

모형선박제작 Proposal

(센서를 이용한 자동제어 시스템)

담당교수	이규열 교수님
제출일자	2006 년 9 월 21 일
팀명	포세이돈
조장	송찬이
조원	김재호
	서민국
	이승욱
	허윤희

요약본

막연하게 선체의 선형이나 기준선을 정하기가 어려웠으므로 우선 배의 종류와 특징들 그리고 각 배의 주요 치수를 알아 보았다. 그 중에 VLCC가 가장 모형배의 주요 치수 길이비에 가장 부합했기 때문에 VLCC를 기준선박으로 잡았다. 하지만 그것을 그대로 쓰기에는 선체 폭이 너무 좁아서 횡 복원성이 나빠질 것 같았기 때문에 L/B의 값을 모형선에 보다 부합하는 값으로 수정을 하였다. 그리하여 선체의 주요 치수($L=1\text{m}$, $B=0.22\text{m}$, $D=0.12\text{m}$, $T=0.09\text{m}$)를 정할 수 있었다. 그리고 설계를 하지 않아 정확하지는 않지만 우리가 생각하고 있는 개략적인 선형을 그려 보았다.

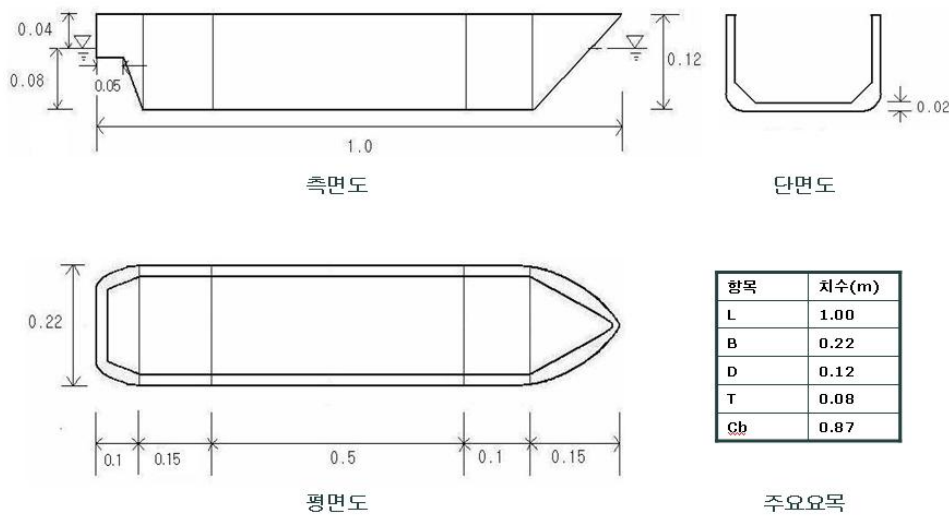


그림 1. 모형선의 개략적인 형태

그리고 그것을 바탕으로 선체의 표면적을 계산하여, 선체 하중을 계산 할 수 있었다. 그리고 제어기 하중도 추측 하여 선체의 경하 하중을 구할 수 있었다.

제어 부는 계획을 세운다기 보다는 기본 이론들을 정리해 보았다. 기본 이론들에 대해서 알아 본 다음에 구체적인 응용방법에 대해서는 추후에 토론했어야 될 듯 하였다. 먼저 전기회로란 전원과 부하로 이루어져 있으며 전류가 흐르는 통로인 도선을 말하는 것이고, 옴의 법칙은 전류가 전압에 비례하고 저항에 반비례한다는 것을 의미하는 것이었다. 그리고 회로망 정리에 대해서 몇 가지를 알아 보았다. 중첩의 원리와 테브네의 정리, 노튼의 정리가 있었는데 중첩의 원리란 2개의 기전력을 포함한 회로망에서 어떤 점의 전위 또는 전류는 기전력이 단독으로 존재한다고 보았을 때, 각각의 전위 또는 전류의 합과 같다는 것이었고, 테브네의 정리는 2개의 독립된 회로망을 접속하였을 때 전원회로를 하나의 전압원과 직렬 저항으로 대치 할 수 있다는 것이며, 노튼의 정리는 2개의 독립된 회로망을 접속하였을 때 전원회로를 하나의 전류원과 병렬 저항으로 대치한다는 것을 의미하였다. 이 정도로 회로의 기초이론에 대해서 알아 본 후 회로도의 구성요소인 저항 다이오드 트랜지스터, 콘덴서에 대해서 알아보았다. 저항은 회로도에서 전류의 흐름을 방해하는 역할을 하여 에너지를

소비하는 것이고, 다이오드는 회로도에서 전류를 한 방향으로만 흐르게 하는 역할을 하였다. 트랜지스터는 기본적으로 전류를 증폭하는 역할을 하며, 콘덴서는 회로에서 에너지를 저장하는 작용을 하였다. 그리고 자동제어의 중심인 AVR은 일종의 CPU로 이번 모형배에는 센서에서 신호를 받아서 배를 조종하는 역할을 맡고 있었다. 그 후에 이번에 감각기 역할을 맡고 있는 센서에 대해서는 센서의 종류와 우리가 사용할 적외선 센서의 동작원리에 대해서 알아 보았다. 기본적으로 발광 부와 수광부로 이루어져 있는데, 발광부의 빛이 수광부로 들어오는 양에 의해서 거리를 측정하는 것이었다.

다음으로는 선박의 자동제어 알고리즘에 대해서 생각해 보았다. 자동제어의 두 가지 목표는 첫 번째가 벽과 일정한 거리를 유지하면서 이동하는 것이고, 두 번째가 장애물을 피하면서 몇 분간 운행하는 것이다. 이 두 가지 목표를 위해서 먼저 센서의 위치를 결정하였다. 그리고 그것을 바탕으로 적절한 알고리즘을 구상하였다.

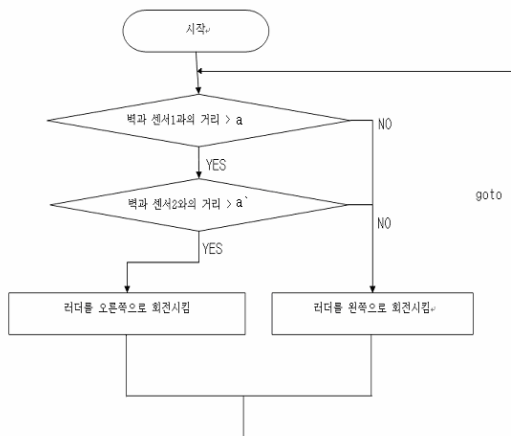


그림 2. 벽과 일정한 거리 유지를 위한 알고리즘

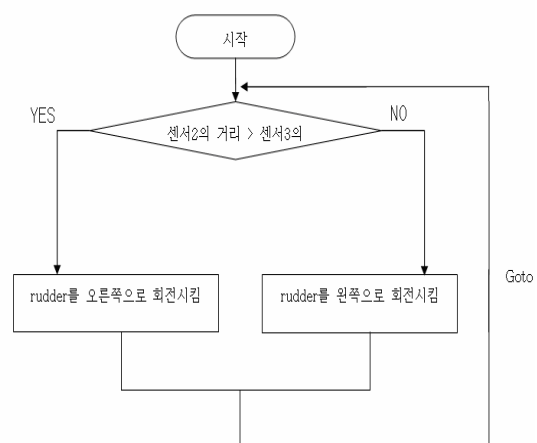


그림 3. 장애물 피하기 알고리즘

그 후 추진 부에 대해서 조사해 보았다. 프로펠러의 종류와 추진성능을 알아보았고, 원격 제어에 대해서도 알아보았고, 송신기 하나로 크리스탈을 변경하면서 원격조종과 자동제어를 병행하는 것에 대해서 알아보았다. 선조조건에는 원격제어가 들어 있지는 않았지만, 원격제어까지 가능하다면 나중에 배를 이동할 때 편리할 것이라고 생각하였기 때문이다.

전체 목차

0. 서론	8
1. 기준선 선정	9
1.1. 선주의 요구조건	9
1.2. 배의 종류	9
1.3. 기준선박의 주요치수	17
1.4. 주요치수 비 산출	18
1.5. 모형선의 실제 주요치수	19
1.6. 개략적인 모형선박의 형태	20
1.7. 모형선박의 경화중량 및 흘수 방형계수 추정	21
2. 제어장치	28
2.1. 전기회로	28
2.2. 옴의 법칙	29
2.3. 회로망 정리	30
2.4 전기회로 구성요소	31
2.4.1. 저항	31
2.4.2. 다이오드	34
2.4.3. 트랜지스터	37
2.4.4. 콘덴서	40
2.5. AVR	41
2.6. 센서	42
2.6.1. 센서의 종류	43
2.6.2. 적외선 센서	44
3. 선박의 자동제어 알고리즘	48
3.1. 벽과 일정거리 유지	49
3.2. 장애물 피하기	52
4. 추진장치	53
4.1. 프로펠러	54
4.1.1. 고정피치 프로펠러	54

4.1.2. 가변피치 프로펠러	54
4.1.3. 상호반전 프로펠러	55
4.1.4. 덕트 프로펠러	56
4.2. 추진기 성능	57
4.3. 서보모터	60
4.4. 원격제어	60
5. 재료가격 측정	62
5.1. 선체 부	62
5.2. 제어장치 부	63
5.3. 기타재료	64
5.4. 총 금액	65
6. 역할분담	65
7. 일정	66
8. 후기	67
9. 참고문헌	71

그림목차

그림 1-1. 컨테이너선	10
그림 1-2. 일반화물선	11
그림 1-3. 데릭 붐	11
그림 1-4. 산적화물선	12
그림 1-5. 유조선	14
그림 1-6. LNG운반선	16
그림 1-7. LPG운반선	17
그림 1-8. 모형선의 개략적인 형태	20
그림 1-9. 선수 부 모형	21
그림 1-10. 선미 부 모형	21
그림 1-11. 직각삼각형	22
그림 1-12. 일반삼각형	22
그림 1-13. 프레임 모형	23

그림 1-14. 선미부	26
그림 2-1. 전위와 전위차 및 접지	29
그림 2-2. 테브넨의 등가 회로	31
그림 2-3. 노튼의 등가 회로	31
그림 2-4. 직렬회로	32
그림 2-5. 병렬회로	33
그림 2-6. 전압을 가하지 않았을 때	34
그림 2-7. 순방향 전압을 가했을 때	35
그림 2-8. 역방향 전압을 가했을 때	35
그림 2-9. 트랜지스터 사용 예시	38
그림 2-10 콘덴서	40
그림 2-11. 서브 미터 온도 센서	42
그림 2-12. 광(적외선)센서	42
그림 2-13. 자기 센서	43
그림 2-14. 압력 센서	43
그림 2-15. 서모파일의 형태	46
그림 2-16. 적외선 센서의 동작 원리	46
그림 2-17. 발광 부와 수광부의 회로도	46
그림 3-1. 센서의 배치	48
그림 3-2. 구간 배치	48
그림 3-3. 벽과 일정거리 유지를 위한 알고리즘	49
그림 3-4. 배의 방향에 따른 알고리즘의 적용	50
그림 3-5. 구간 2,4 에서의 알고리즘 적용	51
그림 3-6. 장애물 피하기 알고리즘	52
그림 3-7. 장애물 피하기 알고리즘의 적용1	52
그림 3-8. 장애물 피하기 알고리즘 적용 2	53
그림 4-1. 고정피치 프로펠러	54
그림 4-2. 가변피치 프로펠러	55
그림 4-3. 실선에 장착된 CRP, 어뢰에 장착된 CRP	56
그림 4-4. 덕트 프로펠러	57
그림 4-5. 캐비테이션의 발생과 소멸	58

그림 4-6. 캐비테이션 발생시 물상의 변화	58
그림 4-7. 캐비테이션에 의해 파손된 프로펠러	59
그림 4-8. 제어기를 통한 배의 원격조종과 항해 시스템 변경	61

표 목차

표 1-1. 선박의 주요치수	17
표 1-2. 각 선박의 주요 치수 비	18
표 1-3. 적정 주요 치수 비	18
표 1-4. 기준선의 주요치수 비	19
표 1-5. 모형선의 실제주요치수	19
표 1-6. 모형선의 실제주요치수(수정 값)	20
표 1-7. 선체 재료의 두께 및 밀도	23
표 1-8. 기관 부 중량	24
표 2-1. 트랜지스터의 전기적 특성	38
표 2-2. 센서의 종류	43
표 5-1. 선체 부	62
표 5-2. 전기 회로 부	63
표 5-3. 기타 재료	64
표 5-4. 총 금액	65
표 6-1. 역할 분담	65
표 7-1. 9월 일정	66
표 7-2. 10월 일정	66
표 7-3. 11월 일정	66

0. 서론

이번 조선해양공학계획 프로젝트의 목표는 모형배 만들기이다. 실제 조선과정의 간이체험을 통하여 죽은 지식을 산 지식으로 이끌어 낼 수 있는 보람찬 과목이라고 할 수 있겠다.

하지만 선박 제조에 대한 지식이 부족한 관계로, 본격적인 작업에 들어가기에 앞서 실제 선박의 건조과정을 통해 우리가 해야 할 일을 생각해 보았다.

• 선박의 건조과정

선박수주 - 설계 - 선각공사 - 의장공사 - 시운전

여기서 선박수주는 선주의 요구사항에 맞추어 건조계약을 체결하는 단계이다. 우리의 경우로 치자면 교수님께서 제시하신 기준에 맞추어 선박을 제작하려는 단계와 같겠다.

설계는 의미 그대로 선박의 주요 성능과 치수를 결정하는 단계로, 이때 결정된 설계도는 선주의 승인을 받아야 작업에 착수 할 수 있게 된다. 모형배 설계도를 제작 한 후 Proposal에서 교수님께 인정을 받는 것이 이 과정에 해당한다.

선각공사는 선체를 만드는 작업이다. 이 과정에서 우리는 우드락을 주 재료로 하여 설계하였던 선체를 만들게 될 것이다.

의장공사는 선박의 운항에 필요한 주 기관을 비롯한 각종 기계장치, 전기장치들을 부착하고, 이 장치들을 하나의 시스템으로 연결하는 배관공사와 배선공사 등의 작업, 선체의 표면과 내면에 녹이 슬지 않도록 도장하는 작업 들을 총괄하여 말한다. 우리의 경우는 이때 추진 부와 센서, 제어장치를 완성된 선체에 탑재시키고, 선박의 표면에 페티와 에폭시를 통해 도장&방수작업을 해야 한다.

시운전은 선박에 설치된 각종 장비의 성능을 개별적으로 검사하고 전체적인 성능을 테스트하는 단계이다. 이 단계에 합격해야만 비로소 선주에게 완성된 선박을 인도할 수 있다. 우리의 노력이 평가 받는 단계로, 초기의 요구조건을 얼마나 완벽하게 만족시키는 지가 관건이 되는 단계라 하겠다.

대략적인 작업 과정에 대하여 실제 선박건조를 모형으로 추측하여 보았다. 이제부터는 각 단계별로 구체적인 작업계획과 일정을 짜고 완벽한 배를 만들기 위해 각자 노력할 때이다.

