 지리정보시스템의 속성정보로 추가하였고, 권역에 대한 제약조건을 해제한 물류 시뮬레이션을 진행할 수도 있다. 권역을 벗어난 물류를 역물류라고 정의하는데, 역물류가 빈번하게 발생하면 자연스럽게 물류 비용이 증가하는 것을 알 수 있다. Region 속성을 이용해 역물류와 운반반의 부하를 확인할 수 있으며, 이를 통해 새로운 기준의 권역을 제시할 수 있다. 또한 기간 별 권역 변경을 통해 운반반의 부하를 평준화할 수 있다. 현재 선박 및 해양플랜트의 생산을 위해 소요되는 물류비용은 약 900억원이며, 최적 경로를 통해 물류를 줄인다고 해서 비용은 크게 절감되지 않는다. 운반 횟수 및 이동거리 단축을 통해 유류비를 줄이는 것이 아니라, 물류 최적화를 통해 배원 관점에서(트랜스포터 수 또는 인력) 얻게 되는 비용 절감을 확인할 수 있도록 권역 정보를 추가하였다.

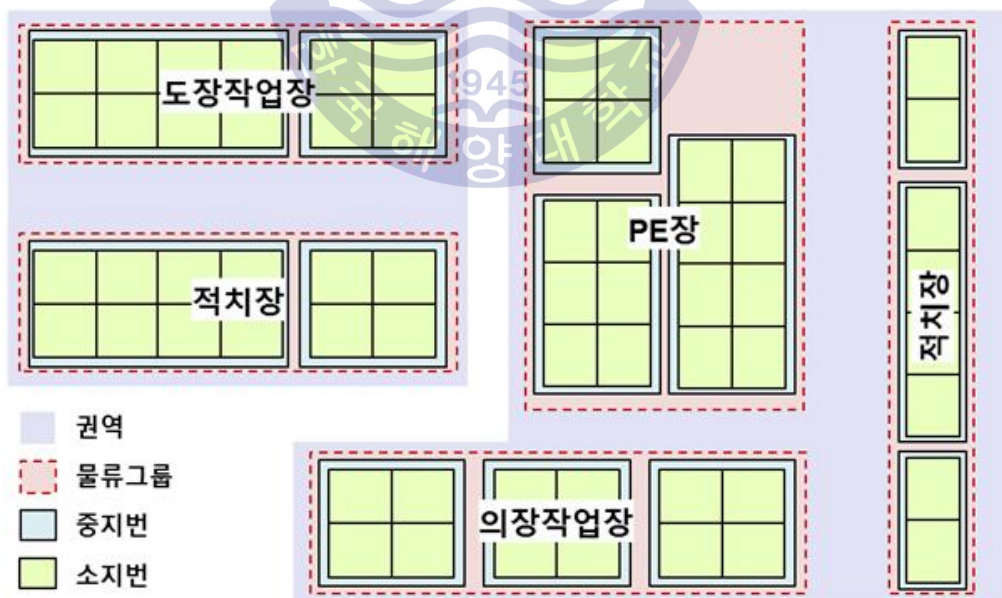


Fig. 21 Explanation of region

다음으로 ArrangementType은 적치장의 배치 유형을 의미한다. 적치장 배치유형은 크게 닫힌 영역 배치(Closed Area Arrangement)와 열린 영역 배치(Open Area Arrangement)로 구분하였다(Fig. 22). 닫힌 영역 배치는 다중 열 배치로 적치장 주변이 막혀있어 적치장의 범위를 벗어나는 배치가 불가능한 유형으로 직사각형의 적치장 공간에 블록을 적치하는 것을 의미한다. 반면에 열린 영역 배치는 일반적으로 도로 주변의 적치장에서 발생할 수 있으며, 주차장과 같이 단일 열로 구성된 공간에 차례대로 블록을 배치하는 유형을 의미한다. 적치장의 폭을 기준으로 배치하되, 길이 방향으로 일정 범위를 초과하더라도 배치하는데 문제가 없는 유형을 의미한다(Fig. 23).

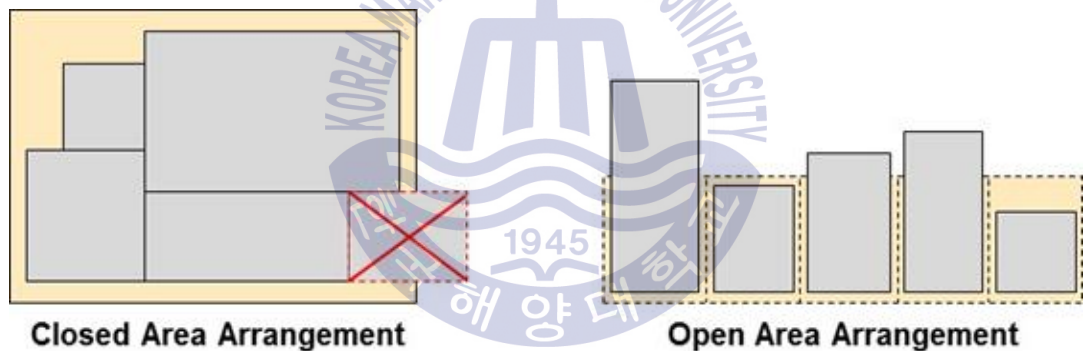


Fig. 22 Type of arrangement

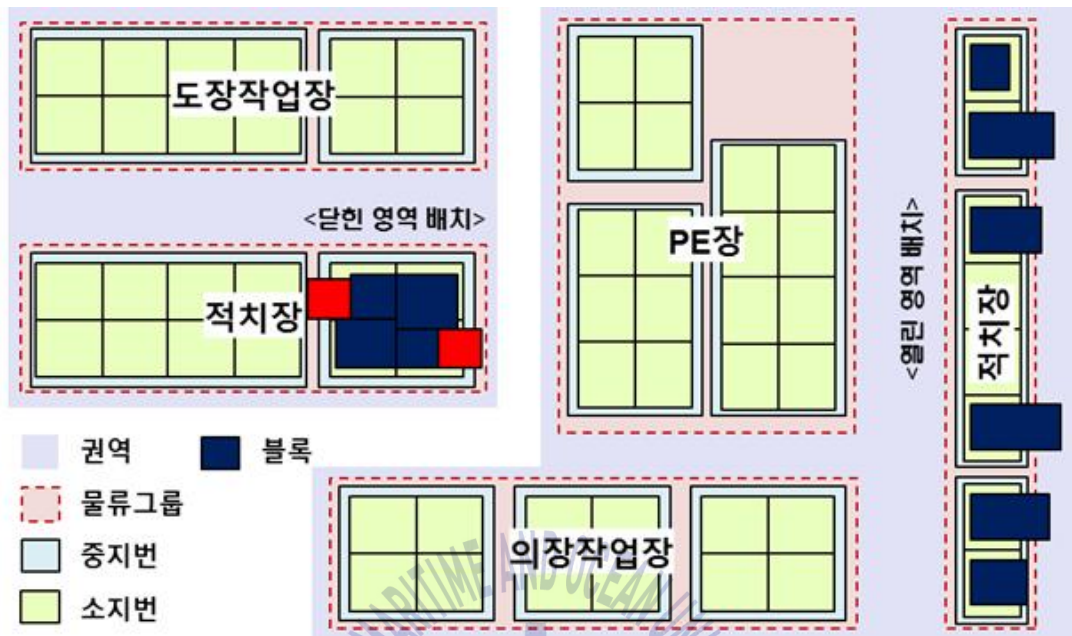


Fig. 23 Explanation of arrangement type

따라서 적치장의 성향에 따라 단일 열 배치와 다중 열 배치를 구분할 수 있도록 지리정보시스템에 속성 정보를 추가하였다.

AreaType은 작업장과 적치장, 운용장을 구분할 수 있는 공간의 유형을 나타내기 위해 추가하였다(Fig. 24). 작업장은 해당 공정에서 실제로 작업을 수행하는 공간을 의미하고 적치장은 후행 공정의 작업 투입을 위해 대기하는 공간을 의미한다. 마지막으로 운용장은 PE 블록의 작업을 수행하는 공간으로 평상시에는 작업장으로 사용되, PE 블록이 출고되고 비어 있을 경우 적치장으로 사용할 수 있는 공간을 의미한다. 본 연구에서는 AreaType을 조선소 적치장의 최대 Capacity와 최소 Capacity를 비교하기 위해 운용장을 적치 Capacity에 포함한 시뮬레이션과 운용장의 적치 Capacity를 제외한 시뮬레이션을 진행할 때 사용할 수 있을 것이라 판단하였다.

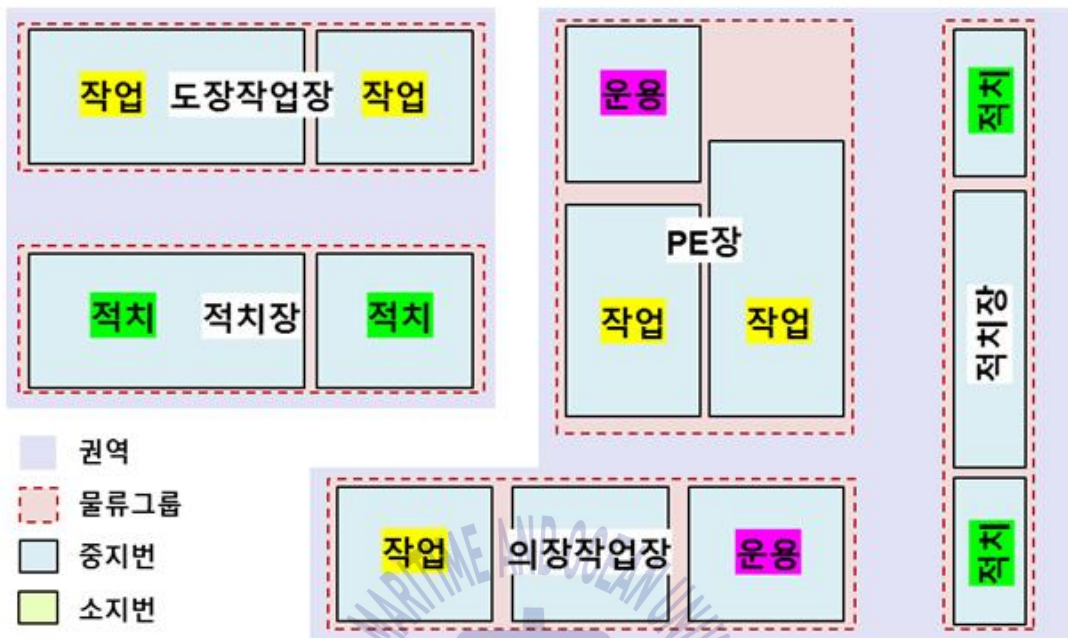


Fig. 24 Explanation of area type

마지막으로 TransportableRoad는 트랜스포터가 이동 가능한 도로를 구분하기 위해 정의하였다(Fig. 25). 조선소의 모든 도로를 트랜스포터가 이동 가능한 것은 아니다. 도로의 폭, 경사 등의 제약조건으로 인해 트랜스포터가 이동하는 도로는 매우 한정적이며, 블록 물류 시뮬레이션 진행 시 이를 구분하여 경로탐색 모듈이 호출되어 최적 경로 탐색이 진행될 수 있도록 하였다.

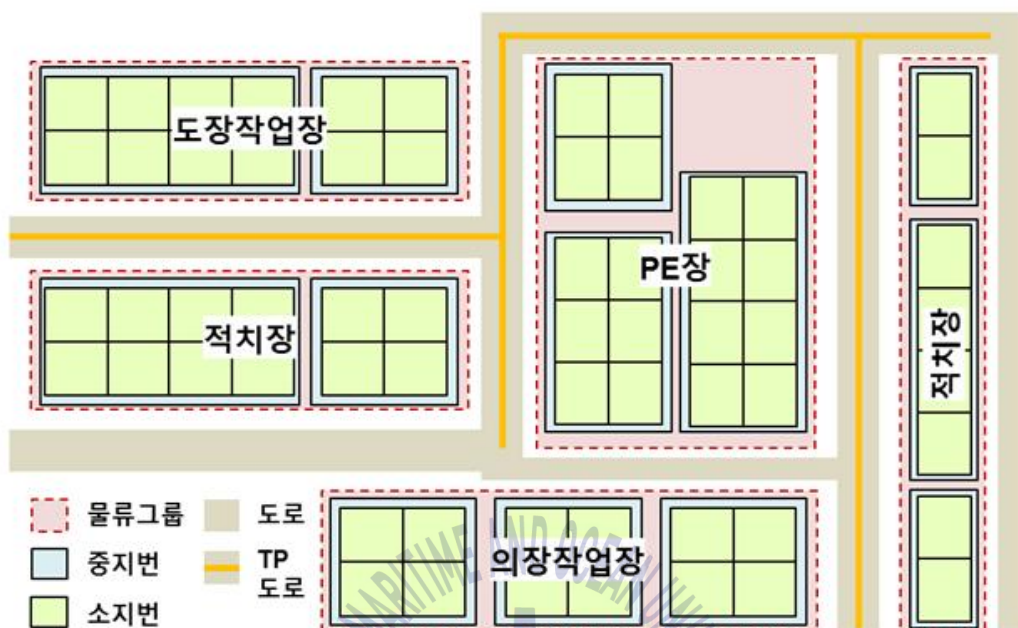
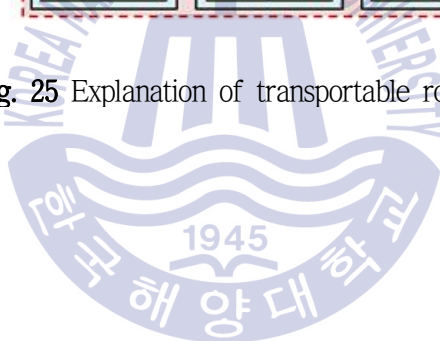


Fig. 25 Explanation of transportable road



3.2.2 지리정보시스템 변환로직 정의

지리정보시스템 기반의 조선소 블록 물류 시뮬레이션에 사용되는 공장과 적치장, 도로 정보 생성을 위해서는 앞에서 정의한 지리정보시스템에 내재되어 있는 형상정보와 속성정보를 시뮬레이션 정보로 변환하는 과정이 필요하다.

