工學碩士 學位論文

중량화물 선적 Ro-Ro 선을 위한 Auto-Trim Control System 의 개발

Development of an Auto-Trim Control System
for Ro-Ro Ship Carrying Heavy Cargoes

指導敎授 金 是 和

2001 **年** 2 **月**

韓國海洋大學校 大學院

海事輸送科學科

李 大 田

本 論文을 李大田의 工學碩士 學位論文으로 認准함

主審　朴　鎭　洙

副審　文　成　赫

副審　金　是　和

2001 年 2 月

韓國海洋大學校 大學院

海事輸送科學科

李　大　田

목 차

Abstract

제 1 장 서론 ---------- 1
1.1 연구의 배경 ---------- 1
1.2 연구의 목적 ---------- 2

제 2 장 시스템의 개요 ---------- 3
2.1 중량화물 선적 Ro-Ro 선 하역 작업의 기본개념 ---------- 3
2.2 Auto-Trim Control System 의 기본개념 ---------- 7
2.3 시스템 구성도 ----------10

제 3 장 선미흘수 및 트림 제어 알고리듬의 개발 ---------- 11
3.1 탱크 배치도 ---------- 11
3.2 탱크 배정 우선순위 ---------- 11
3.3 탱크 선택 규칙---------- 12

제 4 장 Auto-trim Control System 개발 ----------15
4.1 시스템 소프트웨어 구성 ----------15
4.2 시스템 설계---------- 16
4.3 밸브 및 펌프 작동 절차 ----------21
4.4 시스템 구현 ----------37

제 5 장 프로그램 실행 예 ---------- 42
5.1 통신상태 표시줄 ---------- 42
5.2 선박상태 표시줄 ----------44
5.3 프로그램 작동 ----------45

제 6 장 결 론 ----------58

참고문헌 ---------- 60

Development of an Auto-Trim Control System for Ro-Ro Ship Carrying Heavy Cargoes

Lee, Dae-Jeon

Department of Maritime Transportation Science
Graduate School Korea Maritime University

[Abstract]

In Ro-Ro ship carrying heavy cargoes, it is very important to maintain a certain level of aft draft and the proper trim through the entire loading or discharging process. Some kinds of manual ballast control system have been generally applied so far to this practice in Ro-Ro ship. However, there is need to develop a so-called Auto-Trim Control System using some computer technology to improve the operation of those existing systems.

This paper aims at developing an Auto-Trim Control System especially for Ro-Ro ship carrying such heavy cargoes including hot coils and steel plates. The author carried out some systems analysis and design for developing the system by examining and reflecting the practices of the entire loading and discharging process.

Then a user-friendly Auto-Trim Control System has been built by interfacing the Valve Remote Control system and Tank Level & Draft Measuring system with itself. The author also provides some excellent results on the performance of the system by reporting the records of installing the system on board 4 Ro-Ro ships.

제 1 장 서론

1.1 연구의 배경

최근 국제화와 세계화가 가속화되면서 지구촌의 국가간 교역량은 날로 증가하고 있다. 신해양 신통상 시대가 될 21 세기에는 국제 물류가 더욱 증가할 것으로 예측된다. 이러한 국제 물류의 90% 이상이 해사수송에 의존하고 있으며, 선박은 해사수송의 주요 수단이다.

조선산업의 발달로 선박 기술은 점점 대형화, 고속화, 전문화, 자동화의 형태로 발전하여 왔다. 고속화 전문화의 한 예는 25 노트 선속의 12,000 TEU 급 컨테이너선의 출현이 눈앞의 현실로 다가온 것을 들 수 있다. Ro-Ro 선은 선박의 하역작업의 효율성을 높이기 위해 선적 화물을 차량을 이용하여 적양하할 수 있도록 하역기술을 전문화 선박으로 자동차 운반선도 Ro-Ro 선의 일종이라 할수 있다.

Ro-Ro 선 중에는 핫코일(Hot Coil)과 같은 중량화물을 주로 수송하는 선박이 있는데, 이러한 Ro-Ro 선의 하역작업 중에 가장 중요한 것은 적양하 하역작업 과정 내내 일정한 수준의 선미 흘수와 적절한 트림(Trim)을 유지하는 일이다. 왜냐하면, Ro-Ro 선에 출입하는 선적화물 적재 트레일러(Trailer)가 선미와 부두 간에 장치되는 램프(Ramp)를 교량처럼 사용하여 화물을 적양하하기 때문이다. 특히, 핫코일과 같은 중량화물을 적재한 트레일러가 램프를 통하여 부두에서 화물창 (Cargo Hold)으로 직접 진입하기 위해 선미를 통과할 때, 선미 흘수가 일정한 수준으로 유지되지 않으면 트레일러가 화물창으로 진행할 수 없는 상황이 자주 발생한다.

현재까지 대분분의 중량화물 선적 Ro-Ro 선들이 이러한 하역작업의 실무에 특별한 장치 없이 상황에 따라 항해사가 임의로 발라스트를 이송하거나 배출 또는 주입하는 등의 수작업으로 선미 흘수와 트림을 조정하고 있다. 이러한 현실은 하역작업의 효율성을 높이기 하역기술을 전문화한 Ro-Ro 선의 기능을 제대로 발휘할 수 없게 만들고 있으며, 선적

화물 적재 트레일러가 원활하게 하역 작업을 진행하게 하려면 선미 흘수와 트림을 자동으로 조정할 수 있도록 해 주는 소위 Auto-Trim ー Control System이 절대적으로 필요하다.

1.2 연구의 목적

지금까지의 트림과 선미 흘수 조정 방법은 특별한 원칙없이 상황에 따라 수동으로 발라스트 작업을 수행함으로써 단순 반복되는 작업을 사람이 항상 컨트롤 룸에서 조정하여야 하기 때문에 하역 시작부터 종료때까지 항해사가 발라스트 컨트롤 룸을 지키고 있어야 하는 불편함이 따르고 비효율적이다. 또한 발라스트 펌프의 빈번한 사용은 펌프의 주요 부품에 무리를 주어 잦은 고장의 원인이 되기도 한다.

이 논문의 연구 목적은 현재 다양한 산업 분야에 보편화되어 있는 정보기술을 이러한 중량화물 선적 Ro-Ro 선박의 적양하 작업에 접목하여 새로운 Auto-Trim Control System을 개발하는 데 있다. 이 연구에서 개발한 Auto-Trim Control System은 흘수 센서 (Draft Sensor)를 사용하여 선미 흘수를 연속적으로 계측하고 , 그 흘수의 변화 추이를 컴퓨터 시스템으로 분석게 하였으며, 또한 일정한 선미흘수 수준을 유지하기 위한 발라스트 제어 알고리듬을 고안하여 이를 발라스트 밸브 원격 제어 시스템과 인터페이스함으로써, Ro-Ro 선의 하역작업 과정 내내 일정한 수준의 선미 흘수와 적절한 트림을 유지할 수 있게 하였다.

제 2 장 시스템의 개요

2.1 중량화물 선적 Ro-Ro선 하역 작업의 기본 개념

Ro-Ro 선 중에서 특히 핫코일 전용 운반선과 같은 중량화물을 선적·양하 하는 선박이 점차 증가하고 있으며, 비용절감과 운항능력을 향상시키기 위하여 하역 시간을 획기적으로 줄이기 위한 노력이 꾸준하게 계속되어 왔다.

이러한 신속한 하역작업을 목적으로 본 연구에 적용된 선박은 아래의 <그림 2.1>과 같이 코일을 특수 제작된 전용 컨테이너인 카세트에 넣어 운반 차량이 직접 선미에 설치된 램프를 이용하여 화물창(Cargo Hold) 내로 진입할 수 있도록 건조되어 있다.

또한 서해안이나 남해안과 같이 조석 간만의 차이가 심한 경우에 흘수 조정만으로 조절이 불가능하기 때문에 <그림 2.2>, <그림 2.3> 과 같이 수위에 따라 높낮이가 조절되는 부동식 폰툰(Floating Pontoon)을 설치하여 항상 선박과 같이 움직이도록 되어 있다.

<그림 2.1 트레일러가 선미 램프를 통과하여 부동식 푼툰으로 진입하는 모습>

<그림 2.2 육상 부두와 부동식 폰툰>

<그림 2.3 Ro-Ro 선박과 부동식 폰툰 >

화물창 구조는 그림< 2.4 >과 같이 센터라인을 중심으로 좌·우현으로 선수.미 방향으로 3 줄씩 선적 할수 있도록 되어 있으며, 따라서 화물의 적·양하에 있어서는 선박의 트림과 힐링(Heeling)을 최소화하고 신속하고 안전한 하역 작업을 위하여 다음의 규칙을 반드시 따르도록 요구하고 있다

2.1.1 카세트 적재 및 양하 순서

1) 화물의 하역 순서

<u>화물의 적재 시</u>

① 선수부터 10 개 (01A - 03Y)를 선수 좌.우현에 싣고,

② 제일 끝단의 C 열과 Z 열을 좌.우로 대칭하여 각 한 열을 선미에서 선미방향으로 차례로 적재 한 후,

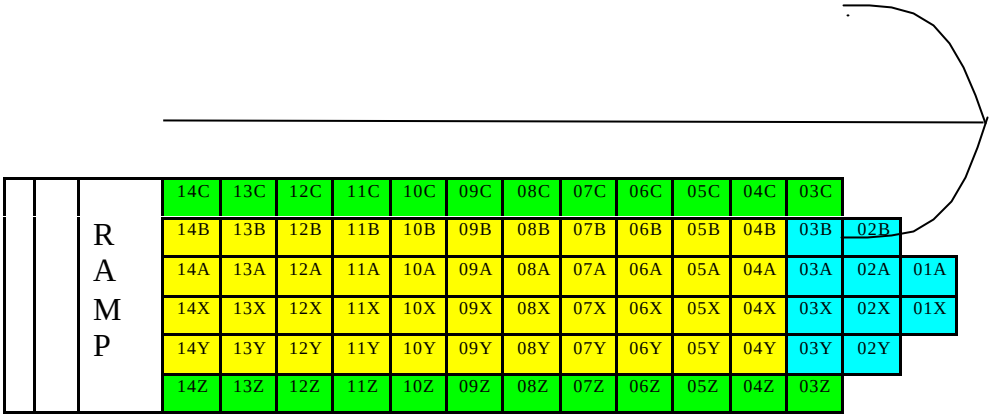
③ 센터라인을 중심으로 좌우 2 열씩 (A,B,X,Y 열)을 선수부터 선미까지 각각 순서대로 적재한다.

<u>화물의 양하 시</u>

① 센터라인을 중심으로 좌우 2 열씩 (A,B,X,Y 열)을 선미부터 선수까지 각각 순서대로 양하한다.

② 제일 끝단의 C 열과 Z 열을 좌.우로 대칭으로 각 한 열을 선미에서 선수방향으로 차례로 양하한다.

③ 선수부터 10 개 (01A - 03Y)를 선수 좌.우현으로부터 양하한다.



<그림 2.4 Ro-Ro 선의 화물창 배치도>

2) **카세트 적재· 양하 시작조건**

선미 램프가 열린 후 선미 흘수를 부두 높이에 따라 적절히 조정 한 후 적재· 양하를 시작한다.

3) **선미 램프 각도 유지조건**

선미 램프 각도: +6° ~ -6°(**실제 계산 시 최대 경사각을** 2°**를 고려하여 선미 램프 작동범위**(Operation Angle)**를** ±4°**로 계산**)

4) **잔류 발라스트** (Dead Ballast) **량**

Auto-Trim Control System**에 사용되는 탱크의 잔류 발라스트량은 펌프에 공기 유입을 방지하기 위하여 항상** 10 m^3**/탱크의 여유를 준다.**

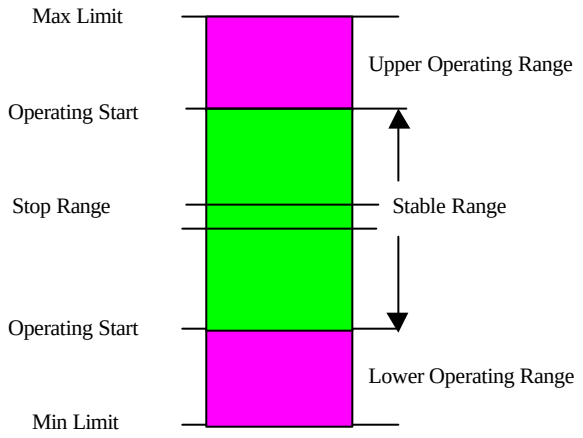
5) **트림 유지 조건**

하역 작업 중 가능한 배의 트림을 ±1°(**약** 2.1M ~ -2,1M)**로 유지하여 언제든지 선미 램프를 작동시킬 수 있도록 작업을 진행한다.**

2.2 Auto-Trim Control System의 기본 개념

Auto-Trim Control System이란 중량화물을 선적하는 Ro-Ro 선에서 선미 흘수가 정해진 범위를 벗어나면 트레일러(Trailer)의 화물창(Cargo Hold)으로 진입이 불가능하기 때문에 탱크레벨 및 흘수 계측장치로부터 현재의 탱크 레벨과 흘수 상황을 약 5 초 간격으로 연속적으로 수신하여 컴퓨터에 의하여 한계점에 도달하기 전에 미리 발라스트를 조정하여 항상 하역 작업이 가능한 선미 흘수와 트림을 유지하여 주는 시스템이다.