1. 기준선 선정

1.1. 선주의 요구 조건

- (1) 6kg의 재화중량을 실을 수 있어야 한다. (선체길이 1m내외)
- (2) 센서를 이용해서 자동제어가 가능해야 한다.
 - 1) 벽과의 거리를 일정하게 유지하며 이동하여야 한다.
 - 2) 장애물을 피하며 운항 할 수 있어야 한다.

1.2. 배의 종류¹

기준선을 선정 할 때 막연하게 치수를 결정 하기 보다는 배의 종류와 특징을 조사해 보고, 이를 보고 선주의 요구조건에 부합하는 가장 합리적인 배의 종류를 결정 하여 이 배와 비슷한 선형을 하기로 결정 하였다. 우선 6kg의 재화 하중을 견딜 수 있어야 하므로 이에 부합하는 화물선을 먼저 조사해 보았다.

(1) 컨테이너선

컨테이너 선은 선장과 갑판상에 컨테이너(자재 및 화물의 운송에 이용되는 용기)를 적재하여 고속으로 수송하는 선박이다. 컨테이너를 적재하기 위해 이 선박은 창구가 열려 있으므로 선체에 작용하는 비틀림 강도에 유의하여 설계한다. 컨테이너 수송은 1960년대 후반부터 나타난 수송방식으로서 미국의 시랜드와 매트슨 내비게이션사에 의하여 개발되었는데, 해상수송의 혁명이라고까지 불리고 있다. 종래의 정기화물선은 잡다한 화물을 개별적으로 운송함으로써 하역에 시간과 비용이 많이 들었다. 따라서 하역시간을 단축하고 하역비용을 절감하기 위하여 잡화 또는 소포를 넣은 규격용기, 즉 컨테이너를 수송할 수 있도록 재래식화물선을 변형한 선형이 컨테이너 선이다. 즉, 컨테이너 선은 일반 화물선을 컨테이너 적재용으로 전 용화한 형태의 선박이라 할 수 있다.

¹ 부산 해양 박물관, ‘상선’, <http://www.seaworld.busan.kr/>.



그림 1-1. 컨테이너선

- 직육면체 상자 모양의 화물운송용기를 컨테이너라고 하고 이 컨테이너를 전문적으로 실을 수 있도록 만들어진 화물선을 컨테이너 전용선 또는 줄여서 그냥 컨테이너 선이라고 부른다. 컨테이너 전용선의 크기는 총톤수나 재화중량 톤수보다도 티이유(TEU)로 호칭되는 20피트 형 컨테이너를 실을 수 있는 수량으로 나타내는 것이 일반적이다. 따라서 20피트 형 컨테이너 즉, TEU를 4,000개 실을 수 있는 어떤 컨테이너 전용선이 있다면 우리는 그 배를 4,000TEU급 컨테이너 전용선이라 한다.

(2) 일반 화물선

각종 잡화나 강재 등, 모든 종류의 일반적인 화물들을 운송하는 화물선으로 잡화물선(雜貨物船)이라고도 한다. 운항 중에 여러 항구에 기항을 하므로 소형화물선이 대부분으로 큰 배라 하더라도 30,000톤(ton) 정도를 넘지 않는다. 여러 종류의 잡화물 등을 많이 싣기 위하여 화물창 내부가 2~3층의 갑판으로 되어 있는 것이 특징이다. 화물의 선적과 하역을 위한 갑판 하역장치도 예전에는 데릭 붐(Derrick Boom)식을 사용했으나 요즘은 갑판 크레인(Deck Crane)식을 이 설치하여 화물 하역능력을 키우고 있다.



그림 1-2. 일반화물선

• 데릭 붐(Derrick Boom)

- 데릭 포스트, 마스트 등의 기둥 아래쪽에 자유 회전할 수 있게 달아맨 붐.

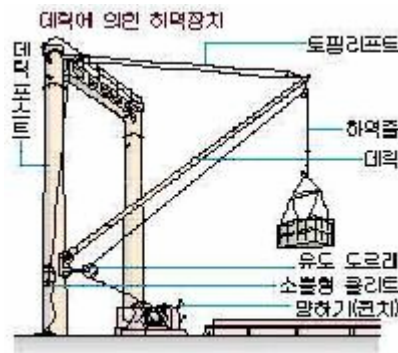


그림 1-3. 데릭 붐

• 갑판 크레인(Deck Crane)

- 선체 갑판에 크레인을 설치한 것으로 데릭식 크레인 보다 작업능률이 좋다. 장점은 화물이 최대와 최소의 선회 반경 사이에 있다면 어디에 있을지라도 취급할 수 있다.

(3) 산적 화물선

곡물처럼 포장을 하지 않고 운송하는 화물들을 취급하는 화물선으로 곡물이 외에 원목도 실을 수 있게 만드는 것이 일반적이다. 간혹 석탄을 운송할 때도 있으며 살물선(撒物船) 또는 산물선(散物船)이라고도 한다. 원목과 곡물 같은 화물은 다른 화물에 비하여 비중이 높지 않기 때문에 배의 안정성을 위해서 밸러스트 탱크(Ballast Tank, 배의 무게중심을 낮추기 위하여 해수를 넣는 탱크)를 선저(배의 밑바닥)는 물론이고 호퍼(Hopper)라고

부르는 화물창의 상단 부(어깨부분)에도 설치를 하는데 이 밸러스트 탱크를 톱 사이드(Top Side) 탱크라고 부른다. 또 곡물을 선적할 때 화물창 내부에서 곡물의 움직임을 방지하고 곡물을 쉽게 하역할 수 있도록 화물창 내부의 전체 모양도 아랫부분은 넓고 윗부분은 좁게 만들고 있다. 화물의 양륙은 그레브 버킷(grab bucket)으로 집어 올리므로 선창 내에는 장애물을 없애고, 바닥 부 테두리는 경사진 구조로 만든다. 오늘날 광석운반선은 경비절약을 위하여 6~8만톤급의 대형선이 표준이다. 배에는 하역장치를 설비하지 않고, 육상의 고성능 하역시설을 이용하는 것이 많다. 창구에는 물이 새지 않는 강재 해치커버를 덮는다. 광석운반선 중에는 유조선에 겸한 광석/원유 겸용선, 광석/쌀물/원유 겸용선 등이 있다

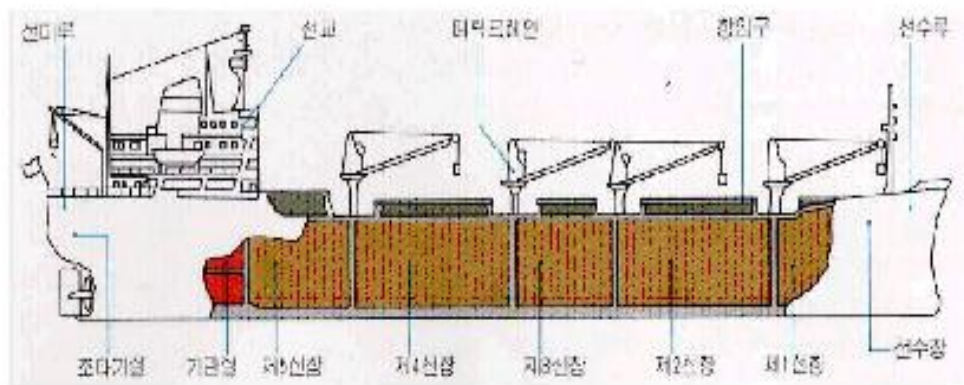


그림 1-4. 산적화물선

1) 핸디 사이즈 (Handy Size)



- 글자 그대로 운용하기 쉬운 소형 살물선을 일컫는데, 통상적으로 2 만~4 만톤급 까지의 선박으로 일정한 항로에 구매됨이 없이 운항이 가능하여 용도가 가장 높은 선형.

2) 수에즈막스 (Suezmax)



- 지중해와 홍해를 잇는 수에즈 운하를 통과할 수 있는 최대 선형으로 135,000DWT 에서 150,000DWT 까지의 선박을 말한다.

3) 파나마막스 (Panamax)



- 재화중량 톤수가 65,000 ~ 73,000 DWT 정도인 Bulk Carrier로서 파나마 운하를 통과할 수 있는 최대 크기를 말한다. 특징으로는 배의 밑바닥을 운하의 밑바닥처럼 평평하게 건조한다.

4) 케이프 사이즈 (CAPE SIZE)

- 남아프리카공화국 동쪽 해안 석탄 적출항인 리차드 항(Richard Bay)에 입항 가능한 최대 선형으로써 10~15 만톤급의 선박이다.

5) VLBC (VERY LARGE BULK CARRIER)

- 18 만에서 20 만 톤의 화물을 실을 수 있는 초대형 살물선을 말한다.

(4) 유조선

- 배 안에 큰 유류 선적 탱크(Tank)들을 설치하여 유류 계통의 화물을 운송할 수 있게 만든 배들을 총칭하여 유조선이라고 부른다. 선적하는 유류의 종류에 따라 원유의 운송을 전문으로 하는 원유운반선(Crude Oil Tanker), 원유가 정제된 것 즉, 정유의 운송을 전문으로 하는 정유운반선(Product Oil Tanker), 각종 화공 용액들의 운송을 전문으로 하는

화학제품운반선(Chemical Tanker), 해상의 유전과 육상의 유류기지 사이를 왕복하며 원유의 운송을 전담하는 왕복원유운반선(Shuttle Tanker)등으로 나누어지며 배의 크기는 선적할 수 있는 기름의 재화톤수(DWT)로 나타낸다.



그림 1-5. 유조선

유조선은 일반 화물선과는 달리 보통 만재상태(95%)로 수송하고, 화물을 내리고 선적지로 되돌아갈 때는 공선 상태로 항해하게 된다. 액체화물은 일반적으로 온도의 변화에 따라 부피가 변화하고, 액체의 이동에 따라 선박의 복원성능을 해치며, 석유인 경우 화재의 위험성이 따른다. 따라서 선체는 수밀구조를 비롯하여 특수한 구조를 갖추어야 된다. 선체의 구조를 살펴보면 화물유의 요동을 방지하기 위하여 중횡의 격벽으로 구획되어 있는데, 선체의 선수부터 선미까지 이르는 종통격벽은 좌, 우 그리고, 중앙 세 개로 나누어져 있고, 또 이것을 몇 개의 횡격벽으로 구획함으로써 수 개 내지 수십 개의 선창으로 구성되어 있다. 수송하는 화물에 따라 원유탱커, 정제유탱커, LPG탱커, LNG탱커, 케미컬탱커 등으로 분류되고, 운항해역에 따라 내항탱커와 외항 탱커로 분류한다. 내항 탱커는 국내 연안을 항해하는 유조선으로 석유를 수송하는 전용선 중에서, 대양을 항해하는 외항유조선에 대응하는 말이다. 내항 탱커 중, 자체 추진기관을 가지지 않고, 비교적 소량의 석유를 근거리 수송하는 것은 바지선이 말한다. 내항탱커는 정제유 및 화공약품의

연안수송에 사용되는데 보통 1,000톤 미만의 소형이 많다.

1) 파나마크스 (Panamax)



- 파나마 운하를 통과하는 최대 크기의 원유 운반선
(50,000 ton ~ 80,000 ton)

2) 아프라마크스 (Aframax)



- 운항경비와 운임선가 등을 고려할 때 가장 이상적이고 경제적인 크기의 유조선
(80,000 ton ~ 120,000 ton)

3) 수에즈마크스 (Suezmax)



- 수에즈 운하를 통과할 수 있는 최대 크기의 원유 운반선
(120,000 ton ~ 200,000 ton)

(5) 화학제품 운반선

1) 액화천연가스 운반선 (LNG)

유정에서 나오는 천연가스는 그 주성분이 메탄가스이며 이 메탄가스를 -161.5°C 이하로 냉각을 하면 액체상태로 변하게 되고 그 부피도 1/160 정도로 줄어들게 된다. 이처럼 기체상태에서 액체상태로 변한 천연가스를 액화천연가스(Liquefied Natural Gas, 약칭하여 LNG)라고 한다. 이렇게 하면 많은 양의 가스를 한번에 운송할 수 있을뿐더러 또 운송하기도 쉬워진다. 액화 천연가스 운반선은 이처럼 초저온으로 액화시킨 천연가스를

운송할 수 있도록 만들어야 하기 때문에 조선기술의 최정상이라고 부른다. 다시 말하면 LNG 운반선은 인화성이 매우 강하기 때문에 비중이 낮은 액화화물을 초저온 상태로 안전하게 해상운송을 할 수 있는 특수한 구조를 필요로 하기 때문에 건조하는 데에 고도의 기술이 요구되는 고가의 화물선이다.



그림 1-6. LNG운반선

2) 액화석유가스 운반선 (LPG)

- 석유정제 시 발생하는 부탄가스이나 프로판가스 등의 액화된 석유가스(LPG)를 운반하는 선박을 말한다. 선내에 액화가스용기로 압력탱크를 설치한 가압 식과 저온 액화가스 용기를 설치한 저온식이 있다. 액화석유가스는 상온·상압에서는 기체 상태인 탄화수소이므로, 부피가 커서 효율적인 수송을 할 수 없기 때문에, 냉각, 가압하여 액체상태로 만들어서 수송한다. 프로판가스를 액화시키면 부피는 약 1/260, 부탄가스는 약 1/230로 줄어든다. 가압 식은 선체에 설치된 압력용기(구형 또는 실린더 형)에 상온에서 가압된 액화석유가스를 수송하는 것으로 연안수송에 이용되며, 수백~4000톤의 소형선에 이용된다. 저온 식은 대기압보다 약간 높은 압력에서 냉각 (프로판은 -42°C , 부탄은 -5°C) 시켜

수송하는 것으로, LPG의 대량수송으로는 가장 경제적이어서 대형선에 이용된다. 오늘날에는 증류수 6만 톤 정도의 수송능력을 가진 저온 식 LPG선이 많이 취항하고 있으며, 점차 대형화되고 있다.



그림 1-7. LPG운반선

1.3. 기준선박의 주요치수

각 화물선의 종류 중 대표적인 선박을 선정 하여 주요 치수인 L,B,D,T를 알아보았다.²

표 1-1. 선박의 주요치수

	컨테이너선	일반화물선	산적화물선	유조선	화학제품운반선
LOA(m)	275.6	175.27	315.0	332.0	268.5
B(m)	37.1	23.35	55.0	58.0	43.0
D(m)	21.5	14.2	25.0	31.0	27.0
T(m)	12.4	10.4	18.2	20.8	11.0

² 컨테이너 선은 삼성중공업의 CGM노르망디호, 일반화물선은 현대중공업의 IBN 알-아디르호, 산적 화물선은 삼성중공업의 BHP 아이스 퍼시픽호, 유조선은 대우조선해양의 골라 스테링호, 화학제품운반 선은 한진중공업의 한진평택호로 선정하였다.

- 용어해설

LOA(Length overall): 선박의 가장 앞쪽 끝에서부터 뒤쪽 끝까지의 거리.

B: 선박의 폭.