일반적으로 조선소에서 관리하고 있는 물리적 공간정보로는 Shop, Bay, 도크, 안벽, 적치장, 도로 등이 있으며, 이들 대부분이 지번체계로 관리되고 있다. 조선소 지리정보시스템의 Shop은 내업을 수행하는 공간의 외곽을 나타내고 있으며, 실질적인 작업은 Shop 하위에 존재하는 Bay에서 수행하게 된다. 이러한 Bay는 모두 중지번으로 관리되고 있으며, 세부적으로 관리하기 위해 중지번 하위에 소지번을 할당하여 관리하고 있다. 지번체계로 관리되는 조선소의 지리정보시스템을 시뮬레이션을 위한 공간정보로 변환하기 위해 공간과 관련된 스키마를 정의하였으며, 변환이 이루어질 수 있도록 로직을 구성하였다. 작업장과 적치장을 나타내는 공간 정보는 중지번에 의해 결정될 수 있으며, 중지번과 소지번의 계층구조를 가질 수 있도록 로직을 정의하였다. 중지번과 소지번을 기준으로 Area와 SubArea로 구분할 수 있으며, 이때 Area와 SubArea는 Parent와 Child의 관계를 가지고 있다(Fig. 26 ~ 27).

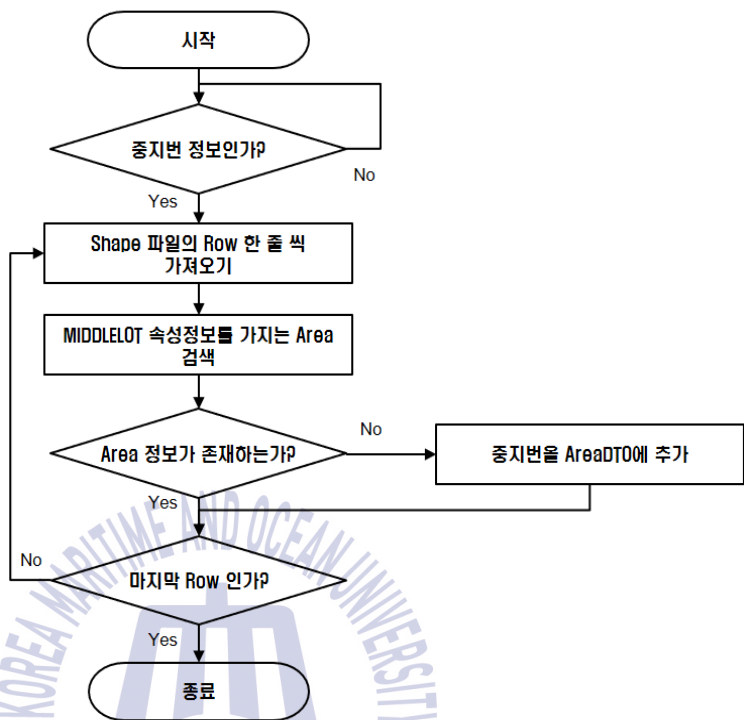


Fig. 26 Algorithm for creation of area using lotmiddle

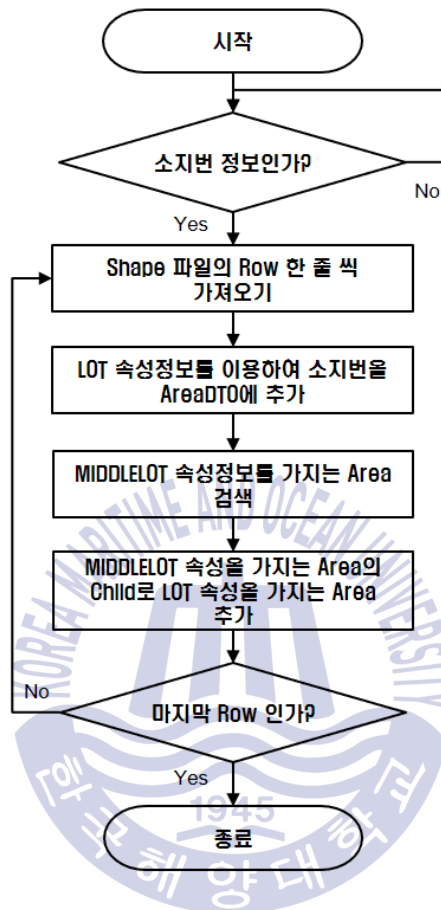


Fig. 27 Algorithm for creation of area using LOTSMALL

지리정보시스템의 형상 정보를 바탕으로 공간 모델을 생성하고, 속성 정보를 바탕으로 공장 모델을 생성한다. 공간 모델은 Point의 집합으로 구성되며, 해당 공간의 기하학 정보를 포함하고 있으며, 이를 통해 공간의 면적이나 중심점 등에 대한 정보를 획득할 수 있다. 공장 모델은 시뮬레이션 진행을 위해 제작되며, 공장의 속성을 기준으로 시뮬레이션 시나리오를 설정할 수 있다. 생성된 공장에 공간 정보를 할당하여 위치 기반 물류 시뮬레이션이 진행된다.

지리정보시스템 상에서 도로의 경우 일반적으로 폴리곤 형태로 나타내고

있지만, 조선소 물류 시뮬레이션에서는 도로 중심선과 도로의 폭, 차선의 수에 대한 정보가 필요하다. 또한 최적 경로 탐색을 위해서는 교차로/회전에 대한 정보가 필요하다. 지리정보시스템의 정보를 시뮬레이션을 위한 내부 Schema로 변환하는 과정은 Fig. 28과 같다.

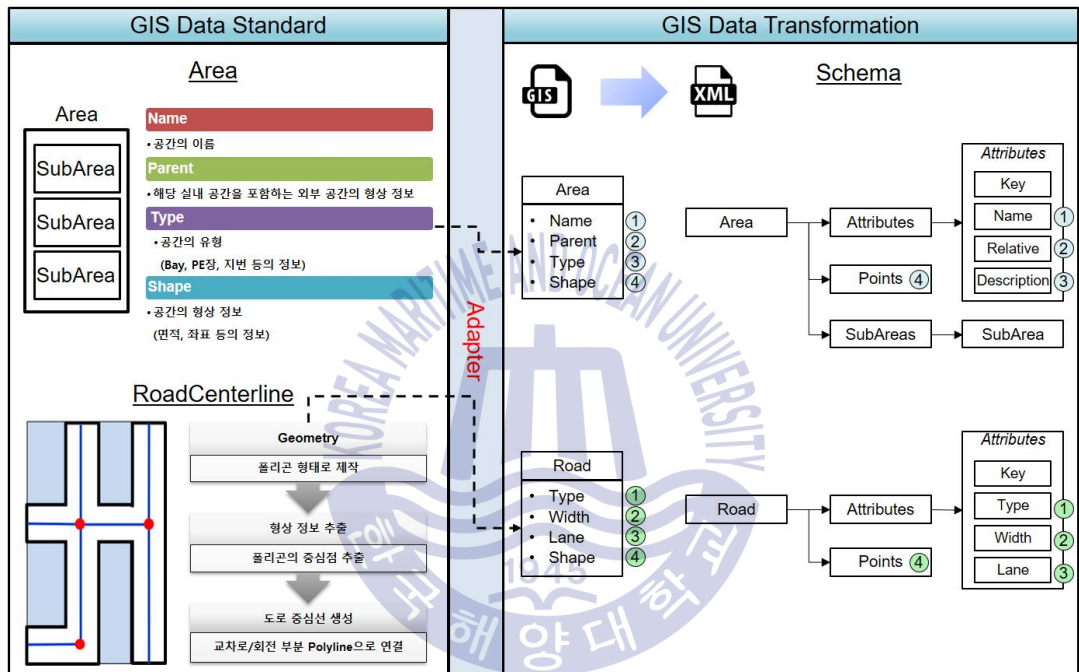


Fig. 28 Procedure of conversion GIS data into schema

3.2.3 지리정보시스템 변환 Adapter 개발

공정 중심 시뮬레이션 엔진에 Shape 정보를 읽어올 수 있도록 GIS Importer를 개발하였다. GIS Importer는 지리정보시스템의 정보를 물류 분석에 필요한 공간정보로 변환하기 위해 정보를 가져오는 역할을 한다. IAdapterFile을 통해 지리정보시스템의 정보를 읽어오고, 공정 중심 시뮬레이션 엔진의 표준 공간 정보로 변환하고 속성을 저장한다. GisImporter에 대한 컴포넌트 다이어그램은 Fig. 29와 같다.

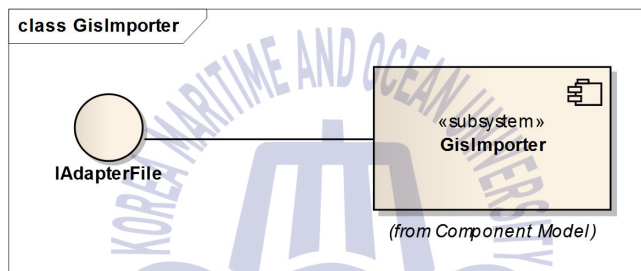


Fig. 29 Component diagram of GisImporter

IAdapterFile의 인터페이스는 Fig. 30과 같이 구현되며, 각각의 메서드에 대한 상세한 정의는 Table 12과 같다.

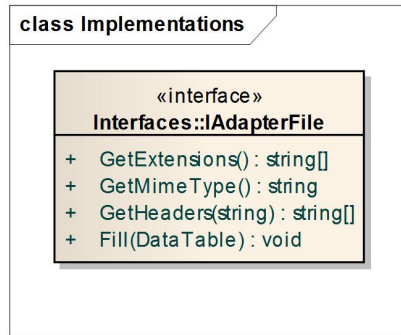


Fig. 30 Interface breakdown of IAdapterFile

Table 12 Definition of method for IAdapterFile

메서드 명	설명	입력값	출력값
GetExtensions()	모듈에서 변환 가능한 확장자를 반환한다.	없음	확장자 목록
GetMimeType()	모듈에서 변환하는 파일의 고유 형식을 MIME 문자열로 제공한다.	없음	MIME 형식 정의 문자열
GetHeaders()	데이터를 가져올 때 사용할 헤더 목록을 반환한다.	파일 경로 (string)	헤더 목록
Fill()	데이터테이블을 채운다.	데이터테이블 (DataTable)	없음

Shape 파일을 가져오기 위해 GetExtensions() 메서드에서 확장자 목록에 “.shp” 을 추가하고, GetMimeType()을 통해 모듈에서 변환하는 파일의 고유 형식을 MIME 문자열로 제공한다. 지리정보시스템의 정보를 가져오기 위해, 선택한 Shape 파일의 경로를 Input으로 하고 GetHeaders() 메서드를 사용하여 헤더 목록을 반환한다. 반환된 헤더 목록 처음에 Feature를 추가하고, 각각의 Data Row의 Feature 컬럼에는 FilePath를 추가하여 Data Row를 가져올 때 마다 형상정보를 확인할 수 있도록 하였다. 다음으로 Fill() 메서드를 통해

데이터테이블을 채울 수 있도록 하였다.

다음으로 지리정보시스템으로부터 가져온 정보를 편집하고 저장할 수 있도록 GisEditor를 개발하였다. GisEditor는 추출한 지리정보시스템의 정보를 바탕으로 편집된 내용을 IAdapterLogic을 통해 공정 중심 시뮬레이션 엔진의 작업장과 적치장, 도로 등의 공간 정보를 생성하는 역할을 한다. GisEditor에 대한 컴포넌트 다이어그램은 Fig. 31과 같다.

