



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](#)

공 학 석 사 학 위 논 문

면적활용률 제고를 위한
정반배치 알고리즘 개발



부 경 대 학 교 대 학 원

시스템경영공학과

엄 찬 호

공 학 석 사 학 위 논 문

면적활용률 제고를 위한 정반배치 알고리즘 개발

지도교수 고시근

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함



2008년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

시스템경영공학과

엄 찬 호

엄찬호의 공학석사 학위논문을 인준함

2007년 11월 24일



주 심 공학박사 구 평 회 인

위 원 공학박사 김 민 수 인

위 원 공학박사 고 시 근 인

목 차

제 1 장 서론	1
1.1 연구의 배경 및 목적	1
1.2 기존 주요 연구	2
1.3 연구 내용	3
제 2 장 조선 산업의 이론적 배경	5
2.1 선박의 건조과정	5
2.2 선박 블록(Block) 생산과정	7
2.3 조선 일정계획	9
2.4 공간 일정계획	10
제 3 장 기존의 정반배치 알고리즘(고시근등, 1999)	14
3.1 블록의 블록다각형화	14
3.2 정반 내 배치가능 영역 탐색	15
3.3 정반 내 배치불가능 영역 탐색	15
3.4 최종 배치탐색 영역	16
3.5 두 단계 정반배치 알고리즘	17
제 4 장 휴리스틱 정반배치 알고리즘	18
4.1 FPA(Fixed Position Arrangement) 전략	18

4.1.1 기존 알고리즘의 문제점	18
4.1.2 FPA 전략	20
4.1.3 두 단계 배치절차	22
4.2 LCA(Largest Contact Area) 배치전략	25
4.2.1 2차원 평면상에 배치대상블록 배치영역 탐색	25
4.2.2 일정을 고려한 배치영역 탐색	28
제 5 장 블록배치 시스템	30
5.1 시스템 개요	30
5.2 시스템 수행 절차	31
제 6 장 성능 실험	33
제 7 장 결 론	35
참고문헌	36
Abstract	39

표 목차

[표 4-1] 각 위치별 CL 계산	27
[표 4-2] 각 위치별 CA 계산	28
[표 5-1] 블록배치시스템 조립부문 옵션	31
[표 5-2] 배치전략별 면적활용률	33



그림 목차

[그림 2-1] 선박 건조과정	6
[그림 2-2] 블록 중심의 건조과정	8
[그림 2-3] 조선 일정계획	9
[그림 3-1] 블록의 표현방법	14
[그림 3-2] 블록배치가능영역	15
[그림 3-3] 블록배치불가능영역	16
[그림 3-4] 최종배치탐색영역	16
[그림 4-1] 면적활용률 최대화를 위한 배치	18
[그림 4-2] 배치 불가능	19
[그림 4-3] 첫날의 배치	21
[그림 4-4] 7일의 배치	21
[그림 4-5] 첫날의 배치	22
[그림 4-6] 두 단계 배치절차	24
[그림 4-7] 배치 대상 작업장	25

[그림 4-8] 블록 K,H 가상 배치	26
[그림 4-9] CL에 의해 탐색된 영역	27
[그림 4-10] 배치 대상 작업장	28
[그림 4-11] 배치대상블록 K 최종배치	29
[그림 5-1] 블록배치 시스템의 위치	30
[그림 5-2] 블록배치계획 시스템 모듈	31
[그림 5-3] 블록배치계획 시스템 수행절차	32
[그림 5-4] 배치 전략별 면적활용률	34



제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

조선 산업에서 중요하게 고려해야 할 요소 중 하나는 작업장의 공간 제약에 관련된 것이다. 이것은 선박 생산의 특성상 생산 대상 제품의 크기가 매우 크고 따라서 소요되는 작업공간이 매우 크다는 것에 기인한다[1]. 이러한 작업장 공간에 블록 건조 공법에 따라 분할된 블록을 배치하여 조립하게 되는데 이러한 블록배치의 효율적 작업장 공간 사용 계획에 문제제기와 함께 연구가 지속적으로 이루어지고 있다.

과거의 작업장 공간사용계획은 선박 생산계획 일정을 참고하여 수작업으로 이루어졌었다. 이러한 수작업은 시간과 노력이 많이 필요하므로 월별 1회 계획이 이루어지거나 작업장 공간사용에 변화가 있을 때 마다 이루어지고 있다[2]. 하지만 급변하는 조선 산업의 환경에서 경쟁력 제고를 위해서는 배치계획의 자동화가 절실히 요구되고 있다.

선박의 건조에 있어 기본단위가 되는 블록은 철판의 절단, 성형, 소조립, 중조립, 대조립 등의 여러 과정을 거치면서 조립되어 도크에서 선박의 형태로 탑재된다. 블록은 조립 작업 시 바닥면의 형상에 따라 평블록과 곡블록으로 분류되는데 블록의 조립 과정도 이에 따라 구분된다. 평블록은 바닥이 평면이므로 Roller 위를 이동해 가며 조립되는 흐름생산방식이 사용되고 곡블록은 바닥면이 곡면이므로 높이를 조절할 수 있는 Pipe Jig가 설치된 고정된 위치(이하 고정정반으로 표기)에서 조립되고 있다. 고정정반 작업장은 정반의 면적이 가장 중요한 생산자원이며, 따라서 블록별 조립완료요구일(납기)을 준수하며 고정정반 작업

장의 면적활용률을 최대화하는 것이 조선 생산성을 향상시키기 위해 필수적이다.

따라서 본 연구의 목적은 수작업을 통해 많은 시간과 노력을 투자했던 작업장 배치계획의 자동화를 위한 자동배치 알고리즘 개발에 있다.

1.2 기존 주요 연구

고정정반에서의 블록조립 일정계획은 공간일정계획(spatial scheduling) 기법을 이용하여 수립하여야 한다. 과거에는 경험이 많은 계획 담당자가 수작업을 통해 계획을 수립하였기 때문에, 블록의 기하학적인 형상을 고려하여 만족할 만한 계획을 수립하려면 많은 시간과 노력이 필요하였다. 이 계획을 자동화하기 위한 노력이 약 10 여 년 전부터 조선강국인 우리나라를 중심으로 여러 번 시도되었다.

조선소의 정반배치를 자동화하려는 시도는 Lee 등(1996)이 최초인 것으로 생각된다. 그들은 조선공업의 공간일정계획 전문가시스템을 개발하기 위하여 먼저 직사각형 정반 내에 배치방향이 고정된 블록다각형(convex polygon)의 공간배치문제를 연구하였는데, 배치가능 공간을 탐색하기 위하여 Lozano-Perez(1983)의 형상공간(configuration space) 기법을 사용하였으며, 의미 있는 해들을 구하기 위하여 배치가능공간의 꼭짓점들을 특이배치점 집합으로 정의하여 사용하였다. 그러나 이론적으로 매우 의미가 있는 이 연구결과는 D 조선소에 구현되었으나 현실적인 성과는 그리 크지 않았던 것으로 보인다.

비슷한 시기에 Park 등(1996)은 정반의 폭이 좁아서 블록을 일렬로 배열하는 특수한 형태의 정반에서 이루어지는 블록조립작업에 대한 자동배치 알고리즘을 제안하였다. 따라서 이 연구는 일반적인 환경의 정반배치 문제에는 적용이 어렵다.

이후 고시근 등(1996)은 H 조선소를 대상으로 Lee 등(1996)의 연구를 응용해 적용하였다. 이들은 부하균형과 공간배치 문제를 분리하여 단계적으로 일정을 수립하였으나, 이 연구도 사용자 편의성을 강조한 User Interface 에 비해 만족할만한 자동배치 성능을 얻지 못하였다.

비교적 최근에 Park 등(2002)은 H 조선소의 도장(Paint)공장을 대상으로 자동 정반배치 시스템을 개발하였다. 이 연구에는 고시근 등(1999)의 알고리즘에 회전탐색 전략과 특이배치간격 탐색전략 등 2가지 탐색 전략을 추가함으로써 블록배치효율성을 제고하였으나, 효율의 향상에는 작업장 특성(도장 공장은 공기가 짧음)이 상당부분 원인으로 작용한 것으로 생각된다.

1.3 연구 내용

본 연구에서는 조선소의 블록조립공장에서 실제로 사용이 가능할 정도로 배치효율을 향상시키기 위한 자동 정반배치 알고리즘을 개발하고자 한다. 이를 위해 기존과 다른 형태의 배치전략을 제시하고 그 효과를 분석한다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 제 2 장에서는 본 연구의 대상산업인 조선 산업에서의 선박 건조과정과 본 논문의 배치 대상이 되는 블록(Block)의 특징과 생성과정 그리고 조선 산업의 일정계획과 공간일정계획에 관해서 설명한다. 제 3 장에서는 형상공간(configuration space) 기법에 기반을 둔 기존연구(고시근등, 1999)의 배치알고리즘을 간략하게 소개하고 기존의 연구들이 공통으로 갖고 있는 문제점에 대해 논의한다. 제 4 장에서는 본 연구에서 제안하는 자동 정반 배치 알고리즘인 FPA 전략과 LCA 배치전략을 소개하고, 제 5 장에

서는 구현된 블록배치 시스템의 개요와 수행절차에 대해 설명한다. 그리고 제 6장에서는 본 논문에서 제시한 FPA 전략과 LCA 배치전략의 성능을 실험하고 기존 연구(고시근등, 1999)의 두 단계 배치 알고리즘과 성능을 비교·분석을 한다. 마지막 제 7장에서는 결론을 제시한다.