D: 최상층 연속 갑판까지의 높이.

T: 용골의 상면에서 수면까지의 수직거리. 만재 흘수 표시에 필요.

1.4. 주요 치수 비 산출

선정된 각 화물선의 주요 치수비를 산출해 보았다.

표 1-2. 각 선박의 주요 치수 비

	컨테이너선	일반화물선	산적화물선	유조선	화학제품운반선
L/B	7.43	7.50	5.73	5.72	6.24
B/D	1.73	1.64	2.20	1.87	1.59
L/D	12.82	12.34	12.60	10.70	9.94
B/T	2.99	2.25	3.02	2.79	3.90

모형선에 가장 알맞은 주요 치수 비는 다음과 같다.

표 1-3. 적정 주요 치수 비

	L/B	B/D	L/D	B/T
모형선	3~5	1.5~2	9~13	2~5

이에 가장 근사한 화물선의 모델은 유조선이다. 그래서 우리는 기준선을 유조선으로 정하기로 하였다. 그리고 선형 또한 유조선을 바탕으로하기로 하였다.

기준선의 주요치수 비는 다음과 같다.

표 1-4. 기준선의 주요치수 비

주요치수 비	유조선
L/B	5.72
B/D	1.87
L/D	10.70
B/T	2.79

1.5. 모형선의 실제 주요치수

우리는 모형선의 전장길이 L을 1m로 잡기로 하였으므로 위의 주요치수 비를 바탕으로 모형선의 실제 치수를 알 수 있다. 이를 계산 해보면 다음과 같다.

표 1-5. 모형선의 실제주요치수

실제치수	모형선
LOA	1m
B	0.1748m
D	0.0935m
T	0.0627m

그러나 모형선의 실제 치수가 위와 같을 경우 배가 너무 가늘어 저서 복원성이 나빠지게 된다. 배가 가늘어지는 이유는 모형선에 적합한 L/B는 3~5인데 실제 유조선은 5.72로 모형선 L/B범위를 넘어가기 때문이다. 그래서 L/B를 5.72 에서 4.5로 수정한 다음 다시 모형선의 실제치수를 구하였더니 다음과 같았다.

표 1-6. 모형선의 실제주요치수(수정 값)

실제치수	모형선
LOA	1m
B	0.2222m
D	0.1188m
T	0.0796m

1.6. 개략적인 모형선박의 형태

계산을 통해 구한 주요치수를 이용해 모형선의 개략적인 형태를 그려보았다.

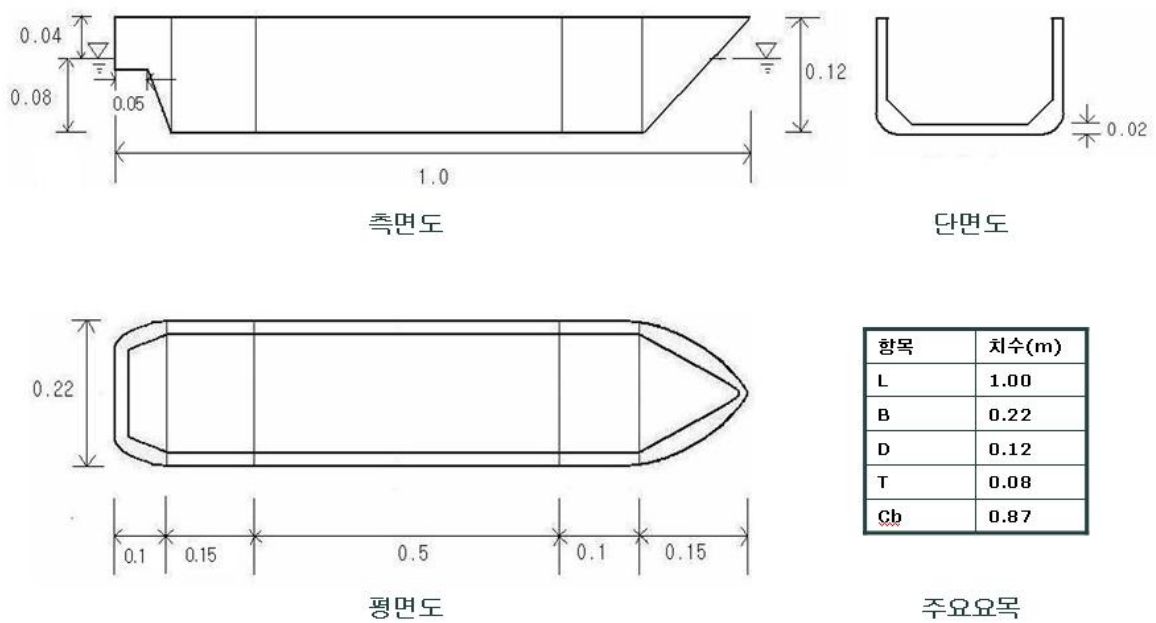


그림 1-8. 모형선의 개략적인 형태

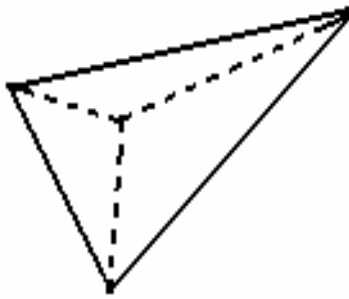
1.7모형선박의 경하중량 및 흘수, 방형계수 추정

실제로 재료의 무게를 재어볼 수가 없었고, 설계 도면도 뽑지 못한 상태에서 개략적인 모형 선박 형태만으로 모형선박의 경하중량을 추정하기에는 어려움이 컸다. 하지만 기하학의 공식을 통해 근사적으로나마 추정을 할 수 있었다. 전체적으로 한꺼번에 추정하기에는 어려움이 있기 때문에 일단은 선수 부, 선미 부, 중앙 평행 부 세 부분으로 나누어서 표면적은 계산 하였다.

(1) 선체 외판의 표면적 계산

1) 선수 부

선수 부는 약간 곡선이 있지만, 삼각형의 모양을 한 평면이 되어 있다고 가정 하였다. 오른



쪽 그림은 선수부의 한쪽 면의 대략적인 모습이다. 이 삼각형의 넓이를 구하기 위해서 각 삼각형의 변의 길이를 구해야만 했다. 이는 피타고라스의 정리로 해낼 수가 있었다. 그리고 세변의 길이를 알고 난 뒤에 헤론의 공식을 적용하여 삼각형의 넓이를 구할 수 가 있었다. 이를 계산 하면 138.8cm^2 나온다. 이것은 한쪽 면에 해당 하므로 다른 쪽 면을 고려 하면 선수부의 표면적

그림 1-9. 선수 부 모형

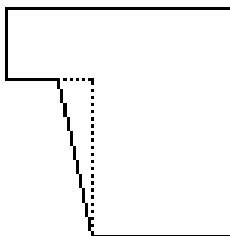
은 277.6cm^2 이다.

2) 중앙 평행 부

중앙평행 부는 모두 직선으로 되어 있기 때문에 가장 구하기 쉽다. 양쪽 옆판과 밑판의 표면적은 직사각형 넓이를 구하는 공식으로 간단히 구할 수 있다. 그래서 구해 보면 옆판은 720cm^2 이 나오고 밑판은 1320cm^2 이 나온다. 그래서 중앙 평행 부 총 표면적은 2760cm^2 이다.

3) 선미 부

선미 부는 대체적으로 간단하나 추진 부를 달아주는 쪽에 각의 경사가 지기 때문에 이를



고려하여 선체 표면적으로 계산 하였다. 우선 옆을 계산 하는데 접선으로 둘러 싸인 삼각형을 제외 하면 나머지는 사각형으로 잘라서 계산이 가능 하므로 쉽게 구할 수 있다. 삼각형의 넓이는 20cm^2 이 나오고 나머지 부분의 넓이는 220cm^2 이 나오므로 총 선미부의 옆판의 총 표면적은 양 쪽 면인 것을 고려 하면 480cm^2 이 된다.

그림 2-10. 선미 부 모형

이제 밑판을 고려 해야 하는데 밑판은 삼각형을 경계로 뒤쪽의 작은 부분과 앞쪽의 넓은 부분 두 부분으로 나눌 수 있다. 둘 다 직사각형이므로 쉽게 넓이를 구할 수 있는데 앞쪽은 330cm^2 이 나오고 뒤쪽은 110cm^2 나오므로 총

440cm^2 이다.

마지막으로 뒤쪽 판을 고려 해야 한다. 뒤쪽 판 역시 크게 두 부분으로 나누어 지는데 평평한 부분과 경사진 부분이 바로 그것이다. 평평한 부분은 쉽게 88cm²로 나오는데 경사진 부분은 가로는 22cm로 쉽게 나오나 세로는 피타고라스의 정리를 활용 해야 한다. 피타고라스의 정리를 활용 하면 9.43cm가 나온다. 그리하여 경사진 부분의 넓이를 구하면 207cm²이 나온다. 그리하여 뒤쪽 판의 총 표면적은 295cm²이다.

이제 선미부의 총 표면적을 구할 수 있는데

$$480\text{cm}^2 + 440\text{cm}^2 + 295\text{cm}^2 = 1215\text{cm}^2$$

이다.

이제 선수 부와 중앙 평행 부와 선미 부를 다 합치면 총 표면적을 구할 수 있는데 그것은

$$277\text{cm}^2 + 2760\text{cm}^2 + 1215\text{cm}^2 = 4252\text{cm}^2$$

로 나타 낼 수가 있다.

* 배경 지식

피타고라스의 정리

왼쪽 그림과 같은 직각 삼각형이 있을 때 빗변을 c, 밑변을 a, 높이를 b 라고 한다면 다음과 같은 공식이 반드시 성립한다.

$$a^2 + b^2 = c^2$$

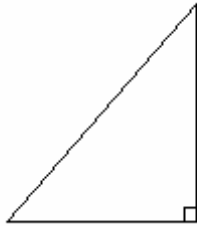


그림 1-11. 직각삼각형

헤론의 공식

왼쪽 그림과 같이 일반적인 삼각형이 있을 때 삼각형에 대한 부가적인 정보나 각에 대한 정보 없이 단지 세 변의 길이만 안다면 다음과 같은 공식을 쓰면 삼각형의 넓이를 구할 수 있다. 삼각형의 변의 길이를 각각 a, b, c라고 한다면 그 삼각형의 넓이는

$$S = (s*(s-a)*(s-b)*(s-c))^{0.5}$$

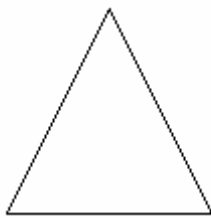


그림 1-12. 삼각형

$$[s = (a + b + c)/2]$$

표 1-7. 선체 재료의 두께 및 밀도

	두께(cm)	밀도(g/cm ³)
우드락	0.2	0.7
퍼티	0.05	1.35
에폭시	0.05	1.5

(2) 선체 외판의 하중 계산

1) 우드락의 의한 하중

$$4252 \text{ cm}^2 * 0.2 \text{ cm} * 0.7 \text{ g/cm}^3 = 595 \text{ g}$$

2) 퍼티의 의한 하중

$$4252 \text{ cm}^2 * 0.05 \text{ cm} * 1.35 \text{ g/cm}^3 = 287 \text{ g}$$

3) 에폭시의 의한 하중

$$4252 \text{ cm}^2 * 0.05 \text{ cm} * 1.5 \text{ g/cm}^3 = 319 \text{ g}$$

$$\Rightarrow \text{선체 외판에 의한 하중 } 595 \text{ g} + 287 \text{ g} + 319 \text{ g} = 1201 \text{ g}$$

(3) 선체 내부 부재의 표면적 계산

1) 격벽의 표면적 계산

격벽의 표면적은 선체의 측면도의 표면적과 일치 하므로 D * B를 하면 구할 수 있다. 따라서 각 값을 대입 하며 계산 하면 264cm²가 나오며 격벽을 4개 설치할 계획 이므로 총 격벽의 표면적은 1056cm² 이다.

2) 프레임의 표면적 계산



그림 1-13. 프레임 모형

프레임의 모양은 원래 복잡 하지만 왼쪽 그림처럼 단순화 시키면 표면적을 계산 하기가 용이 하다. 프레임 두께는 2cm로 정하였다. 그리하여 표면적을 계산 하면 84cm²이 란 값이 나온다. 프레임의 개수는 25내외로 생각 하고 있다. 하지만 선수 부와 선미부의 일부가 표면적이 84cm²로 나오지 않기 때문에 문제가 된다. 선수 부에는 프레임이 3개로 배정 되고 선미부의 일부는 프레임이 2개로 배정 된다. 이 표면적은 따로 계산할 필요가 있다. 우선 나머지

20개의 표면적을 계산 하면 1680cm² 이다. 이제 나머지가 문제인데 이것은 구하기가 약간

난해 하여 5개의 프레임을 3개로 근사 하기로 한다. 그래서 프레임의 총 표면적은 1932cm²이다.

3) 용골의 표면적 계산

용골의 세로 길이를 1cm로 가정 하였다. 가로 길이는 배 전체를 둘러 싸고 있으므로 배의 둘레를 구해주면 된다. 가장 위쪽에 있는 용골의 가로 길이는 229cm이고, 중간에 있는 용골의 길이는 220cm이다. 그리고 가장 밑에 있는 용골의 길이는 198cm이다. 가로 길이 차이는 선수 부와 선미부의 모양 때문이다. 이를 통해 용골의 전체 표면적은 647cm²이 된다. 이렇게 하여 선체 내부 부재의 표면적은

$$1056 \text{ cm}^2 + 1932 \text{ cm}^2 + 647 \text{ cm}^2 = 3635 \text{ cm}^2$$

로 나온다.

(4)선체 내부 부재의 하중 및 선체 하중

선체 내부에는 우드락만 사용 하므로 전체 하중을 더 쉽게 구할 수가 있는데 이를 구하면
 $=> 3635 \text{ cm}^2 * 0.2 \text{ cm} * 0.7 \text{ g/cm}^3 = 509 \text{ g}$
 이다. 이것으로 선체 내부 부재의 하중과 선체 외판의 하중의 더해 주면 선체 중량이 나온다.

$$509 \text{ g} + 1201 \text{ g} = 1710 \text{ g}$$

(5)기관 부 중량

기관 부에서 부품 하나하나의 중량을 일일이 찾아보는 것은 매우 힘들 것으로 예상 되었다. 또한 추진 부는 공동구매를 하기로 결정 하였기에 조교님의 선박과 기관 부 중량이 크게 다르지 않을 것으로 예상 되었다. 따라서 기관 부 중량은 조교님의 모형선박을 참조하기로 하였다.

표 1-8. 기관 부 중량

분 류	중량(g)
추진축	50
DC모터	50
서보모터(2개)	80
저항+ 변속기	60
Battery	500
프로펠러	10
Rudder	10
수신기	20
합 계	780

(6)총 중량

선체하중(선체 외판의 하중 + 선체내부의 부재) + 기관 부 중량

$$= 1710g (1201g + 509g) + 780g = 2490g$$

∴ 이와 같이 총 중량은 2490g 으로 측정되었다. .