본 시스템에서 흘수 조정을 위하여 정의하는 선미흘수 작동구간을 세분하여 보면 다음의 그림< 2.5>과 같다.



< 그림 2.5 선미 흘수의 작동구간정의 >

1) 최저한계흘수(Min. Limit)
   하역 작업을 수행하기 위하여 램프 각도를 유지하기 위한 최소 흘수 값

2) **최고 한계흘수** (Max. Limit)
하역 작업을 수행하기 위하여 램프 각도를 유지하기 위한 최대 흘수 값

3) **하위 작동 구간**(Lower Operating Range)
Min. Limit **에 도달하기 전 미리 발라스트 작업을 하기위한 구간으로 이 구간 내에 흘수 값이 위치하면 탱크를 선택하여 밸브 원격제어 시스템으로 명령을 주어 자동으로 정지 구간에 도달할 때까지 발라스트 조정 작업을 계속한다.**

4) **상위 작동 구간**(Upper Operating Range)
Max. Limit **에 도달하기 전 미리 발라스트 작업을 하기 위한 구간으로 이 구간 내에 흘수 값이 위치하면 탱크를 선택하여 밸브 원격제어 시스템으로 명령을 주어 자동으로 정지 구간에 도달할 때까지 발라스트 조정 작업을 계속한다.**

5) **최하위 작동기점**(Min. Operating Start Point)
Min. Limit **에 도달하기 전 미리 발라스트 작업을 시작하는 시점으로 정지 구간 내에 선미 흘수 값이 도달할 때까지 발라스트 조정 작업을 계속한다.**

6) **최상위작동기점**(Max. Operating Start Point)
Max. Limit **에 도달하기 전 미리 발라스트 작업을 시작하는 시점으로 일단 발라스트 작업을 시작하면 선미 흘수값이 정지 구간에 이를 때까지 발라스트 조정 작업을 계속한다.**

7) **정지 구간**(Stop Range)

Max. or Min. Operating Start **시점에서 시작된 발라스트 조정 작업이 종료되는 영역으로 일단 조정 작업이 시작되면 정지 구간까지 도달할 때까지 계속 조정 작업을 한다.**

8) **안정구간**(Stable Range)

안정적으로 하역 작업을 수행할수 있는 구간으로 이 구간에서는 발라스트 조정 작업을 위하여 펌프와 밸브를 작동하지 아니한다.

일단, Auto-Trim Control System**이 작동을 시작하게 되면 지정된 정지 구간에 도달할 때까지 관련된 밸브가 자동으로 열리고, 펌프가 자동으로 작동되며, 정지 구간에 도달하게 되면 자동으로 밸브를 닫고 펌프도 정지 시켜 준다.**

그러나, 물리적으로 더이상 조절을 할수없을 경우, 즉 이송·주입·및 배출 가능한 탱크를 찾을 수 없거나 배수량이 하기 만재 흘수선을 초과할 경우 경고 메시지를 출력하여 주고 현재 열려있는 모든 밸브와 펌프를 정지시킨 후 시스템이 정지되도록 되어있다.

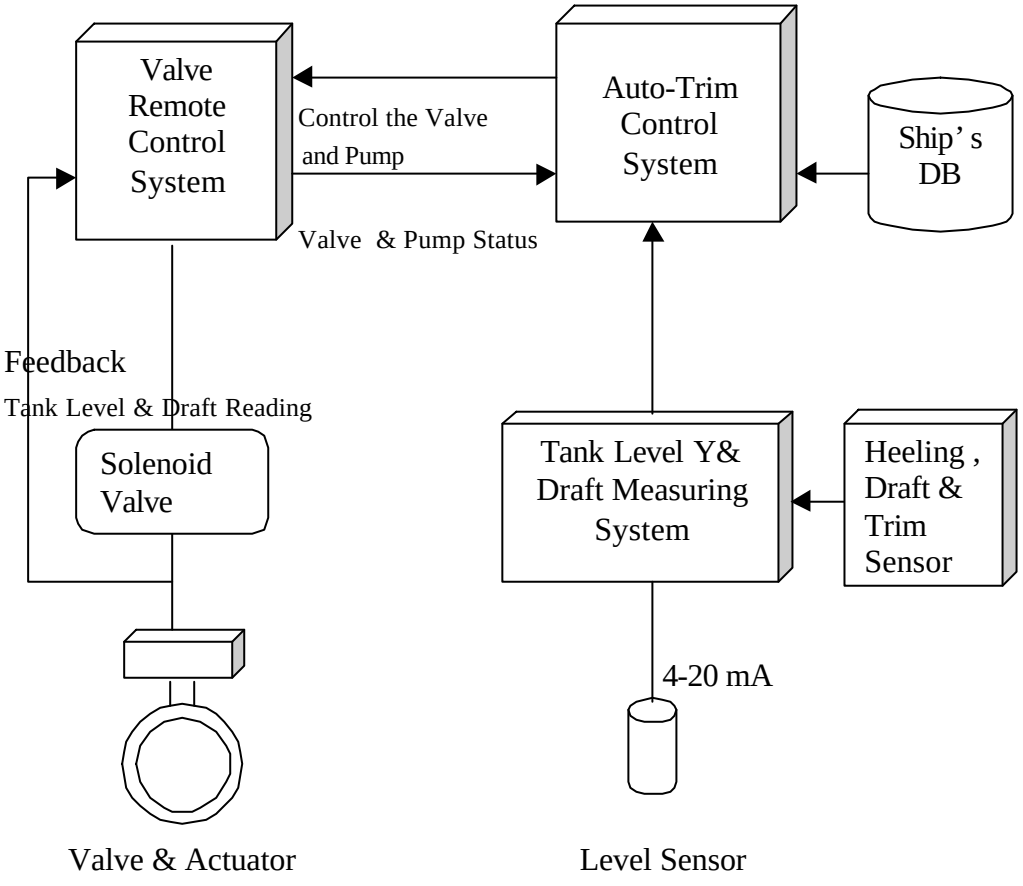
컴퓨터에 의하여 선미흘수 상황과 트림이 실시간으로 계속 모니터링 되며 선미 흘수가 안정 범위(Stable Range)**에 있을 동안은 밸브와 펌프가 작동하지 아니하고 대기 상태로 남아있게 된다. 단, 트레일러**(Trailer)**진입 시 트레일러**(Trailer)**의 중량에 의한 순간 집중 하중으로 선미 흘수가 순간적으로 급격하게 변할 수 있다. 이러한 상황은 실제 선박의 화물이나 발라스트로 인한 트림과 흘수 상태로 볼 수 없기때문에 이로 인한 불필요한 작동을 방지 하기 위해 트레일러**(Trailer)**가 램프를 통과하는 시간을 고려한 지정된 시간이 경과한 후**(약 10-20 초)**에도 흘수가 작동범위에 있는지 점검한다.**

특히, 화물의 선적 시에는 만재 흘수와 배수량을 점검하여 이 범위를 만족하는 범위 내에서 작동을 하게 된다. 즉 외부의 발라스트 주입은

불가능하고 탱크 간 이송 혹은 배출만으로 조절하게 된다. 만약 이것만으로 조작이 불가능하면 안내 메시지를 나타내며, 작동을 멈추고 작업자가 일련의 다른 탱크를 이용하여 수동으로 조절을 하게 한다.

2.3 시스템 구성도

Auto-Trim Control System 은 탱크레벨 및 흘수계측 시스템, 밸브 원격제어 시스템과 RS-485 프로토콜로 인터페이스하여 프로토콜을 상호 교환함으로써 데이터를 송수신한다. 시스템 하드웨어의 기본 구성도는 그림 < 2.6 >과 같다.

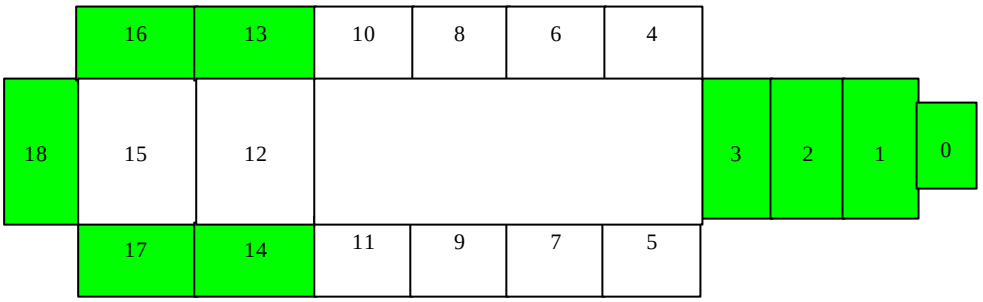


<그림 2.6 시스템 구성도>

제 3 장 선미흘수 및 트림 제어 알고리듬의 개발

3.1 탱크 배치도

선박의 대략적인 발라스트 탱크, 트림 조정 탱크등의 위치는 <그림 3.1>과 같고 각각의 탱크에 대해 고유의 ID 번호를 부여 하였다.
Auto-Trim Control System 은 모든 탱크를 사용하지 않고 아래에 표시된 선수미에 위치하는 탱크 만 사용한다.



<그림 3.1 탱크 배열>

3.2 탱크 배정 우선 순위

위의 <그림 3.1>에서 선수부에서는 0, 1, 2, 3 번의 탱크만 사용한다.
흘수를 조절하기 위한 탱크 선택의 우선권은 단위 하중 당 모멘트가 가장 큰 순서인 0,1,2,3 의 순으로 부여 한다.

선미부에서는 13, 14, 16,17,18 번의 탱크만 사용한다.
선택의 우선권은 18, 16+17, 13+14 순으로 부여하며 13,14,16,17 의 경우에는 힐링의 영향을 최소화 하기 위해 두 탱크를 동시에 조정한다.

3.3 탱크 선택 규칙

화물을 양하(Discharging)할 경우에는 배수량이 점점 감소하기 때문에 발라스트 주입을 최우선으로 하며, 화물을 적재(Loading)할 경우에는 배수량이 점점 증가하므로 발라스트 배출을 최우선으로 한다. 그러나 화물을 양하할 경우라 할지라도 배수량이 허용 값을 초과할 경우에는 발라스트 배출을 최우선으로 한다.
Auto Trim Control 작업을 위한 탱크 선택은 작업의 효율을 최대화 하기 위하여 다음의 규칙에 의하여 진행되어진다.

3.3.1 화물을 양하할 경우의 우선순위

1) 배수량이 지정된 값을 초과하거나 흘수가 만재 흘수선 초과한 경우

<u>선미 흘수가 하위작동구간 에 있을 때</u>

1. 선수부 탱크부터 배출
2. 선수에서 선미방향으로 이송
3. 선미부분 주입

즉, 먼저 1 의 경우에 대해 3.2 에서 기술한 방법에의해 탱크를 검색한다. 만약 1 의 경우에 대해 유효한 탱크가 없으면 2 의 경우에 대해 검색한다. 이런 식으로 3 번까지 검색하게 된다. 또한 작동 중에 1 의 경우로 작동을 시작했으나 흘수가 충분히 조절되지 아니한 경우에는 자동적으로 그 다음의 경우에 대해 검색하게 된다.