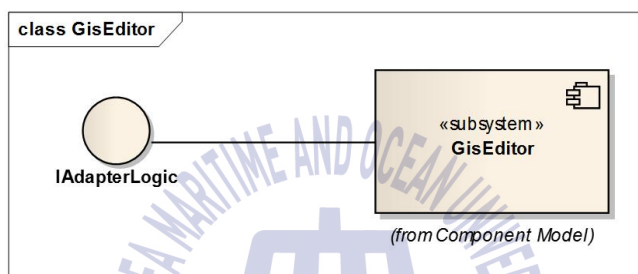


Fig. 31 Component diagram of GisEditor

GisEditor에서는 속성 정보를 바탕으로 작업장과 적치장, 도로를 생성한다. 공장을 생성하기 위해 공정 중심 시뮬레이션 엔진에서 공장을 생성할 수 있는 PlantDTO를 사용하여 공간정보를 매핑하고, 공간정보를 생성하기 위해 AreaDTO를 사용한다. AreaDTO에는 Point들의 좌표 정보가 저장되고 있으며, 공장에 할당되어 위치, 면적 등의 기하학 정보를 활용할 수 있다. 또한 공장은 BaseTypicalAttributiveDTO를 상속 받아 물류 시뮬레이션을 위해 필요한 항목들을 Attributes에 추가할 수 있도록 하였다(Fig. 32).

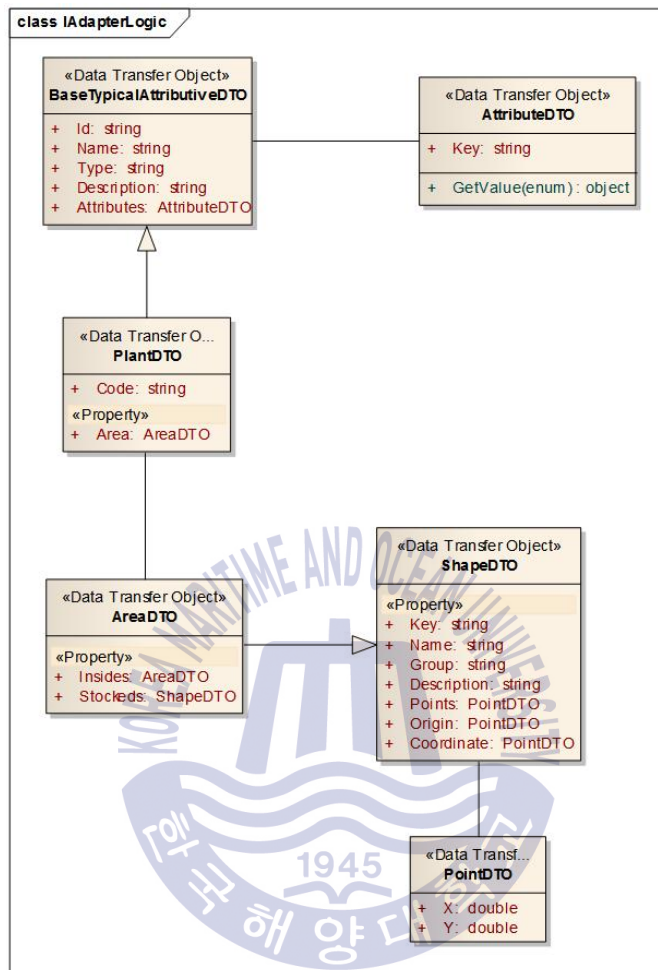


Fig. 32 Object model of IAdapterLogic

IAdapterLogic 인터페이스는 Fig. 33과 같이 구현되며, 각각의 메서드에 대한 상세한 정의는 Table 13와 같다.

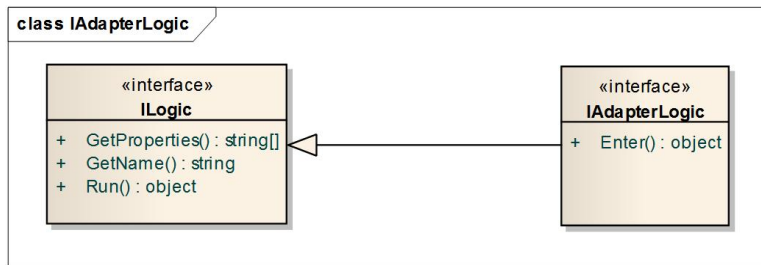


Fig. 33 Interface breakdown of IAdapterLogic

Table 13 Definition of method for IAdapterLogic

메서드 명	설명	입력값	출력값
GetProperties()	변환 로직이 제공하는 속성 목록을 반환한다.	없음	속성 이름 목록
GetName()	변환 로직의 이름을 반환한다.	없음	변환 로직 이름
Run()	변환 로직을 수행한다.	없음	결과값
Enter()	속성 입력을 수행한다.	없음	결과값

GetProperties() 메서드는 변환 로직에 제공하는 속성 목록(Table 10)을 작성하고, 변환 로직의 이름을 GetName() 메서드를 통해 반환한다. Enter() 메서드를 활용하여 공장에 속성 값을 입력하고 Run() 메서드를 사용하여 시뮬레이션에 사용될 공장 모델을 생성한다.

GIS에서 가져온 공장 및 도로 속성을 변환하고, 사용자 입력 속성을 반영. GisImporter에 대한 클래스 다이어그램은 Fig. 34와 같다.

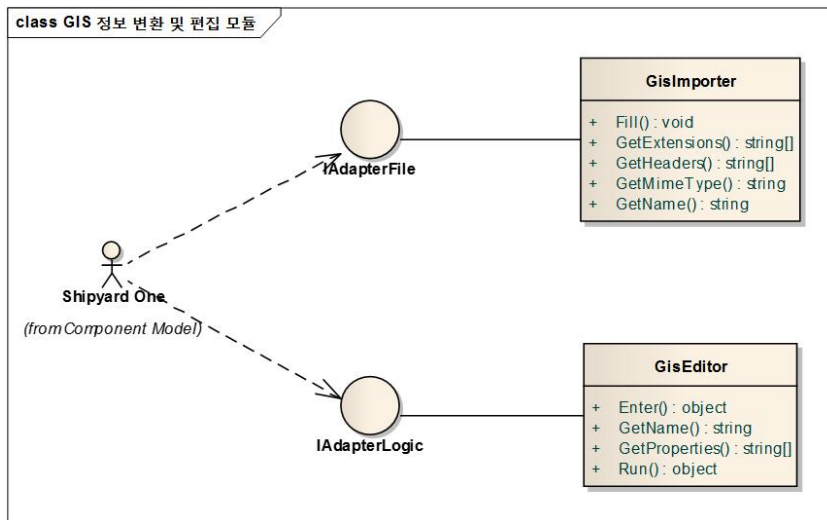


Fig. 34 Class diagram of GisImporter and GisEditor

MainWindows의 가져오기 탭에서 폴더를 선택하면 FilesPanel이 호출되고, 마우스 오른쪽 클릭 후 찾기를 선택한 다음 지리정보시스템의 정보가 있는 폴더 경로를 선택한다. 다음으로 해당 폴더 경로 하위에 존재하는 모든 shape 파일의 목록이 호출되며, 지리정보시스템의 정보를 변환하고자 하는 파일에 대해 체크한 다음 파일 선택 버튼 클릭하게 되면, Shape 파일의 컬럼 헤더의 리스트를 호출된다. 또한 컬럼 헤더의 리스트와 시뮬레이션 진행을 위한 내부 변수와의 연결을 통해 지리정보시스템의 정보를 시뮬레이션을 위한 내부 변수로 변환된다.

변환 버튼을 선택하면 FeaturesEditPanel이 호출되고, GIS 정보를 편집할 수 있게 된다. GisImporter를 통해 가져온 조선소 GIS 정보에서 부족한 부분을 추가하고 잘못된 부분을 수정할 수 있는 목적으로 제작하였다. 수정된 정보를 바탕으로 시뮬레이션 모델에 작업장과 적치장, 도로를 생성하고, 작업장과 적치장에 공간 정보를 할당하여 물류 시뮬레이션 시 위치 정보를 고려할 수 있도록 하였다. 또한 도로는 노드 정보를 저장하여 경로 탐색 모듈에서 활용할 수 있도록 인터페이스를 하였다. GIS 정보 변환 및 편집 모듈의 Sequence

Diagram은 Fig. 35과 같다.

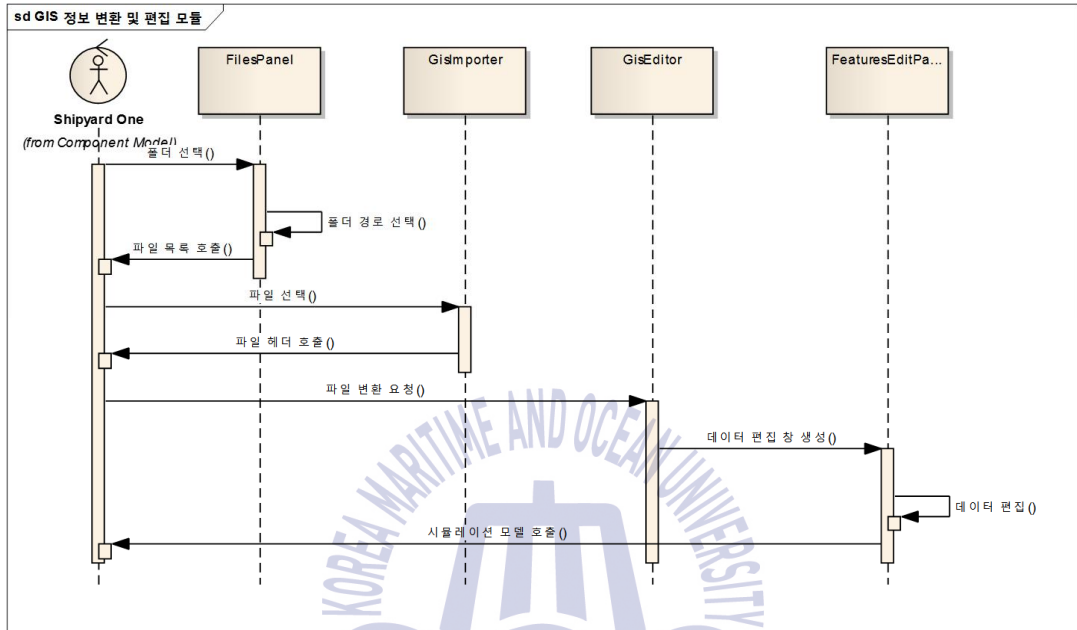


Fig. 35 Sequence diagram of GisImporter and GisEditor

제 4 장 조선소 모델링

4.1 작업장/적치장/도로 모델링

조선소 블록 물류 시뮬레이션을 위한 작업장과 적치장, 도로를 생성하는 과정은 다음과 같다. 먼저 LOTMIDDLE Shape파일을 기준으로 작업장과 적치장으로 변환하였다. 중지번을 기준으로 Area를 생성하였고, 중지번의 속성 정보로 존재하는 Region, LogisticsCode, MiddleLot 정보를 바탕으로 권역/물류코드/중지번 형태의 계층 구조를 가질 수 있도록 공장을 생성하였다. 다음으로 중지번 Shape을 기준으로 생성된 공장과 적치장에 소지번을 매핑하는 과정을 진행하였다. LOTSMALL Shpae파일의 속성 정보에 중지번에 관한 정보(MiddleLot)가 포함되어 있기 때문에 생성된 공장을 기준으로 같은 이름을 가지는 공장을 검색하여 계층구조로 생성하였다. 마지막으로 도로 정보를 변환하는 과정을 거쳤다. ROADCENTERLINE Shape파일에서 시뮬레이션에 필요한 속성 정보인 트랜스포터 이동 가능 유무(Transportable)와 차선의 수(LaneNumber), 도로의 폭(Width)에 대한 정보를 Road에 저장될 수 있도록 하였다(Table 14 ~ 16).