(7) 6kg 재화 중량을 실을 경우 선체 흘수 측정

우리는 선체의 흘수를 8 cm라고 두었는데 흘수는 국제 규정에 걸리지 않을 만큼, 즉 배가 거친 파도에 침몰 하지 않을 만큼의 한도 내에서 최대한 많이 하는 것이 좋다. 그래서 이번 과제가 6kg의 재화 중량을 싣는다고 해서 굳이 만재 흘수선을 그을 때 6kg 재화 중량에 맞출 필요는 없다. 그래서 일단은 만재흘수를 8cm라고 두었기 때문에 배가 8cm갈아 앉을 경우 부력을 계산하여 얼마나 재화 중량을 실을 수 있는지 알아 보겠다.

1) 배의 부피 구하기

우선 배를 부피를 구하여야 한다. 배의 부피를 구하기 위해서는 위에 배의 표면적을 구하는 방식과 유사한 과정으로 진행 할 계획이다. 즉, 선수부, 중앙 평행부, 선미부 이렇게 3개로 나누어서 계산 하도록 하겠다.

① 선수부의 부피

선수부는 삼각 뿔이라고 가정 하였다. 배가 만재흘수 8cm만큼 잠기면 배의 깊이는 12cm 이기 때문에 물에 잠긴 선수부와, 안 잠긴 부분을 포함한 전체 선수부의 길이 비는 2:3이다. 평면도에서 보이는 선수부의 넓이를 삼각형으로 가정하고 구한다. 물에 잠기면 각 변의 길이가 2/3가 되므로 삼각형 넓이가

$$1/2 * 22 * 15 * 4/9 = 73.33\text{cm}^2$$

이다. 이 삼각형을 밑면으로 하고 높이가 8cm(만재흘수)인 삼각뿔의 부피를 구하면

$$73.33\text{cm}^2 * 8\text{cm} * 1/3 = 195.55\text{cm}^3 \text{ 이다.}$$

② 중앙 평행부의 부피

중앙 평행부는 직육면체로 가정 하였으므로 다음과 같이 간단히 구할 수 있다.

$$22\text{cm} * 60\text{cm} * 8\text{cm} = 10,560\text{cm}^3$$

③ 선미부의 부피

선미부는 직육면체와 마주보는 한 쌍의 두 면이 사다리꼴형태인 육면체로 생각할 수 있다.

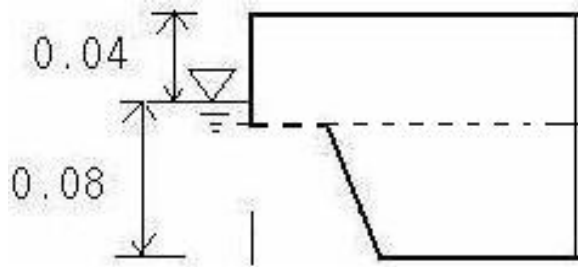


그림 1-14. 선미부

그림에서 볼 수 있듯이 만재 홀수선까지 잠기면 선미부 위쪽의 직육면체 부분은 계산할 필요가 없다. 그러므로 아래 육면체 부분의 부피를 계산하면

$$[(20\text{cm} + 15\text{cm}) * 8\text{cm}] / 2 * 22\text{cm} = 3080\text{cm}^3$$

이다.³ => 만재홀수선까지 물에 잠긴 배의 부피를 구하면

$$195.55\text{cm}^3 + 10,560\text{cm}^3 + 3080\text{cm}^3 = 13835.55\text{cm}^3 \text{이 된다.}$$

2) 최대 재화 중량 구하기

만재 시 물에 잠긴 배의 부피는 13835.55cm³가 나왔다. 실제 배라면 해수의 밀도를 곱해야 하나 실험수조는 청수 이므로 청수의 밀도 1g/cm³을 곱해서 부력을 구한다. 여기에 중량 가속도(g)를 곱해야 정확한 부력이 되지만 재화 중량과 비교 할 때 중력 가속도 g가 소거 되므로 단순히 질량만 비교 가능 하다.

$$13835.55\text{cm}^3 * 1\text{g/cm}^3 = 13835.55\text{g} = 13.84\text{kg}$$

위와 같이 계산 하면 배의 부력은 13.84kg이다. 여기에 경하 중량을 빼주면 선체가 실을 수 있는 최대 재화 중량이 나온다.

$$13.84\text{kg} - 2.49\text{kg} = 11.35\text{kg}$$

이것은 목표 재화 중량인 6kg을 훨씬 웃도는 수치이다. 그러므로 우리가 설정한 만재홀수 8cm는 타당하다고 할 수 있다. 그러면 이제 6kg 재화 중량을 실을 때 홀수 값을 계산해 보겠다.

3)재화 중량 6kg일 때 홀수 값 계산

6kg 재화 중량을 실을 때 홀수를 계산 하기 위해서는 배의 높이에 해당하는 값, 즉 아까 위에서 부피를 계산 할 때 8cm에 해당하는 값을 미지수 x로 돌림으로써 가능 하다.

³ 수식 앞쪽의 대괄호로 싸여있는 부분은 선미부 현측 사다리꼴모양넓이를 구하는 식이다. 수치는 G/A 참조.

①선수부 부피:

$$\{22\text{cm} * 15\text{cm} * 1/2 * (x/12)^2\} * x\text{cm} * 1/3 = 0.38x^3\text{cm}^3$$

②중앙 평행부 부피:

$$22\text{cm} * 60\text{cm} * x\text{cm} = 1320x\text{cm}^3$$

③선미부 부피: 일단, 사다리꼴을 삼각형과 사각형으로 나눈다. 삼각형 부분은 닮음비를 이용하여 부피를 구하면

$$5/8 * x\text{cm} * x\text{cm} * 1/2 * 22\text{cm} = 6.875x^2\text{cm}^3$$

이다.

사각형 부분은

$$15\text{cm} * x\text{cm} * 22\text{cm} = 330x\text{cm}^3$$

이다. 다 더하면

$$0.38x^3\text{cm}^3 + 6.875x^2\text{cm}^3 + 1650x\text{cm}^3$$

이다. 이들의 합이 재화 중량 + 선체 총 중량 값인 8490 g과 같다고 놓으면 하나의 방정식이 나오는 이 해의 값이 바로 6kg 재화 중량 실을 때 흘수 값이다.

$$0.38x^3 + 6.875x^2 + 1650x = 8490$$

이 삼차 방정식을 풀면 실근은 5.0118이 나온다. 선체가 6kg의 물체를 실었을 때 흘수는 5.01cm 이다.

◎ 선주의 요구 조건이 6kg의 재화 중량을 싣는 것임만큼 설계의 오차나 제작 과정의 오차를 감안 하더라도 8kg 정도의 재화 중량을 실을 수 있는 배를 설계 하면 된다. 그러면 L,B,D값이 모두 수정되어 재료비와 인건비 모두 줄일 수가 있다. 하지만 우리는 이왕 배를 만드는 데 1m정도는 돼야지 라는 마음에 보다 효율적인 기준 치수를 선정 할 수 있지만. 더 위에 치수에 수정을 하지 않음을 밝힌다.

(8) 방형계수(Cb) 구하기

방형 계수는 물속에 잠긴 선체의 비만도를 나타내는 계수이다. 방형 계수는 형 배수 용적에 L, B, T값을 곱한 것을 나누어주며 된다.

$$Cb = \nabla / (L*B*T)$$

그럼 위에서 구한 배수용적은 만재 시 배수 용적(부피)과 6kg 재화 중량을 실었을 때 배수 용적 두 가지를 구했는데 두 가지 경우 모두에 관한 방형계수를 구해보도록 하겠다.

1) 만재 시 방형계수

선체가 물에 잠겼을때의 L을 구하기 위해 선체를 선수, 중앙, 선미로 나누고 선수와 선미는 삼각형으로 가정한 후 삼각형의 닮음비를 이용하여 길이를 구하고 중앙은 변화가 없으니 그대로 값을 가져다쓴다. 이렇게 해서 구하였더니 배의 전장1m 보다 조금 작은 90cm 가

나왔다. 공식에 대입하여 계산하면

$$13835.55\text{cm}^3 / (90\text{cm} \times 22\text{cm} \times 8\text{cm}) = 0.87$$

Cb는 0.87이 나온다.

2) 6kg 재화 중량 실을 때 방형계수

이 경우 LWL은 84.375cm 이다. 형배수용적은 8490cm³이므로 방형계수 공식에 대입하여 계산하면 방형계수는 0.91이 된다.

2. 제어장치

2.1 전기 회로⁴

(1) 전기회로의 구성

전기회로란 전원과 부하로 이루어져 있으며, 전류가 흐르는 통로인 도선을 말한다. 전원은 기전력을 가지고 있어 전류를 흘리는 원동력이 되는 것을 말하는데 전지가 대표적인 예이다. 부하는 전원에서 전기를 공급받아 어떤 일을 하는 기계나 기구를 말하며 전구나 전열기 등이 있다.

(2) 전기회로의 전류

전류란 전자가 이동하는 것을 말하며, 기호는 I, 단위는 [A]이다. 전류의 세기는 단위 시간당 이동한 전기의 양으로 나타낸다. $I=Q/t$ [A]

(3) 전기회로의 전압

전압이란 회로 내에 전류가 흐르기 위해서 필요한 전기적인 압력을 말하며, 기전력은 전류를 연속해서 흘리기 위해 전압을 연속적으로 만들어 주는 힘을 말한다. 전위는 전기 통로의 임의의 점에서 전압의 값을 말하며, 전위차란 전기통로에서 임의의 두 점 간의 전위의 차를 말한다. 접지는 회로의 일부분을 대지에 도선으로 접속하여 영 전위가 되도록 하는 것을 말한다. (((([그림 1]은 어느 부위에 접지를 했을 때 전위와 전위차에 대한 설명을 한 것이다.)))))

⁴ 네이버 블로그, '전기회로의 회로해석', <http://blog.naver.com/kti0710/120020412107>.

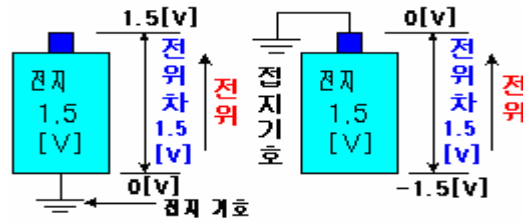


그림 2-1. 전위와 전위차 및 접지

*접지⁵

어스라고도 한다. 기기의 전위(電位)를 대지와 동일한 전위로 유지하고 또 대지를 전기회로의 일부로서 이용하기 위해서이다. 접지에는 저항 값을 작게 하면 유효하므로 저항이 작은 도선(導線)으로 대지에 잇는다. 이로 말미암아 대전도체(帶電導體)의 전위는 대지와 상등하게 0 이 되므로 기기에 닿아도 감전되지 않는다. 전기기기의 결 틀이나 피뢰침 등을 접지하는 것은 이 때문이다.

접지에는 직접접지 · 고 저항접지 · 저 저항 접지 · 리액턴스접지, 소호(消弧)리액턴스접지 등의 방식이 있다. 무선통신에 있어서 장 · 중파의 전파를 발사하기 위해서는 접지를 사용해야 하는데 접지저항은 발사전력손실의 최대원인이 되므로 이것을 감소시키는 것이 무엇보다 중요하다. 소규모의 안테나에서는 땅속에 깊게 매설한 얇은 동판(銅板), 혹은 땅밑 1~2 m 정도의 깊이로 매설한 동선망(銅線網)을 사용하고 대규모의 안테나에서는 안테나 수평부의 투영면적(投影面積)보다 약간 큰 지역에 지선망(地線網)을 만들고 이것을 가공지선(架空地線)으로 접속하여 지선전류의 균일화를 꾀한다.

2.2 옴의 법칙⁶

(1) 저항

저항이란 전기회로에 전류가 흐를 때 전류의 흐름을 방해하는 작용을 하는 것이다. 기호는 R, 단위는 옴(ohm, [Ω])이다. 1[Ω]은 도체의 양단에 1[V]의 전압을 가할 때, 1[A]의 전류가 흐르는 경우의 저항 값을 말한다.

⁵ 네이버 백과사전, '접지', <http://100.naver.com/100.nhn?docid=135615>.

⁶ 네이버 블로그, '전기회로의 회로해석', <http://blog.naver.com/kti0710/120020412107>.

(2) 옴의 법칙(ohm's law)

옴의 법칙은 전기회로 내의 전류, 전압, 저항 사이의 관계를 나타내는 매우 중요한 법칙이다. 전압의 크기를 V , 전류의 세기를 I , 전기저항을 R 이라 할 때, $V=IR$ 의 관계가 성립한다. 즉 전류는 전압에 비례하고, 저항에 반비례한다는 것인데, 이것이 옴의 법칙이다.

$$I = V/R [A] = G \cdot V [A]$$

$$V = I \cdot R [V] = I/G [V]$$

$$R = V/I [\Omega]$$

$$G = I/R = I/V [\Omega^{-1}]$$

여기서 G 는 저항의 역수로 전류의 흐르는 정도를 나타내며 컨덕턴스라고 한다.

(3) 전압 강하

전압강하는 저항에 전류가 흐를 때 저항 양단에 생기는 전위차를 말한다.

2.3. 회로망 정리⁷

(1) 중첩의 원리

중첩의 원리란 2 개 이상의 기전력을 포함한 회로망 중의 어떤 점의 전위 또는 전류는 각 기전력이 각각 단독으로 존재한다고 할 때, 그 점 위의 전위 또는 전류의 합과 같다는 것이다. 전원이 작동하지 않도록 할 때, 전압원은 단락회로, 전류원은 개방회로로 대체하며, 중첩의 원리는 R, L, C 등 선형소자에만 적용이 된다.

⁷ 네이버 블로그, '전기회로의 회로해석', <http://blog.naver.com/kti0710/120020412107>.

(2) 테브넝의 정리

2 개의 독립된 회로망을 접속하였을 때 전원회로를 하나의 전압원과 직렬 저항으로 대체 할 수 있다.

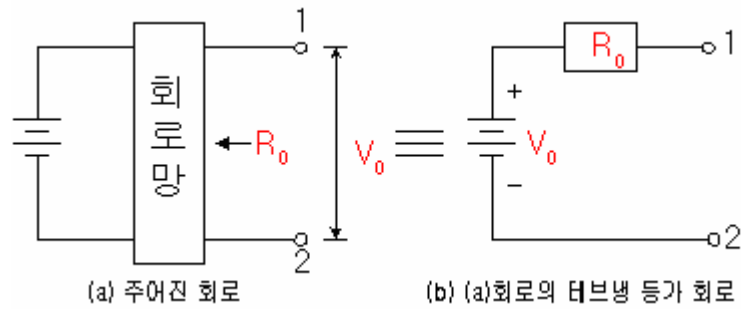


그림 2-2. 테브넝의 등가 회로

R_0 : 전압원을 단락하고 출력 단에서 구한 합성저항.

(3) 노튼의 정리

2 개의 독립된 회로망을 접속하였을 때 전원회로를 하나의 전류원과 병렬 저항으로 대체한다.