<u>선미 흘수가 상위작동구간 에 있을 때</u>

1. 선미부 탱크부터 배출
2. 선미부에서 선수부 탱크로 이송

3. **선수부 탱크 주입**

2) **그 외의 경우(배수량이 지정된 값을 초과하지 아니하고 흘수가 만재 흘수선 초과하지 아니한 경우)**

선미 흘수가 하위작동구간 에 있을 때

1. **선수부에서 선미부 탱크로 이송**
2. **선미부 탱크로 주입**
3. **선수부 탱크 배출**

선미 흘수가 상위작동구간 에 있을 때

1. **선미부에서 선수부 탱크로 전송**
2. **선수부 탱크로 주입**
3. **선미부 탱크 배출**

3.3.2 Cargo Load **시 우선순위**

1) **배수량이 지정된 값 이상이거나 흘수가 만재 흘수선 초과한 경우**

선미 흘수가 하위작동구간 에 있을 때

1. **선수부 탱크 배출**
2. **선수부에서 선미부 탱크로 이송**
3. **선미부 탱크 주입**

선미 흘수가 상위작동구간 에 있을 때

1. **선미부 탱크 배출**
2. **선미부에서 선수부 탱크로 이송**
3. **선수부 탱크 주입**

2) **그 외의 경우 (배수량이 지정된 값을 초과하지 아니하고 흘수가 만재 흘수선 초과하지 아니한 경우)**

<u>선미 흘수가 하위 작동구간에 있을 때</u>

1. **선수부에서 선미부 탱크로 이송**
2. **선수부 탱크 배출**
3. **선미부 탱크 주입**

<u>선미 흘수가 상위 작동구간에 있을 때</u>

1. **선수부에서 선미부탱크로 이송**
2. **선미부 탱크 배출**
3. **선수부 탱크 주입**

제 4 장 Auto-Trim Control System 개발

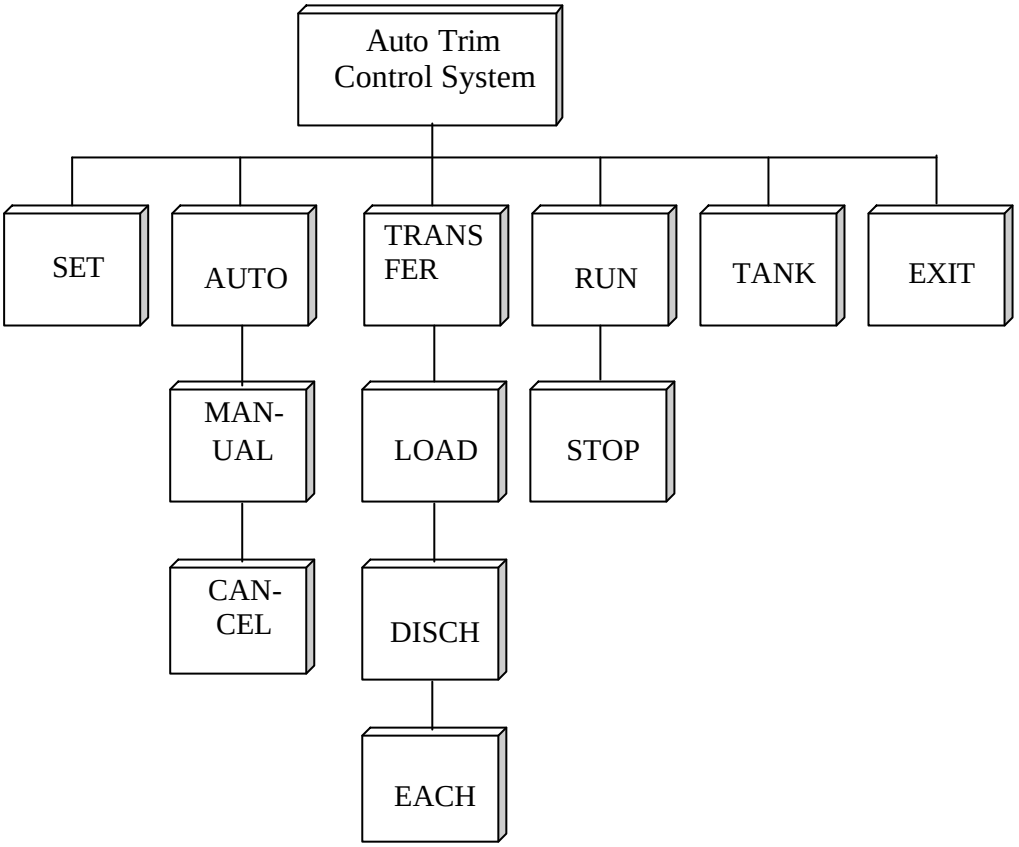
4.1 시스템 소프트웨어 구성

본 연구에서 개발된 Auto-Trim Control System은 선박의 항해사가 발라스트 제어 시스템을 수동으로 조작하던 방식을 컴퓨터가 대신하게 하였고 기본적으로 탱크 레벨 및 흘수 계측 장치와 밸브 원격제어 시스템이 완벽하게 작동되어야만 이 시스템이 정상적으로 사용될 수 있다.

사용상의 편리를 위해 모든 메뉴 구조는 아이콘으로 구성되어 있고 대화형 메뉴 구조로 되어있다. 외부시스템(밸브 원격제어 시스템, 탱크 레벨 및 흘수 계측 시스템)과의 인터페이스 상황은 컴퓨터 모니터에 항상 전시되어 사용자가 정확한 정보를 확인할 수 있도록 하였다. 기본적인 메뉴 구조는 다음과 같이 구성하였다.

4.1.1 메뉴 구성

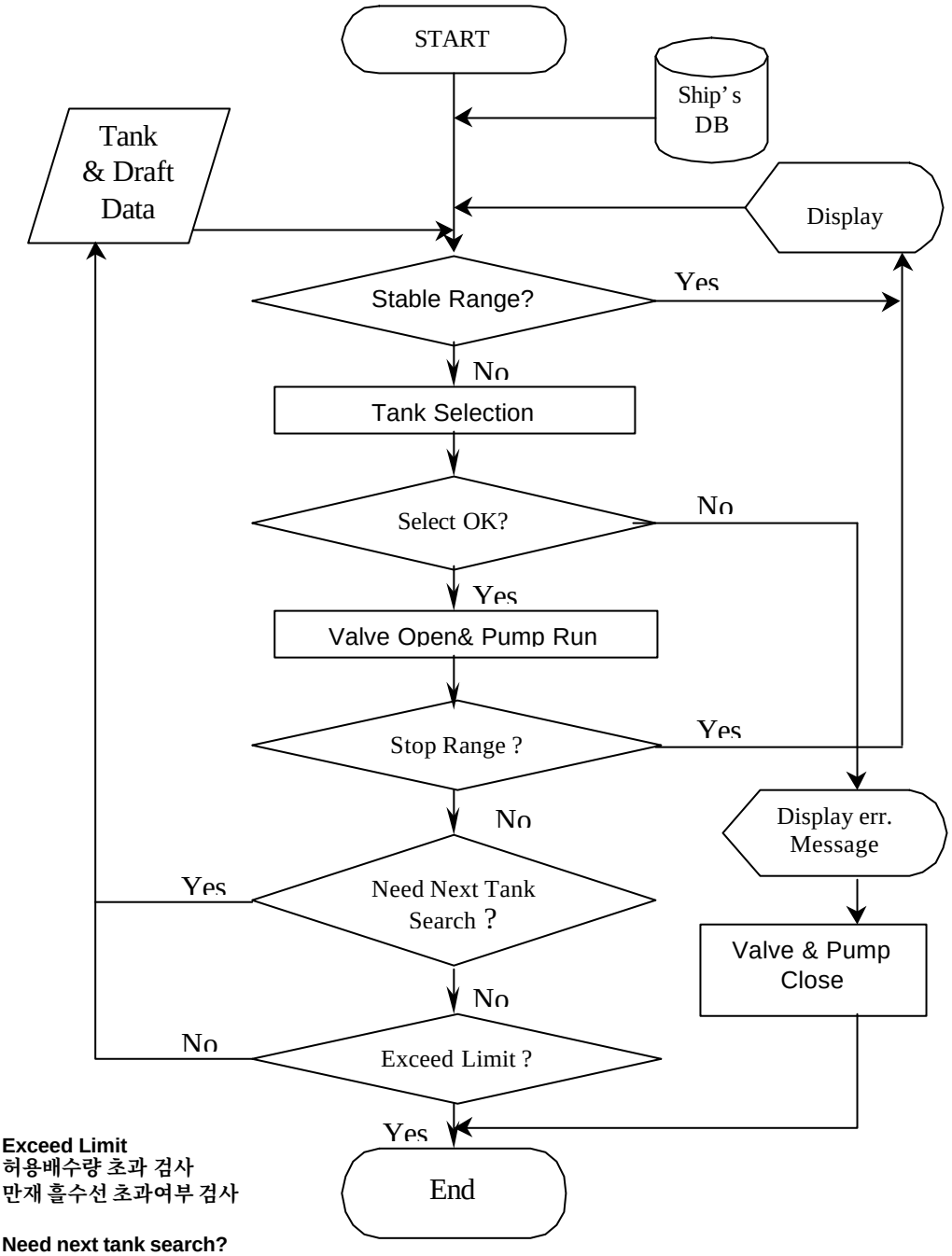
본 시스템은 불필요한 기능은 가능한 줄이고 간단하면서도 사용자가 쉽게 사용할 수 있도록 모든 기능을 아이콘으로 나타내어 한 화면에서 모두 처리되도록 하였다. 모든 메뉴 아이콘은 수평구조로 되어 있고 쉽게 접근할 수 있도록 구성하였다.



<그림 4.1 Auto-Trim Control System 메뉴 구조>

4.2 시스템 설계

지금까지 Auto-Trim Control System의 필요성과 개요 그리고 Auto-Trim Control System의 제어 알고리듬에 대하여 서술하였으며 이 장에서는 시스템을 어떻게 설계할 것인가에 대하여 규명하고자 한다. 먼저 시스템의 계통도(System Chart)는 아래의 그림< 4.2 >과 같다.



Exceed Limit
허용배수량 초과 검사
만재 흘수선 초과여부 검사

Need next tank search?
현재 선택된 탱크로서 충분한 조절이 불가능할때

<4.2 **시스템 계통도**>

시스템의 설계 결과를 요약하면 <그림 4.2>와 같이 시스템 계통도로 요약할 수 있다. 먼저 프로그램이 실행하게 되면 선박의 데이터 베이스로부터 선박의 데이터를 읽어 들이고 탱크 레벨 및 흘수 계측 시스템으로부터 현재의 선미 흘수와 트림을 읽어 들여 선박의 선미 흘수와 트림이 안정 범위 안에 들어 있는지를 확인 한다.

선박의 선미 흘수와 트림이 안정한 범위에 위치하면, 현재의 선박 상태 즉, 배수량, 선수.미 흘수, 힐링, 트림 등을 화면에 표시하여 주고 계속 반복적으로 탱크 데이터와 흘수를 읽어 들인다. 만약 안정범위를 벗어날 경우에는 탱크 선택의 우선순위에 따라 작업해야 할 발라스트 탱크를 선택하게 된다. 탱크 선택이 불가능한 조건일 경우에는 화면에 경고 메시지를 출력한 후 모든 열려있는 밸브와 작동 중인 펌프를 정지시킨다.

탱크 선택이 가능한 경우에는 관련된 밸브와 펌프를 작동시켜서 계속적으로 탱크와 흘수, 트림 값을 수신하여 정지 구간에 들어올 때까지 작동시켜 준다.

4.2.1 탱크 선택

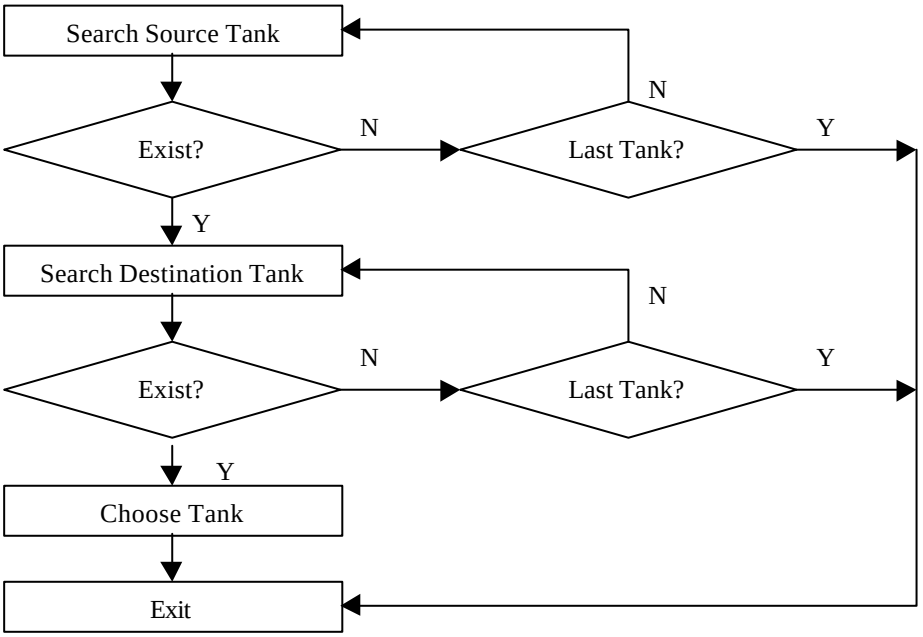
흘수를 조절하기 위한 조정 기능은 다음과 같이 분류된다.