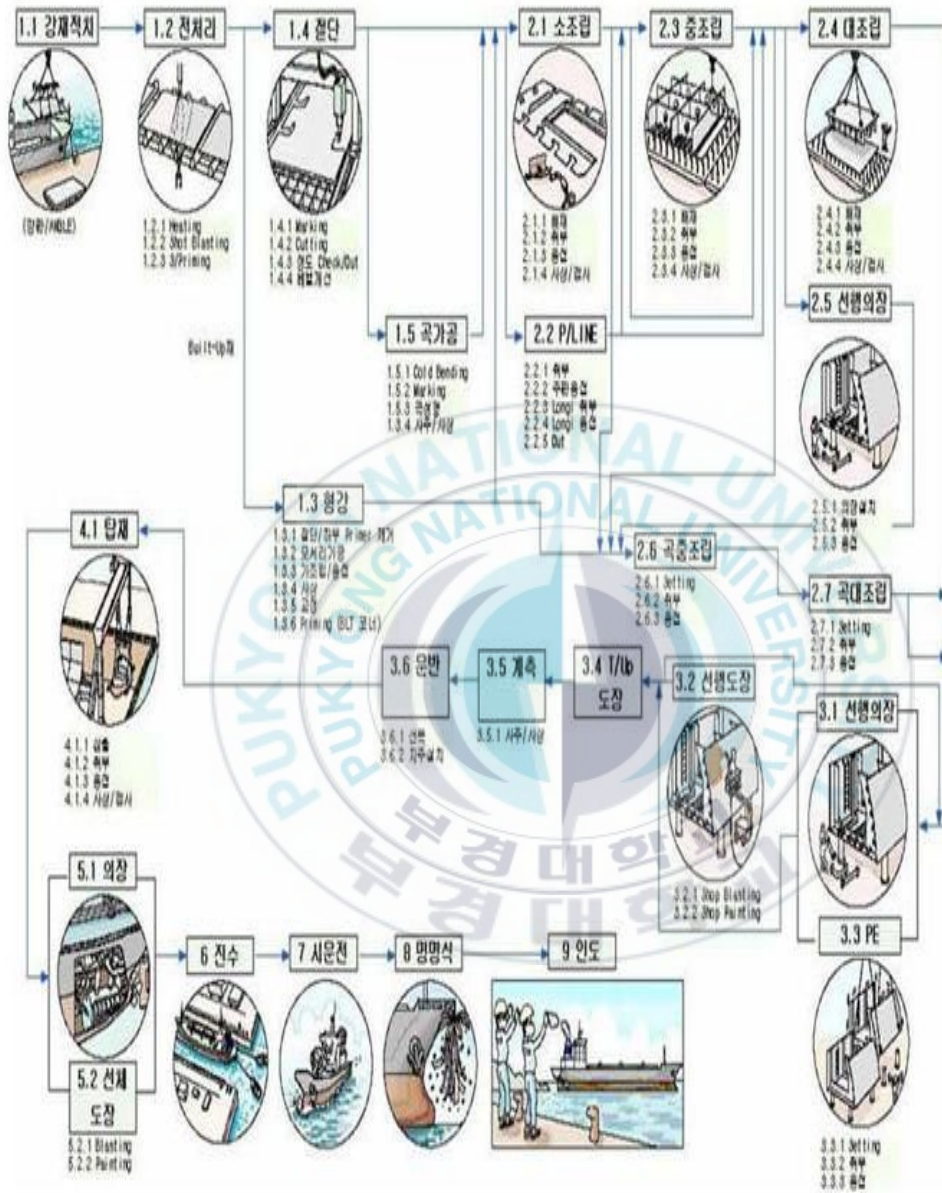
제 2 장 조선 산업의 이론적 배경

2.1 선박의 건조과정

선박의 건조과정은 조선소의 시설배치나 장비위치 등에 따라서 달라지고 또, 선박의 종류에 따른 시공방법에 의해서도 달라지므로 일률적으로 표현하기 어렵다. 그러나 일반적인 조선의 선박건조과정은 <그림 2-1>과 같이 설계, 강재적치, 절단, 조립, 선행의장, 도장, 탑재, 진수, 안벽의장, 시운전, 망명식의 단계를 거치게 된다. 각 단계별로 간략하게 살펴보면 다음과 같다[11].

- 설계 : 디지털화 된 컴퓨터 시스템을 이용해 설계도면을 작성.
- 강재적치 : 생산 제품별로 강재를 적치.
- 절단 : 첨단 컴퓨터 프로그램에 의해 강재를 절단.
- 조립 : 조립공장에서는 크기가 작은 몇 개의 부재를 결합시켜 블록을 제작.
- 선행의장 : 선체의 블록이 만들어지는 동안, 블록 내부의 의장품과 파이프를 설치하는 블록 선행의장 공사 실시.
- 도장 : 배에 녹이 슬지 않도록 친 환경적 제품으로 페인트칠을 함.
- 탑재 : 골리앗 크레인으로 블록을 도크에 들어 얹으면 배 모양을 갖추게 됨.
- 진수 : 도크에 바닷물을 채워 조립된 선박을 바다로 내 보냄.
- 안벽의장 : 진수 후에는 배의 기계장치와 전기설비 등 모든 의장품을 설치하는 등의 마무리 공사를 함.

- 시운전 : 공사가 마무리 된 선박은 바다로 나가 각종 성능에 대한 시험을 함.
- 명명식 : 선주사와 귀빈들을 모시고 선박의 이름을 결정.



(그림 2-1) 선박 건조과정[5].

2.2 선박 블록(Block) 생산과정

선박의 구조는 외형상 크게 선수, 선미, 중앙부로 나누어지며, 세부적으로 외판과 외판을 보강하는 종방향 골재(Longitudinal)와 횡방향 골재(Transverse)로 구성된다. 외판과 종골재 및 횡골재와의 조합에 의해 입체 형태로 구성되는 기본 조합을 블록(Block)이라 부르며 설계 초기 단계인 블록 분할 과정을 통해 하나의 선박은 수백 개의 블록으로 나누어진다. 분할된 각 블록들은 곡의 유무에 따라 곡블록과 평블록으로 구분된다. 그리고 개개의 블록을 구분하기 위해 고유의 이름을 부여하는데 특히 선박의 좌우 쌍을 이루는 두 개의 블록들은 구조 및 조립 공정, 조립 시기가 같기 때문에 같은 이름을 부여하고 있으며, 좌, 우의 구별을 위해 이름 끝에 P(Port;좌현), S(Starboard;우현)를 붙이고, 좌, 우 구별이 없는 가운데 블록의 경우는 C(Center)를 붙여서 구별한다[4].

선박의 생산공정은 크게 선체의 골격과 외형을 만드는 선각 작업과 추진, 운항, 거주 환경 등 주요기관과 이를 연결하는 기능을 만드는 의장작업 그리고 부식을 방지하기 위한 도장작업으로 구분된다. 선박 건조의 초기 단계에는 <그림 2-2>와 같이 개개의 블록들이 평블록과 곡블록의 구분에 따라 평블록 조립공장과 곡블록 조립공장에서 독립적으로 생산되는 블록 조립 단계가 있고, 이렇게 조립된 블록들을 대상으로 보다 큰 슈퍼블록으로 만드는 선행탑재 과정이 있으며 최종적으로 도크(Dock)에서 선박의 형상대로 블록들을 맞추는 탑재(Erection) 작업이 진행된다[4].

개개의 블록들은 공장 내부에서 생산되며 이후의 작업은 블록을 외부로 반출한 후 공장 외부에서 이루어진다. 이 두 가지 작업을 구분하기 위해 각각을 선각내업과 선각외업이라고 부른다. 특히 선각내업에서 작업되는 블록은 평블록과 곡블록의 두 가지 유형으로 분류되며 평블록

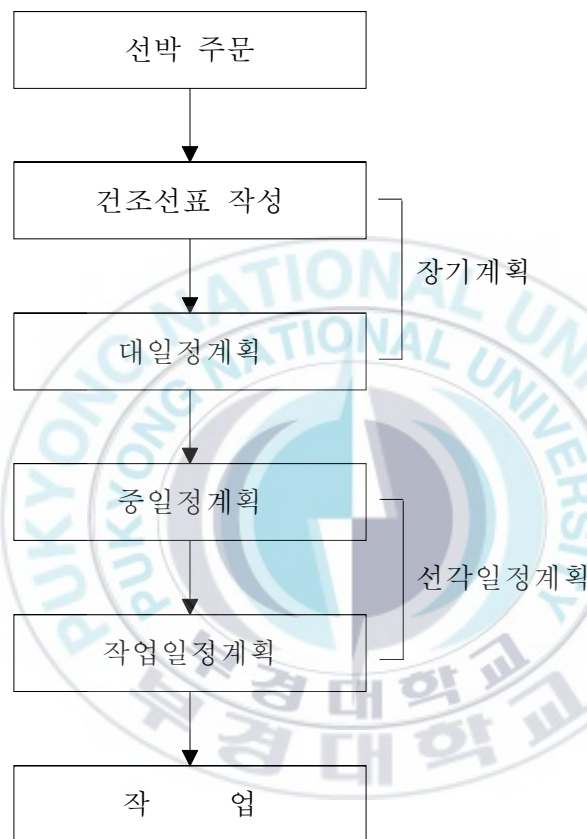
은 평블록 조립공장에서, 곡블록은 곡블록 조립공장에서 각각 조립 된다[4].