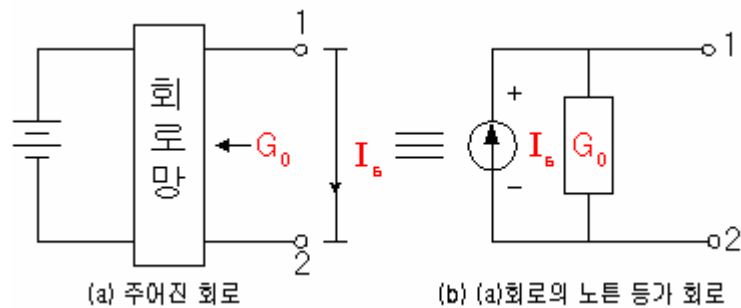


그림 2-3. 노튼의 등가 회로

G_0 : 전류원을 개방하고 출력 단에서 구한 합성저항.

2.4 전기회로 구성요소

2.4.1. 저항

(1)저항의 종류⁸

1) 탄소피막 저항기

일반적이며, 저가격의 저항기이다. 저항 값의 오차는 $\pm 5\%$ 가 가장 많으며, 전력은 1/8, 1/4, 1/2W 가 많다. 특징은 잡음이 심한 결점이 있다.

2) 저항 어레이 저항기

여러 개의 같은 저항 값을 가진 저항기가 일체형이다.

3) 가변 저항기

일반적으로 볼륨저항이라 부르며, 저항 값을 용이하게 바꿀 수 있다.

(2) 저항의 접속⁹

1) 직렬 접속

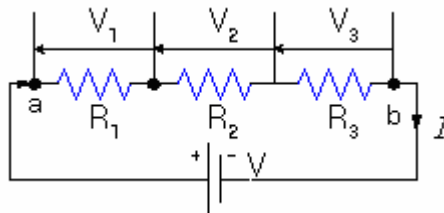


그림 2-4. 직렬회로

저항을 그림과 같이 일렬로 접속하는 것을 말한다.

회로의 합성저항은

$$R = \frac{V}{I} = \frac{(R_1 + R_2 + R_3)I}{I} = R_1 + R_2 + R_3 [\Omega] \text{ 이 되며,}$$

이때 직렬 회로의 전압 분배는 $V_1 = R_1 I$, $V_2 = R_2 I$, $V_3 = R_3 I [V]$ 이 된다.

⁸ 네이버 블로그, '저항의 종류', <http://cafe.naver.com/tng4u/11>.

⁹ 네이버 블로그, '전기회로의 회로해석', <http://blog.naver.com/kti0710/120020412107>.

만약 R 저항이 n 개 직렬 접속된다면, 전체저항 R`는 $R' = nR[\Omega]$ 이 된다.

2)병렬 접속

2 개 이상의 저항의 양 끝을 그림과 같이 각각 한 곳에서 접속하는 접속 방법을 말한다

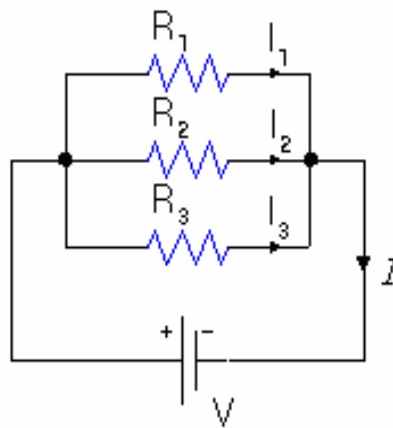


그림 2-5. 병렬회로

위 그림의 합성 저항은

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}, \quad R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \text{ 가 되며,}$$

이때 병렬 회로의 전류의 분배는

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I[A], \quad I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I[A] \text{ 가 된다.}$$

만약 R 저항이 n 개 병렬 접속 된다면, 합성저항 R`는 $R' = R/n[\Omega]$ 이 된다.

3) 직 병렬 접속

직렬접속과 병렬접속을 조합한 것이다.

2.4.2. 다이오드¹⁰

"+"의 전기를 많이 가지고 있는 p형 물질과 "-"의 전기를 많이 가지고 있는 n형 물질을 접합하여 만든 것으로서, 한쪽 방향으로 쉽게 전자를 통과시키지만 다른 방향으로 통과시키지 않는 특성을 가지고 있다. p는 인듐(In)이나 갈륨(Ga)과 같은 물질을 규소에 합성하여 "+"성분(hole: 정공)이 많은 물질이고, n은 비소(As)나 안티몬(Sb)과 같은 물질을 규소에 합성하여 "-"성분(electron: 전자)이 많도록 만든 물질이다. 이들을 접합하여 만든 것을 다이오드라고 하며 pn junction 이라고도 한다.

(1) 다이오드의 내부 구조

종류: pn 접합 형, 점접촉형

(2) pn 접합과 정류 작용(한방으로만 전류를 흐르게 함)

- 전압을 가하지 않을 때: pn 접합 면에 정공이나 전자의 이동을 방해하는 전기장이 생긴.

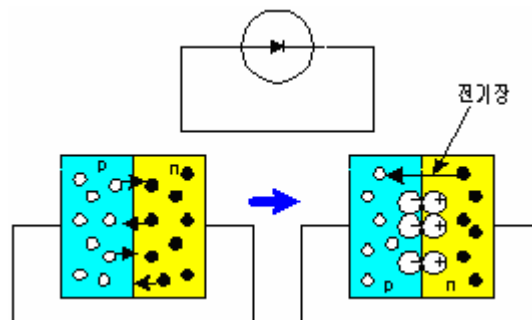


그림 2-6. 전압을 가하지 않았을 때

- 순방향 전압을 가했을 때 (n 형에 -, p 형에 + 의 전압을 가했을 때)

¹⁰ Electric town, '전기이론', <http://user.chol.com/~kimjh94/>.

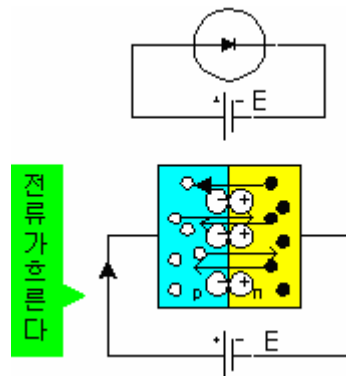


그림 2-7. 순방향 전압을 가했을 때

- n 형 반도체내의 전자는 전원의 -에 의해서 반발 당하고 전원의 +측에서는 끌어당기므로 전자는 n 형에서 p 형 쪽으로 이동.
- p 형 반도체내의 정공은 전원의 +에 의해서 반발 당하고 전원의 -측에서는 끌어당기므로 정공은 p 형에서 n 형 쪽으로 이동
- 이와 같이, 순방향 전압에 의해 내부에 형성된 전기장을 약하게 함으로써 정공이나 전자는 이동하기 쉬워져 p 형에서 n 형 쪽으로 전류가 흐른다.
- 역방향 전압을 가했을 때 (n 형에 +, p 형에 - 전압을 가했을 때)

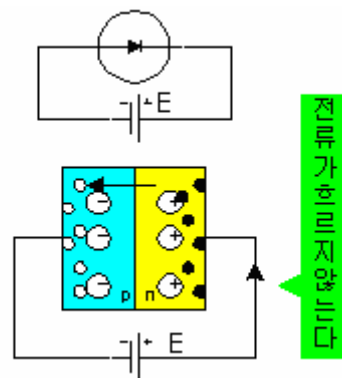


그림 2-8. 역방향 전압을 가했을 때

- 정공은 (+) 성질을 띄고 있으므로 전원의 -측에 끌려가고 전자는 (-)성질을 띄고 있으므로 전원의 +측에 끌려간다.
- 이와 같이, 역방향 전압에 의해 형성되어 있는 전기장을 더욱 강하게 함으로써 정공이나 전자의 이동이 없으므로 전류는 거의 흐르지 않는다.

* LED 에 직렬저항을 연결하는 이유

다이오드는 한 방향으로만 전류가 흐를 수 있으며, 전류가 흐를 때 다이오드 양단은 기본적으로 정전압 특성을 보인다. 즉, 저항처럼 전류에 비례하는 전압강하가 생기는 것이 아니라, 전류가 얼마나 흐르느냐에 무관하게 일정한 전압강하를 보이게 된다. 그래서, 다이오드의 전류-전압 그래프를 보면 전압이 0 에서부터 증가하여 어느 선을 넘을 때까지는 전류가 거의 흐르지 않다가, 그 선을 넘으면서 전류가 거의 수직으로 급격히 증가하게 되는데, 마치 약간의 전압이 걸린 채로 단락 된 것과 비슷하며, 이와 같은 정전압 강하 특성이 강한 다이오드를 특히 스위칭 다이오드라고 한다. 물론, 실제적인 다이오드는 전류가 증가함에 따라 아주 약간의 전압증가가 따르게 되며 전류가 어느 한도 이상으로 증가하게 되면 지나친 발열로 소자가 파손되기도 한다.

LED 는 Light Emitting Diode 의 약자로 발광 다이오드를 일컫는다. 이와 같은 이름에서 알 수 있듯이 LED 도 원래 다이오드인데, 빛이 나오는 다이오드이다. 그래서, 스위칭 다이오드보다는 약하지만, LED 에도 기본적으로 전류에 무관한 전압강하를 보인다는 다이오드의 특성이 남아있으며, 그 빛의 밝기는 흐르는 전류에 비례한다.

LED 의 사양에는 항상 몇 V 에 몇 mA 라는 식으로 전류와 전압이 함께 표시된다. 제조업체에 따라 약간씩은 다르지만 적색의 다이오드는 대개 1.6V 정도의 전압에서 동작하는 반면 청색이나 백색은 그 보다 높은 3.5V 정도에서 동작하며, 대략 20mA 정도의 정격전류에서 동작한다. 여기서, 정격 전류란 소자의 성능이 최대한 발휘되면서 연속적으로 동작시켜도 안정성이 보장되는 전류를 의미한다.

앞에 언급하였듯이, LED 는 다이오드의 특성을 가지고 있기 때문에 정격 동작전압보다 조금이라도 높은 전압이 걸리면 과전류가 흐르면서 파손될 수 있다. 예를 들어, 3V 20mA 의 LED 에 3.2V 전압을 연결하면 다이오드의 특성상 정격 전류보다 훨씬 많은 전류가 흐르면서 파손될 수가 있다.

실제의 경우에는, LED 는 스위칭 특성이 약해서 전류가 증가함에 따라 스위칭 다이오드의 경우보다 좀 더 많은 전압이 올라가기 때문에, 앞의 예에서처럼 3V 짜리에 3.2V 를 연결한다고 해서 쉽게 망가지지는 않지만, 이와 같은 용법은 다이오드의 기본 특성을 무시한 것이기 때문에 권장하지 않는다.

그리고 LED 는 직렬로 저항을 연결하여 사용하는 것이 정석이다. 예를 들면, 3V 20mA 정격의 LED 를 5V 전원으로 구동하고자 하는 경우라면, 정격을 초과하는 전압이 2V 가

되므로, 20mA 의 전류에서 2V 의 초과 전압을 감당하게끔 $R=2V/20mA=100$ 옴의 저항을 직렬로 연결하여 사용한다. 이 저항은 기술적으로 표현하면 전압원을 전류원으로 바꾸어주는 transconductance 의 역할을 한다.

예를 들어, LED+ 직렬저항 양단의 전원전압이 변화한 경우, LED 의 전압은 거의 일정하기 때문에 직렬저항 양단의 전압만 변화하게 되어 변화된 전압에 비례하는 만큼 전류가 변화하여 LED 의 밝기를 조절할 수 있게 된다.¹¹

2.4.3. 트랜지스터¹²

트랜지스터는 기본적으로는 전류를 증폭할 수 있는 부품이다. 아날로그 회로에서는 매우 많은 종류의 트랜지스터가 사용되지만, 디지털 회로에서는 그다지 많은 종류는 사용하지 않는다. 디지털 회로에서는 ON 아니면 OFF 의 2 치 신호를 취급하기 때문에 트랜지스터의 증폭 특성에 대한 차이는 별로 문제가 되지 않는다. 회로 기능은 대부분이 IC 로 처리하는 경우가 많다. 디지털 회로에서 트랜지스터를 사용하는 경우는 릴레이라고 하는 전자식 스위치를 동작시킬 때(릴레이는 구동전류를 많이 필요로 하기 때문에 IC 만으로는 감당하기 어려운 경우가 있다)나, 발광 다이오드를 제어하는 경우 등이다. 회로 기호는 PNP 타입은



, NPN 타입은 으로 표시한다. 트랜지스터는 반도체의 조합에 따라 크게 PNP 타입과 NPN 타입이 있다. 그리고, 트랜지스터는 용도와 상기의 타입에 따라 다음과 같은 명칭이 붙여진다.

- 2SA××× PNP 타입의 고주파용
- 2SB××× PNP 타입의 저주파용
- 2SC××× NPN 타입의 고주파용
- 2SD××× NPN 타입의 저주파용

PNP 타입과 NPN 타입에서는 전류의 방향이 다르다. 마이너스 전압 측을 접지로, 플러스 전압 측을 전원으로 하는 회로의 경우, NPN 타입 쪽이 사용하기 쉽다.

¹¹ 네이버 지식iN, 'LED에 직렬저항을 연결하는 이유',

<http://blog.naver.com/ssrt?Redirect=Log&logNo=60002592476>.

¹² Electric town, '전기이론', <http://user.chol.com/~kimjh94/>.

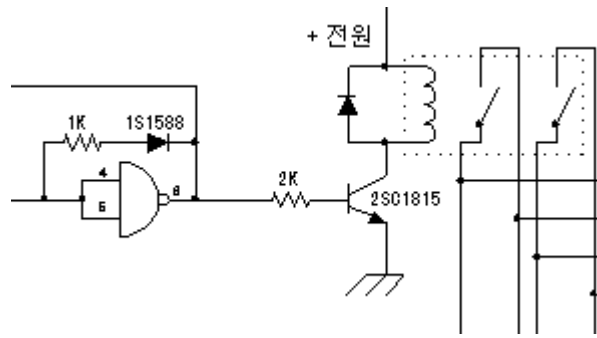
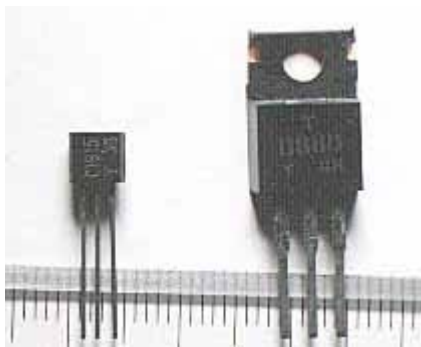


그림 2-9.

(1) 트랜지스터의 외관

트랜지스터의 외관은 여러 가지가 있지만, 여기서는 가장 일반적인 두 종류만 실었다.