Table 14 Mapping attributes of LOTMIDDLE and simulation variable

속성	시뮬레이션 변수
Feature	Feature
MIDDLELOT	MiddleLot
DESCRIPTION	Description
SID	-
USETYPE	UseType
TRANSPORTTEAM	TransportTeam
PRODUCTTYPE	-
WIP	-
PROCESSTYPE	-
ACCESSDIRECTION	AccessDirection
WORKPLACETYPE	WorkplaceType
WORKPLACECODE	WorkplaceCode
CAPACITY	Capacity
BEGINDATE	-
PID	-
EDITINGTYPE	-
LOGISTICSCODE	LogisticsCode
PRIORITYSTOCKAREA	PriorityStockArea
REGION	Region
ACTUALCAPACITY	ActualCapacity
ARRANGEMENTTYPE	ArrangementType
AREATYPE	AreaType

Table 15 Mapping attributes of LOTSMALL and simulation variable

속성	시뮬레이션 변수
Feature	Feature
MIDDLELOT	MiddleLot
SMALLLOT	-
LOT	Lot
SID	-
DESCRIPTION	Description
USETYPE	UseType
WIP	-
PROCESSTYPE	-
USABLE	-
WORKPLACETYPE	WorkplaceType
BEGINDATE	-
PID	-
EDITINGTYPE	-
PRODUCTTYPE	-
WORKPLACECODE	WorkplaceCode

Table 16 Mapping attributes of ROADCENTERLINE and simulation variable

속성	시뮬레이션 변수
Feature	Feature
ID	-
도로번호	-
명칭	-
도로구분	-
시점	-
종점	-
포장재	-
분리대	-
차로수	LaneNumber
도로폭	Width
일방통행	-
기타	-
UFID	-
TRANSPORTABLE	RoadType

4.1.1 계층 구조의 조선소 모델 생성

지리정보시스템에 내재된 형상정보와 속성정보를 이용하여 계층 구조의 조선소 모델을 생성하였다. 조선소(Shipyard), 권역(Region), 물류그룹(Logistics Group), 물류그룹 코드(Logistics Group Code), 중지번(Middle Lot), 소지번(Small Lot) 순의 계층 구조의 조선소 모델을 생성하였으며, 물류가 발생하지 않는 중지번과 소지번에 대해서는 권역을 기준으로 비물류(Non-Logistics)로 분기하여 계층구조화 하였다(Fig. 36).



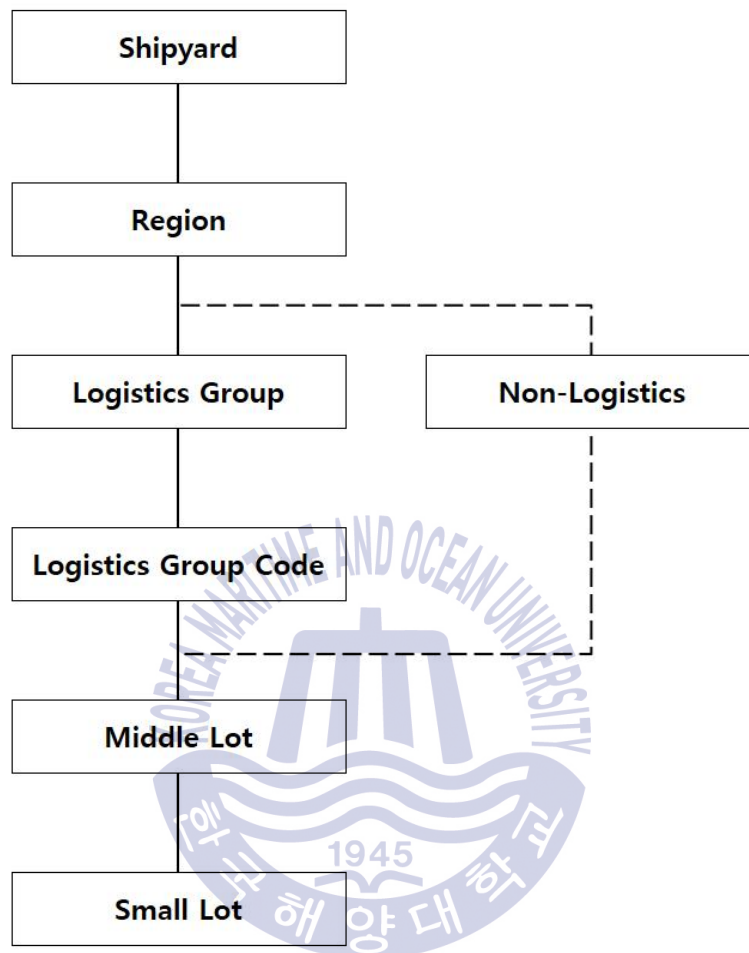


Fig. 36 Hierarchy of shipyard model

지리정보시스템에 내재된 형상정보를 이용하여 공간을 생성하고, 생성된 공간정보를 공장에 할당하였다. 또한 지리정보시스템의 5가지(MiddleLot, Description, UseType, LogisticsGroup, Region) 속성정보를 이용하여 공장을 생성하였으며, 6가지(TransportTeam, AccessDirection, Capacity, PriorityStockArea, ArrangementType, AreaType) 속성정보를 이용하여 공장의 추가적인 속성으로 부여하였다(Fig. 37).

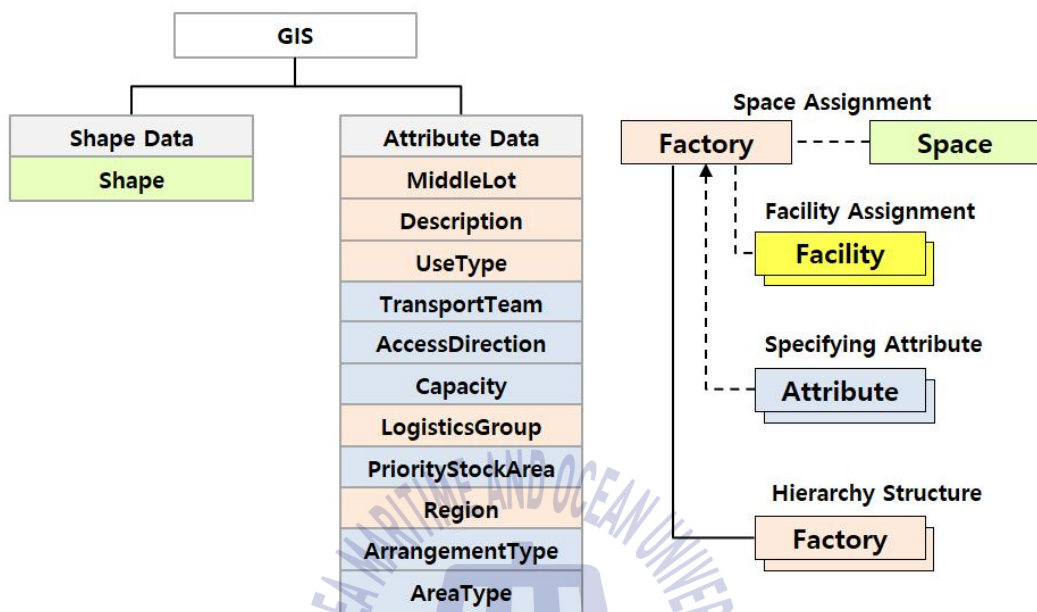


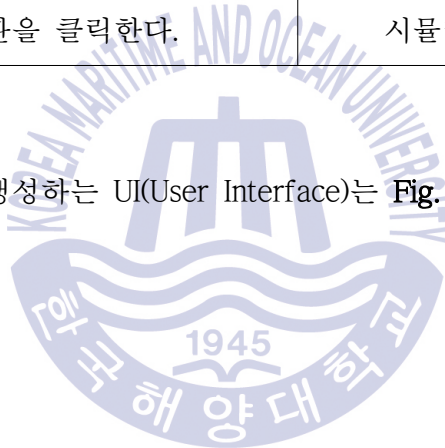
Fig. 37 Creation of a hierarchical model with spatial and attribute data

또한, 조선소 블록 물류 시뮬레이션을 진행하기 위해 지리정보시스템 변환 모듈을 개발하였으며, 이를 바탕으로 시뮬레이션 모델로 변환하는 과정을 수행하였다. 지리정보시스템이 존재하는 폴더 경로를 선택하면 파일 목록이 호출되고, 변환하고자 하는 파일을 선택하면 지리정보시스템에 존재하는 속성 목록이 호출된다. 특정 시뮬레이션 모델로 변환하고자 하는 로직을 선택하게 되면 시뮬레이션 변수가 나타나고, 속성 목록과 시뮬레이션 변수를 매핑한 뒤 지리정보시스템의 속성정보를 가져오면 시뮬레이션 모델이 생성된다(Table 17).

Table 17 The process of creating a simulation model

순번	행위	결과
1	폴더 경로를 선택한다.	파일 목록 호출
2	파일을 선택한다.	GIS 속성 목록 호출
3	변환 로직을 선택한다.	시뮬레이션 변수 목록 호출
4	GIS 속성을 시뮬레이션 변수 목록에 매핑한다.	매핑된 결과
5	가져오기를 클릭한다.	속성정보 호출
6	변환을 클릭한다.	시뮬레이션 모델 생성

시뮬레이션 모델을 생성하는 UI(User Interface)는 Fig. 38과 같다.



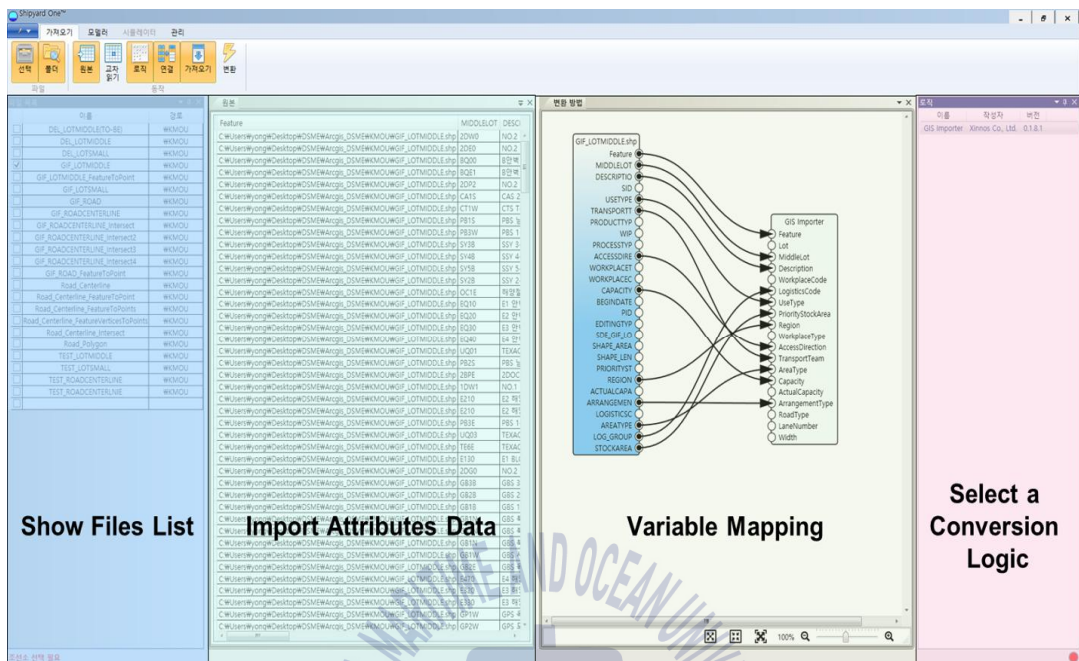


Fig. 38 The Process of creating a simulation model(UI)

4.1.2 단위 모델 구현

방대한 정보가 내재되어 있는 조선소의 지리정보시스템을 변환하기 앞서, ArcMap에서 임의의 단위모델을 생성하여 지리정보시스템의 형상 및 속성 정보가 시뮬레이션 모델로 변환되는지 테스트하였다. 단위모델은 조선소의 Shape 파일과 마찬가지로 중지번과 소지번, 도로를 구분하여 생성하였으며, 속성 정보의 형태 또한 동일하도록 구성하였다. 단위모델을 바탕으로 형상 정보와 속성 정보를 시뮬레이션 정보로 변환하였으며, 원 데이터와 비교를 통해 변환된 시뮬레이션 정보를 검증하였다.

지리정보시스템의 속성 정보는 형상 정보만으로 해당 공간을 표현하기 부족한 부분을 채워주는 역할을 수행한다. 도로의 경우 도로의 폭과 차선의 수에 대한 정보는 도로 중심선의 형상 정보만으로 알 수 없다. 그렇기 때문에

공간 정보를 표현할 수 있는 속성의 경우 공간과 관련된 Schema에 저장될 수 있도록 하였다. 그러나 도로를 제외한 Shape 파일의 형상 및 속성 정보 중 Schema에 저장되는 정보는 극히 일부분이다. 그 이유는 속성 정보의 대부분은 공간을 차지하는 작업장(또는 적치장)의 정보를 나타내는데 사용되기 때문이다. 따라서 공장과 공간에 저장되는 정보를 구분하였으며, 지리정보시스템에서의 속성 정보 중 공장의 정보로 활용되는 부분에 대해서는 공장의 속성으로 저장될 수 있도록 하였다. 우선 지리정보시스템에 추가한 속성정보를 저장할 수 있도록 시뮬레이션 모델 상의 속성을 정의하였다. 작업장과 적치장은 PlantDTO를 이용하여 생성하고, PlantDTO를 생성하는데 필수 항목은 Schema의 Plant에 저장될 수 있도록 하였다. 시뮬레이션 고도화를 위해 추가된 속성정보는 PlantDTO를 상속받는 BaseTypicalAttributiveDTO를 이용하여 저장할 수 있다. 그리고 공장에서는 공간에 대한 정보를 상속받아 물류 시뮬레이션에 필요한 형상 정보를 활용할 수 있도록 하였다(Table 18).