기 능		설 명
Shift	Fore to Aft	선수부의 탱크에 있는 물을 선미부에 있는 탱크로 이송
	Aft to Fore	선미부의 탱크에 있는 물을 선수부의 탱크로 이송
Discharge	From Fore	선수부의 탱크에 있는 물을 선외로 배출
	From Aft	선미부의 탱크에 있는 물을 선외로 배출
Load	To Aft	외부의 물을 선미부의 탱크로 주입
	To Fore	외부의 물을 선수부의 탱크로 주입

탱크를 선택함에 있어서 반드시 고려해야할 사항은 해당 탱크로 발라스트가 유입될 경우 일정량 이상의 양을 주입할수 있는 여유 공간이 있어야 하며, 탱크로 부터 발라스트를 배출할 경우에는 반드시 일정량 이상의 량이 탱크에 있어야 한다.

4.2.2 이송(Shifting)

아래의 그림 <4.3>은 선수부에서 선미부로 혹은 선미부에서 선수부로 발라스트를 옮길 때 Source 탱크와 Destination 탱크를 선택하는 과정을 나타내어준다.

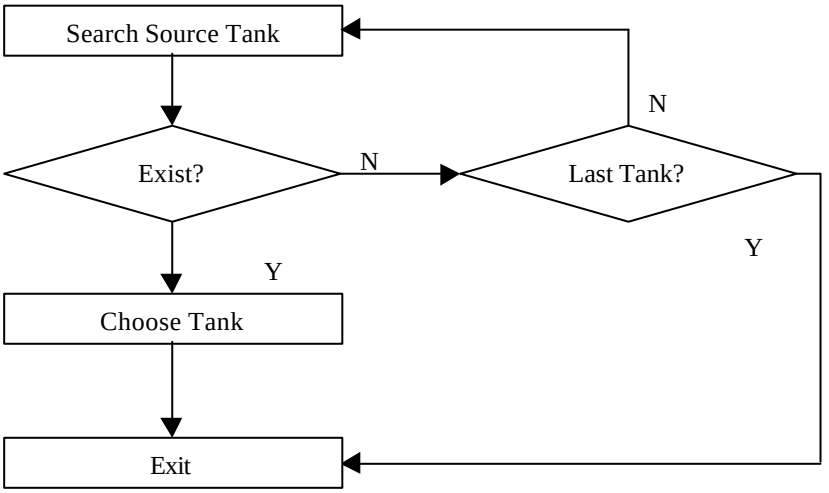


<그림 4.3 >

먼저 Source 탱크를 찾는다. 만약 Source 탱크를 찾지 못하면 Destination 탱크는 찾지 않는다.
선수부에서는 0,1,2,3 의 순서별로 탱크를 찾는다.
선미부에서는 18, 16+17, 13+14 의 순서별로 탱크를 찾는다.
즉, 유출할 대상중 0 번이 이미 비어 있을 경우, 다음 대상인 1 번 탱크가 유효한지 검사하고 만약 유효하면 같은 방식으로 탱크를 찾는다.

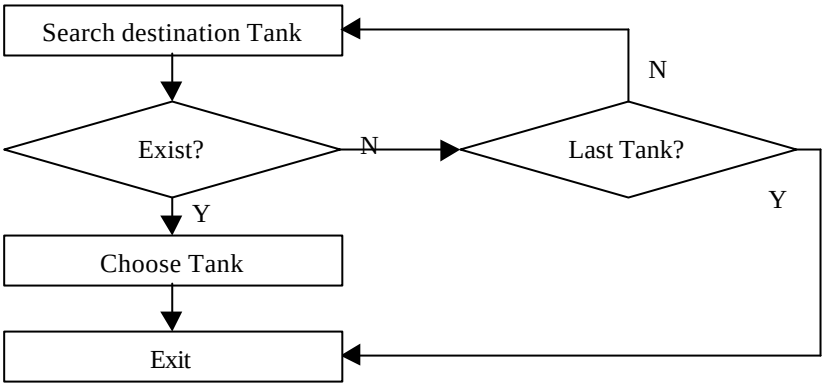
4.2.3 배출(Discharging)

아래의 그림 <4.4>은 발라스트를 배출할때 Destination 탱크를 선택하는 과정을 나타내어준다. 위의 이송과 같은 방식으로 Source 탱크를 검색한다.



<그림 4.4 >

4.2.4 주입(Loading)



<그림 4.5>

배출과 동일한 방식으로 선체 외부에서 해수를 유입할 대상 탱크를 검색한다.

4.3 밸브 및 펌프 작동 절차

탱크 선택이 끝나면 발라스트 작업을 하기 위해 필요한 밸브와 펌프를 작동시켜 주어야 하며, 흡입쪽 밸브를 먼저 열어 주고 밸브가 완전히 열리는 시간을 고려하여 일정한 시간 차를 두고 펌프와 토출 쪽 밸브를 열어 주도록 설계되었다. 흡입쪽 밸브가 열리고 펌프와 토출쪽 밸브를 열기 시작할 때 까지 시간 간격은 프로그램에서 조정이 가능하도록 하였다

4.3.1 밸브 제어

1) ID 할당

탱크 : 각 탱크에 대해 0 번 ~ 18 번까지 고유 식별 번호의 부여
펌프 : 1, 2 번 Standby 펌프에 대해 각 1 ~ 3 까지 식별 번호 부여
밸브 : 모든 제어 가능한 밸브에 대해 0 ~ 48 번까지 식별 번호 부여

2) 데이터베이스 구축

밸브 및 펌프를 제어하기 위해서는 제어가 명확히 구분되는 단위 조건별로 밸브의 제어 상태(개, 폐)에 대한 정보를 가지고 있어야 한다.
구축된 데이터베이스는 외부 파일로 저장되고 프로그램 구동 시에 주기억장치로 읽어 오는 방식을 취한다.

3) 배열의 구조

밸브를 제어하기 위한 배열은 3 차원으로 정의하며 사용하는 펌프별로 그리고 발라스트 탱크별로 각각 48 개의 밸브를 할당하였다. 그리고 배열의 할당은 배출,주입,이송으로 구분하되 해수의 역류를 방지하기 위하여 펌프의 전단과 후단을 시간 간격을 두고 조절해야 하는 점을 감안하여 펌프를 기준으로 분리하여 정의한다.

3 차원 배열(I, J, K)의 각 차원별 변수는 다음과 같이 정의한다.

I 차원 : 펌프의 작동 범위에 대한 설정
- I=1 1 번 펌프 사용
- I=2 2 번 펌프 사용 (선박의 양 현 2 개의 파이프라인 사용)
- I=3 3 번 펌프 사용

I=4 2 번 펌프 + 1 번 펌프 사용 (좌현 파이프라인)
I=5 2 번 펌프 + 3 번 펌프 사용 (우현 파이프라인)

J 차원 : Tank #1 ~ #19
Auto-Trim Control System 에 사용하는 탱크 수

K 차원 : 밸브 No 1 ~ 45
Auto-Trim Control System 에 사용 될 밸브 수

4.3.2 밸브 제어 상태

할당된 공간에는 각 밸브에 대하여 조건별로 Open = 1, Close =0 인 값이 입력된다.
예를 들어 (2, 1, 1~45)의 요소는 2 번 펌프를 사용하여 1 번 탱크를 주입하기 위한 46 개 밸브의 제어 값인 Open=1, Close=0 인 값을 가지게 되는 것이다.
실제로 배열은 아래의 각 조건별로 할당 한다.

1) 탱크로부터 선외로 배출

탱크에서 외부로 발라스트를 배출하는 경우에 있어서 작동 조건별 pump (I)에 대하여 각각의 tank (J)에 대하여 전체 밸브의 개폐 제어 상태를 저장한다.

VCONDF (I, J, K)
탱크에서 펌프 까지, 흡입 쪽 밸브 제어 상태 값
VCONDT (I, J, K)
펌프에서 선박 외부의 선외측까지 밸브 제어 상태 값

2) 선저 유입구(Sea chest)로부터 탱크로 주입

선체 외부에서 발라스트를 탱크로 유입하는 경우에 있어서 작동 조건별 pump (I)에 대하여 각각의 tank (J)별로 전체 밸브의 개폐 제어 상태를 저장한다.

VCONLF (I, J, K)
선저 유입구에서 펌프까지 밸브 제어 상태 값

VCONLT (I, J, K)
펌프에서 탱크까지 밸브 제어 상태 값

3) 탱크에서 탱크로 이송

선체 내부의 발라스트 탱크에서 탱크로 해수를 이동하는 경우에 있어서 작동 조건별 pump(I)에 대해 각각의 탱크별로 전체 밸브의 개폐 제어 상태를 저장한다.

VCONSF (I, J, K)
Source 탱크에서 펌프까지 밸브 제어 상태 값
VCONST (I, J, K)
펌프에서 Destination 펌프까지 밸브 제어 상태 값

4.3.3 밸브 제어 행렬 예

1) 1 번 펌프를 사용하여 탱크로부터 배출 (1 = Open, 0 = Close)

탱크로 부터 #1 펌프 까지의 밸브 개폐 상태

VCONDF (1, J, K),

J = 1 to 19, → **탱크**

K = 1 to 45 → **밸브**

밸브 / Tank	---------1---------2---------3---------4----- 123456789012345678901234567890123456789012345
# 1	-1--------------------------1--1-----1-----
# 2	---1-------------------------1--1-----1-----
# 3	-----1-----------------------1--1-----1-----
# 4	----------1----------1--1-----1-----
# 5	------1----------------------1---1-------1—
# 6	-------1---------------------1--1-----1-----
# 7	--------1--------------------1---1-------1—
# 8	---------1-------------------1--1-----1-----
# 9	----------1------------------1---1-------1--
# 10	-----------1-----------------1--1-----1-----
# 11	------------1----------------1---1-------1--
# 12	-------------1---------------1--1-----1-----
# 13	---------------1-------------1--1------1----
# 14	----------------1-------------1---1--------1-
# 15	-----------------1------------1--1------1----
# 16	------------------1----------1---1--------1-
# 17	-----------------1-----------1---1--------1-
# 18	-------------------1---------1--1------1----
# 19	----------------------1-------1—1------1----

펌프로 부터 선외측 밸브 까지 밸브 개.폐 상태(1 = Open, 0 = Close)

VCONDT (1, J, K), J = 1 to 19, K = 1, to 45

밸브 / Tank	---------1---------2---------3---------4----- 12345678901234567890123456789012345678901234 5
# 1	-1----------1---1----------
# 2	---1----------1---1----------
# 3	-----1----------1---1----------
# 4	----------1--------1---1----------
# 5	------1----------1111----------
# 6	-------1----------1---1----------
# 7	--------1----------1111----------
# 8	---------1----------1---1----------
# 9	----------1----------1111----------
# 10	-----------1----------1---1----------
# 11	------------1----------1111----------
# 12	------------1---------1---1----------
# 13	----------1----------1----------1------
# 14	----------1--------11-1----------1---
# 15	----------1---------1----------1------
# 16	----------1----11-1----------1---
# 17	----------1-----11-1----------1---
# 18	----------1------1----------1------
# 19	----------1----1----------1------

위의 표에서 보듯이 각 조건별 작동하는 펌프를 기준으로 전단, 후단의 각 밸브의 제어 규칙이 정해진다. 예를 들어 1 **번 탱크에서** 1 **번 펌프를 이용하여 해수를 배출하고자 하는 경우 펌프 전단까지는** 2, 31, 34, 40 **번 밸브가 열려야 하며, 펌프의 후단 으로는** 2, 24, 28 **번 밸브가 열려야 한다.**

2) **제어 규칙의 활용**

단일 펌프를 이용한 n **번째 탱크에서 발라스트를 배출하기 위한 전체 밸브 제어 상태**

```
FOR I = 1 to 45
        Valve (I)  =  VCONDF (Pump Index, n, I) AND
                      VCONDT (Pump Index, n, I)
NEXT I
```

위의 간단한 연산으로 쉽게 전체 밸브의 제어 상태를 구할 수 있다. 그러나 실제 제어는 역류를 방지하기 위해 전단과 후단으로 나누어 실행해야 한다.