사진에서 좌측의 트랜지스터는 2SC1815 이라는 것으로, 디지털 회로에서 흔히 사용한다. 여러 용도에 사용할 수 있으므로 몇 개씩 날개로 구입하기보다는 200 개가 들어 있는 팩으로 구입하면 경제적이다. 사진에서 우측의 트랜지스터는 2SD880 으로, 큰 전류를 취급하려는 경우에 사용한다

전기적 특성은 각각 아래와 같다.

표 2-1. 트랜지스터의 전기적 특성

항 목	2SC1815	2SD880
V_{CEO} (V)	50	60
I_C (mA)	150	3A
P_C (mW)	400	30W

h_{FE}	70~700	60~300
f_T (MHz)	80	3

• V_{CEO} : 베이스(B)를 오픈 했을 때에 컬렉터(C)와 이미터(E)에 걸리는 최대전압.

(단순히 V_{CE} 로 표시하는 경우도 있다)

• I_C : 최대 컬렉터(C) 전류.

• P_C : 주위온도(T_a)=25℃에서 연속해서 소비시킬 수 있는 최대 컬렉터(C) 손실(방열기 없음)

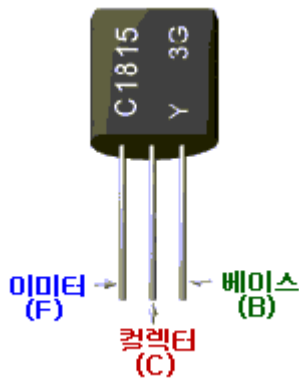
• h_{FE} : 이미터(E) 접지에서의 직류에 대한 전류증폭률($I_C \div I_B$).

• f_T : 주파수를 높여가면 증폭 능력이 저하하는데, 베이스 전류(I_B)와 컬렉터 전류(I_C)가 같아지는 주파수. [직류증폭을 할 수 없게 되는 주파수(트랜지션 주파수)]

(2)트랜지스터의 리드

트랜지스터의 종류에 따라 리드의 내용이 다르기 때문에 매뉴얼 등을 참조하여 확인할 필요가 있다.

2SC1815의 경우



품명이 인쇄되어 있는 평평한 면을 바라 보았을 때,

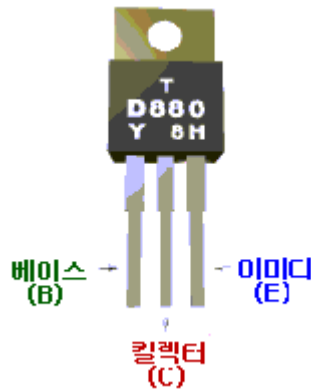
오른쪽 리드가 베이스

중앙의 리드가 컬렉터

왼쪽의 리드가 이미터

이다.

2SD880 의 경우



품명이 인쇄되어 있는 면을 바라 보았을 때,

오른쪽 리드가 이미터

중앙의 리드가 컬렉터

왼쪽의 리드가 베이스

이며, 2SC1815 와는 반대이다

2.4.4. 콘덴서(Capacitors)¹³

저항과 달리 자신이 속해 있는 회로 내에서 전압이나 전류의 변화에 대해서만 그 특성을 변화시킨다. 이상적인 상태에서 저항과 같이 에너지를 소비하지 않고, 에너지를 저장하기만 한다.

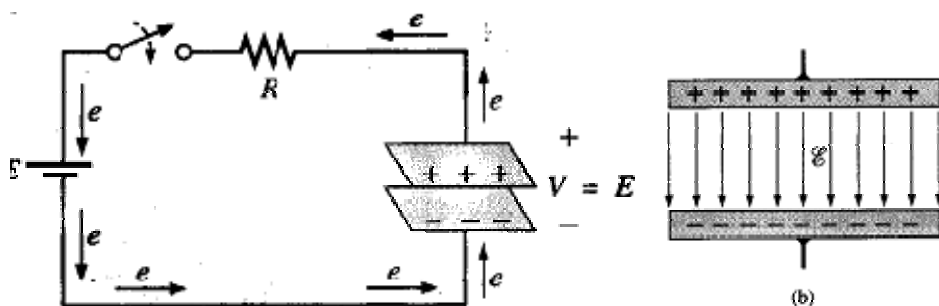


그림 2-10

그림과 같은 회로의 대전되지 않은 상태에서 스위치가 닫히는 순간 위판으로부터 저항을 통해 전원의 양극으로 전자가 흐르므로 위판에 양전하가 축적된다. 전자는 전원의 음극에 의해서 아래 판으로 상판에서 흘러나온 양과 같은 비율로 모이게 된다. 이러한 작용은 양판간의 전위차가 전원의 전압과 똑같아질 때까지 계속된다. 그 결과로 그림 7(b)와 같이 상판의 양전하와 하판의 음전하로 분리된 전하로 대전된다. 콘덴서의 용량은 1쿨롬(c)의 전하가 1볼트(v) 전위차의 판 사이에 존재할 때, 1 화라드(F)의 용량을 가졌다고 한다.

¹³ 연우의 win-win 나눔터, ‘콘덴서 동작’, <http://blog.naver.com/nsesibong/60028248672>.

$$C = Q/V [F]$$

2.5. AVR¹⁴

AVR 은 Alf(Bogen) Vergard(Wollen) Risc 의 약자로서 ATMEL 사에서 제작된 RISC 구조의 CPU 이다. AVR 은 비교적 저렴한 가격에 비해 1MHz 당 1MISP(컴퓨터의 성능을 나타내는 지표의 하나로 1MIPS 는 1 초당 1 백만 회의 명령을 시행하는 연산속도를 의미한다.)라는 속도를 가지며 RICS 타입이므로 1 명령 사이클이 내부 클럭 (cpu 를 비롯한 컴퓨터의 모든 부품들은 특정한 신호에 맞추어 동작을 하는데, 이 신호를 가리키는 말이 클럭임)의 1 클럭에 의해 처리되는 방식이다. AVR 의 역할은 적외선 센서와 리더를 연결하는 고리로, 센서로부터 받아들이는 전압을 이용하여 거리를 측정하고 그것을 분석해 리더에 명령을 내리는 것이다.

2.5.1. 일반적인 AVR 의 특징

(1) 빠른 동작속도 및 간단한 명령어

RISC(Reduced Instruction Set Computer)구조로 명령어가 간단하다. 또한 118 개의 명령어가 대부분 1 클럭에 실행되며, 1MHz 당 1MIPS 의 성능을 지니므로 빠른 동작 속도를 지닌다.

(2) 데이터 & 비 휘발성 프로그램 메모리

플래시 메모리를 내장하고 있어 프로그램을 기록한 후 전원을 제거하더라도 저장된 데이터가 사라지지 않으며, 재기록이 가능하여 프로그램을 재기록하는 것이 필요한 응용에 편리하게 사용된다. 또한 EEPROM 메모리를 가지고 있어서 전원이 없이도 장기간 안정적으로 기억할 수 있으며, 기록된 데이터를 전기적으로 소거하여 재기록 할 수 있어서 데이터 백업이 가능하다.

(3) 직렬 통신 포트를 사용한 ISP(In System Programming) 기능

AVR 칩을 타겟보드에 부착한 채로 플래시메모리와 EEPROM 메모리에 여러 번의 프로그램을 써 넣을 수 있다.

(4) C 언어 처리의 편리성

¹⁴ 네이버 블로그, 'AVR의 특징 및 종류',

<http://blog.naver.com/murse2000?Redirect=Log&logNo=30008468701>.

CPU 설계 단계에서 레지스터/메모리/명령어가 C 언어에 적합하도록 설계되었다. C 언어를 사용하면 개발기간이 단축되고 유지 및 보수가 간단하다.

(5) 적은 소비 전력(4MHz, 3V 25 에서)

활성모드에서 2.8~6.4mA, Idle 모드에서 0.8~1.9mA, 절전 모드에서 1uA 이하의 전류를 소모한다.

2.5.2 AVR 패밀리의 종류와 특징

(1) Tiny 시리즈: RAM 이 없거나 적은 모델이 대부분이며 핀 수 또한 적어서 간단한 어플리케이션에 적합하다.

(2) AT90S 시리즈: RAM 의 크기는 보통으로 8051 과 비슷하거나 더 나은 성능을 제공한다.

(3) Mega 시리즈: 플래시 메모리와 램의 용량이 크고 핀 수 또한 많아서 복잡한 어플리케이션에 적합하다.

2.6. 센서

센서라 하여도 그 범위는 대단히 넓어, 아래로는 스위치와 같이 간단한 것부터 위로는 CCD 카메라와 같은 고도의 시스템 레벨의 것까지 있다. 센서를 한마디로 표현한다는 것은 대단히 어려운 일이지만 일반적으로 "센서란 모든 정보 및 에너지의 검출 장치이며 그 규모는 비교적 작은 파워의 것을 말한다" 라고 한다. 센서는 모든 정보 및 에너지를 물리적, 화학적, 생물학적 수단을 사용하여 검출하고 있으며, 이러한 출력 정보는 일반적으로 전기 신호로서 취급되고 있다. 그런데 JIS BO 134 산업로봇 용어에서는 센서를 "감각 기능을 실현하기 위한 검출 소자"라고 정의하고 있는 반면, JIS BO 155 공업 프로세스 측정 제어 용어 및 JIS Z 8103 측정 용어에서는 "대상의 상태에 관한 측정량을 신호로 변환하는 시스템의 최초의 요소" 라고 정의하고 있다.

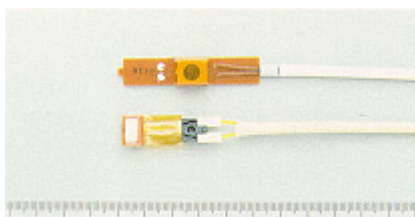


그림 2-11. 서브 미터 온도 센서

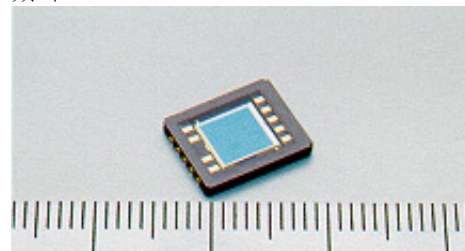


그림 2-12. 광(적외선)센서

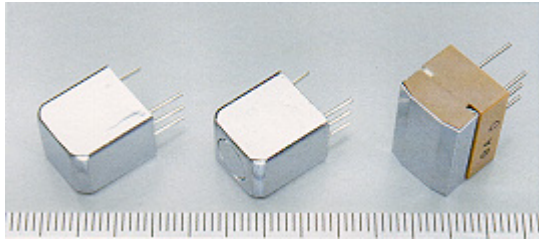


그림 2-13. 자기 센서

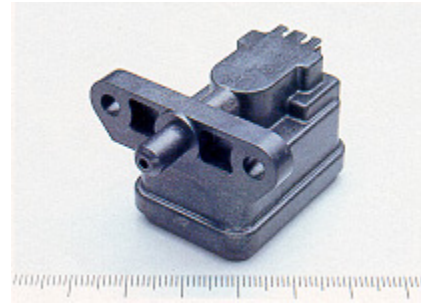


그림 2-14. 압력 센서

2.6.1 센서의 종류¹⁵

앞에서 설명한 것과 같이 센서의 작용은 모든 정보 및 에너지의 검출을 목적으로 하고 있다. 따라서 그 검출 대상도 넓고 또한 대단히 복잡하다. 다음 표는 대표적인 센서류를 검출 대상 별로 정리한 것이다.

표 2-2. 센서의 종류

	검출대상	소자 및 센서(유닛명)
1	광 광 센서	포토다이오드, PIN 포토다이오드, 포토애플란시 다이오드, 포토트랜지스터, 솔라배터리, CdS 셀, 셀렌, CCD, CPD, CID, 광전관, 포토멀, 촬상관, PSD
2	자기 자기센서	홀소자, MR 소자, 자기헤드(검출 코일 형 및 반도체형), 영구자석, MD(마그네틱 다이오드), SQUID(초전도양자 간섭장치, 조셉슨 소자)광파이버(광패러데이 효과를 사용한 자기장 센서), 자침, 인덕토신, 자기 트랜지스터, 자기 형 근접스위치(리드 스위치), 자성유체(자기 시트), 전자기 유도형 근접스위치(코일), 자기 파라메트릭 센서, 커런트 트랜스, 자외선
3	온도(적외선 포함) 온도센서	서미스터(양, 음 특성), 감온저항(백금), 서모커플, 수정진동자, 초전형 적외선 센서, IC 화 온도센서, 트랜지스터, 광전관, 다이오드(VBE, VF 이용), 포토다이오드, 포토트랜지스터, SMA(형상기억 합금), 감온 페라이트, 액정, 수온(알코올), 온도계, 양자형 적외선 센서

¹⁵ CAR123TEC, ‘센서이야기’, <http://www.car123tec.co.kr/>.

4	압력	스트레인 게이지(로드셀), 압전소자, 코일 스프링, 판 스프링, 가압도전시트(고무),
	압력센서	감압폴리머(중합체), PD(감압다이오드), IC 압력 센서, 다이어프램(박막 형 압력센서, 확산 형 압력센서), 차동트랜스(토크 트랜스듀서), 토션 바(광학 위상식 및 자기 위상식)
5	진동(음파포함, 초음파)	마이크로폰(전자기식, 압전식), 페라이트, 티탄산바륨, 세라믹스(가속도 센서), 다이어프램, 압전소자, 자외선(탄성파), 지진계(진자의 지진동에 대한 상대운동)
	진동센서	
6	기체/냄새	세라믹센서, 반도체 식 센서, 산화주석, 산화 철 센서, 후막구조
	가스센서	세라믹스(습도센서), 기타의 화학반응을 사용한 센서(전해질 셀, 접촉 연소 식), 바이오 케미컬 센서, 지르코니아 산소 센서, 백금선, 산화아연

이번의 선주의 요구조건이 자동제어 인데, 첫 번째 목표가 벽과 일정한 거리를 유지한 채 운항하는 것이고, 두 번째 목표가 장애물을 피해서 운행하는 것이다. 그래서 거리 측정에 유리한 센서를 찾아 보았는데 여기서 적외선 센서가 가장 적당했다. 그래서 적외선 센서에 대해서 알아 보기로 하였다.

2.6.2. 적외선 센서¹⁶

적외선 센서는 가시광선 보다 파장이 긴 영역의 적외선 검출에 이용되는 센서이다. 적외선은 물체가 연소할 때 발생하는 경우가 많아 적외선 온도센서, 적외선을 이용한 화상처리, 물체인식 등에 많이 이용된다. 서모파일 등도 이에 속한다.

적외선은 가시광선 이외의 영역, 즉 적색 빛 바깥쪽에서 발생하는 빛 에너지로, 파장이 긴 편에 속한다. 파장 $0.75\sim 3\mu\text{m}$ 의 적외선을 근적외선, $3\sim 25\mu\text{m}$ 의 적외선을 단순히 적외선이라 하며, $25\mu\text{m}$ 이상의 것을 원적외선이라 한다. 적외선은 육안 검출이 불가능하고, 낮은 온도의 물체에서 방사되고, 물체에 대한 흡수 계수가 크며, 가시광선이나 자외선에 비해 강한 열 작용을 가지고 있는 것이 특징이다. 강한 열 작용에 의해 열선이라고도 불리는데 적외선이 강한 열 효과를 가지고 있는 것은 적외선의 주파수가 물질을 구성하고 있는 분자의 고유진동수와 거의 같은 정도의 범위에 있기 때문이다. 이는 물질에 적외선이 부딪히면 전자기적 공진현상을 일으켜 적외광파의 에너지가 효과적으로 물질에 흡수되는

¹⁶ 김동화, 「신편센서공학」, 태훈출판사, 2001년.