Table 18 Storage location of simulation data

속성	데이터 형식	저장공간
MIDDLELOT	string	Plant.Name
LOT	string	Plant.Name
DESCRIPTION	string	Plant.Description
USETYPE	string	Plant.Type
TRANSPORTTEAM	string	Plant.Attributes
ACCESSDIRECTION	string	Plant.Attributes
CAPACITY	int	Plant.Attributes
PRIORITYSTOCKAREA	string	Plant.Attributes
REGION	string	Plant.Attributes
ACTUALCAPACITY	int	Plant.Attributes
ARRANGEMENTTYPE	string	Plant.Attributes
LOGISTICSCODE	string	Plant.Parent.Id
AREATYPE	string	Plant.Attributes
Feature	shape	Plant.Area

Fig. 39은 ArcMap 상에서 임의로 생성한 중지번, 소지번, 도로의 단위 모델을 나타낸다.

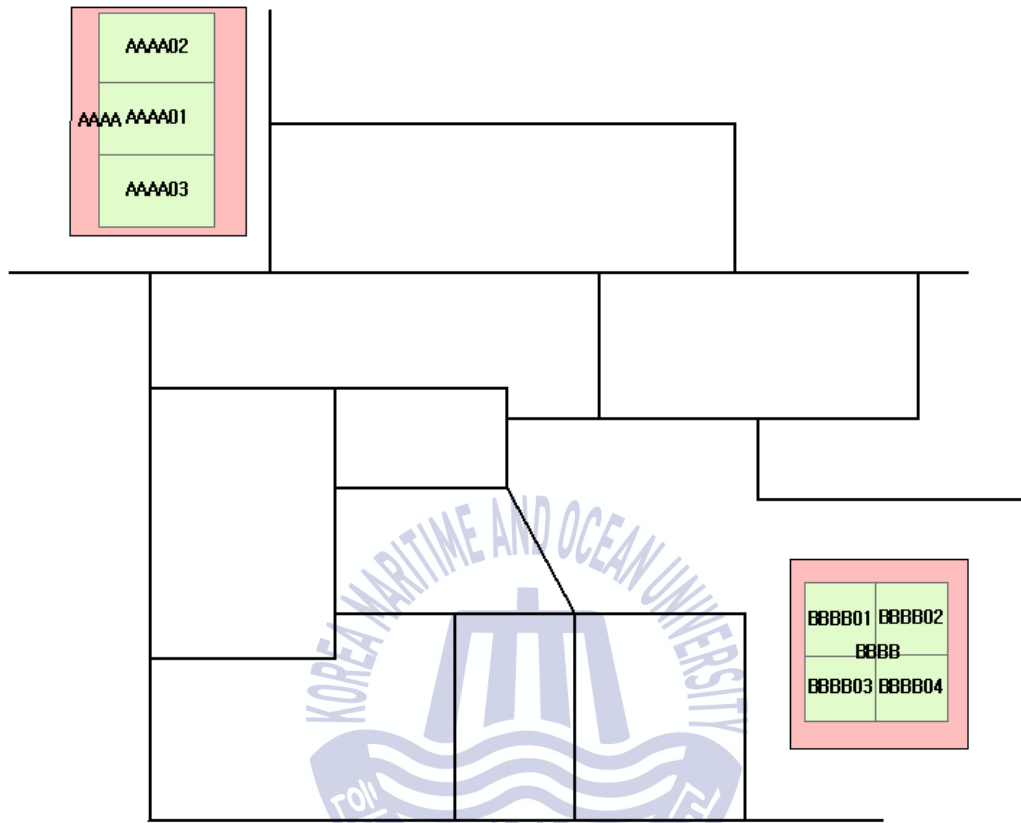


Fig. 39 Implementation of unit model

중지번 레이어는 AAAA와 BBBB로 구성된 폴리곤으로 제작하였으며, 소지번 레이어는 중지번 하위에 AAAA01~03, BBBB01~04까지 폴리곤으로 제작하였다. 도로의 경우 최적 경로 탐색 알고리즘 검증을 위해 구성하였으며, 모든 도로 정보가 시뮬레이션 모델로 변환되는지 확인하기 위해 폴리라인으로 제작하였다. Table 19 ~ 21는 단위 테스트를 위해 만든 속성정보를 나타낸다.

Table 19 Data of test model for LOTMIDDLE

MIDDLE LOT	USETYPE	DESCRIPTION	REGION	TRANSPORT TEAM	CAPACITY	ACTUAL CAPACITY	ACCESS DIRECTION	ARRANGEMENT TYPE	PRIORITY STOCK AREA	AREA TYPE	LOGISTICS CODE
AAAA	도장	테스트 모델 AAAA	선박	20VA	3	3	E	SingleRow Arrangement	STK	작업	PNT
BBBB	적치장	테스트 모델 BBBB	공통	20VC	4	4	W	MultiRowArrangement		적치	STK

Table 20 Sample data of test model for LOTSMALL

MIDDLELOT	LOT	DESCRIPTION	USETYPE
AAAA	AAAA01	테스트모델 AAAA01	도장
AAAA	AAAA02	테스트모델 AAAA02	도장
BBBB	BBBB01	테스트모델 BBBB01	적치장
BBBB	BBBB02	테스트모델 BBBB02	적치장

Table 21 Sample data of test model for ROADCENTERLINE

FID	차로수	도로폭	TRANSPORTABLE
0	2	4.5	Y
1	2	4.5	Y
2	2	4.5	Y
3	2	4.5	Y

위와 같이 정의한 단위 모델을 바탕으로 시뮬레이션 모델을 생성하는 과정을 거쳐 단위 시뮬레이션 모델을 구현하였다(Fig. 40).

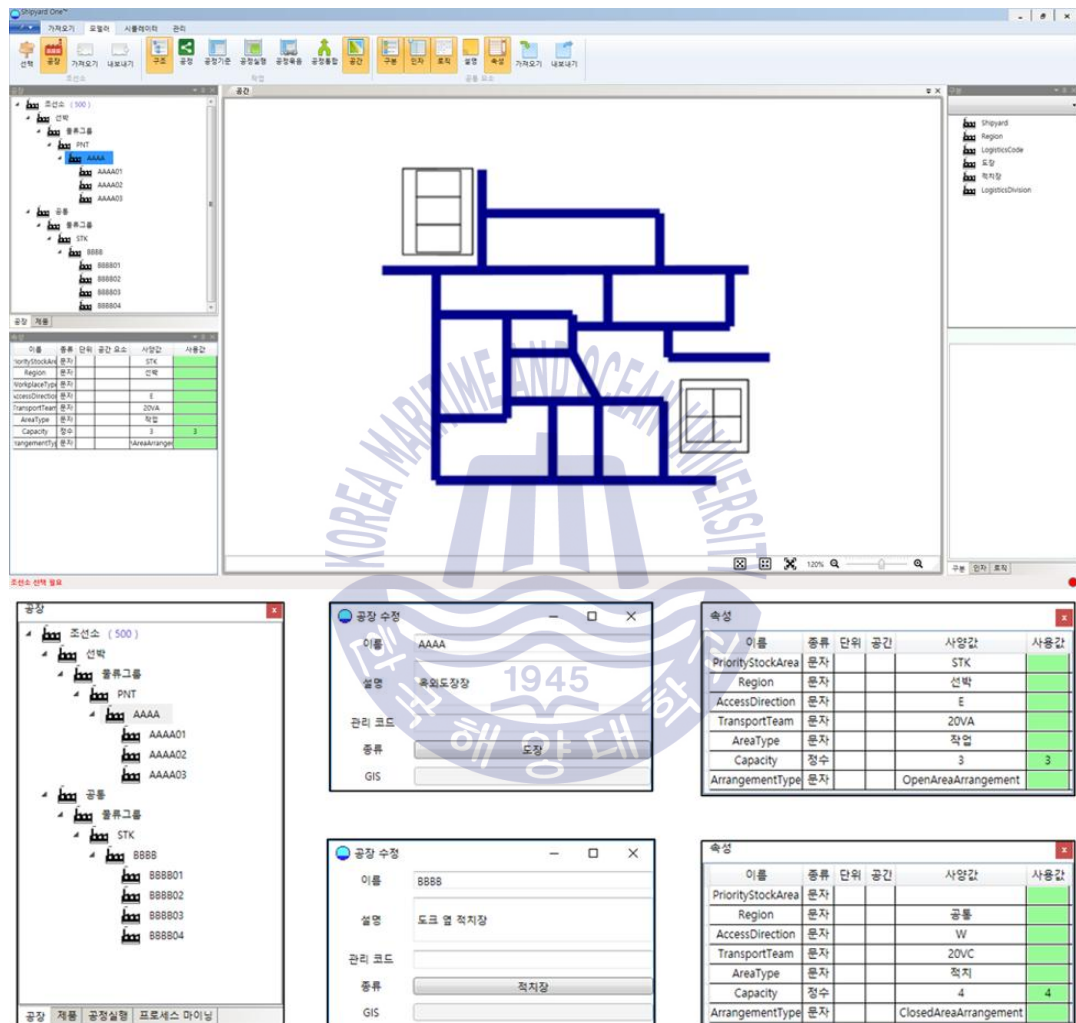


Fig. 40 Result of unit model for creation of simulation model

최상위 공장으로서 조선소를 생성하고, 그 하위에 권역정보를 바탕으로 구분할 수 있도록 하였다. 권역 하위에 물류 그룹을 추가하였고, 물류 그룹 하위에

해당하는 코드를 생성하였다. 물류 코드 하위에 중지번을 생성하였으며, 소지번은 최하위 계층의 작업장/적치장 정보를 가질 수 있도록 하였다. 각각의 지번마다 속성정보의 변환이 제대로 이루어진 것과 형상정보를 바탕으로 레이아웃이 생성되는 것을 확인하였다.

4.1.3 시뮬레이션 모델 구현

단위 모델 구현을 통해 지리정보시스템의 정보가 변환되는 것을 확인하였다. 유사한 과정을 거쳐 실제 시뮬레이션 모델에 적용하였다. 단위 모델을 통해 검증은 하였지만, 실제 시뮬레이션 모델에서 문제가 발생한 부분에 대해 디버그를 진행하였고, 완성 시뮬레이션 모델은 Fig. 41와 같다.



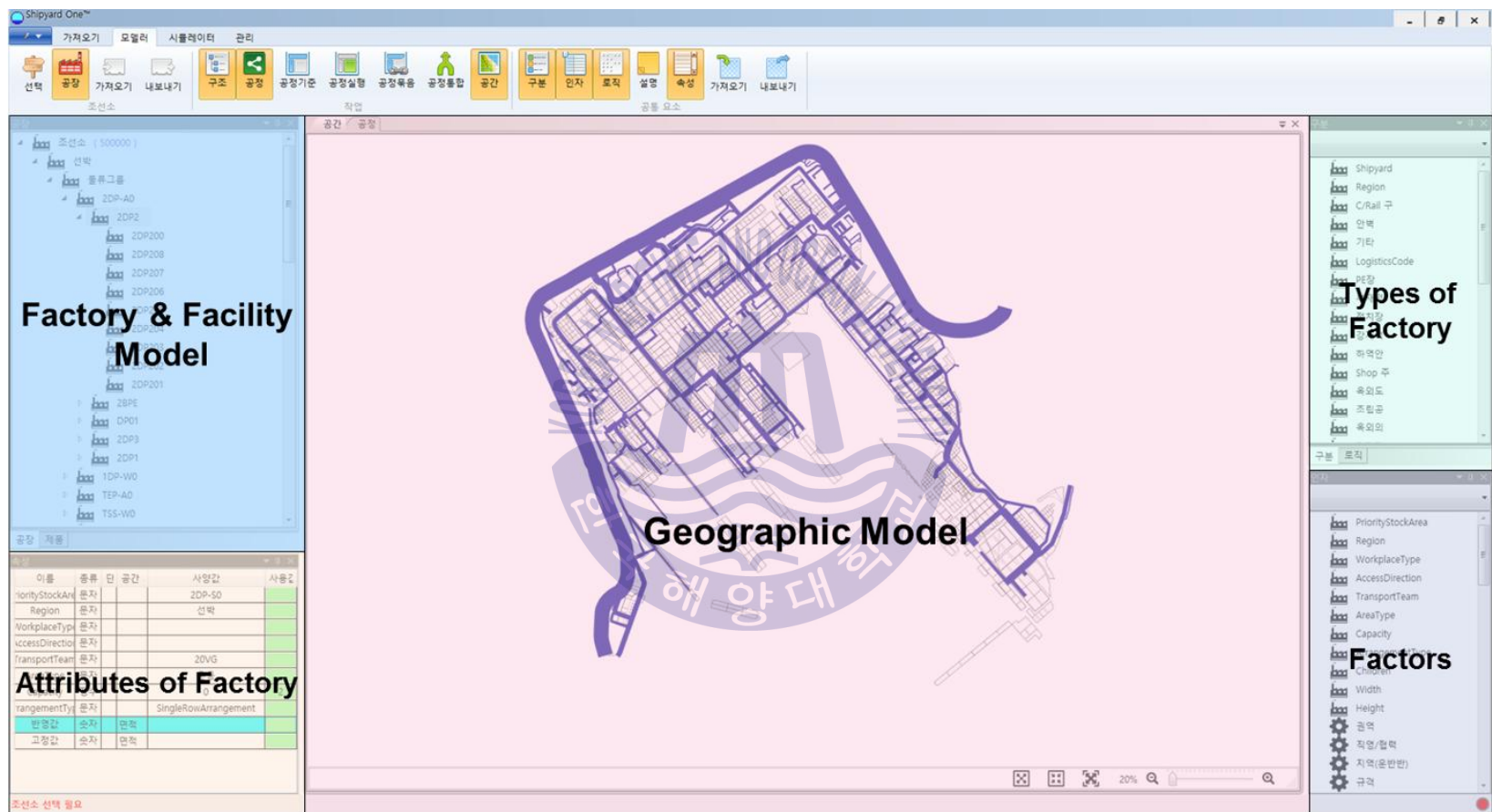


Fig. 41 Result of simulation model

제 5 장 물류 시뮬레이션 결과 분석

5.1 시뮬레이션 부하 분석

지리정보시스템을 변환하여 생성한 시뮬레이션 모델에 제품정보와 제품이 수행하는 공정정보를 추가하여 시뮬레이션을 진행하였다.