(그림 2-2) 블록 중심의 건조과정

2.3 조선 일정계획

조선 일정계획은 <그림 2-3>와 같이 선박 주문으로부터 생산현장에서 작업이 이루어지기까지 계획시점과 계획기간의 범위에 따라 건조선표 작성, 대일정계획, 중일정계획, 작업일정계획의 순으로 진행된다[4].



<그림 2-3> 조선 일정계획의 흐름도

건조선표 작성과 대일정계획은 장기계획이라 부르며 이 계획은 호선별 계획으로 이전의 유사선종의 정보를 이용하여 주요 자재 관리와 장

기부하 분석을 통해 설비 및 인력 조정을 하기 위한 목적으로 이용된다. 중일정계획은 블록분할을 토대로 작업장간의 월별 부하를 평준화시키기 위해 작성되며 강제발주와 강제 적재 계획 등의 용도로도 사용된다. 작업일정계획은 블록별로 완성된 공작도를 기반으로 작업장간, 일자별 부하를 평준화시킴으로써 현장에서 실행될 수 있는 계획을 수립한다. 각 단계의 일정계획 시 하위의 일정계획은 현재의 현장 상황을 최대한 반영함과 동시에 상위의 일정계획에서 결정된 사항들을 최대한 지키기 위한 일정계획을 세우는 것이 목표이다[4].

2.4 공간 일정계획

공간일정계획(spatial scheduling)이란 여러 가지 자원들 중에서 공간 자원이 제품생산의 병목현상으로 발생하여 중요한 제약조건이 되는 일정계획 문제로 정의된다[12][6]. 그리고 공간일정계획의 목표는 납기만족 및 자원효용의 극대화에 있다. 이러한 공간일정계획은 일반적인 일정계획 문제의 요소들을 포함하면서 공간제약의 영향이 매우 큰 문제이며, 작업 공정상의 이유로 제한된 공간 내에서 작업이 이루어져서 효율적인 공간사용이 요구되는 경우에 필요한 계획 형태이다[1][6]. 그러므로 공간 일정계획은 자원능력과 납기 같은 전통적인 일정계획의 제약뿐만 아니라 작업 대상물의 동적인 공간배치(dynamic spatial scheduling)를 고려한다[13][6]. 조선 산업은 선박 생산의 특성상 생산대상 제품의 크기가 매우 크고 그에 소요되는 작업공간이 매우 크다. 이러한 공간자원이 애로자원으로 쓰이는 곳에서의 공간일정계획은 특히 중요하다[6].

공간일정계획 문제는 작업물의 공간배치라는 측면에서 네스팅(nesting)문제나 3차원 패킹(packing)문제 등과 유사하지만 공간일정계획 문제에서 배치된 대상물들은 일정한 공정시간 후에 이동되어지고 착

수가능시간과 납기의 제약을 가지고 있다는 점과 주요 목적이 총 처리 시간의 최소화가 아니라 납기의 만족과 재고 최소화이기 때문에 이들과 같지 않다[6].

공간일정계획 문제는 공간할당(spatial allocation issue : 공간 자원에 작업의 위치 할당), 시간할당(temporal allocation issue : 작업의 시작 시간 및 완료시간 할당), 자원할당(resource allocation issue : 작업에 의해서 사용되는 자원할당)등 3개의 결정 변수를 가지고 있다[13].

시간할당과 자원할당 문제는 공간일정계획은 물론이고 전통적인 일정계획에도 고려되지만 공간할당 문제는 공간일정계획에만 존재한다. 이들 결정변수들은 서로 독립적이지 않기 때문에 공간일정계획에서 공간할당 문제는 일반적인 공간계획(spatial layout)에서 다루는 문제와 다르다. 이것은 공간할당, 시간할당, 자원할당을 다루는 공간일정계획 방법에 관한 연구는 하나의 틀 내에서 연구해야 됨을 의미한다. 이와 같은 접근방법의 필요성이 인정되어 일부 연구에서는 이들의 통합화를 시도하였으나 3개의 결정변수를 완벽하게 통합한 연구는 아직 없다[1].

조선 산업에서 공간일정계획 응용연구 분야는 블록 조립공정, 선형 의장 공정, 블록 도장 공정, 탑재공정 등을 들 수 있다. 과거에는 공간 일정계획이 수작업 개념으로 경험이 많은 담당자에 의해 수립되었는데, 경험이 많은 담당자가 공간일정계획을 수립하더라도 블록의 기하학적 형상 정보를 고려 시 복잡성 때문에 만족할만한 일정수립에는 많은 시간과 노력이 필요하였다. 더욱이 조선 산업에서 공간자원은 임계생산자원이기 때문에 공간일정계획의 자동화를 통한 공간 자원의 효율적인 운영은 조선 산업의 생산성 향상의 주요 이슈로 대두 되었다[10][6].

조선의 곡블록 조립 작업일정계획의 특징을 나열하면 다음과 같다.

첫째, 작업 대상물이 대형이다.

작업 대상물이 대형이기 때문에 크레인과 같은 대형장비로 작업장에

배치하며, 취급이 힘들다. 따라서 이미 작업장에 배치한 작업 대상물의 위치를 조정하는 것은 바람직하지 못한 일이다. 작업 대상물을 처음 배치할 때 정확한 일정계획과 배치방법에 의해 배치하는 것이 무엇보다 중요하다.

둘째, 작업 대상물의 형상 및 크기가 다양하다.

선박 구조의 특징상 좌, 우 방향만 다르고 크기와 형상이 동일한 쌍 블록이 존재하는 특징을 가지지만, 모든 작업 대상물은 대형 선박의 일부분이므로 형상 및 크기가 다르다. 이러한 각각의 작업 대상물은 작업장에 배치되어야 하기 때문에 기하학적인 정보를 필요로 하고 어떠한 형태로든지 형상정보를 표현하고 처리할 수 있어야 한다. 일반적으로 작업 대상물의 형상정보는 작업장을 차지하게 되는 2차원 다각형의 꼭짓점 집합으로 구성되고, 본 연구에서도 블록의 형태를 몇 가지 종류의 다각형으로 코드화해서 사용한다.

셋째, 작업 대상물은 각 자신의 착수 가능일, 납기, 공기를 가진다.

작업 대상물이 대형이고, 공기가 길기 때문에 각각 자신의 시간정보를 가지는 것은 당연하다. 하지만 다양한 시간정보로 인해 각각의 작업 대상물에 대한 착수일, 완료일 조정이 요구되고 시간특징을 이용한 일정계획의 수립이 어렵게 된다.

넷째, 공간자원의 가용성을 결정하기가 어렵다.

일반적인 작업일정계획에서는 자원의 가용성을 판단하는 것이 매우 단순하고 간단하지만, 형상이 다양한 작업 대상물을 작업장에 배치하는 경우에는 이러한 판단이 어렵다. 단순히 수치적인 정보로 ‘사용가능’, ‘사용불가능’을 파악할 수 없고 작업장에 직접 배치해 보아야만 알 수 있는 경우도 있다. 예를 들어 300m²의 여유 공간이 있다고 해서 200m²의 공간이 요구되는 작업 대상물을 모두 배치할 수 있는 것은 아니다. 작업장의 여유 공간이 남아있는 형태, 작업 대상물의 형상 특징에 따라

배치가능 할 수도 있고, 그렇지 않을 수도 있는 것이다. 이러한 특징이 공간 일정계획을 어렵게 하는 가장 큰 요인이 된다. 작업 대상물을 작업장에 직업 배치해 보지 않고서는 공간 활용도에 대한 정확한 판단이 어렵기 때문에 상위 단계의 일정계획과 부하조정 방법의 정확성 또한 떨어지는 것이다. 뿐만 아니라 배치방법에 따라 초래되는 공간 활용도의 결과도 얼마든지 달라질 수 있다[4].

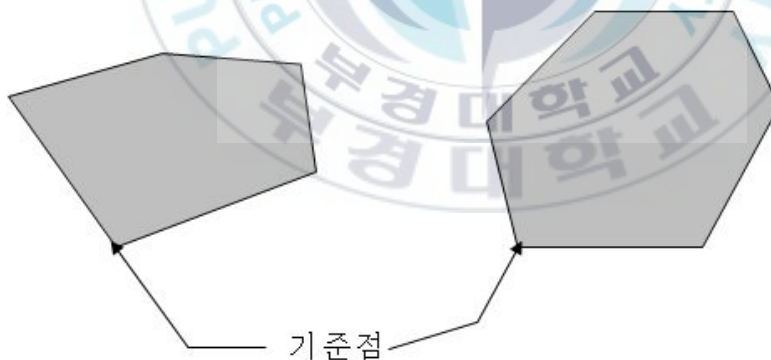


3. 기존의 정반배치 알고리즘(고시근등, 1999)

형상공간(configuration space)기법에 기반을 둔 배치 알고리즘들은 대부분 부어진 날짜의 정반에 블록을 배치하는 작업은 어렵지 않게 수행하며 그 성능 또한 우수하다. 따라서 본 연구에서도 배치후보점 탐색에는 이 기법을 활용하므로 간략하게 그 절차를 설명하기로 한다[1].