것에 기인한다. 특히 액체나 기체상태의 물질은 각각의 물질에 특유한 파장의 적외선을 강하게 흡수한다.

적외선 센서는 이들 특징을 잘 이용한 것으로 공업계측 분야에 많이 이용된다. 적외선 센서에서도 파장 $3\mu\text{m}$ 이상의 긴 파장 영역을 이용하는 양자형 센서(광도전형이라고도 함) 짧은 파장영역을 이용하는 초전형 센서로 구분된다. 또 열의 적외선 특성을 이용한 열 적외선 센서도 있다.

(1) 적외선 센서의 종류

1) 양자형 센서

양자형 적외선 센서는 적외선 중에서도 $3\mu\text{m}$ 이상의 긴 파장을 검출하는 것으로 광 도전 효과, 광기전력효과 등을 이용한 적외선 센서이다. 광 도전 효과란 반도체에 빛 에너지를 가하면 전자와 정공이 발생하여 도전율이 증가하는데 이를 광 도전 효과라 하고, 광기전력효과는 반도체나 전해질 용액에 빛을 비추면 빛이 닿는 바깥 면에 전위차나 기전력이 생기는 현상을 일컫는다. 양자형 적외선 센서는 감도가 높고, 응답 속도가 빠르다는 장점을 들 수 있는 반면, 검출 감도에 파장 의존성이 있어서 상대적으로 긴 파장만을 검출할 수 있고 항온 항습을 유지해야 하며, 원적외선 영역에서의 측정에는 액체질소 등의 냉각이 필요하므로 경비가 많이 든다는 점이 있다. 이용분야에는 적외선 카메라, 방사 온도계, 적외선 현미경 등이 있다.

2) 초전형 센서

물체에서 나오는 열 방사 에너지(적외선)를 이용해 각종 물체의 유·무 식별, 형상인식, 자동제어 계통에서의 이물질 검출 등 많은 분야에 널리 이용되는 센서이다. 감도와 응답속도는 양자형에 비하여 느린 반면 검출 감도의 파장 의존성이 없으며, 냉각의 필요성이 없다는 장점이 있다. 이용분야는 자동문, 인체감지기(침입자경보기), 조명기구에서의 어두운 현관의 자동점등, 어린이 방에서의 자동소등 등과 같이 우리 생활에도 손쉽게 이용 되고 있다.

3) 서모파일

열전대와 같은 원리를 이용해 적외선을 감지할 수 있는 것이다. 열전대는 두 종류의 다른 금속을 접합시켜 온도 차에 의해 발생하는 기전력을 이용해 온도를 측정하는 것인데

서모파일은 이 열전대를 미소한 넓이에 고밀도로 배치하여 수광영역이 온 점점, 기판을 냉 점점으로 하여 적외선에 의한 기전력을 얻는다.



그림 2-15. 서모파일의 형태

(2)적외선 센서의 동작 원리

[그림 2-16]은 적외선 센서의 발광 부와 수광부를 나타낸다. [그림 2-16]은 발광 부 센서와 수광부 센서를 바닥 면으로 향하도록 고정하고 발광 부 센서를 발광시킨 후 수광부 센서에서 빛을 받아들이는 과정을 나타내고 있다. 바닥 면이 발광 부와 수광부 사이의 거리가 멀 경우 발광 부 센서에서 나온 빛이 바닥 면에 반사되어 수광부로 들어오는 양이 적어지게 된다. 반면 바닥 면이 발광 부와 수광부 사이의 거리가 가까울 경우 발광 부에서 나온 빛이 바닥 면에 반사되어 수광부로 돌아오는 양이 많아지게 된다.

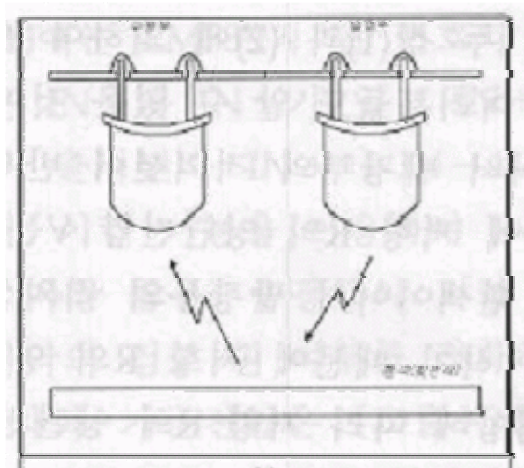


그림 2-16. 적외선 센서의 동작 원리

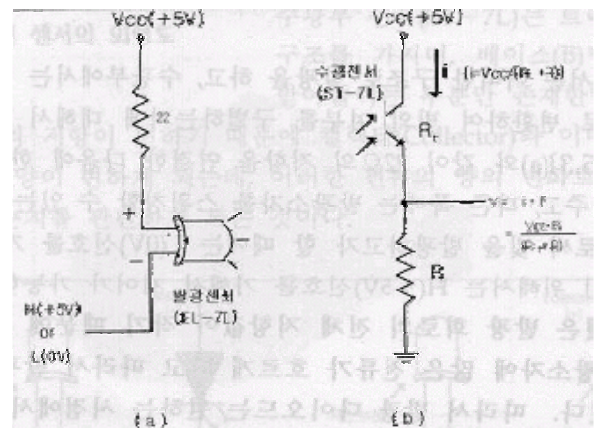


그림 2-17. 발광 부와 수광부의 회로도

발광센서는 [그림 2-17(a)]와 같이 저항을 연결한 다음에 한쪽 단자에는 $V_{cc}(+5V)$ 를 연결하여 주고, 다른 쪽에는 발광소자를 스위칭 할 수 있는 제어부에 연결을 한다. 이렇게 함으로써 빛을 발광하고자 할 때에는 $L(0V)$ 신호를 가하여 주고, 빛을 발광하지 않게 하기 위해서는 $H(+5V)$ 신호를 가해서 제어가 가능한 것이다. 수광부의 회로는 [그림 2-17(b)]와 같이 구성되어 있다. 그림에서 빛이 수광소자의 창으로 들어오면 수광소자의 저항 R_t 가 현격히 줄어들게 된다. 수광소자의 저항 R_t 와 저항 R 이 직렬로 연결되어 있으므로, 수광부에 흐르는 전류의 양은 두 저항의 합을 가지고 전압 V 를 나눈 값이 된다. 때문에 수광소자의 양단에 걸리는 전압은 $R_t \times I$ 가 되고 저항 R 의 양단에 걸리는 전압은 $R \times i$ 가 되어서 회로상의 $V_{cc}=I(R_t+R)$ 가 된다. 이는 옴의 법칙으로 알 수 있다. 이 식들을 정리해 보면 다음과 같다.

$$I = V_{cc} / (R_t + R) \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{저항}(R) \text{의 양단 전압}(V) = I \times R = V_{cc} \times R / (R_t + R) \dots\dots(2)$$

[그림 2-17]에서 저항 R 의 양단전압(V)은 이 두 식(1)과 (2)에 의하여 수광 소자의 저항 R_t 의 값에 따라서 변한다는 사실을 알 수 있다.

그러므로, 수광부 센서로 들어오는 빛의 양이 많지 않을 때(반사되는 지점과 센서 사이의 거리가 멀 경우)에는 수광소자의 저항 값(R_t)이 크기 때문에 저항 R 의 양단전압 V 는 낮게 나타날 것이다. 그러나 수광부 센서로 들어오는 빛의 양이 많을 때(반사되는 지점과 센서 사이의 거리가 가까울 경우)에는 수광소자의 저항 값(R_t) 작기 때문에 저항 R 의 양단전압 V 는 높게 나타내게 된다. 다시 정리하면 반사지점의 멀고 가까움에 따라 저항 R 의 양단전압(V)은 달라지게 되므로 이로써 반사지점과의 거리를 측정할 수 있게 된다.

3. 선박의 자동제어 알고리즘

첫 번째 목표가 배가 벽을 따라서 일정한 거리를 유지한 채로 움직이는 것이고, 두 번째 목표가 장애물을 피하면서 몇 분간 운동을 해야 하는 것이다.

먼저 센서의 위치와 방향을 결정하여야 했다. 검토 끝에 결정 된 것은, [그림 2-1] 모든 센서를 앞쪽에 배치 하고, 센서2와 센서3을 45°정도로 비스듬하게 다는 것이었다. 센서를 앞쪽에 배치한 이유는 배가 앞으로 진행하므로 진행하는 부분의 거리를 측정해야 하기 때문이었고. 센서2와 센서3을 45°정도로 비스듬하게 단 이유는 장애물을 피할 때 더 유리하다고 생각하였기 때문이다.

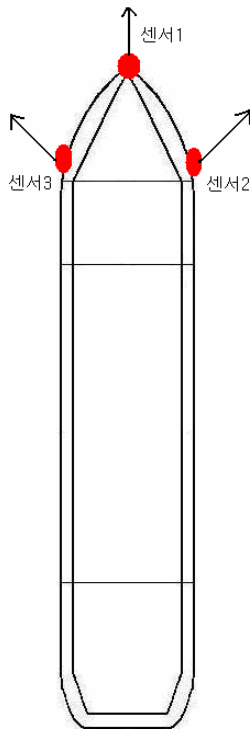


그림 3-1.센서의 배치

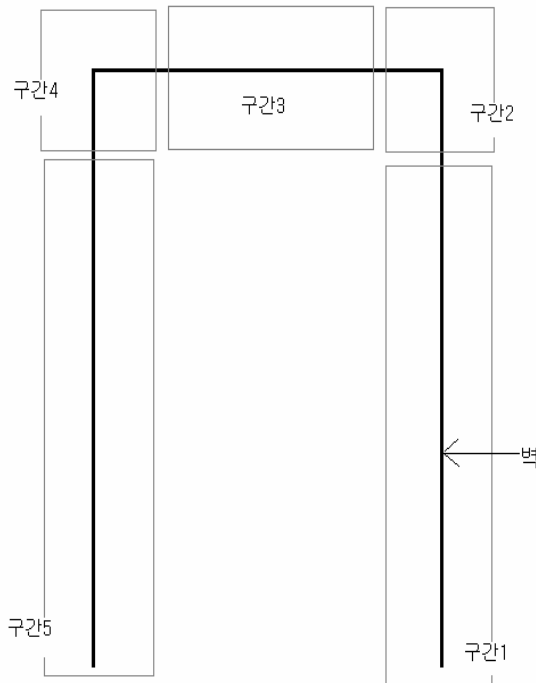


그림 3-2. 구간 배치

3.1 벽과 일정거리 유지

첫 번째 목표를 위해서 [그림 2-2]와 같이 벽을 이동해야 할 부분을 5구간으로 나누어 보았다. 구간1과 구간3, 구간5는 벽을 따라서 직진하면 되는 부분이고, 구간 2와 구간4는 벽을 따라서 선회 해야 하는 구간이다. 구간 1,3,5에서는 센서 2가 증가 되고, 구간 2,4 에서는 센서 1이 증가 된다. 다음은 첫 번째 목표를 위해 개략적으로 작성한 알고리즘이다.