시뮬레이션 결과로 시계열 데이터 기준 야드 내 존재하는 작업장과 적치장의 재공/재고 수량을 확인할 수 있으며(Fig. 42), 트랜스포터 사용 현황을 파악할 수 있다(Fig. 43). 또한 도로의 사용빈도에 따라 굵기를 변화하여 가시화함으로써 사용자가 도로의 부하를 분석하는데 용이하도록 하였다(Fig. 44).





Fig. 42 WIP/inventory count in yard

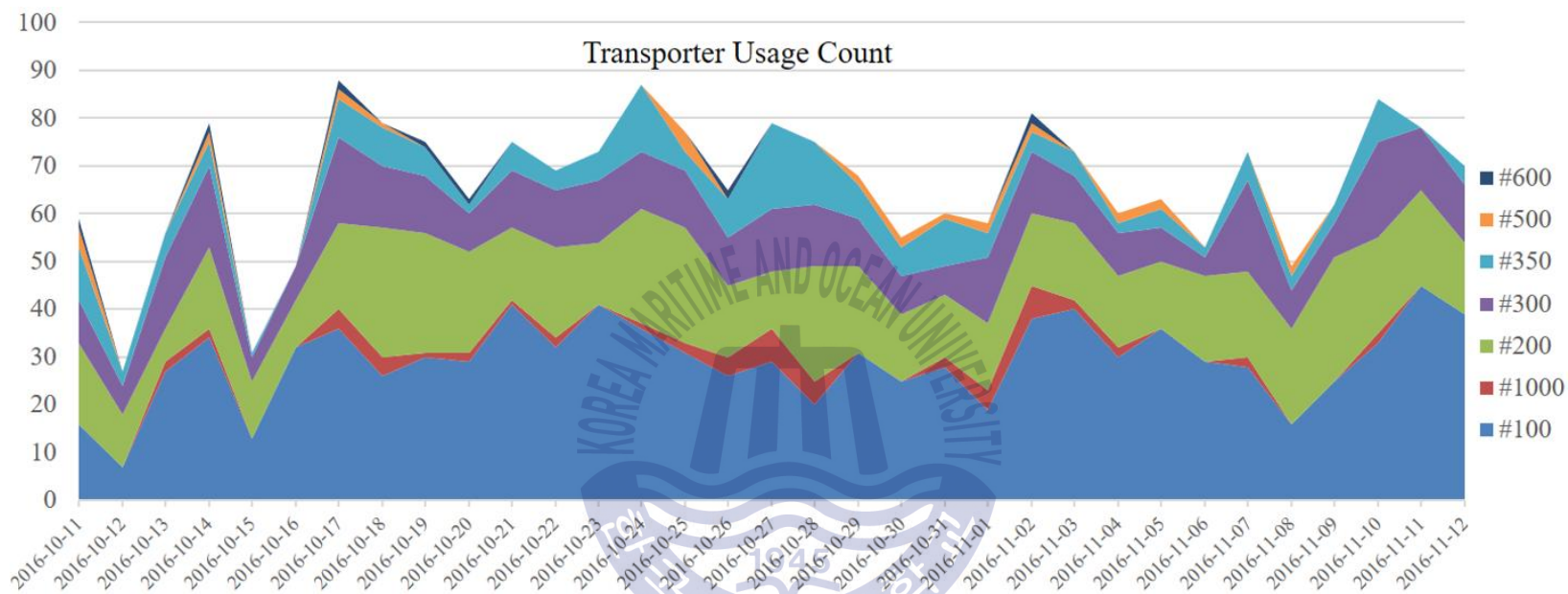


Fig. 43 Transporter usage count



제 6 장 결 론

6.1 연구 결론

본 연구에서는 중장기 야드의 블록 물류를 검증하고 개선할 수 있도록 프로세스 중심 DES 시뮬레이션 엔진인 Shipyard One™을 이용하였다. Shipyard One™에서 지리정보시스템의 형상정보와 속성정보를 가져온 뒤, 물류 현황 파악이 가능한 시뮬레이션 모델로 구축하였다. 또한 시뮬레이션 고도화를 위해 6가지 속성정보를 정의하였으며, 단위모델 테스트를 통해 개발한 지리정보시스템 변환 모듈을 검증하였다.

조선소의 As-Is 모델을 대상으로 시뮬레이션 모델로 생성하였으며, 시계열 데이터 기준으로 야드에 존재하는 재공/재고의 수와 트랜스포터 사용 현황을 파악하였다. 또한 도로 부하 분석을 위해 시뮬레이션이 진행되는 동안 사용되는 도로에 대한 정보를 기록하였으며, 도로 사용량을 가시화하여 사용자가 쉽게 확인할 수 있도록 하였다.

본 연구를 통한 기대효과로는 중장기 야드의 작업장, 적치장, 도로에 대한 부하 분석과 배원/배량 관점에서의 물류 개선에 기여할 수 있을 것이라 판단한다. 또한 시뮬레이션 결과를 계획 수립 시 반영하여 다양한 의사결정을 지원하는데 도움을 줄 것이라 판단한다.

6.2 향후 과제

본 연구에서는 시뮬레이션 모델 생성에 대한 검증은 수행되었지만, 생성된 시뮬레이션 모델을 바탕으로 블록 물류 시뮬레이션을 진행 후, 시계열 데이터 기준으로 야드 내 재공/재고 수량, 트랜스포터 사용 현황, 주요 도로 부하 분석 등에 대한 결과를 추출할 수 있었으나, 결과에 대한 검증이 아직까지 미비한

상태이다. 따라서 향후 과제로 먼저 시뮬레이션 결과에 대한 검증을 수행하고, 결과의 정합성이 있다고 판단하면, 물류 문제에 대한 해결책을 제시할 수 있도록 To-Be 모델을 제시하는 것이다. 이를 바탕으로 As-Is 모델과의 비교 분석을 진행하여 현업에서 지속적으로 사용 가능하도록 지원해야 할 것이다.



참고문헌

- 권기욱 등, 2015. 조선 및 해양 특화 시뮬레이션을 위한 DES 어플리케이션 개발. 2015년 대한산업공학회 춘계공동학술대회 논문집, 2015.4, pp.455-460.
- 김병섭 등, 2016. 블록 물류 시뮬레이션을 위한 공정 중심 모델링 방법 개선 및 시스템 개발. 2016년도 정기총회 및 추계학술대회, 2016.11, pp.711-715.
- 김양민, 2008. 대우조선해양 2007년. 전략경영연구, 11(2), pp.107-130.
- 백명기 등, 2013. 시나리오 기반 조선 실행계획 평가 향상을 위한 시뮬레이션 시스템 개발 - 패널라인 개발 사례를 중심으로. 한국CAD/CAM학회 논문집, 18(3), pp.211-223.
- 손정열, 서홍원, 하병현, 2014. 조선 산업의 블록 적치장 운영계획 휴리스틱 알고리즘. 대한조선학회 논문집, 51(3), pp.239-245.
- 송창섭, 강용우, 2009. 대형 조선소의 블록 물류 시뮬레이션. 한국CAD/CAM학회 논문집, 14(6), pp.374-381.
- 심종익, 2009. GIS기반 학교 배정 의사결정 시스템. 한국정보기술학회논문지, 7(6), pp.199-205.
- 우상복, 류형곤, 한형상, 2003. 조선 선행탐재 및 탐재 일정계획에서의 부하평준화를 위한 발견적 기법. 대한산업공학회, 16(3), pp.332-343.
- 이동건, 오대균, 2014. 조선소에서 시뮬레이션 기반 생산에 관한 연구 - 선포 계획 검증을 중심으로. 해양환경안전학회지, 20(1), pp.86-95.
- 이상훈, 이우식, 2012. 공간정보 분야 국제표준화 현황 및 그 대응방안, 대한토목학회지, 60(1), pp.31-35.
- 이춘재 등, 2007. 조선소 옥외 물류의 이산 사건 시뮬레이션에 관한 연구. 대한조선학회논문집, 44(6), pp.647-656.

임현규, 이용길, 이필립, 우종훈, 2016. 조선소 시뮬레이션의 물류 분석을 위한 지리 정보 구조 정의. *2016년 대한산업공학회 춘계공동학술대회* 논문집, 2016.4, pp.212-218.

임현규, 이필립, 우종훈, 2016. 지리 정보 시스템 기반의 조선소 블록 물류 시뮬레이션을 위한 공장 및 도로 정보 생성에 관한 연구. *2016년도 정기총회 및 추계학술대회*, 2016.11, pp.734-739.

임해용, 2002. *GIS를 이용한 물류정보시스템*. 석사학위논문. 부산:동의대학교.

장남식, 2011. 시장분석 및 영업관리 역량 강화를 위한 통신사의 GIS 적용 사례. *지능정보연구*. 17(2), pp.61-75.

조용주, 김혜영, 전철민, 2009. 실내위치기반서비스를 위한 공간데이터베이스 활용 기법. *지형공간정보*, 17(1), pp.157-166.

한승희, 2011. 계층적 GIS분석 모델링에 의한 주거지개발 적지선정. *한국콘텐츠학회 논문지*, 11(4), pp.440-447.

허예지, 차주환, 조두연, 송하철, 2012. 트랜스포터의 실시간 경로 변경을 고려한 최적 블록 운송 시뮬레이션 개발. *한국해양환경·에너지학회 학술대회논문집*, 2012.5, pp.446-452.

부록 A

A.1 통합 물류 시뮬레이션

본 연구에서 통합 물류 시뮬레이션을 위해 개발한 지리정보시스템 변환 모듈과 상호작용하는 모듈은 물류 프로세스 모델 생성 모듈, 경로 탐색 모듈, 공간 배치 모듈, 리포트 모듈이 있다.

먼저 물류 프로세스 모델 생성 모듈은 기준 계획정보를 바탕으로 생성한다. 공정과 공정 사이에 발생하는 물류 현상을 정의하기 위해 공정을 기준으로 시작일과 종료일을 계획하는 기준 계획정보를 이용하였다. 기준 계획정보는 사전에 정의되어 있는 액티비티 코드를 기준으로 관리하고 있으며, 해당 공정이 수행되는 작업장, 착수일, 종료일, 공기, 버퍼 등에 대한 정보를 포함하고 있다(Table 22). 또한 해당 공정에 해당하는 제품에 대한 호선 정보, 블록 유형, 상위 블록 정보, 조립 순서, 중량, 길이, 폭, 등에 대한 정보를 포함하고 있다(Table 23).

Table 22 Process information in master plan data

액티비티 코드	작업장	착수일	완료일	공기	버퍼
ABC000	CE1	2016-10-01	2016-10-10	9	-3
DEF000	4ES	2016-12-10	2016-12-14	4	0
DEF000	4ES	2016-11-22	2016-11-29	7	0
BDE000	KGS	2016-04-14	2016-05-01	17	1

Table 23 Product information in master plan data

호선	블록 유형	상위 블록	블록 번호	순서	중량	길이	폭
0001	M		10A		412	40	32
0001	B	10A	101	1	115	18	22
0001	B	10A	102	2	191	9	15
0001	B	10A	103	3	45	8	4

물류 현상을 정의하기 위해 공정을 기준으로 정의되어 있는 기준 계획 데이터를 블록 기준으로 다시 정렬한 데이터를 활용하였으며, 이러한 과정은 Fig. 45과 같이 표현할 수 있다.