3.1 블록의 블록다각형화

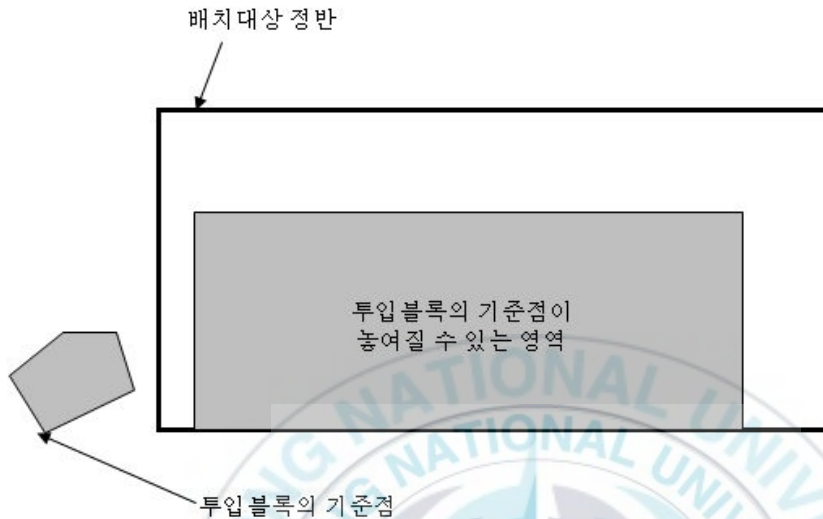
블록은 모두 <그림 3-1>과 같이 블록다각형으로 가정하여 다각형의 꼭짓점 중에서 가장 하부점(하부의 점이 두 개일 때는 둘 중의 좌측점)을 기준점(Reference vertex)으로 잡고 반시계 방향으로 각 꼭짓점을 기억함으로써 블록을 표현한다.



(그림 3-1) 블록의 표현방법

3.2 정반 내 배치가능 영역 탐색

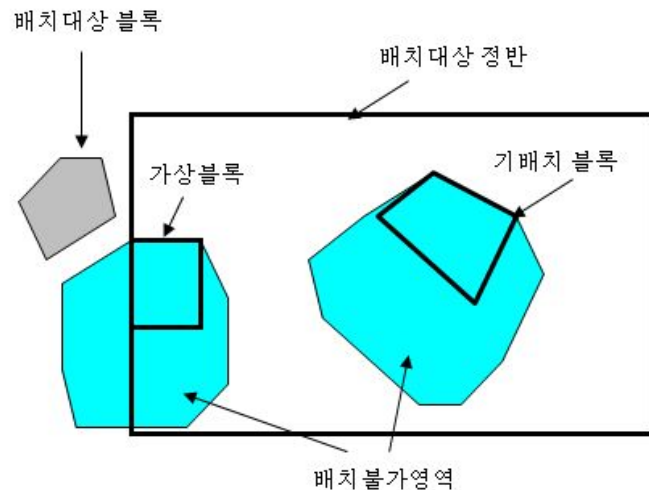
직사각형의 고정정반 위에 배치대상 블록의 기준점이 놓여 질 수 있는 영역을 <그림 3-2>와 같이 탐색한다.



(그림 3-2) 블록배치가능영역

3.3 정반 내 배치불가능 영역 탐색

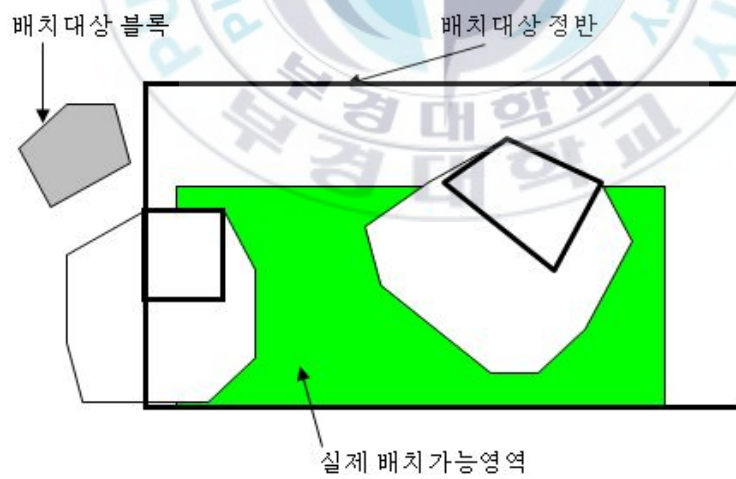
정반 안에는 Dead Space 로 인한 가상블록과 실제 기배치블록들이 있다. 배치대상 블록들이 이 블록들과 부딪치지 않도록 형상공간 기법을 사용해 배치불가능 영역을 <그림 3-3>과 같이 탐색한다.



(그림 3-3) 블록배치불가능영역

3.4 최종 배치탐색 영역

위의 배치가능영역에서 배치불가능영역을 빼면 실제로 배치대상블록의 기준점이 놓여 질 수 있는 영역이 <그림 3-4>와 같이 도출된다.



(그림 3-4) 최종배치탐색영역

3.5 두 단계 정반배치 알고리즘

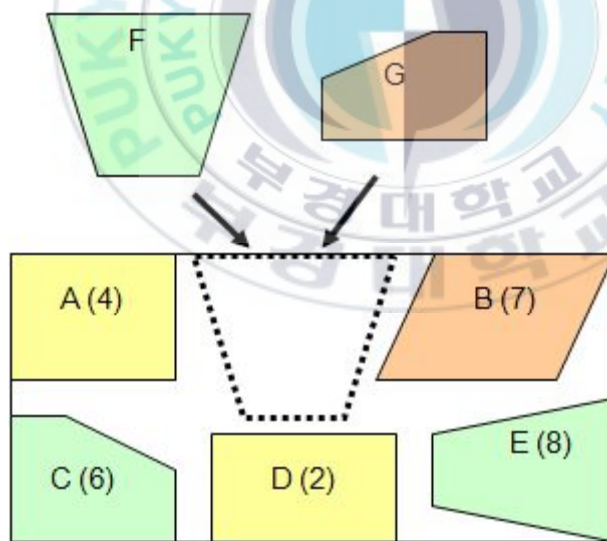
위의 배치가능영역에서한 점을 선택하여 블록을 배치하는 것이 마지막 단계이다. 블록의 기준점이 놓여 질 수 있는 최종배치영역에서 정반 가장자리 배치, 좁은 위치에 우선배치, 반출 후 넓은 공간 확보 위치에 우선배치의 3가지 점 탐색 규칙을 기초로 2단계 배치 알고리즘을 사용하여 배치 알고리즘을 형성한다. <Phase I>에서는 대형블록들을 대상으로 하고 고정정반 가장자리에 해당일자의 대형블록들을 배치한다. <Phase II>에서는 소형블록들을 대상으로 하고 해당일자의 소형블록을 면적 순으로 나열한 뒤 고정정반 중심부와 기타 빈자리에 배치시킨다. 기존의 정반배치 알고리즘(고시근등, 1999)에는 면적활용률을 높이기 위한 2단계 정반배치 알고리즘이 제시되어 있다. 그러나 앞에서도 지적하였듯이 정반배치 문제에서 중요한 것은 특정 일자의 정반효율을 높이는 것이 아니라 계획기간 전체에 걸친 면적활용률을 높이는 것이라는 점을 기억하여야 한다.

4. 휴리스틱 정반배치 알고리즘

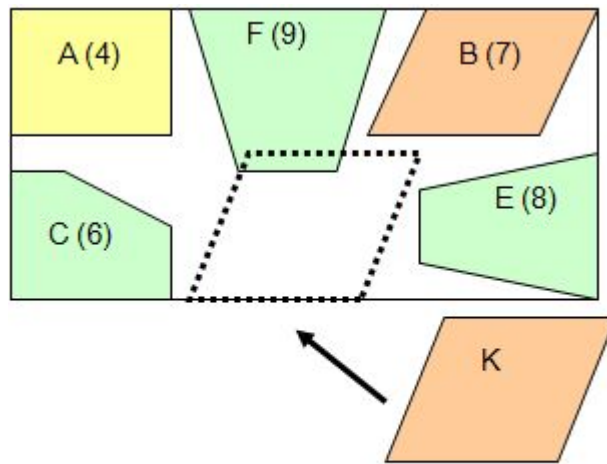
4.1 FPA(Fixed Position Arrangement) 전략

4.1.1 기존 알고리즘의 문제점

앞에서 소개한 바와 같이 지난 10여년에 걸쳐 여러 개의 자동 정반 배치관련 연구결과가 있었지만 만족스러운 배치효율성을 보여주지 못하는 중요한 원인은 역설적으로 배치효율의 향상에만 초점을 맞추었기 때문이라고 할 수 있다. 즉, 이 문제는 정적인 배치문제이기 전에 동적인 일정계획문제이므로 어느 하루에 정반을 빈틈없이 채우는 것이 다른 날에는 오히려 배치효율을 떨어트리는 원인이 될 수도 있다는 것이다. <그림 4-1>와 <그림 4-2>에서 이런 현상을 발견할 수 있다.



(그림 4-1) 면적활용률 최대화를 위한 배치



(그림 4-2) 배치 불가능

이 그림에서 A(4)는 블록이름이 A이고 작업완료일이 4일임을 의미한다. <그림 4-1>는 2일의 상황이다. 배치대상블록은 F와 G 두 개가 있다. 현재 빈자리에는 둘 다 배치가 가능하지만 면적활용률을 높이기 위해서는 블록 F를 배치하는 것이 유리하므로 F를 배치하기로 하였다. <그림4-2>과 같이 다음 날(3일)이 되면 블록 D는 완료일이 2일이므로 더 이상 보이지 않는다. 3일의 착수대상 블록에는 K가 있지만 현재 확보된 빈자리에는 들어갈 수가 없다. 이러한 사실을 미리 알았다면 <그림4-1>의 상황에서 당일의 효율성은 좀 떨어지더라도 블록 F 대신 블록 G를 배치하는 것이 나았을 것이다.