이번에는 1 **번과** 2 **번의 펌프를 동시에 사용하여 임의의** I **번째 탱크와** J **번째 탱크로부터 발라스트를 배출하는 경우를 펌프를 기준으로 전단과 후단으로 나누어 제어할 밸브의 상태를 구해 보면,**

```
FOR K = 1 to 45
        전단 Valve(K) = VCONDF (4, I, K) and VCONDF (4, J, K)
        후단 Valve(K) = VCONDT (4, I, K) and VCONDT (4, J, K)
NEXT K
```

1 번과 2 **번 펌프를 동시에 사용하는 경우는 일반적인 경우 거의 없지만, 신속한 제어가 필요한 경우를 위해 배열의 첫번째 차원의** 4 **번째 요소에 정의를 해 놓았기 때문에 위와 같이 간단히 구할 수 있다.**

4.3.4 통신 프로토콜

1) 탱크 및 흘수의 데이터 텔레그램

탱크가 결정되고, 밸브와 펌프가 정해지면, Auto- Trim control system과 밸브 원격제어 시스템/탱크 레벨 및 흘수 계측장치 간의 정해진 프로토콜에 의하여 RS-485 Half Duplex 방식으로 데이터를 교신하면서 작업을 수행하도록 한다.
기본적인 통신 절차는 Auto-Trim Control System에서 탱크 및 흘수계측 시스템과 밸브 원격제어 시스템에 데이터를 요청하고 수신된 데이터에 의하여 밸브 원격제어 시스템에 개.폐 명령을 보낸 후 개폐 상태를 수신하여 화면에 표시하는 형태로 구성하였다.

① 아날로그 데이터

탱크의 량과 관련된 아날로그 데이터는 15 Bit Binary 값으로 전송하며, 그 값은 백분율에 의한 양으로 다음과 같다.

7FFF 100%
3FFF 50%
0000 0%
8000 -100%

탱크 량 계산 예

Tank Full Scale: 354 m^3
Received Data; 3FFF
Tank Content= Scale x 50% = 172.5 m^3

② 디지탈 데이터

각 밸브의 개.폐 상황 및 명령은 1 Byte 에 8 개의 개별적인밸브의 개폐 상황을 나타내며 아래와 같이 Open=1 Close=0 으로 표시된다.

Val. No	Open/Close
1	Open
2	Close
3	Open
4	Close
5	Close
6	Close
7	Open
8	Open

이러한 경우 텔레그램은 다음과 같이 표시된다.

10100011 → A3(HEX)

③ 장치별 주소(Address of Sub Station)

Auto-Trim Control System 은 하나의 버스 시스템(Bus System)을 이용하여 탱크레벨 및 흘수계측시스템 및 밸브 원격제어 시스템과 통신을 위해서 각 시스템에 고유 ID 를 부여하여 제어한다.

Name	Address
Auto Trim Control	01
Anti-Heeling System	02
Tank & Draft Measuring	03
Valve Remote Control	04

④ **요청 텔레그램 형식**(Request Telegram Format)

Auto-Trim Control System**에서 밸브 원격제어 시스템으로 데이터를 요청하는 텔레그램으로 아래와 같은** Hex **값으로 된형식으로 전송한다**.

A2 da sa 4C …data unit ..ca 16

텔레그램 설명

A2 Byte A2 (**요청 텔레그램의 시작 부호**)

da Byte destination address, **만약 탱크 데이터를 요청하려면**, 03 **를 입력**

sa Byte source address, **만약** Auto-Trim Control System **이면**, 01 **을 입력**

4C Byte Command request data = 4C

data unit 8 bytes:

1 Type of data: Analog (16 bit)= 00
Digital (Bit stream)=01

2+3 ID of first requested value

3+4 Number of requested data

6..8 00 00 00 No meaning

cs Check sum

16 End of Telegram

예:

만약 Auto-Trim Control System **에서** 27 **개 탱크의 량을 요청할 경우 보내는 텔레그램은 아래와 같다**.

A2 03 01 4C 00 00 00 00 1B 00 00 00 6B 16

03	Sub station Address
01	Own Address
4C	Command request
00 00	**요청하는 첫번째** ID
00 IB	**요청하고자 하는 탱크 수**
00 00 00	No meaning
6B	Checksum MOD8
16	End of Telegram

⑤ **응답 텔레그램 형식**(Answer Telegram Format)

68 lg lg 68 da sa cc ..data unit ..cs 16

68	Byte 68
lg	length of telegram in byte starting with da, ending with end of data unit
lg	Repeat the last byte
68	Byte 68
da	destination address
sa	Source address
cc	Command:
	If this is an answer of a substation, always = 08(read)

If this is a write data into substation always = 44(write)

Data unit

If type of data is analog values:

00 nn nn mm mm aa aa bb bb cc cc ….

00	Type of data
nn nn	ID of first requested value
mm mm	number of requested data, mas, 120 values =00 78

If type of data is bit stream:

01 nn nn mm mm !! !! !! !! …

01	Type of data: bit stream
nn nn	ID of first data bit
mm mm	number of requested bits
!! !! !! !!	packed data bits in Byte

cs check sum

16 end of telegram

Telegram Example :

68 3E 3E 68 01 03 08 00 00 00 00 1B 42 7B 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 7F FF 00 00 00 A4 00 00 00 00 01 26 00 00 00 00 00 00 00 44 7F FF 00 00 44 7F FF 1F F0 1F F0 1F F0 1F F0 ED 16

2) 밸브 원격제어 시스템용 텔레그램

① 밸브 원격제어 시스템으로부터의 수신 텔레그램

Serial connection:	serial,rs-485
Telegram sequence:	cyclic 2 sec.
	8 bit, no parity
Baud rate:	4800

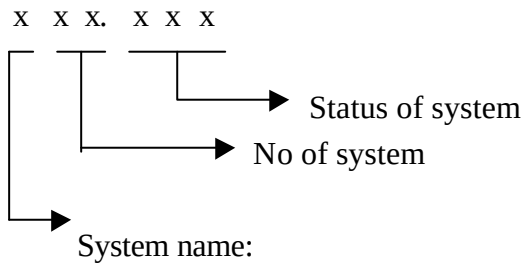
Telegram:

0$iivrc,+x,+xxx.xxx,+xxx.xxx,+xxx.xxx,+.....+xxx.xxx,*yycrlf

1 2 3 4 5 n m

1. Valve remote control
2. Control switch
   0 ------- local
   1 ------- remote

3. Valve condition



System Name

0: pump
1: valve, butterfly valve
2: valve, throttle valve
3: pressure gauge

No of system: no. Of valve, pressure gauge and pump

Status of system

x x x

In case of system name = 0 (pump)
The three digits are the status of pump
000:off
001:on
002:trouble

In case of system name = 1 (butterfly valve)
Three digits are the status of valve
000:full close
001:full open
002:moving to close
003:moving to open
004:trouble

In case of system name=2(throttle valve)
Three digits are the percentage of valve opening position.

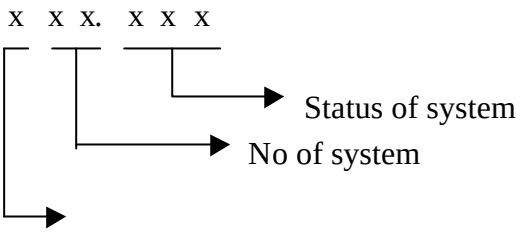
In case of system name=3 (pressure gauge.)
The three digits are the percentage of pressure.

② 밸브 원격제어 시스템으로의 송신 텔레그램

0$iivrc,+xxx.xxx,+xxx.xxx,+xxx.xxx,+.....+xxx.xxx,*yycrlf
1 2 3 4 5 n m

1. Valve remote control

2. Valve condition



System Name

0: pump

1: valve, butterfly valve

2. Valve, throttle valve

3: pressure gauge

No of system: no. Of valve, pressure gauge and pump

Status of system

x x x

In case of system name = 0 (pump)

The three digits are the status of pump

000: off

001:close

In case of system name = 1 (butterfly valve)

Three digits are the status of valve

000: close

001:open

In case of system name=2(throttle valve)

Three digits are the percentage of valve opening position.

4.4 시스템 구현

이상의 시스템 분석과 설계를 바탕으로 Visual Basic 5.0 Professional Edition을 이용하여 사용자 편의를 고려하여 Windows 95/98/NT 환경에서 작동되도록 Auto-Trim Control System을 구현하였다.
각각의 메뉴 아이콘에 관하여 간단하게 서술하면 다음과 같다. 상세한 설명은 프로그램 실행 예에서 서술하기로 한다.

SET

1) Pump/ Operating Mode 설정

SET 아이콘을 클릭하면 사용할 펌프, Cargo Handling Mode를 설정하여 주는 화면이 나타난다. 사용할 펌프는 현재 설치되어 있는 펌프 중에서 사용을 원하는 펌프를 선택한다.
Cargo Handling Mode 란 발라스트 작업의 우선 순위를 정하기 위해서 화물을 선적하는지 양하하는지를 선택하여 주어야 한다.

2) S.G.(Specific Gravity) 설정

SET 아이콘을 크릭하면 설정 Windows가 화면에 나타나며, 오른쪽 S.G. 버튼을 클릭하면 아래와 같이 각 탱크의 S.G. 값을 설정하여 주는 화면이 나타난다. 이 때 커서를 원하는 위치에 두고 왼쪽 버튼을 한번 클릭한 후 데이터를 입력하고 <Enter>를 눌러 준다. 모든 데이터 입력이 완료되면 OK 버튼을 클릭하여 설정 모드를 빠져 나간다.

3) 항(Port) 설정

각 항 별 부두의 높이가 다르기 때문에 부두의 높이에 맞추어 선미 흘수를 다르게 설정하여 사용자는 항만 선택하여 주면 자동으로 선미 흘수 값의 설정 값이 바뀌도록 하였다. 항의 선택 버튼을 클릭하면 등록 된 항이 나타나며, 해당 항을 클릭하여 주면 된다.

MANUAL

처음 프로그램을 시작하면 자동으로 Manual 모드로 설정 되며, Auto 모드에서 Manual 모드로 전환할 경우 Manual 아이콘을 클릭하면 Manual 모드로 전환된다. 이 때 확인 메세지가 화면에 나타나게 되며 반드시 확인 한 후에 Manual 모드로 전환된다.

AUTO

화면 위쪽의 [AUTO] 아이콘을 클릭하면 아래와 같이 현재의 설정 값을 화면에 보여주고 <OK> 버튼을 클릭하면, 지정된 조건에 의하여 선미 흘수와 트림을 유지하는 조건으로 밸브와 펌프를 자동으로 작동시켜 준다. Manual 모드에서 Auto 모드로 전환할 경우 Auto 모드 아이콘을 클릭하면 Auto 모드로 전환된다

기본 설정 변경

만약 위의 설정을 변경하고자 할 경우 아래의 순서대로 기본 설정을 변경할수 있다.

1) 패스워드 입력

커서를 화면의 일정한 위치에 두고 왼쪽 버튼을 한번 클릭한 후, <Control> + <F12>를 동시에 누르면 아래와 같이 패스워드 입력 화면이 나타 난다.

패스워드를 입력하고 <Enter> Key를 눌러 주면 다음 화면으로 넘어간다. 이 때 틀린 패스워드를 입력하면 다음으로 진행할수 없다.

2) 트림 및 선미 흘수 설정

패스워드를 정확이 입력하고 나면 아래와 같이 입력 화면이 나타난다. 먼저 항을 설정하고 상 하 화살표를 이용하여 원하는 트림 및 선미 흘수를 설정할수 있다.

Maximum Permitted 최대 허용 가능한 값을 입력한다.
Max. Operation: 시스템이 최대 허용 가능한 값에 도달하기 전 Atuo 기능을 시작하는 시점
Max. Stop 시스템이 Auto 기능을 종료하는 시점
Min. Operation: 시스템이 최소 허용 가능한 값에 도달하기 전 Atuo 기능을 종료하는 시점
Min. Stop 시스템이 Auto 기능을 종료하는 시점
Minimum Permitted: 최소 허용 가능한 값을 입력한다.

3) Others

Windows 의 <Others>를 클릭하면 아래의 화면이 나타난다.

Set Draft Checking Time

System 이 흘수 값을 Tank Level System 으로부터 읽어 들이는 시간 간격을 조정한다. Range 는 목적한 흘수의 조정값의 허용치를 나타낸다.

Delay Time for 2nd Operation

흡입 측 밸브를 연 후 펌프와 토출 측 밸브가 열리기 까지의 지연시간을 입력한다.

Throttle

각 스로틀(Throttle) 밸브의 개폐량을 조정한다.

Tank F/E

펌프 작동이 가능한 각 탱크 레벨의 하한과 상한을 설정한다.

CANCEL

이 아이콘을 클릭하면 현재 설정된 모든 기능을 취소 한다.