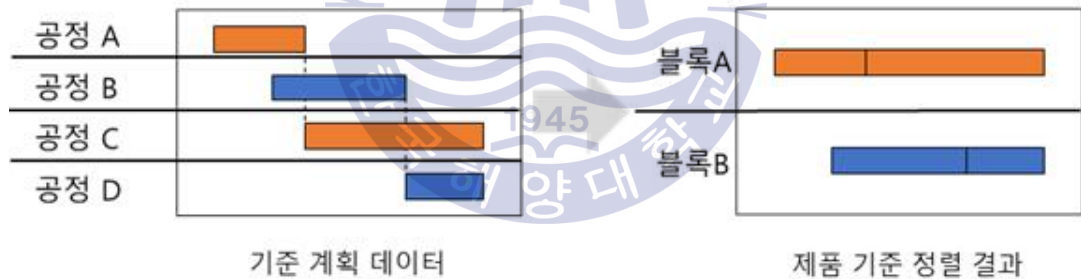


Fig. 45 Reconfiguration of master plan data

기준 계획정보에는 무수히 많은 블록들에 대한 정보가 존재하며, 각각의 블록들이 어떠한 공정을 진행하는지에 대한 정보가 존재한다. 기준 계획정보를 바탕으로 물류 시뮬레이션을 위한 프로세스 모델을 생성하였으며, 각각을 물류 프로세스 체인으로 구성하여 블록이 수행되는 공정의 비중을 확인할 수 있도록 하였다.

다음으로 경로 탐색 모듈은 지리정보시스템을 이용하여 후행 공정 투입과 작업장 이동 시 최적 경로 탐색을 이용해 조선소에서 트랜스포터 이동과 관련된 정보를 반영할 수 있는 모듈로, 블록의 무게와 트랜스포터 적재중량, 속력, 이동 경로 등을 사용한다. 교차로와 같이 트랜스포터의 회전이 발생하는 경우 트랜스포터의 속력이 감소하기 때문에 가중치를 부여할 수 있으며, 경로 탐색 알고리즘을 이용하여 최적 경로를 선정한다. 경로 탐색 알고리즘에는 Dijkstra 알고리즘과 A* 알고리즘, Floyd 알고리즘 등이 있으며, 본 연구와 상호작용하는 경로 탐색 모듈에서는 Dijkstra 알고리즘을 적용하여 최적 경로 탐색을 진행하였다(Fig. 46).

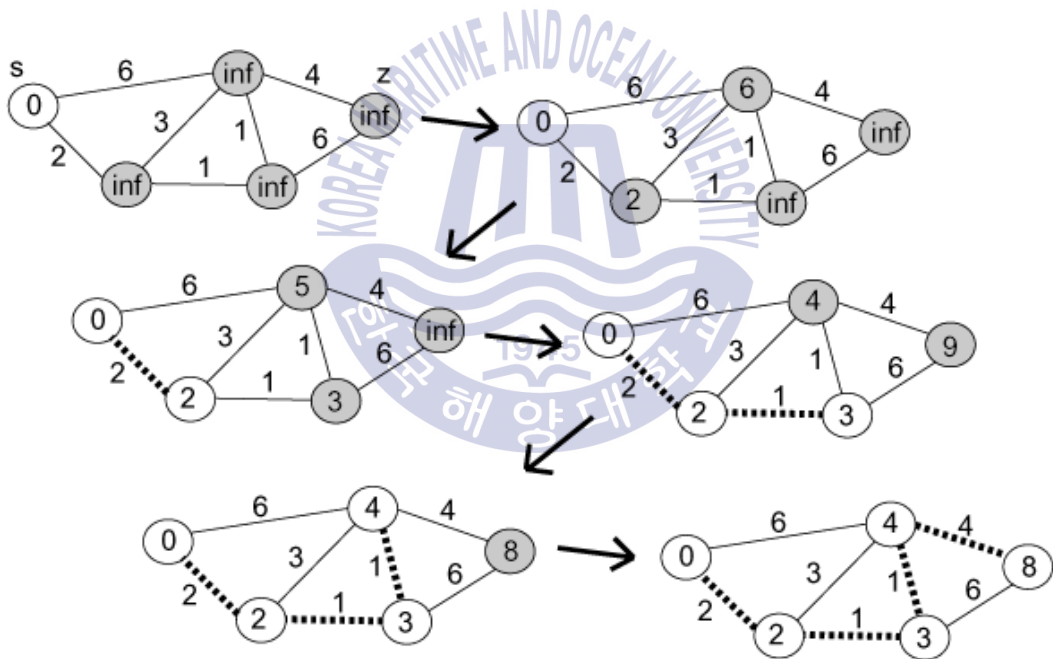


Fig. 46 Procedure of dijkstra algorithm

공간 배치 모듈은 시뮬레이션이 실행되는 중간에 호출되며, 사용자가 미리 지정해놓은 공간에서 블록의 배치 가능 여부를 판단할 때, 실제로 배치 위치를 결정할 때, 제품을 출고할 때 사용된다. 공간 배치 모듈의 배치 유형에는 두

종류의 알고리즘이 구현되어 있으며, 닫힌 영역 배치(Closed area arrangement)와 열린 영역 배치(Open area arrangement)로 구분된다. 닫힌 영역 배치는 공간의 아래쪽과 왼쪽을 우선으로 채우는 Bottom-Left-Fill 알고리즘을 바탕으로 위치를 결정한다.

마지막으로 리포트 모듈은 조선소 생산 시스템을 구성하는 6가지 요소(제품, 공정, 설비, 공간, 작업자, 일정)를 기준으로 구분하여 결과를 확인할 수 있으며, 통합 물류 시뮬레이션이 진행되면서 기록한 결과를 각 요소의 관점에서 재해석하여 확인할 수 있다(Fig. 47).

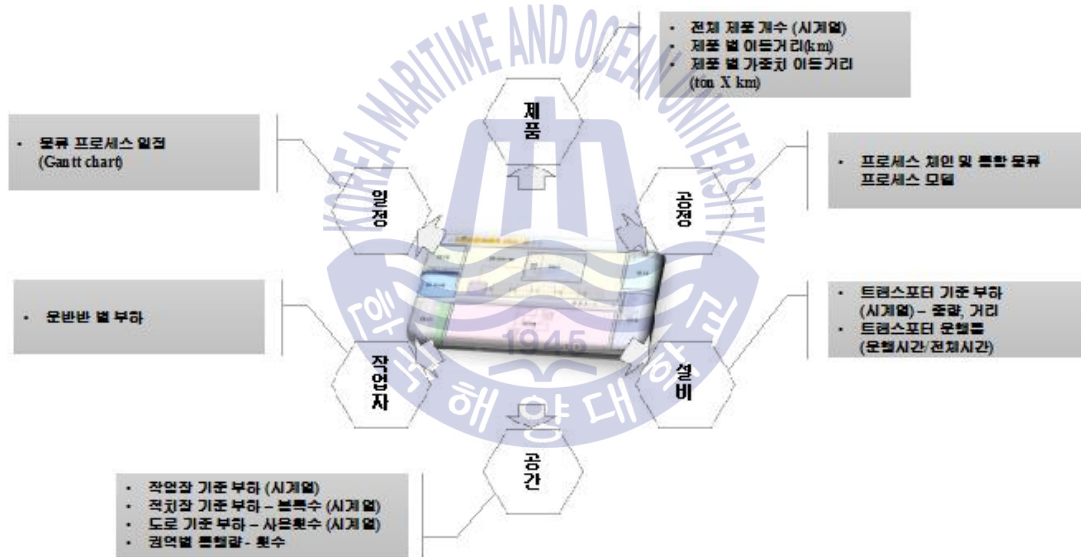


Fig. 47 6 factors and simulation result

현재 시뮬레이션 결과는 공정 액티비티와 물류 액티비티를 구분하여 이름, 시작 시각, 종료 시각, 사용 설비, 투입 제품, 지나간 도로, 작업을 수행한 공장 정보를 출력하고 있다(Fig. 48).

공정	시작	종료	Stock	Process	Deliver	물류	작업	Allocate	Navigate	도착	공장
81A000	8/14/2016 12:00:00 AM	8/14/2016 2:08:38 AM	8/14/2016 12:00:00 AM	8/14/2016 12:00:00 AM	8/14/2016 2:08:38 AM		1005, 105, 1 (2016-08-14 오전 12:00:00 - 2016-11-10 오전 9:51:11)				
81W800	8/14/2016 2:08:38 AM	10/4/2016 12:00:00 AM				#101	1005, 105, 1 (2016-08-14 오전 12:00:00 - 2016-11-10 오전 9:51:11)		9/14/2016 2:08:38 AM		POS-51
81W800	10/4/2016 12:00:00 AM	10/4/2016 12:00:00 AM				#102	1005, 105, 1 (2016-08-14 오전 12:00:00 - 2016-11-10 오전 9:51:11)		10/4/2016 12:00:00 AM		POS-51
81W800	10/4/2016 12:00:00 AM	10/14/2016 8:49:09 AM	10/4/2016 12:00:00 AM	10/4/2016 12:00:00 AM	10/14/2016 8:49:09 AM		1005, 105, 1 (2016-08-14 오전 12:00:00 - 2016-11-10 오전 9:51:11)				
81Z800	10/14/2016 8:49:09 AM	10/20/2016 12:00:00 AM				#101	1005, 105, 1 (2016-08-14 오전 12:00:00 - 2016-11-10 오전 9:51:11)		10/14/2016 8:49:09 AM		A7E1
81Z800	10/20/2016 12:00:00 AM	10/20/2016 12:00:00 AM				#101	1005, 105, 1 (2016-08-14 오전 12:00:00 - 2016-11-10 오전 9:51:11)		10/20/2016 12:00:00 AM		OCIN
81Z800	10/20/2016 12:00:00 AM	10/21/2016 2:44:58 AM	10/20/2016 12:00:00 AM	10/20/2016 12:00:00 AM	10/21/2016 2:44:58 AM		1005, 105, 1 (2016-08-14 오전 12:00:00 - 2016-11-10 오전 9:51:11)				
81P800	10/21/2016 2:44:58 AM	10/27/2016 12:00:00 AM				#102	1005, 105, 1 (2016-08-14 오전 12:00:00 - 2016-11-10 오전 9:51:11)		10/21/2016 2:44:58 AM		20P-50
81P800	10/27/2016 12:00:00 AM	10/27/2016 12:00:00 AM				#101	1005, 105, 1 (2016-08-14 오전 12:00:00 - 2016-11-10 오전 9:51:11)		10/27/2016 12:00:00 AM		20P-50
81P800	10/27/2016 12:00:00 AM	10/28/2016 7:09:42 AM	10/27/2016 12:00:00 AM	10/27/2016 12:00:00 AM	10/28/2016 7:09:42 AM		1005, 105, 1 (2016-08-14 오전 12:00:00 - 2016-11-10 오전 9:51:11)				
81P800	10/28/2016 7:09:42 AM	10/28/2016 7:09:42 AM				#101	1005, 105, 1 (2016-08-14 오전 12:00:00 - 2016-11-10 오전 9:51:11)		10/28/2016 7:09:42 AM		20P-50
81P800	10/28/2016 7:09:42 AM	11/5/2016 11:17:15 AM	10/28/2016 7:09:42 AM	10/28/2016 7:09:42 AM	11/5/2016 11:17:15 AM		1005, 105, 1 (2016-08-14 오전 12:00:00 - 2016-11-10 오전 9:51:11)				
81Z800	11/5/2016 11:17:15 AM	11/9/2016 12:00:00 AM				#101	1005, 105, 1 (2016-08-14 오전 12:00:00 - 2016-11-10 오전 9:51:11)		11/5/2016 11:17:15 AM		OCIN
81Z800	11/9/2016 12:00:00 AM	11/9/2016 12:00:00 AM				#102	1005, 105, 1 (2016-08-14 오전 12:00:00 - 2016-11-10 오전 9:51:11)		11/9/2016 12:00:00 AM		A7E1
81Z800	11/9/2016 12:00:00 AM	11/10/2016 9:51:11 AM	11/9/2016 12:00:00 AM	11/9/2016 12:00:00 AM	11/10/2016 9:51:11 AM		1005, 105, 1 (2016-08-14 오전 12:00:00 - 2016-11-10 오전 9:51:11)				

Fig. 48 Block logistics simulation log - Schedule

설비 항목에서는 사용된 설비의 이름, 소속된 공장, 설비가 할당된 시각, 설비가 해제된 시각을 출력하고 있으며, 일정 항목과 동일한 데이터를 설비 기준으로 출력하고 있다(Fig. 49).