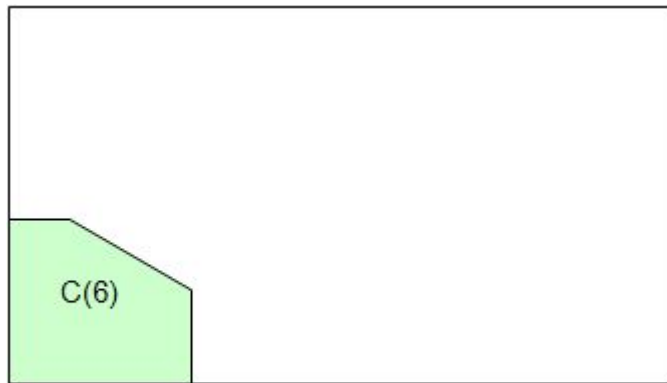
이처럼 일정계획의 동적인 특성이 면적활용률에 매우 큰 영향을 미치므로 이 특성을 어떻게 반영하느냐 하는 것이 가장 중요한 문제가 되며 본 연구의 주된 관심분야도 여기에 있다.

4.1.2 FPA 전략

블록조립작업장은 주로 overhead 크레인을 통해 물류가 이루어지므로 폭이 20~40m 정도이고 길이는 100m가 넘는 길쭉한 직사각형인 경우가 대부분이다. 따라서 블록의 배치는 <그림 4-1>와 <그림 4-2>에서 볼 수 있는 것처럼 상하 가장자리를 따라 이루어지는 것이 일반적이다. 따라서 본 연구에서는 정반의 상하 가장자리에 블록을 배치할 때 <그림 4-2>과 같은 상황이 발생하지 않도록 하고자 FPA(Fixed Position Arrangement) 전략을 제안한다.

이 전략에서는 배치대상 블록들 중에서 대형블록들을 선별한 다음, 정반 가장자리의 특정위치(예를 들어 왼쪽 아래 귀퉁이)를 고정하여 계획시작시점부터 계획종료시점까지 중간에 비는 시간이 없도록 배치를 수행하고 다음 위치로(예를 들어 오른 쪽으로) 이동한다. 이동한 지점에 대해 다시 계획시작시점부터 종료시점까지 배치를 수행하고 다음 위치로 이동해 나가는 방식이다. 이렇게 하나의 고정된 위치를 대상으로 전체 기간에 대한 블록배치를 수행한다고 하여 FPA 전략이라고 부르며, 기존의 방식은 날짜를 고정시킨 상태에서 블록을 배치한다는 의미에서 고정날짜 배치(FDA; Fixed Day Arrangement)전략이라 부르기로 한다.

FPA 전략을 그림으로 설명하면 다음과 같다. 우선 계획 착수일에 정반의 왼쪽 아래 귀퉁이에 <그림4-3>과 같이 작업 완료일이 6일인 블록 C를 배치하였다.



(그림 4-3) 첫날의 배치

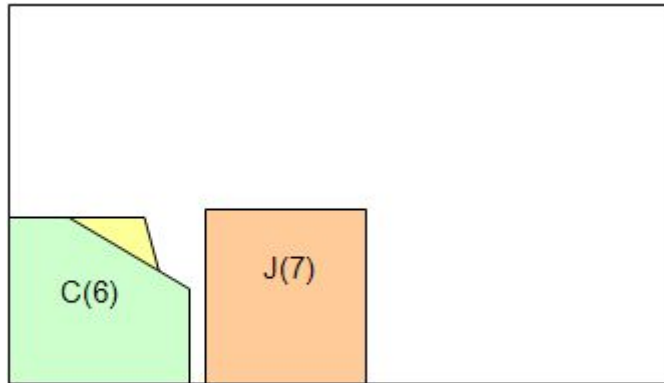
이 상태에서 같은 날 다른 블록들을 배치하는 것이 아니라, 블록 C가 6일에 반출되므로 그 다음 날인 7일로 가서 그날의 배치대상 블록들 중 C와 가장 형태가 유사한 블록을 골라 <그림 4-4>과 같이 배치하는 것이다.



(그림 4-4) 7일의 배치

이런 식으로 계획기간 종료일까지 수행한 다음 계획기간 시작일로 돌아와 배치대상 위치를 오른쪽으로 이동한다. 그리고 첫날의 배치대상 블록 중 하나를 골라 기존의 배치블록과 충돌하지 않는 자리에 <그림

4-5>와 같이 배치한다. 이 그림에서 블록 J는 공기가 7일까지이므로 7일에 배치되어 있는 블록 H와의 충돌도 고려하여야 한다.



(그림 4-5) 첫날의 배치

이제 블록 J의 후속블록들을 같은 방법으로 계획종료일까지 배치한다. 이런 방식으로 정반의 오른쪽 끝까지 이동해나가면 정반의 아래쪽 가장자리는 가능한 한 빈자리 없이 채워질 것이다.

아래쪽에 대한 배치가 종료된 후에는 정반의 폭에 따라 위쪽 가장자리도 같은 알고리즘을 적용할 것인지를 결정한다. 즉, 정반의 폭이 두 블록을 병렬로 배치할 수 있을 정도로 충분히 넓다면 정반의 위쪽 가장자리에도 아래쪽과 똑 같은 절차를 적용할 수 있다.

4.1.3 두 단계 배치절차

앞에서 설명한 고정위치 배치방식은 상대적으로 면적이 넓은 대형블록들을 대상으로 정반 가장자리에 적용하는 것이 좋을 것으로 생각된다. 따라서 정반의 내부영역과 소형블록들의 배치에 대한 배치절차가 규정되어야 한다. 저자들의 소형블록의 경우 블록과 블록사이의 틈에

끼워 넣는 것이 효과적이라고 생각한다. 따라서 FPA 전략으로 배치되고 남은 블록들은 기존의 블록배치방식(고시근 등, 1999)을 적용해 배치하기로 한다.

본 연구는 이런 식으로 전체 배치대상블록들을 대형과 소형으로 분류하여, 대형블록들은 고정위치 전략으로 배치하고, 소형블록들은 기존의 고정날짜 전략을 적용해 배치하는 두 단계(Two-phase) 배치절차를 제안한다. <그림 4-6>의 플로 차트의 <phase I>에서는 대형블록들을 배치대상으로 하고 배치대상 정반을 선택하여 선택된 정반의 한쪽 가장자리에 블록들을 계획기간 시작일 부터 종료일까지 배치한다. 이러한 절차를 정반의 반대쪽 가장자리까지 적용시키고 만약 정반의 면적이 넓으면 위쪽 가장자리에도 같은 절차로 배치한다. 대상정반에 대해 이러한 과정을 완료하면 <phase II>에서 소형블록들을 해당일자를 기준으로 면적 순으로 정렬하여 배치한다. 이러한 두 단계 배치절차를 통해서 블록들의 대상작업장의 배치가 완료된다.



(그림 4-6) 두 단계 배치절차

4.2 LCA(Largest Contact Area) 배치전략

LCA 전략은 일차적으로 2차원 평면상(작업장)에 배치대상블록의 배치가능영역을 탐색하고 탐색된 영역들 중에서 작업일정을 고려하여 최종 배치가능영역을 도출해내는 과정으로 알고리즘을 전개해 나간다. <그림 4-7>은 배치 대상 작업장과 기배치 되어 있는 작업기간이 1~5일인 J블록과 작업기간이 1~8일인 C블록을 보여주고 있다. 우리는 작업기간이 1~10일인 배치대상블록 K와 작업기간이 3~12일인 배치대상블록 H를 배치대상 작업장에 배치하기 위해 LCA전략을 전개해 나갈 것이다.

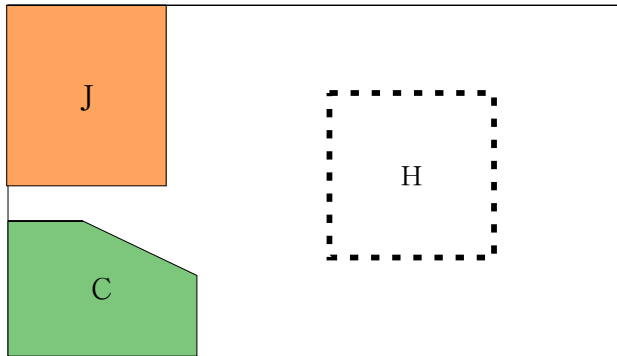


<그림 4-7> 배치대상 작업장

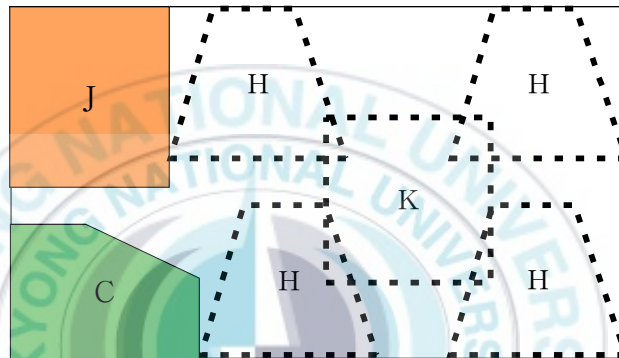
4.2.1 2차원 평면상(작업장)에 배치대상블록의 배치 영역 탐색

2차원 평면상에 배치대상블록을 배치시키기 위해 배치 가능영역을 탐색한다. 그런데 <그림 4-8>과 같이 블록 K를 작업장의 중간 영역에 배치하면 후속블록인 H 블록을 배치할 수 있는 자리가 없어진다. K블록을 작업장의 가장자리 부분에 배치하였다면 후속블록인 H블록도 배

치가 가능했을 것이다.