TRANS

탱크에 발라스트를 이송할때 트랙 볼로 원하는 탱크를 선택하여 주면 관련된 밸브와 펌프를 자동으로 작동하여 준다.

LOAD

탱크에 발라스트를 채울때 트랙 볼로 원하는 탱크를 클릭하여 주면 관련된 밸브와 펌프를 자동으로 작동하여 준다.

DISCH

탱크에 발라스트를 배출할때 트랙 볼로 원하는 탱크를 클릭하여 주면 관련된 밸브와 펌프를 자동으로 작동하여 준다.

EACH

원하는 밸브와 펌프를 개별적으로 작동하기 위한 기능으로 아래의 순서로 작동한다.

스로틀 밸브 **밸브 개폐량을 백분률로 지정**

펌프 On/Off **지정**

지정된 밸브와 펌프의 색깔이 바뀌어 화면에 나타난다.

Open/ On -------- Green Color

Close/ Off ------- Yellow Color

1) [RUN] **버튼을 클릭하여주면 선택 된 모든 밸브와 펌프가 작동을 시작한다.**

2) [STOP] **버튼을 눌러 주면 작동되고 있는 모든 밸브와 펌프를 중단한다.**

TANK

전체 탱크 테이블을 화면에 표시한다.

제 5 장 프로그램 실행 예

컴퓨터를 켜고 윈도우 95 초기 화면이 나타나면 Auto-Trim Control System 아이콘이 나타난다. 아이콘에 커서를 이동하고 왼쪽 버튼을 Double 클릭한면 다음의 Main 화면이 나타난다.

5.1 통신상태 표시줄

화면 제일 하단에 현재의 통신 상태를 다음과 같이 나타내 준다.

1) Control/Monitoring Mode

Monitoring

미믹 패널(Mimic Panel)에서 전환 스위치를 Manual 모드로 전환하면 컴퓨터에서는 모니터링 모드로 나타나고/ 미믹 패널에서만 밸브조작을 할수 있으며, Auto-Trim Control System 에서는 밸브의 개폐 상태, 탱크 트랙 볼 등을 모니터링 만 할수 있다.

Control

미믹 패널에서 스위치를 Auto 모드로 전환하면 모니터링에서 Control 모드로 전환되며, Auto-Trim Control System 에서만 밸브 작동이 가능하고 Mimic 에서는 단지 모니터링 만 가능하다.

2) On-Line Status

Tank Measuring

Tank level Measuring System 과 컴퓨터 사이의 통신 상태를 다음과 같이 색깔로써 표시해 준다.

Green Color ---------- 현재의 통신 상태가 오류 없이 양호한 상태

Red Color ---------- 현재의 통신 상태에 오류로 인하여 정확한 데이터가 수신되지 못하고 있는 상태를 나타낸다.

Draft/Trim

흘수, 트림의 수신 상태를 다음과 같이 색깔로써 표시해 준다.

Green Color ---------- 현재의 통신 상태가 오류 없이 양호한 상태

Red Color ---------- 현재의 통신 상태에 오류로 인하여 정확한 데이터가 수신되지 못하고 있는 상태를 나타낸다

밸브/펌프

펌프, 밸브 원격 제어시스템의 수신 상태를 다음과 같이 색깔로써 표시해 준다.

Green Color --------- 현재의 통신 상태가 오류 없이 양호한 상태

Red Color ---------- 현재의 통신 상태에 오류로 인하여 정확한 데이터가 수신되지 못하고 있는 상태를 나타낸다.

Others

그 밖의 다른 Gauge 와 컴퓨터 사이의 통신 상태를 다음과 같이 색깔로써 표시해 준다.

Green Color ---------- 현재의 통신 상태가 오류 없이 양호한 상태

Red Color ---------- 현재의 통신 상태에 오류로 인하여 정확한 데이터가 수신되지 못하고 있는 상태를 나타낸다.

5.2 선박 상태 표시줄

실행 아이콘 아래쪽에 다음과 같이 선박의 현재 상황을 표시 해 준다.

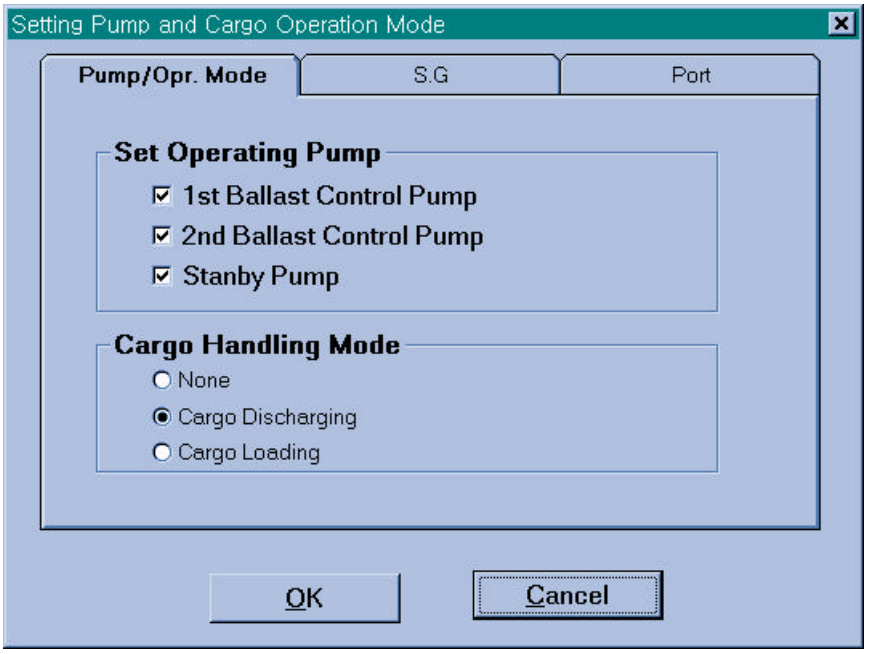
DISP ----	Displacement
A --------	Aft. Draft (Perpendicular Draft)
M --------	Midship Draft
F ----------	Forward Draft(Perpendicular Draft
Trim-------	Trim (Meter)
Heeling----	Heeling (Meter)

5.3 프로그램 작동

SET

1) Pump/ Operating Mode 설정

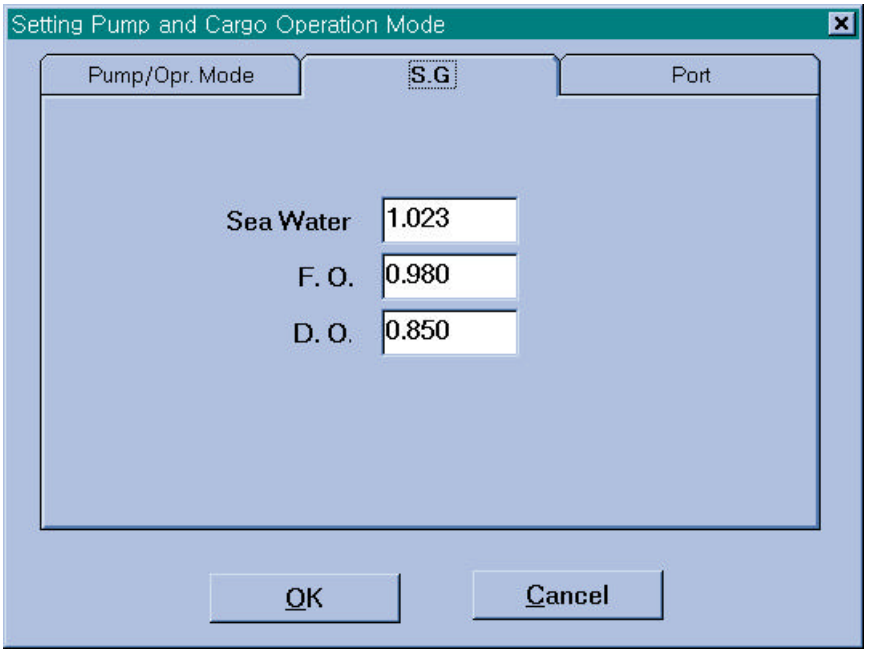
SET 아이콘을 클릭하면 사용할 펌프, Cargo Handling Mode 를 설정하여 주는 화면이 다음과 같이 나타난다.



2) S.G(Specific Gravity) 설정

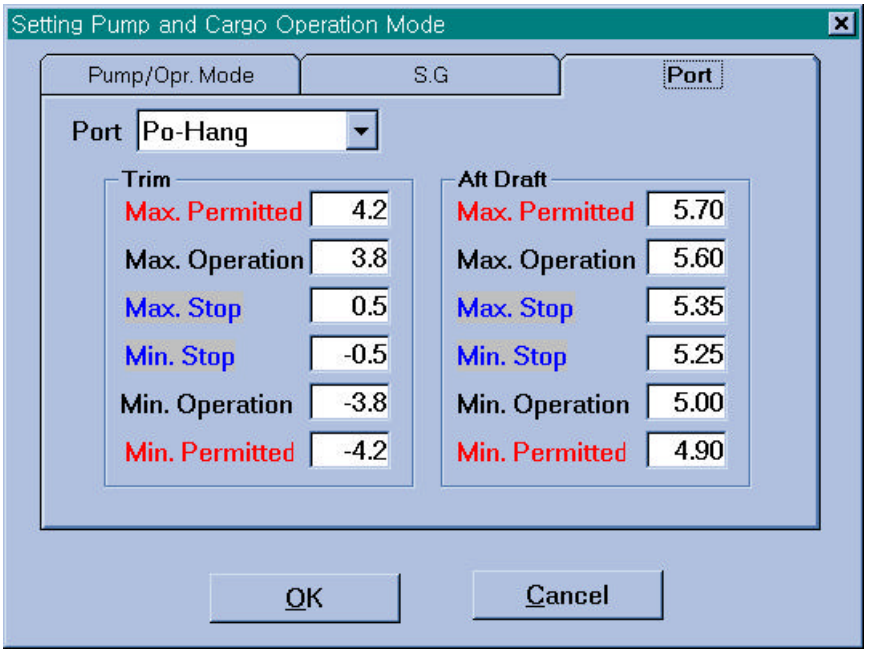
SET 아이콘을 클릭하면 설정 Window 가 화면에 나타나며, 오른쪽 S.G 버튼을 클릭하면 아래와 같이 각 탱크의 S.G 값을 설정하여 주는 화면이 나타난다. 이 때 커서를 원하는 위치에 두고 왼쪽 버튼을 한번 클릭한 후 데이터를 입력하고 <Enter>를 눌러 준다. 모든

데이터 입력이 완료되면 OK 버튼을 클릭하여 설정 모드를 빠져 나간다.



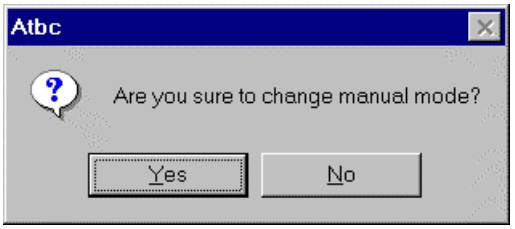
3) 항 설정

각 항 별 선미 흘수를 다르게 설정하여 각 항 만 지정하여 주면 자동으로 선미 흘수 값이 설정되게 한다. 항의 선택 버튼을 클릭하면 등록 된 항이 나타나며, 해당 항을 클릭하여 주면 된다.



MANUAL

처음 프로그램을 시작하면 자동으로 Manual 모드로 설정 되며, Auto 모드에서 Manual 모드로 전환할 경우 Manual 아이콘을 클릭하면 Manual 모드로 전환된다. 이 때 확인 메세지가 화면에 나타나게 되며 반드시 확인 한 후에 Manual 모드로 전환된다.

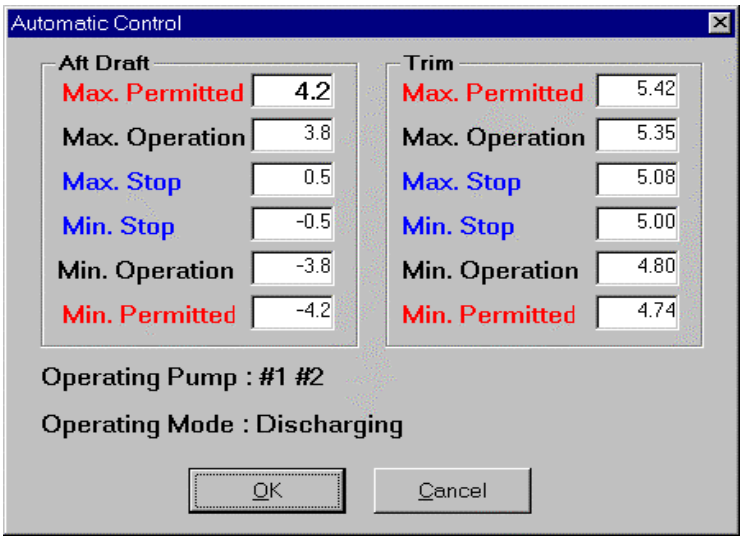


AUTO

화면 위쪽의 [AUTO] 아이콘을 클릭하면 아래와 같이 현재의 설정 값을 화면에 보여주고 <OK> 버튼을 클릭하면, 지정된 조건에

의하여 선미 흘수와 트림을 유지하는 조건으로 밸브와 펌프를 자동으로 작동시켜 준다.