물류	공장	작업	작업
#101	조선소	8/14/2016 2:08:38 AM	10/4/2016 12:00:00 AM
#101	조선소	10/14/2016 8:49:09 AM	10/20/2016 12:00:00 AM
#101	조선소	10/20/2016 12:00:00 AM	10/20/2016 12:00:00 AM
#101	조선소	10/27/2016 12:00:00 AM	10/27/2016 12:00:00 AM
#101	조선소	10/28/2016 7:09:42 AM	10/28/2016 7:09:42 AM
#101	조선소	11/5/2016 11:17:15 AM	11/9/2016 12:00:00 AM
#102	조선소	10/4/2016 12:00:00 AM	10/4/2016 12:00:00 AM
#102	조선소	10/21/2016 2:44:58 AM	10/27/2016 12:00:00 AM
#102	조선소	11/9/2016 12:00:00 AM	11/9/2016 12:00:00 AM

Fig. 49 Block logistics simulation log - Facility

공장 항목에서는 공장의 이름과 공정이 시작된 시각, 종료된 시각, 수행된 공정을 출력하고 있으며, 일정 항목과 동일한 데이터를 공장 기준으로 출력하고 있다(Fig. 50).

이름	시작	종료	종류	연차
ATF1	2016-10-14 오전 8:49:09, 2016-11-09 오전 12:00:00	2016-10-20 오전 12:00:00, 2016-11-09 오전 12:00:00	ATZB0, ATZB0	
ATF1	2016-10-14 오전 8:49:09, 2016-11-09 오전 12:00:00	2016-10-20 오전 12:00:00, 2016-11-09 오전 12:00:00	ATZB0, ATZB0	
OC3N	2016-10-20 오전 12:00:00, 2016-11-09 오전 11:17:15	2016-10-20 오전 12:00:00, 2016-11-09 오전 12:00:00	ATZB0, ATZB0	
OC3N	2016-10-20 오전 12:00:00, 2016-11-09 오전 11:17:15	2016-10-20 오전 12:00:00, 2016-11-09 오전 12:00:00	ATZB0, ATZB0	
PO5-01	2016-09-14 오전 2:08:38, 2016-10-04 오전 12:00:00	2016-10-04 오전 12:00:00, 2016-10-04 오전 12:00:00	BW0B00, BW0B00	
PO5-01	2016-09-14 오전 2:08:38, 2016-10-04 오전 12:00:00	2016-10-04 오전 12:00:00, 2016-10-04 오전 12:00:00	BW0B00, BW0B00	
2DP-00	2016-10-11 오전 2:44:58, 2016-10-27 오전 12:00:00, 2016-10-28 오전 7:09:42	2016-10-27 오전 12:00:00, 2016-10-27 오전 12:00:00, 2016-10-28 오전 7:09:42	BPBC00, BPBC00, BPBC00	
2DP-00	2016-10-11 오전 2:44:58, 2016-10-27 오전 12:00:00, 2016-10-28 오전 7:09:42	2016-10-27 오전 12:00:00, 2016-10-27 오전 12:00:00, 2016-10-28 오전 7:09:42	BPBC00, BPBC00, BPBC00	
2DP-00	2016-10-11 오전 2:44:58, 2016-10-27 오전 12:00:00, 2016-10-28 오전 7:09:42	2016-10-27 오전 12:00:00, 2016-10-27 오전 12:00:00, 2016-10-28 오전 7:09:42	BPBC00, BPBC00, BPBC00	
조리소				
조리소				
조리소				
조리소				
PIAB				
PIAB				
PIAB				

Fig. 50 Block logistics simulation log - Space

마지막으로 제품 항목에서는 시뮬레이션을 수행하는 도중에 이벤트가 발생한 모든 제품의 이름과 해당 제품이 도입된 시각과 배송된 시각을 출력하고 있으며, 일정 항목과 동일한 데이터를 제품 기준으로 출력하고 있다(Fig. 51).

이름	도입	배송
1005_103	8/16/2016 12:00:00 AM	11/10/2016 9:51:11 AM

Fig. 51 Block logistics simulation log - Product

추후 리포트 모듈이 개선되어야 할 사항으로는 통행량을 기준으로 서로 다른 색으로 가시화하여 사용자가 조금 더 도로 부하를 분석하는데 편의성을 줄 수 있도록 하는 것이다(Fig. 52).

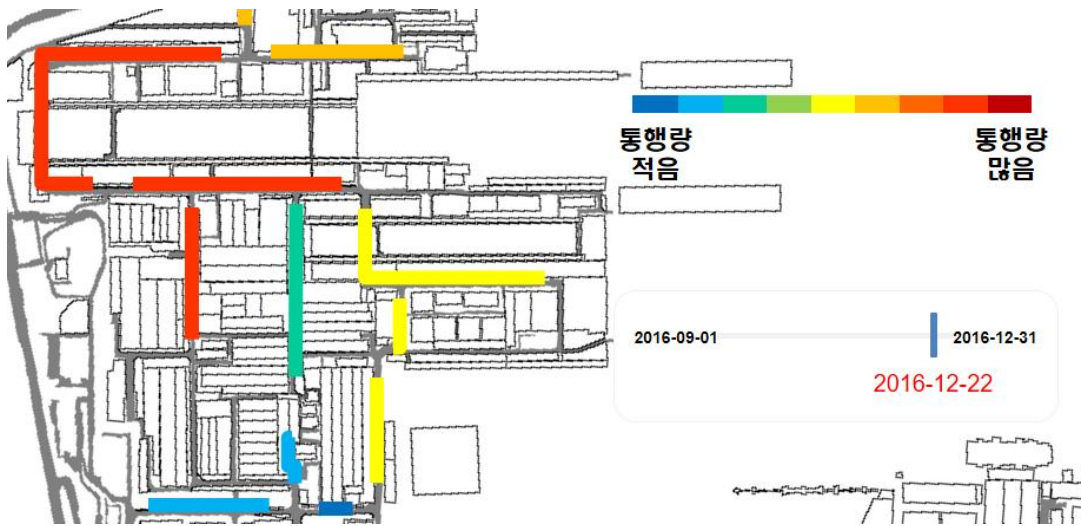


Fig. 52 Traffic situation of transporter in shipyard from block logistics results

제품 기준으로 이동한 거리를 분석하여, 역물류 또는 새로운 기준 계획을 수립하는데 반영할 수 있도록 도와주는 것이 필요하다(Fig. 53).

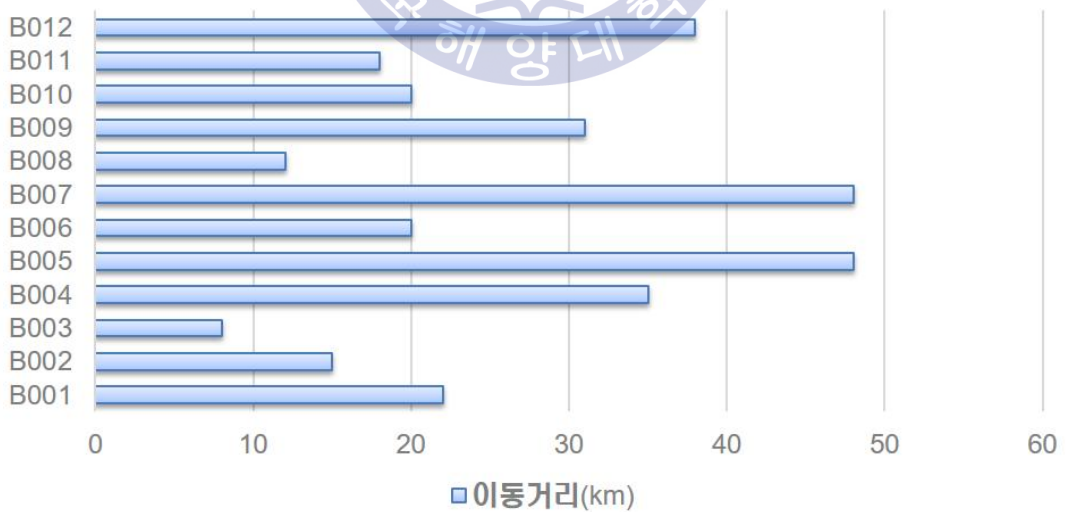


Fig. 53 Logistics distance of each product

또한 트랜스포터 용량 기준으로 운행 비율을 가시화하여 톤 별 트랜스포터 가동률을 확인할 수 있으며, 하루 일과 기준으로 가동시간과 유휴시간을 분석하여 배원/배량 관점에서 물류 개선에 기여할 수 있어야 할 것이다(Fig. 54).

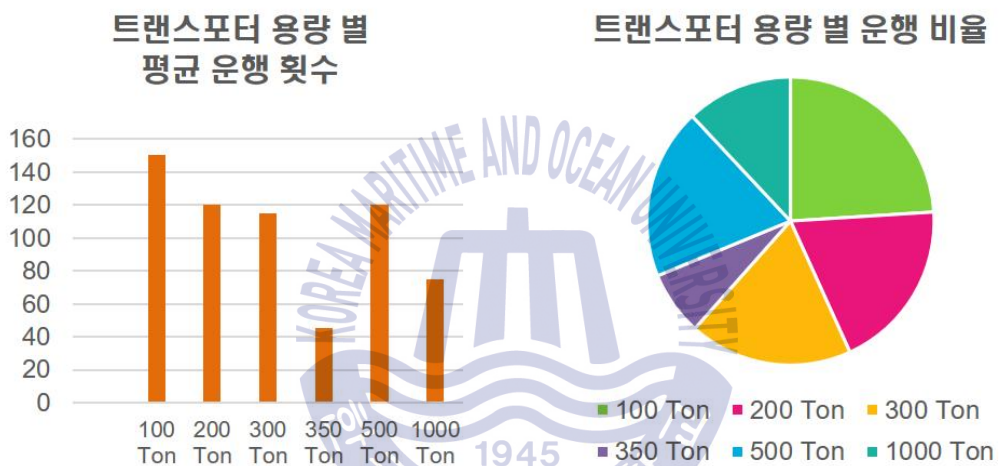


Fig. 54 Transporter working count and ratio

본 연구에서는 통합 물류 시뮬레이션을 진행하기 위해 조선소의 지리정보시스템을 이용하여 시뮬레이션 모델을 생성하였다. 통합 물류 시뮬레이션을 진행하는 절차를 설명하면 다음과 같다(Fig. 55).

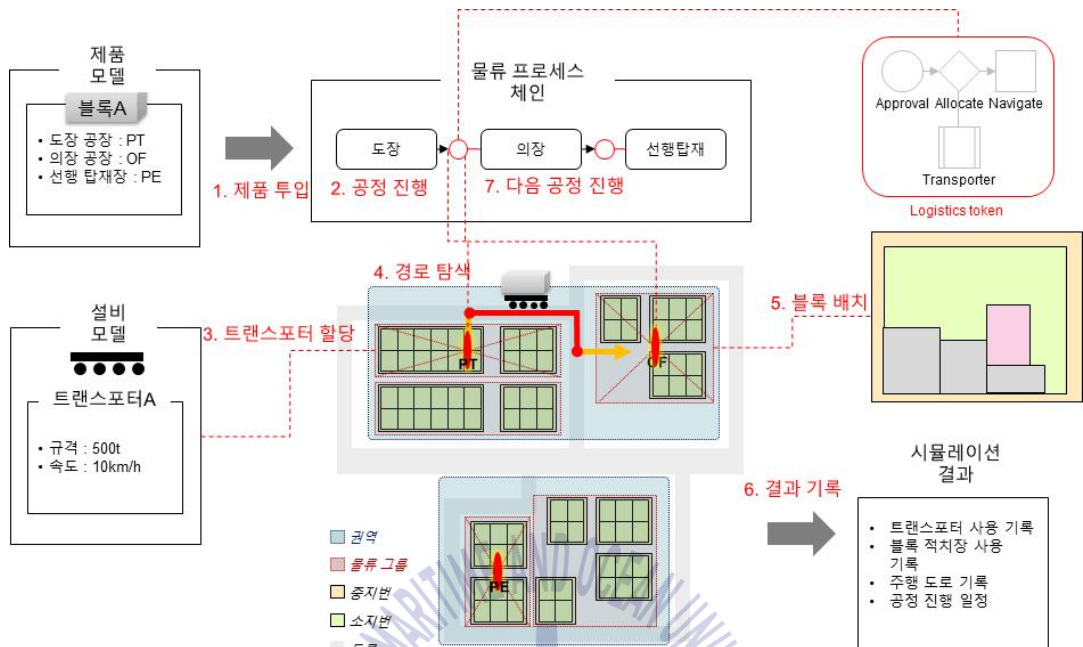


Fig. 55 Integrated logistics process

먼저 생성된 제품 모델의 제원과 속성정보, 물류 프로세스 체인을 이용하여 공정에 투입되고, 각 공정 별 작업을 진행한다. 공정의 작업이 완료되면, 다음 공정 투입을 위해 트랜스포터를 할당하고, 목적지를 확인하게 된다. 목적지에서는 해당 블록이 배치가능한지에 대한 판단을 하게 되고, 배치가 가능할 경우 경로 탐색 모듈을 호출하여 이동시간과 경로를 확인한 뒤, 해당 경로를 이용하여 트랜스포터로 블록을 운반하게 된다. 시뮬레이션 진행하면서 발생하는 모든 이벤트는 기록이 되며, 시뮬레이션 리포트 모듈에서 이에 대한 분석이 가능하다.