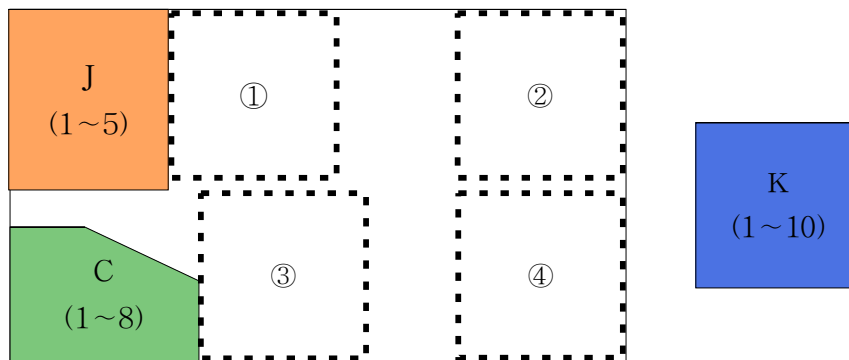


블록 H 배치



<그림 4-8> 블록 K, H 가상 배치

이와 같은 경우를 고려하여 후속블록의 원활한 배치를 위해서는 <그림 4-9>와 같이 작업장의 구석진 자리에 배치해 나가는 것이 유리함을 알 수 있다. 여기에서 구석진 자리를 판단하는 기준으로 작업장의 벽이나 기존의 배치블록과 닿는 부분의 길이 CL(Contact Length)을 정의한다.



<그림 4-9> CL에 의해 탐색된 영역

<그림 4-9>에서 블록 K의 가로와 세로가 20m이고 블록 C의 세로가 17m라고 가정하여 CL값을 계산하면 <표2>와 같이 나온다.

위치	CL	
①	J블록과 닿는 부분 길이 + 작업장과 닿는 부분 길이	40m
	20m + 20m	
②	작업장과 닿는 세로길이 + 가로길이	40m
	20m + 20m	
③	C블록과 닿는 부분 길이 + 작업장과 닿는 부분 길이	37m
	17m + 20m	
④	작업장과 닿는 세로길이 + 가로길이	40m
	20m + 20m	

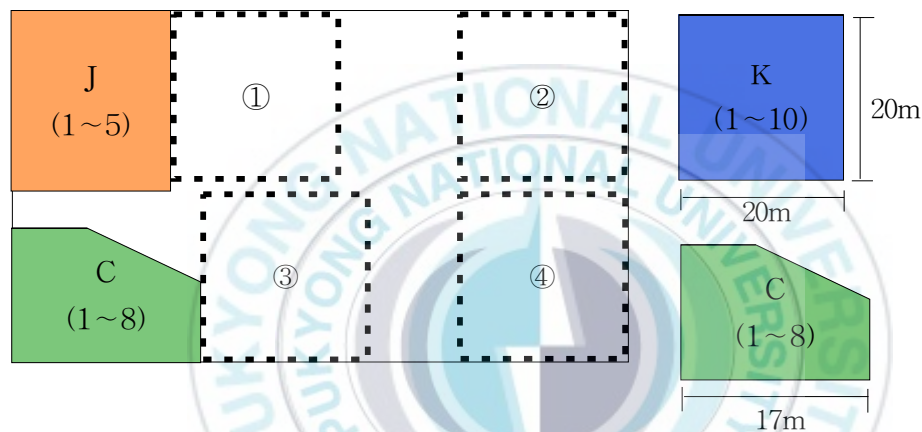
<표 4-1> 각 위치별 CL 계산

<표 4-1>에서 계산된 CL값을 보면 ③번 자리보다 ①,②,④번 자리에 배치하는 것이 더 유리하다는 것을 알 수 있다. <그림 4-9>의 ①, ②,④번 자리 중에서 ①번 자리는 블록 J의 작업 완료일이 5일이므로 블록 J가 반출되고 난 후 블록 J가 있던 자리의 활용성 측면을 고려하면 ②,④번 자리에 위치하는 것이 ①번 자리에 위치하는 것보다는 후속 블록이 배치될 때 면적 활용률 측면에서 좀 더 다양한 블록들을 배치할 수 있다는 결론이 나온다. 따라서 2차원 평면상의 배치에서 일정을 고

려한 배치를 추가하여 최종적인 배치 알고리즘을 형성할 수 있다.

4.2.2 일정을 고려한 배치영역 탐색

2차원 평면상(작업장)에서의 배치에서 일정까지 고려한 배치를 CA(Contact Area) 값으로 정의한다. CA값은 앞에서 정의한 CL값에서 작업장의 벽이나 기존의 배치블록과 닿는 부분의 공통일정을 더하여 계산한다. <그림 4-10>의 기배치 블록들의 작업일정과 배치대상블록 K의 작업일정을 고려하여 CA값을 계산한 결과가 <표3>과 같이 계산된다.



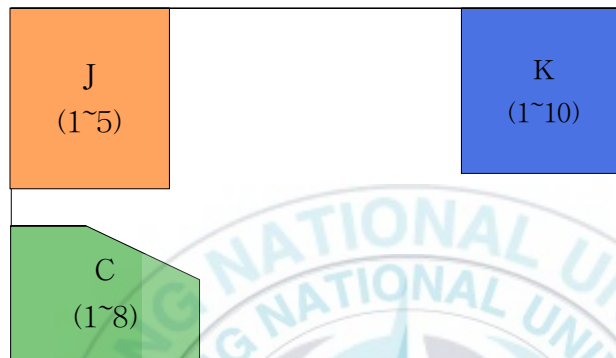
<그림 4-10> 배치 대상 작업장

위치	CA(CL * 공통일정)	
①	$(20 * 5) + (20 * 10)$	300
②	$(20 * 10) + (20 * 10)$	400
③	$(17 * 8) + (20 * 10)$	336
④	$(20 * 10) + (20 * 10)$	400

<표4-2> 각 위치별 CA 계산

<표4-2>의 ①번 자리의 CA값은 J 블록과 맞닿는 길이 20m에 블록

J와 K의 겹치는 작업일수 5를 곱하고 이에 K블록 가로와 작업장과 겹치는 길이 20m에 겹치는 작업일수 즉 공통일정 10일을 곱하여 더하면 그 값이 300으로 나온다. 이러한 CA 계산을 ②,③,④ 영역에도 적용하여 나온 결과에서 값이 가장 높은 영역인 ②,④번 자리에 최종적으로 배치대상블록인 K를 배치할 수 있다. Score가 동점인 경우에는 임의로 한 곳을 정해 배치하면 된다. 배치대상블록 K를 CA를 기준으로 배치하면 <그림4-11>과 같이 나타날 수 있다.