Manual 모드에서 Auto 모드로 전환하려고 할 경우 Auto 모드 아이콘을 클릭하면 Auto 모드로 전환된다

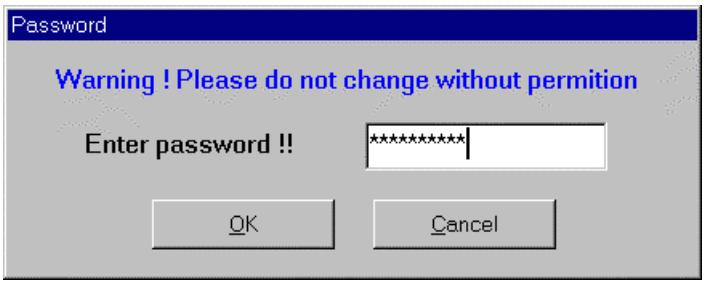


기본 설정 변경

만약 위의 설정을 변경하고자할 경우 아래의 순서대로 기본 설정을 변경할수 있다.

1) 패스워드 입력

커서를 화면의 일정한 위치에 두고 왼쪽 버튼을 한번 클릭한 후, <Control> + <F12>를 동시에 누르면 아래와 같이 패스워드 입력 화면이 나타 난다.



패스워드를 입력하고 <Enter> Key 를 눌러 주면 다음 화면으로 넘어간다
이때 틀린 패스워드를 입력하면 다음으로 진행할수 없다.

2) 트림 및 선미 흘수 설정

패스워드를 정확이 입력하고 나면 아래와 같이 입력 화면이 나타난다. 먼저 항을 설정하고 상 하 화살표를 이용하여 원하는 트림 및 선미 흘수를 설정할수 있다.

.

Maximum Permitted: 최대 허용 가능한 값을 입력한다.

Max. Operation: 시스템이 최대 허용 가능한 값에 도달하기 전 Auto 기능을 시작하는 시점

Max. Stop: 시스템이 Atuo 기능을 종료하는 시점

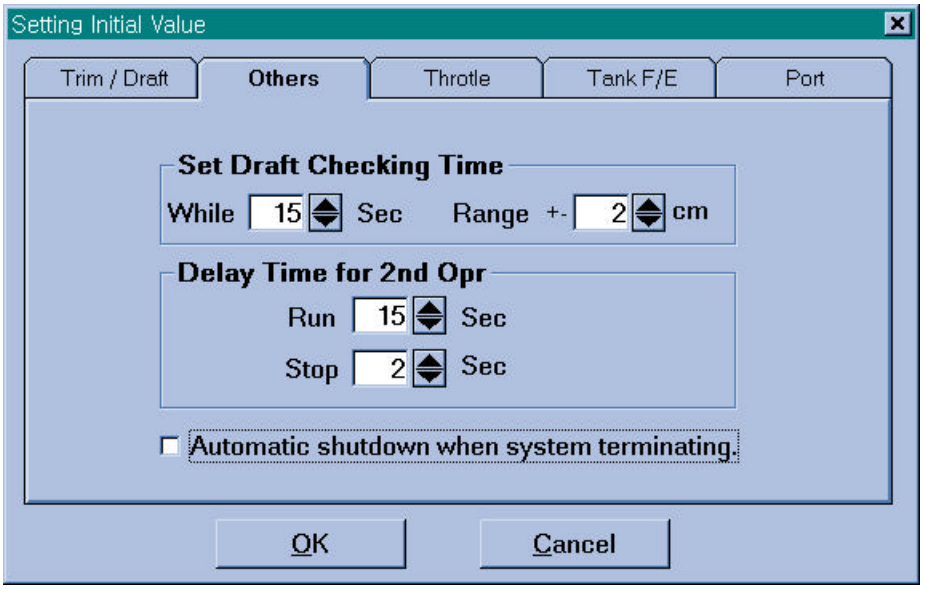
Min. Operation: 시스템이 최소 허용 가능한 값에 도달하기 전 Atuo 기능을 종료하는 시점

Min. Stop: 시스템이 Atuo 기능을 종료하는 시점

Minimum Permitted : 최소 허용 가능한 값을 입력한다.

3) Others

Windows 의 <Others>를 클릭하면 아래의 화면이 나타난다.



Set Draft Checking Time

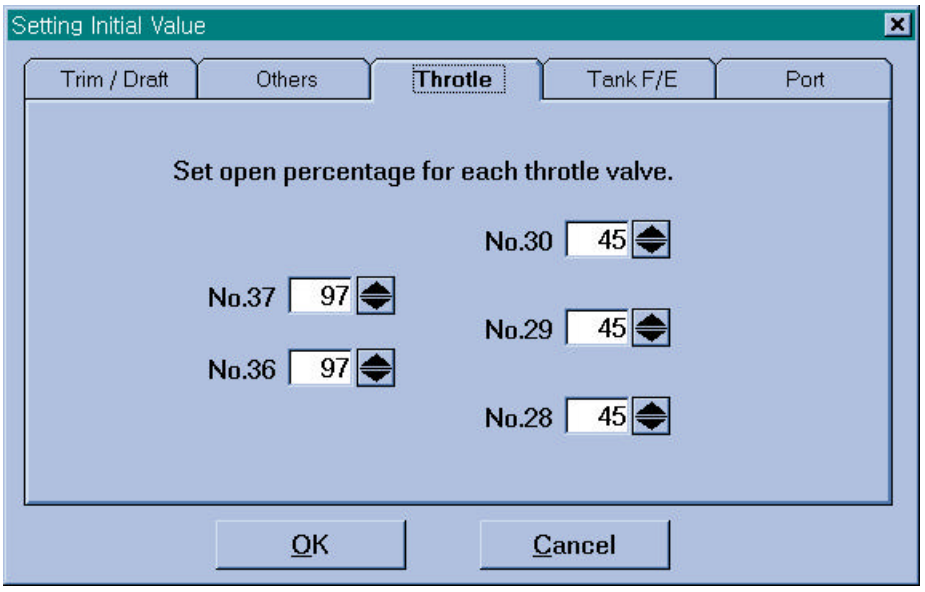
시스템이 흘수 값을 Tank Level System **으로 부터 읽어 들이는 시간 간격을 조정한다.** Range **는 목적한 흘수의 조정값의 허용치를 나타낸다.**

Delay Time for 2nd Operation

흡입 측 밸브를 연 후 펌프와 토출 측 밸브가 열리기 까지의 지연시간을 입력한다.

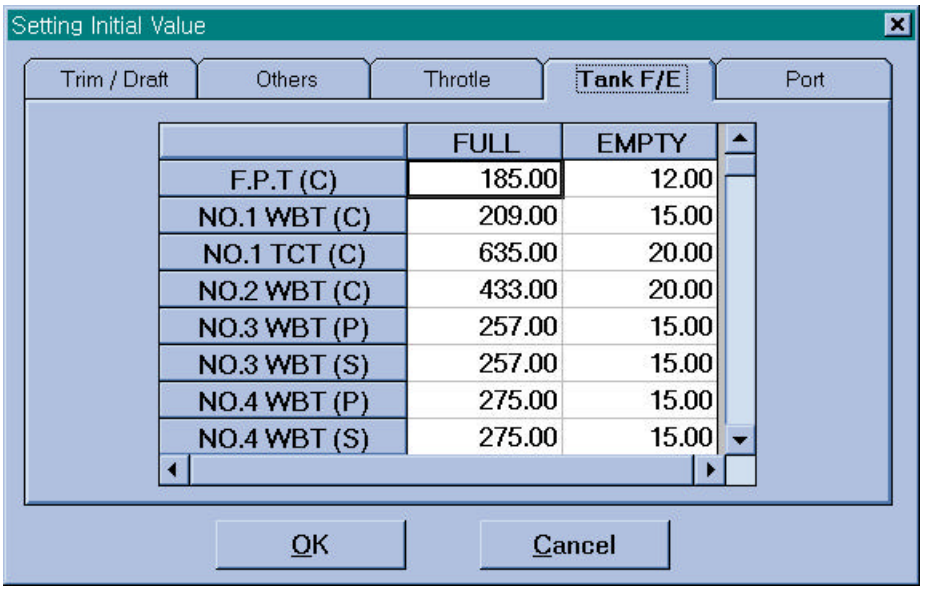
4) Throttle

아래와 같이 각 스로틀 밸브의 개폐량을 조정한다.



5) Tank F/E

펌프 작동이 가능한 각 탱크 레벨의 하한과 상한을 설정한다.



CANCEL

이 아이콘을 클릭하면 현재 설정된 모든 기능을 취소 한다.

TRANS

탱크에 발라스트를 이송할때 트랙 볼로 원하는 탱크를 선택하여 주면 관련된 밸브와 펌프를 자동으로 작동하여 준다.

1) **왼쪽 버튼으로** [TRANS] **아이콘을 클릭한다.**
2) **배출하려고 하는 탱크에 커서를 이동하여 왼쪽 버튼을 클릭한다. 이 때 선택된 탱크 옆에 ◀기호가 표시된다.**
3) **주입하려고 하는 탱크에 커서를 이동하여 클릭하면 ▶기호가 표시된다**

3) Run **아이콘을 클릭하면 관련된 밸브와 펌프가 자동으로 작동된다.**

LOAD

탱크에 발라스트를 채울 때 트랙 볼로 원하는 탱크를 클릭하여 주면 관련된 밸브와 펌프를 자동으로 작동하여 준다.

1) 왼쪽 버튼으로 Loading 아이콘을 클릭한다.
2) 주입하려고 하는 탱크에 커서를 이동하여 왼쪽 버튼을 클릭한다. 이 때 선택된 탱크 옆에 ▼ 기호가 표시된다.

DISCH

탱크에 발라스트를 배출할때 트랙 볼로 원하는 탱크를 클릭하여 주면 관련된 밸브와 펌프를 자동으로 작동하여 준다.

1) 왼쪽 버튼으로 Discharging 아이콘을 클릭한다.
2) 배출하려고 하는 탱크에 커서를 이동하여 왼쪽 버튼을 클릭한다.이때 선택된 탱크 옆에 ▲ 기호가 표시된다.

EACH

원하는 밸브와 펌프를 개별적으로 작동하기 위한 기능으로 아래의 순서로 작동한다.

1) 화면 위쪽 버튼[EACH]를 클릭한다.

2) 각 밸브 혹은 펌프에 커서를 이동하여 클릭한다.

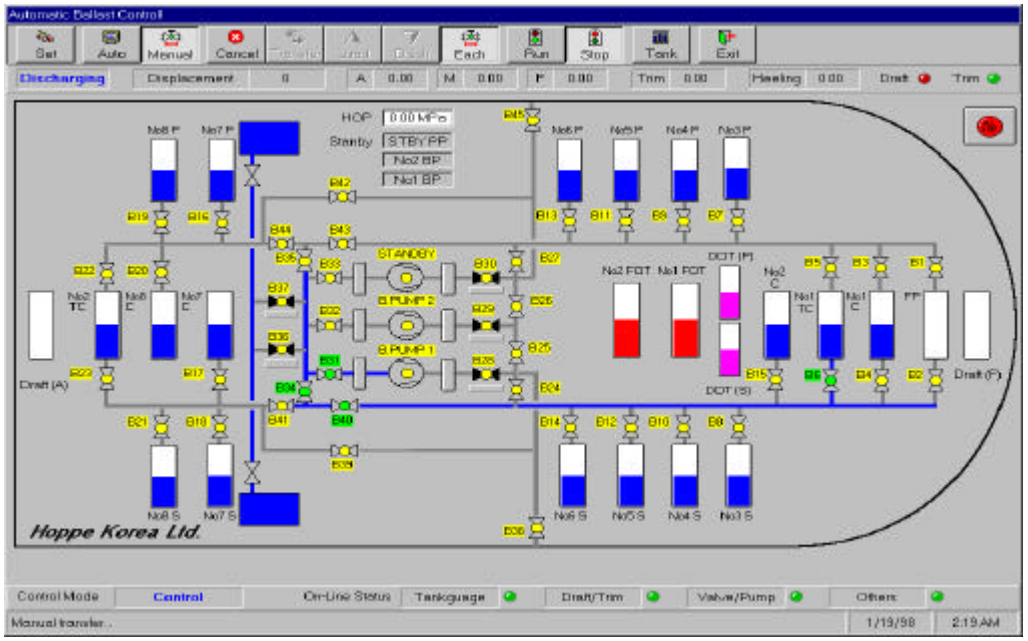
Open Close	밸브 개/폐
Throttle valve	밸브 개폐량을 백분률로 지정
Pump	On/Off 지정

지정된 밸브와 펌프의 색깔이 바뀌어 화면에 나타난다.

Open/ On -------- Green Color
Close/ Off ------- Yellow Color

3) [RUN] **버튼을 클릭하여주면 선택 된 모든 밸브와 펌프가 작동을 시작한다.**

4) [STOP] **버튼을 눌러 주면 모든 작동을 중단한다.**



TANK

1) **전체** TANK

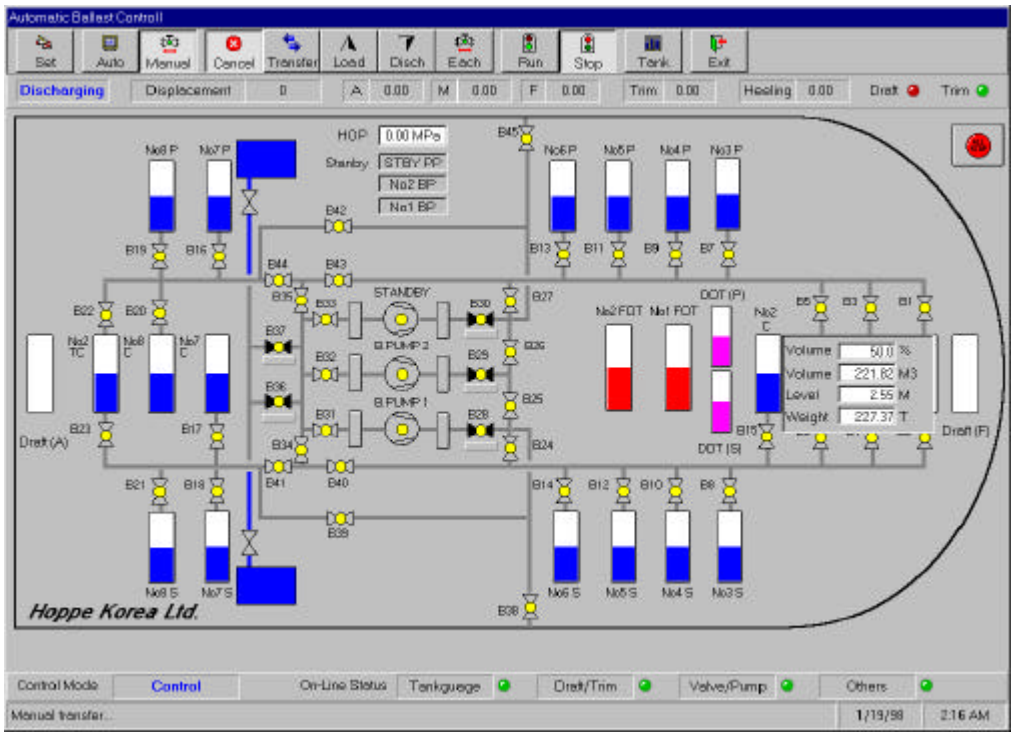
탱크 아이콘을 클릭하면 아래와 같이 전 탱크 상황을 나타내 준다.

Tank Details

Tank Name	Vol (%)	Vol (M3)	Wght (T)	Level(M
F.P.T (C)	0.0	0.00	0.00	0.00
NO.1 WBT (C)	50.0	109.63	112.37	2.38
NO.1 TCT (C)	50.0	322.77	330.84	3.74
NO.2 WBT (C)	50.0	221.82	227.37	2.55
NO.3 WBT (P)	50.0	133.62	136.96	3.45
NO.3 WBT (S)	50.0	133.62	136.96	3.45
NO.4 WBT (P)	50.0	142.67	146.24	3.29
NO.4 WBT (S)	50.0	142.67	146.24	3.29
NO.5 WBT (P)	50.0	142.90	146.47	3.29
NO.5 WBT (S)	50.0	142.90	146.47	3.29
NO.6 WBT (P)	50.0	142.90	146.47	3.29
NO.6 WBT (S)	50.0	142.90	146.47	3.29
NO.7 WBT (C)	50.0	35.65	36.55	0.62
NO.7 WBT (P)	50.0	95.26	97.65	3.29
NO.7 WBT (S)	50.0	95.26	97.65	3.29
NO.8 WBT (C)	50.0	15.64	16.03	0.54
NO.8 WBT (P)	50.0	87.75	89.94	2.12
NO.8 WBT (S)	50.0	87.75	89.94	2.12
NO.2 TCT (C)	50.0	319.92	327.92	4.61
NO.1 FOT (C)	50.0	129.78	127.18	1.12
NO.2 FOT (C)	50.0	129.78	127.18	1.12
NO.1 DOT (P)	50.0	42.94	36.50	1.12
NO.2 DOT (S)	50.0	42.94	36.50	1.12
TOTAL		2861.07	2905.89	

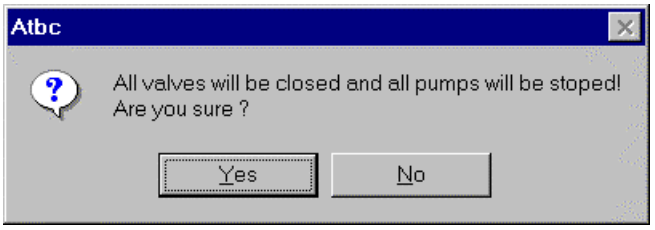
2) **각 탱크 별 표시**

TANK LEVEL INDICATOR **에 커서를 이동하여 오른쪽 버튼을 클릭하면 각 탱크의** Volume, Level, Weight **가 나타난다**.



ALL CLOSE

비상시 혹은 열려있는 전체 밸브와 펌프를 정지하려고 할경우 <ALL CLOSE> **아이콘을 클릭하면 현재 작동 중인 펌프가 전부 정지 되며, 열려 진 모든 밸브가 자동으로 닫힌다.**



EXIT

Exit **아이콘을 클릭하면 프로그램을 종료한다.**

제 6 장 결론

조선산업이 발달하면서 선박 기술에도 자동화, 첨단화, 정보화의 혁신이 이루어지고 있으며, 선박운항의 요소 기술에 대한 다양한 자동화 시스템이 끊임없이 연구 개발 되었다. 특히 1990 년 초부터 급속도로 발전한 컴퓨터 기술은 조선기자재의 기술 개발을 가속화하였고, 항해, 통신, 기관 전 분야에 걸쳐 저렴한 개인용 컴퓨터를 이용한 새로운 시스템들이 개발되어 왔다. 단순 반복되는 여러 형태의 선박 운항 업무를 컴퓨터 기술을 이용하여 자동화 함으로써 선박 운항의 경제성, 안전성, 효율성을 증대시킬 수 있었다.

중량화물을 선적하는 Ro-Ro 선에서 일정한 수준의 선미흘수를 유지하기 위한 Auto-Trim Control System 의 필요성은 오래 전부터 요구되었지만, 신뢰성 있는 시스템의 성공적인 개발 성과는 지금까지 거의 없었다. Auto-Trim Control System 의 성공적인 개발을 위해 필수적인 요소로는 흘수 및 탱크 레벨을 검출하는 센서의 신뢰성, 일정한 선미흘수 수준을 유지하기 위한 발라스트 제어 알고리듬, 그리고 소프트웨어와 밸브 원격 제어 시스템과의 인터페이스 기술 등을 들 수 있다. 이 연구에서는 수년간 정확성과 안전성 면에서 그 신뢰성이 충분히 입증된 H 사의 탱크 레벨 및 흘수 계측 시스템과 밸브 원격 제어 시스템을 사용하고 RS-485 시리얼 인터페이스를 적용하여 Auto-Trim Control System 을 성공적으로 개발하였다.

이 시스템은 중량화물을 선적하는 Ro-Ro 선의 하역 실무를 분석하고 이를 바탕으로 사용자의 편의성을 고려하여 Windows 95/98/NT 운영체제에서 작동되도록 Visual Basic 5.0 을 사용하여 구현하였다. 구현된 시스템은 대선조선㈜에서 건조된 ㈜동방 소속의 DongBang Challenger/ DongBang Glory 호와 ㈜한진 소유의 Hanjin 3007/ Hanjin 3008 등 4 척의 Ro-Ro 선박에 탑재되어 현재 효과적으로 실무에 적용되고 있다.

동해의 포항과 같은 부두는 조석 간만의 차가 비교적 적어 Ro-Ro 선의 접안 부두가 고정식으로 되어 있지만, 서해안의 광양항, 평택항과 같이 조석 간만의 차가 심한 부두는 부동식 폰툰 시설을 갖추고 있다. 그러므로 각 항마다 최적의 램프 각도를 유지시켜 주는 선미 흘수값이 약간씩 차이가 난다. 그런데 이 연구에서 개발한 시스템에서는 각 항의 최적의 선미 흘수값을 찾아 그 값을 컴퓨터에 한번만 입력하여 주고 특정항에 입항할 때마다 항구명만 선택하여 주면 흘수 설정값이 자동으로 유지되어 입항할 때마다 적정 흘수를 바꾸어야 하는 번거로움이 없도록 하였다.

이 시스템을 실무에 적용하여 본 결과 하역 작업 시작 직후의 30 분과 종료 직전의 30 분 동안은 하역 속도가 매우 빨라서 최대의 트림 모멘트가 발생하여 트림 및 선수미 흘수가 급격히 변화하였다. 이 경우 Auto-Trim Control System 에 의한 트림 조정이 하역의 속도를 따라가지 못하는 경우가 실제로 발생하였다. 이러한 문제는 안정구간의 폭을 조정하여 선미흘수 및 트림 제어 알고리듬을 적용함으로써 해결하였다. 이 시스템을 실제로 탑재한 선박들은 복원력과 선체의 종강도에 대하여 선급의 규제를 받지 않았기 때문에 선박 계산을 무시한 단순한 발라스트 탱크의 조절 만으로 흘수와 트림을 원하는 대로 맞출 수 있었다.

향후의 연구 과제로는 단순한 트림 조절 뿐만 아니라 선박의 종강도와 복원력을 고려하여 모든 선박에 적용할수 있는 Auto-Ballast Control System 을 개발하여 VLCC 와 광탄 전용선과 같이 발라스트 작업이 중요한 선박에 적용할 수 있는 시스템의 개발에 관한 연구가 필요하다고 생각된다. 이를 위해서는 선체 응력 감시시스템(Hull Stress Monitoring System)과 적하지침기(Loading Computer)와의 인터페이스를 통한 선체의 굽힘 모멘트(Bending Moment)와 전단력(Shearing Force) 등을 감안한 통합 시스템이 되어야 할것이다.

참고문헌

[1] **이 영 환**, "**시스템분석 및 설계**", **법영사**, 1994.

[2] **김 순 갑**, **양 시 권**, "**선박적화**", **한국해양대학교출판부**, 1998.

[3] **김 세 헌**, "**현대 경영 과학**" , **무역 경영사**, 1994.

[4] Si-Hwa Kim, Kang-Yi Heo, "Integrated Fleet Management Support System for Industrial Carrier" , Korea Institute of Navigation, Vol. 23, No. 4, pp. 63-76, 1999.

[5] Ivar Jacobson, *Object-Oriented Software Engineering*, Addison-Wesley, 1996.

[6] Donald A.Waterman, *A guide to Expert system*, Addison-Wesley, 1986

[7] James Martin, *Information Engineering*, Prentice Hall PTR, Englewood Cliffs, New Jersy 1989.

[8] Sue Conger, *The New Software Engineering*, International Thomson Publishing, 1994.

[9] William Stallings, *Data and Computer Communications*, Macmillan Publishing Inc., 1988.

[10] Penny Kendall, *Introduction to Systems Analysis and Design*: *A Structured Approach*, Irwin Inc. Co., 1996.

[11] Roger Pressman, *Software Engineering*: *A Practitioner's Approach*, The McGraw-Hill Companies, Inc.,

[12] Loading procedure for Ro-Ro, Dae Sun Shipbuilding & Engineering Co.,Ltd.