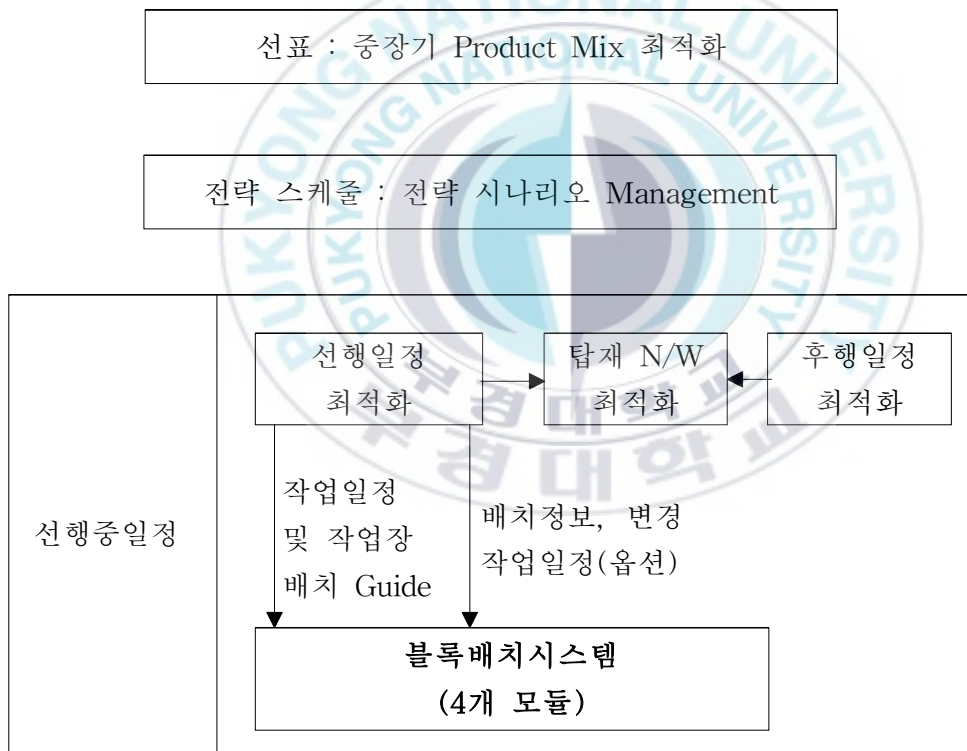


<그림 4-11> 배치대상블록 K 최종배치

5. 블록배치계획 시스템

5.1 시스템 개요

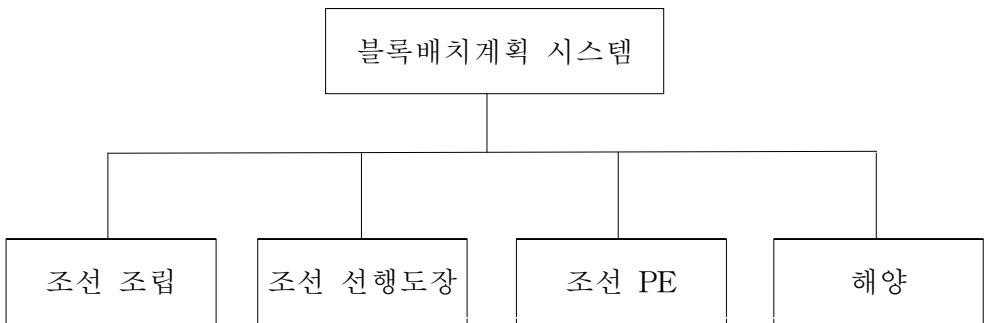
블록배치계획 시스템은 선편, 전략 스케줄, 선행중일정 계획 단계 중에서 선행중일정 단계에 위치한다. 아래 <그림 5-1>는 블록배치계획 시스템과 상위 시스템과의 관계를 나타내고 있다. 우선 선편을 작성하여 연도별 도크 회전률을 감안한 절단, 반목배치, 진수, 인도 사이의 공기를 설정한다. 그리고 전략 스케줄에서 물량을 배정하고 선행중일정에서 작업장 할당을 하여 블록배치시스템은 할당된 물량과 작업장에 대한



<그림 5-1> 블록 배치 시스템의 위치

정보를 이용해 블록을 배치하게 된다.

본 연구의 블록배치계획 시스템은 <그림 5-2>와 같이 선박건조 공정에 따라 조립, 선행도장, PE, 해양의 4개 모듈을 대상으로 한다.



<그림 5-2> 블록배치계획 시스템 모듈

5.2 시스템 수행 절차

블록배치계획 시스템은 선행중일정에서 작성된 작업장 및 작업일정 Guide를 기준으로 블록배치에 영향을 주는 변경 가능한 요인들을 옵션으로 처리해서 사용자가 필요에 의해 옵션을 변경하여 수행한다. 아래의 <표 5-1>은 조립부문의 옵션을 정의한 것이다.

옵션	세부내용
작업장 변경 방법	- 선행중일정 작업장 준수(선행중일정에서 배정한 작업장만을 대상으로 배치) - 생산부문내 이동(선행중일정에서 배정한 작업장과 같은 부문의 작업장에 배치)
일정 변경 방법	각 블록별 버퍼 한도 내에서 일정변경 버퍼설정 방법 1) 선행중조-중조-대조 등 3개 단계 사이의 관계

6. 성능 실험

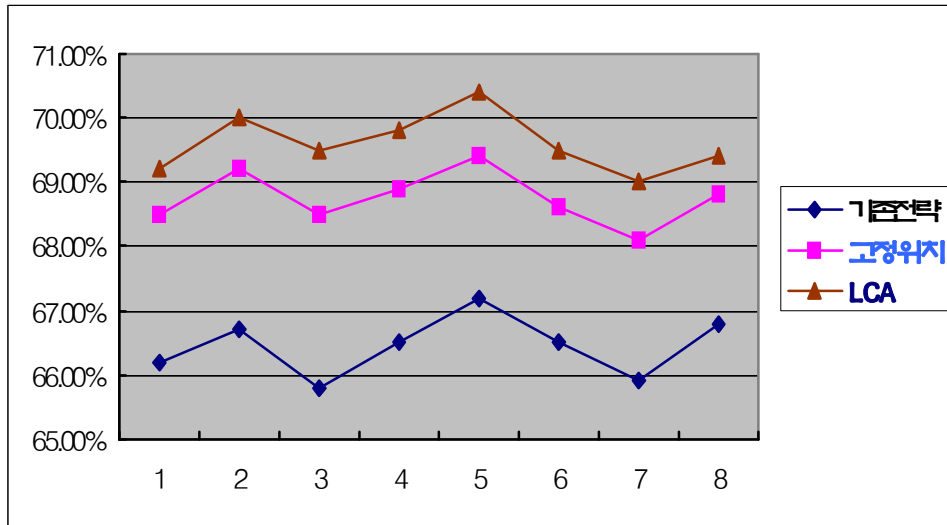
성능실험에 사용된 데이터는 2006년~2007년 S-중공업의 실제 계획 데이터로써 대상기간을 3개월 단위로 분할하여 성능 실험을 하였다. 2006년 데이터의 배치 대상 블록 수는 4747개이고 2007년 데이터의 배치 대상 블록 수는 5971개이다. 성능 실험은 운영체제 Window XP, 2.21GHz PC, 2GB RAM의 환경에서 실행되었다.

앞에서 제시한 FPA 전략과 LCA 전략 그리고 기존전략[1] 즉 대형 블록을 정반 가장자리에 좌에서 우로 검색하여 가능한 첫 위치에 배치, 소형블록은 나머지 자리를 중간부터 검색하여 가능한 첫 위치에 배치하는 전략에 대한 실험 결과가 <표 5-2>같이 나왔다.

대상기간		면적 활용률		
		기존전략	FPA전략	LCA전략
2006	01월 01일 ~ 03월 31일	66.2%	68.5%	69.2%
	03월 01일 ~ 06월 30일	66.7%	69.2%	70%
	06월 01일 ~ 09월 30일	65.8%	68.5%	69.5%
	09월 01일 ~ 12월 31일	66.5%	68.9%	69.8%
2007	01월 01일 ~ 03월 31일	67.2%	69.4%	70.4%
	03월 01일 ~ 06월 30일	66.5%	68.6%	69.5%
	06월 01일 ~ 09월 30일	65.9%	68.1%	69%
	09월 01일 ~ 12월 31일	66.8%	68.8%	69.4%

<표5-2> 배치전략별 면적활용률

표<5-2>에서 볼 수 있듯이 기존 전략에 비해 본 논문에서 제시한 FPA전략과 LCA전략의 성능이 다소 향상됨을 알 수 있다. 그리고 LCA 전략이 FPA전략보다는 작지만 면적활용률이 높은 것을 볼 수 있다.



<그림 5-4> 배치전략별 면적활용률

<그림 5-4>는 각 계획기간별 면적활용률의 추이를 나타낸 것으로 기존전략에 비해 두 전략의 면적활용률이 높아진 것을 알 수 있다. 고정위치 배치전략에 비해 LCA 배치전략이 전체적으로 다소 높은 면적활용률을 보이고 있다. 이러한 결과는 담당자가 직접 수동으로 배치할 때의 평균 면적활용률 75%에는 미치지 못하는 실험결과이다. 하지만 자동 배치 측면에서 본 논문에서 제시하는 두 전략은 충분히 면적활용률을 보여주고 있다. 그리고 특히 시간적인 측면에서는 수동으로 작성할 때 작업시간이 10시간이지만 자동배치로 했을 경우 알고리즘 수행시간이 5~6분으로 미배치 블록의 작업자의 수동보정 시간을 합하더라도 많은 시간이 단축된다.

7. 결 론

본 연구에서는 곡블록공장의 생산일정계획을 위한 개선된 2가지 정반배치 알고리즘을 소개하였다. FPA 전략은 기존의 고정날짜 배치전략의 문제점인 어느 하루 정반의 면적 효율을 최대화하는 것이 과연 계획기간 전체의 면적활용률을 높이는 것인가라는 것에서 출발하였다. 이러한 대형블록을 배치대상으로 하는 FPA전략과 소형블록들을 정반의 중앙과 빈 공간에 배치하는 전략을 두 단계 배치절차로 구성하여 첫 번째 배치 알고리즘으로 제시하였다. 그리고 2차원 평면상에 블록을 배치할 때 구석진 자리를 정의하고 이를 일정을 고려하여 CA(Contact Area)를 정의하여 LCA 배치전략을 제안하였고 S-중공업에서 개발중인 조선 ERP 시스템의 일부분인 중일정 블록배치계획 시스템에 실제 구현되었다. S-중공업의 실제 데이터를 사용하여 성능실험을 한 결과 기존의 연구결과에 비해서 어느 정도 개선이 이루어졌지만 아직까지 만족할만한 수준은 아니라고 생각된다. 하지만 수작업을 통한 면적활용률이 75%정도이고 위 두 자동배치 알고리즘의 수행시간 5~6분으로 수작업에 비해 비약적으로 줄어들었기 때문에 충분히 자동 정반배치계획 시스템에 적용할 수 있다고 생각되어진다. 향후 면적활용률을 수동배치 수준으로 끌어올리기 위한 정반배치 알고리즘 개선 및 개발을 위한 연구가 추가적으로 이루어져야 한다.

참 고 문 헌

- [1] 고시근, 박주철, 최용선, 주철민, 1999, “고정정반 블록조립작업장의 일정계획시스템 개발”. *산업공학(IE Interfaces)*, 12(4), 586-594.
- [2] 고시근, 채영명, 2000, “플랜트 생산공장의 제품별 작업장사용계획시스템 개발”, *IE Interfaces*, 제13권, 제2호, pp.266-272.
- [3] 박주호, 2001, “조선산업에서의 배치계획시스템 개발의 효율화에 관한 연구”. 울산대학교, 석사학위논문.
- [4] 이동하, 2000, “공간 일정계획에서의 부하조정 및 배치방법에 관한 연구”, 부산대학교, 석사학위논문.
- [5] 우중훈, 2005, “제품, 공정, 설비와 일정 정보를 통합한 선박 건조 내업 시스템의 모델링 및 시뮬레이션”, 서울대학교, 박사학위논문.
- [6] 이경전, 1992, “공간 일정계획과 조선 공업에의 응용”, 한국과학기술원, 석사학위논문.
- [7] 이경전, 1995, “공간 일정계획 전문가시스템의 개발에 관한 연구”, 한국과학기술원, 박사학위논문.
- [8] 이경전, 이재규, 1995, “공간 배치 문제에서의 우월 탐색 공간에 관한 연구”, 한국정보과학회 ‘95 봄 학술발표논문집, Vol.22, No.1, pp. 179-182.
- [9] 조규갑, 이동하, 2001, “곡블럭 조립작업에 대한 공간 일정계획에 관한 연구”, 한국경영과학회/대한산업공학회 춘계공동학술대회 논문집, pp.497-500.
- [10] 정귀훈, 백태현, 민상규, 김형식, 박주철, 조규갑, 박창규, 2001, “조선 공업에서의 공간일정계획 시스템 개발 및 응용”, *산업공학(IE Interfaces)*, 14(2), 394-402.

- [11] Lee, K. J., Lee, J. K., and Choi, S. Y., 1996, "A Spatial Scheduling System and its Application to Shipbuilding:DAS-CURVE," *Expert System With Applications*, 10(3), 311-324.
- [12] Lazano-Perez, P., 1983, "Spatial Planning : A Configuration Space Approach," *IEEE Transactions on Computers*, 32(2), 108-120.
- [13] Park, C.K., Chung, K.H., Park, J.C., Cho, K.K., Baek, T.H., and Son, E.I., 2002, "A spatial scheduling application at the block paint shop in shipbuilding: the HYPOS project", *Production Planning & Control*, 13(4), 342-354.
- [14] Park, K.C., Lee, K.S., Park, S.S., and Kim, S.H., 1996, "Modeling and solving the spatial block scheduling problem in a shipbuilding company", *Computers and Industrial Engineering*, 30(3), 357-364.
- [15] Stefan-Jakobs., 1996, "On genetic algorithms for the packing of polygons", *European Journal of Operational Research*, 88(1), 165-181.
- [16] Babu, A. R., Babu, N. R., 1999, "Effective nesting of rectangular parts in multiple rectangular sheets using genetic and heuristic algorithms", *International Journal of Production Research*, 37(7), 1625-1643.
- [17] Lee, K. J., 2000, "Sufficient search space for spatial expert systems", *Expert Systems with Applications*, 19(1), 1-8.
- [18] Babu, A. R., Babu, N. R., 2001, "A generic approach for nesting of 2-D parts in 2-D sheets using genetic and heuristic algorithms", *Computer-Aided Design*, 33(12), 879-891.
- [19] Cho, K., K., Lee, D., H., Oum, T., H., 2002, "An intelligent spatial planning and scheduling system", *International Journal of Industrial Engineering*, 9(2), 342-354.
- [20] Francis, E., H., Tay, Chong, T., Y., Lee, F., C., 2002, "Pattern nesting

on irregular-shaped stock using Genetic Algorithms”, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 15(6), 551-558.

[21] Miguel Gomes, A., Oliveira, Jose F., 2002, “A 2-exchange heuristic for nesting problems”, *European Journal of Operational Research*, 141(2), 359-370.

[22] Niemi, E., 2003, “Part allocation to nesting layouts under variable demand”, *International Journal of Production Research*, 41(7), 1549-1563.

[23] Wu, T., H., Chen, J., F., Low, C., A., 2003, “Nesting of two-dimensional parts in multiple plates using hybrid algorithm”, *International Journal of Production Research*, 41(16), 3883-3900.

[24] www.nsnet.com/shippicsP



Development of a Spatial Scheduling Algorithm for Improvement of Area Efficiency

Chan-Ho Eum

*Department of Systems Management & Engineering,
The Graduate School,
Pukyong National University*

Abstract

This thesis deals with a production scheduling algorithm for the block assembly shop in a shipbuilding company. At past, a person established workspace practical use plan manually refer ship production schedule. But, Manual processing was problem that need much times and effort and can not cope rapidly in outside environment change. In shipbuilding industry, spatial scheduling problem takes into account not only traditional scheduling constraints such as resource capacity and due dates, but also spatial layout of locating a polygonal objects in assembly process. The problem is very hard and time consuming because it should consider both scheduling and spatial arrangement of each block simultaneously. To reflect the scheduling dynamic, we propose a Two Phase Algorithm with the FPA(Fixed Position Arrangement) strategy and LCA(Largest Contact Area) strategy. Using real shipyard data, we showed that the block assembly scheduling system based on the algorithm made a good performance.

keywords : spatial scheduling, area efficiency, block arrangement

감사의 글

처음 대학원에 입학한 뒤로 벌써 2년이라는 시간이 흘렀습니다. 대학원 생활을 하면서 학과 관련 지식과 더불어 값진 경험과 멋진 사람들을 많이 만날 수 있었습니다. 항상 못난 아들이지만 응원을 아끼지 않으셨던 부모님께 감사드립니다. 그리고 이런 저런 심부름을 부탁해도 얼굴 찌푸리지 않고 도와주었던 동생 찬희에게도 감사의 마음을 전합니다.

대학원 지도교수님이자 저에게 많은 경험을 하게 해 주신 항상 저에게 영원한 스승이신 고시근 교수님께 감사드립니다. 교수님의 훌륭한 면을 항상 닮고 싶었지만 아직 1%도 익히지 못했습니다. 누구보다 열심히 일하시는 교수님의 모습을 보면서 좀 더 교수님을 닮고 싶고 배우고 싶었지만 많이 부족합니다. 하지만 교수님의 가르침을 가슴깊이 새겨 열심히 사회생활을 해 나가도록 하겠습니다.

학부 때 지도교수님이셨던 옥영석 교수님께도 감사를 드립니다. 학부 때 많이 힘들었던 저를 항상 다독여 주시고 신경 써 주신 점 항상 가슴속에 새기고 있습니다. 새벽에 맛있는 선지국을 사주신 김민수 교수님, 논문 지도를 위해 많은 노력을 해주신 구평희 교수님, 권혁무 교수님, 이운식 교수님, 오수철 교수님, 김병남 교수님, 박병무 교수님, 김영진 교수님께도 감사드립니다.

2년동안 조선 정반 프로젝트를 진행하면서 프로젝트 관련 지식 이상의 것을 배웠습니다. 프로젝트를 위해 사무실에 자리를 마련해 주시고 집에까지 차를 태워주시며 좋은 말씀을 해주신 아시미르 디지털의 조국환 사장님, 이병상 팀장님, 박상우 대리님께 감사드립니다. 그리고 거제도에 프로젝트 진행을 위해 상주할 때마다 챙겨주시고 많이 가르쳐 주신 삼성 SDS의 최대원 책임께 감사드립니다. 프로젝트를 위해 열심히

일하시는 삼성 SDS 여러분께 감사를 드립니다. 그리고 불가능을 가능하게 할 수 있는 패기를 가진 바다사나이들이 있는 삼성 중공업 PI추진팀 여러분께도 감사드립니다. 프로젝트를 진행하면서 멋진 분들을 많이 뵈 수 있었습니다. 언제나 자신의 일에 최선을 다하는 모습을 항상 보여주시는 여러분께 많은 것을 보고 듣고 느꼈습니다. 다시 한번 감사드립니다.

힘들 때나 즐거울 때 항상 나의 옆에서 나의 손을 잡아주고 격려해 준 언제나 나의 편인 우리 다래에게도 감사의 마음을 전합니다.

사회에서 열심히 일하고 있어 지금은 자주 보지 못하지만 항상 격려와 염려를 해준 나의 영원한 친구 정훈, 영수, 윤석, 현석에게도 감사의 마음을 전합니다. 그리고 가끔씩 기분전환으로 달맞이 고개로 시원한 드라이브를 시켜주는 든든한 동생이자 친구인 현이와 예쁜 효정에게도 감사의 마음을 전합니다. 하늘나라에서 항상 나를 지켜봐줄 나와 함께 다대포 앞바다를 바라보며 꿈을 키웠던 태성에게도 감사의 마음을 전합니다.

학부 때부터 나의 힘이 되어 주었던 우리 CS 가족들에게 감사의 마음을 전합니다. 학부 때 프로젝트 하면서 밤샘을 하고 야식을 먹고 하던 것이 었그제 같은데 이제 모두 사회에 제자리를 찾아 열심히 활동하고 있는 CS가족들 앞날에 무한한 영광과 행복이 함께 했으면 좋겠습니다.

대학원 생활을 같이 했던 진아 누님, 철호 형님, 원일, 희영, 정수, 유진, 정희에게도 감사를 전합니다. 그리고 항상 찾아가서 부탁만 늘어놓았지만 웃으면서 처리해 주었던 조민정 쌤, 혜란, 대경, 현진, 미향 학과 사무실에도 감사의 마음을 전합니다.

엄찬호 드림