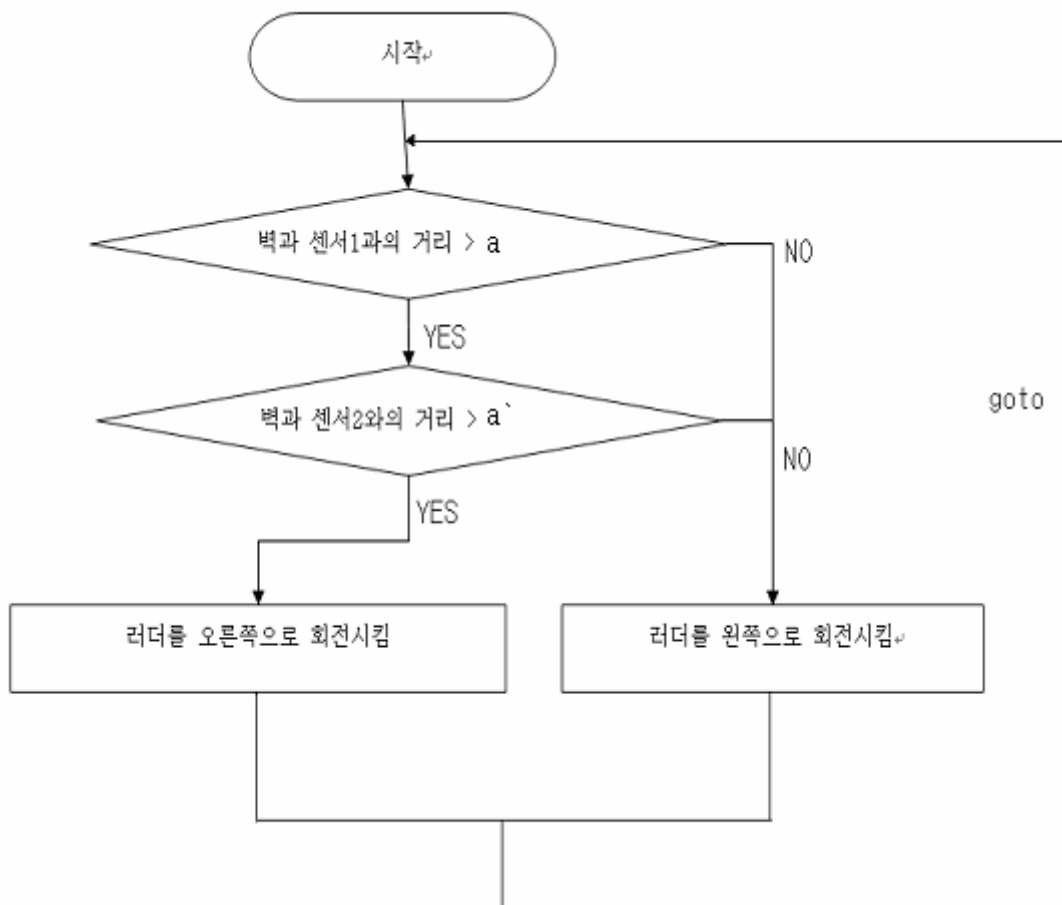


그림 3-3. 벽과 일정거리 유지를 위한 알고리즘

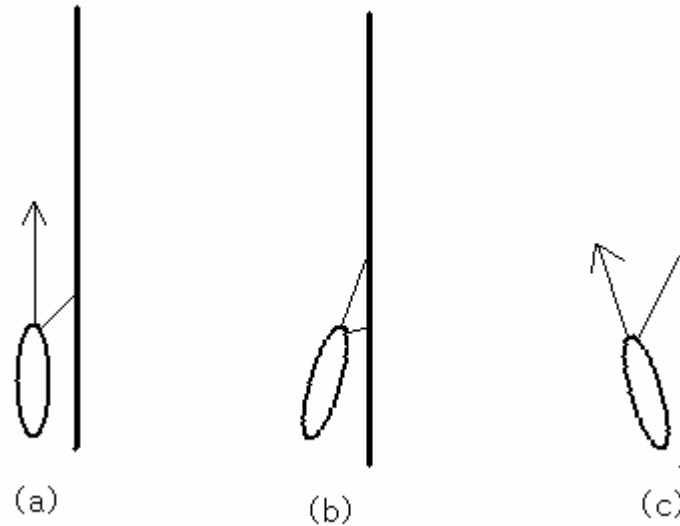


그림 3-4. 배의 방향에 따른 알고리즘의 적용

알고리즘을 적용해 보자. 먼저 구간 1,3,5 에서 먼저 센서1이 벽과의 거리를 측정한다. (a)의 경우 센서1은 앞쪽을 바로 보고 있으므로 거리가 충분히 멀다. 따라서 센서2의 측정으로 넘어간다. 센서2의 경우 거리가 멀다면 리더가 오른쪽으로 회전해 배가 오른쪽으로 선회하게 된다. 반면 거리가 가깝다면 리더가 왼쪽으로 회전해 배가 왼쪽으로 선회하게 된다. (b)의 경우에는 센서1은 앞쪽의 거리를 측정 하게 되는데 가깝다면 배는 왼쪽으로 선회하게 되고, 멀다면 센서 2의 측정으로 넘어간다. 센서2의 측정에서 거리가 가깝다면 배는 왼쪽으로 방향을 틀게 되고 멀다면, 배는 오른쪽으로 방향을 틀게 된다. 그런데 (b)의 경우에 방향을 오른쪽으로 틀게 되면, 방향이 벽 쪽으로 너무 향하지 않을까 생각하였지만, 배의 선회 방향적을 고려 해 보았을 때 그렇지 않을 것으로 고려된다. 배의 리더를 오른쪽으로 틀었을 때 배가 바로 오른쪽으로 꺾는 것이 아니라 처음에 왼쪽으로 움직인 후, 오른쪽으로 방향을 튼다. 배가 왼쪽으로 틀어서 진행하는 동안 배는 벽과 가까워 질 것이므로, 리더가 다시 오른쪽으로 향해서 배가 오른쪽으로 선회 할 것이다. (c)의 경우는 (a)의 경우와 비슷한데, 센서1은 별 영향을 미치지 못하고 센서2에 의해서 선회방향이 결정될 것이다. 거리가 멀다면, 오른쪽으로 선회하고, 가깝다면 왼쪽으로 선회 하게 되는데, 왼쪽으로 선회 할 경우 배의 방향이 벽 쪽에서 너무 틀어지는 것 역시 선회 방향적을 고려 했을 경우 해결 될 것으로 생각되었다.

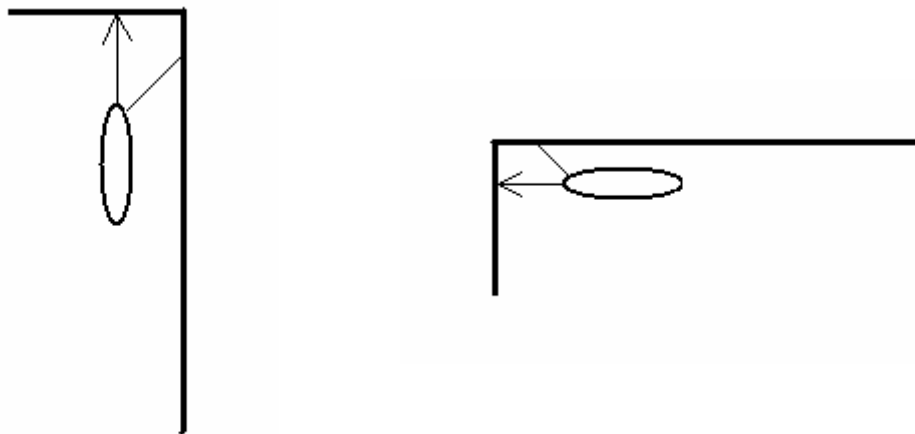


그림 3-5. 구간 2,4 에서의 알고리즘 적용

구간 2,4에서는 벽면을 따라 선회 해야 한다. 그림과 같이 먼저 센서1이 앞쪽 벽면에 반응하게 되는데 알고리즘에 의해 러더가 왼쪽으로 회전하게 되고, 배가 왼쪽으로 선회하게 된다. 선회를 한 후에는 다시 벽면을 따라 직진하게 되므로 앞의 경우를 따르게 된다.

3.2. 장애물 피하기

장애물을 피할 때는 센서1을 제외한 센서 2와 센서3만을 이용해서 하였다. 알고리즘은 다음과 같다

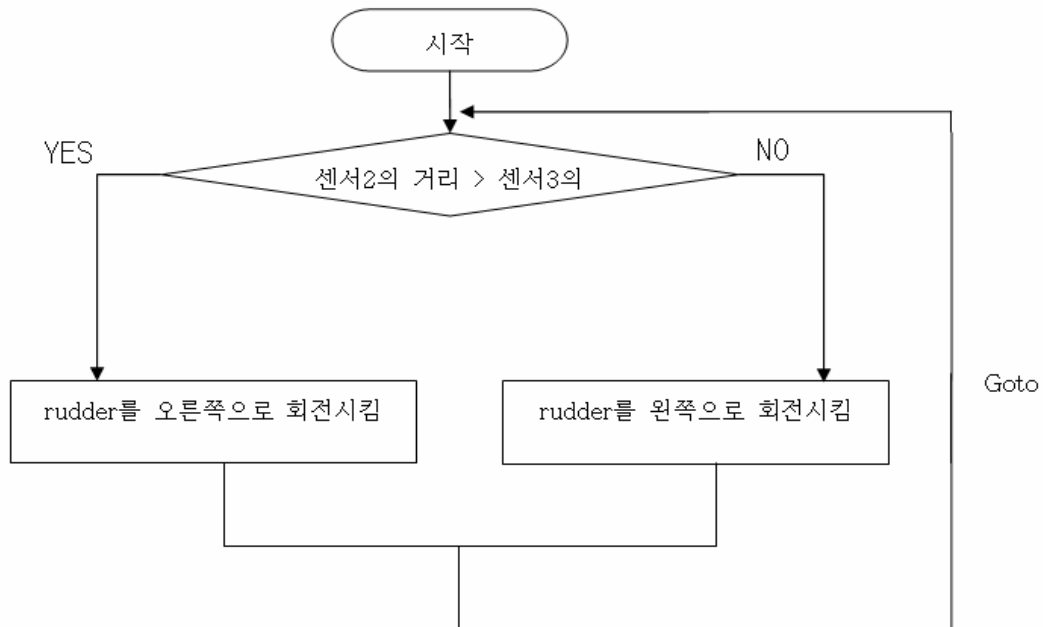


그림 3-6. 장애물 피하기 알고리즘

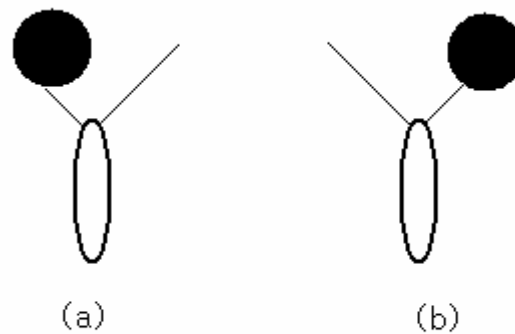


그림 3-7. 장애물 피하기 알고리즘의 적용1

센서2와 센서 3의 거리를 측정하여 거리가 먼 쪽으로 선체를 회전 시키는 것으로 하였다. 그렇게 된다면 그림 (a)의 경우에는 센서 3에서 측정한 거리 값이 더 가까우므로 배는 오른쪽으로 선회하게 된다. 반면 (b)의 경우에는 센서 2에서 측정한 거리 값이 더 가까우므로 배는 왼쪽으로 선회하게 된다. 이러한 경우는 단순한 경우이므로 몇 가지 경우를 더 고려해 보았다.

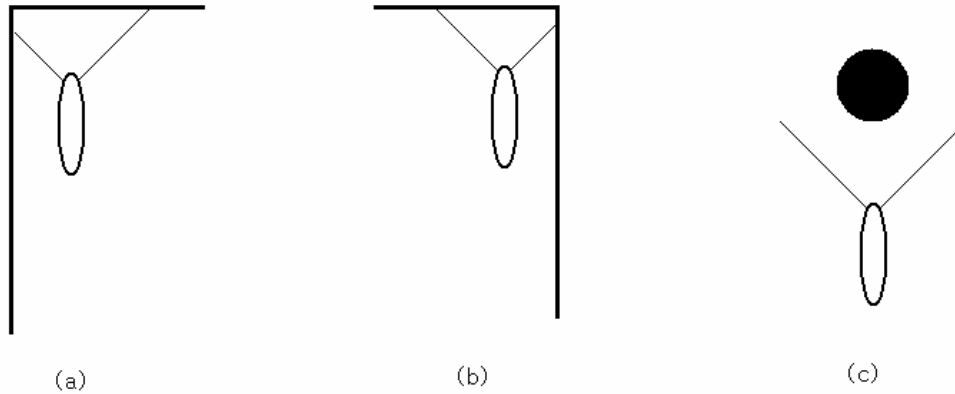


그림 3-8. 장애물 피하기 알고리즘 적용 2

위의 그림(a), (b)는 배가 모서리 지역에 있을 때 이고, 그림(c)는 배 정면에 장애물이 있는 경우를 가정해 본 것이다. 그림 (a)와 같은 경우에는 센서 3에서 측정된 거리 값이 센서 2에서 측정된 거리 값보다 크므로 배는 오른쪽으로 선회하게 된다. 그림 (b)는 센서 2에서 측정된 거리 값이 센서 3에서 측정된 거리 값보다 크므로 배는 왼쪽으로 선회하게 된다. 따라서 배가 모서리 지역에 있다고 하더라도 부딪히는 경우는 없다고 생각된다. 그리고 (c)의 경우를 고려해 보았다. (c)에서는 센서가 장애물을 인식하지 못하게 된다. 하지만 알고리즘에서 보듯이 배의 러더는 항상 왼쪽이나 오른쪽으로 틀어져 있다. 그렇기 때문에 (c)의 상황이라고 하더라도 배는 오른쪽이나 왼쪽으로 선회하고 있는 경우이기 때문에 선회하다 보면 센서의 범위에 들어 오게 된다. 따라서 c의 경우도 오른쪽이나 왼쪽으로 장애물을 피하게 된다.

4. 추진 장치¹⁷

추진장치는 수상 또는 수중에 떠있는 선박 또는 잠수 체를 어떤 속도로 운항할 때 대상체를 밀어주는 추진력을 발생하는 장치이다. 오늘날 선박용 추진장치는 선박의 특성과 사용 목적에 따라 여러 가지 형태가 사용되고 있다.

¹⁷ Enjoy Yachting World, '선박의 추진 장치', <http://blog.naver.com/ydcbk/20026120710>.

4.1. 프로펠러

4.1.1. 고정피치 프로펠러

선박의 추진장치에는 여러 가지가 있는데 그 중에 스크류 프로펠러가 가장 보편적으로 많이 사용되고 있다. 이것은 가장 일반적인 추진장치로 바다, 강 또는 호수에서 운항하는 선박에서 쉽게 볼 수 있다. 일반적으로 추진효율도 다른 종류의 추진장치보다 비교적 높은 편이다. 선박의 특성과 목적에 따라 다른 종류의 추진기를 사용하기도 하지만, 일반적으로 스크류 프로펠러 추진장치는 소형 어선에서부터 고속 함정, 초대형 컨테이너선 또는 초대형 유조선 등 선박의 크기와 종류에 거의 무관하게 사용될 수 있다. 또한 구조적으로도 비교적 간단하고 제작비 측면에서도 다른 종류의 추진기보다는 유리하다. 이 추진기는 회전축과 연결되는 허브(Hub) 부분에 날개(Blade)들이 일체로 고정되어 있어서 고정피치 프로펠러(Fixed Pitch Propeller)라고 한다. 따라서 축이 회전하면 허브와 날개들이 일체가 되어 동시에 회전한다. 이때 회전하는 날개들의 주위유동으로 날개표면에서 압력변화 즉, 배에서 보이는 날개면(흡입 면, Suction Side)에서는 압력이 낮아지고, 다른 면(압력 면, Pressure Side)에서는 압력이 높아져 배의 전진 방향으로 추력이 발생한다. 배의 속도는 프로펠러 회전 수를 조절하여 연속적으로 변화시킬 수 있다.

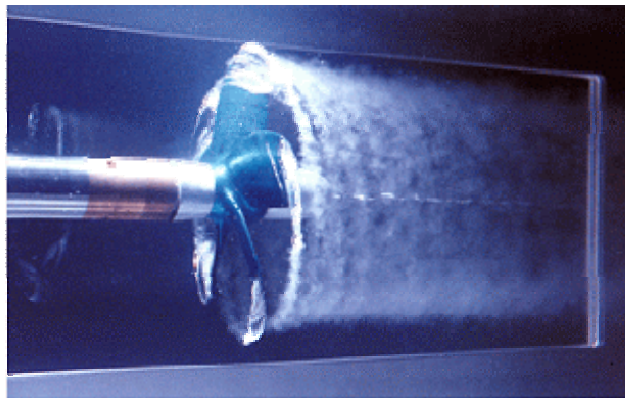


그림 4-1. 고정피치 프로펠러

4.1.2. 가변피치 프로펠러

가변피치 프로펠러(Controllable Pitch Propeller)는 고정피치 프로펠러와 유사하게 추진축에 1 개의 프로펠러가 장착된다. 고정피치 프로펠러는 날개가 허브에 고정되어있는 반면 가변피치 프로펠러의 날개는 선박의 운항속도에 따라 날개들이 각각의 날개 축을

중심으로 회전시켜 날개 자체의 피치 각을 조정할 수 있다. 따라서, CPP 허브에 연결된 축계 내부가 비교적 복잡하게 구성되고 유압장치로 날개 각도를 조절할 수 있다. 따라서 축에 연결된 엔진의 회전 수를 일정하게 한 상태에서 프로펠러 날개의 피치 각도를 조절하여 추력과 선속을 조절할 수 있다. 이 추진장치의 장점은 엔진 등의 추진관련 기계장치를 가속과 감속을 하지 않고도 추력을 미세하게 조정할 수 있기 때문에 선박의 조종성능(Maneuverability)과 위치제어 성능을 우수하게 한다. 최근에는 유도선, 산적화물선, 컨테이너선, 중대형 어선 등에도 많이 사용되고 있다. 특히 여객선(passenger Vessel), 페리선(Ferry), 예인선(Tug) 및 해양작업선(Offshore Vessel)등에는 대부분 CPP 를 사용한다. 앞에서 말한 바와 같이 축계의 구조가 복잡하여 초기비용이 높은 편이다.

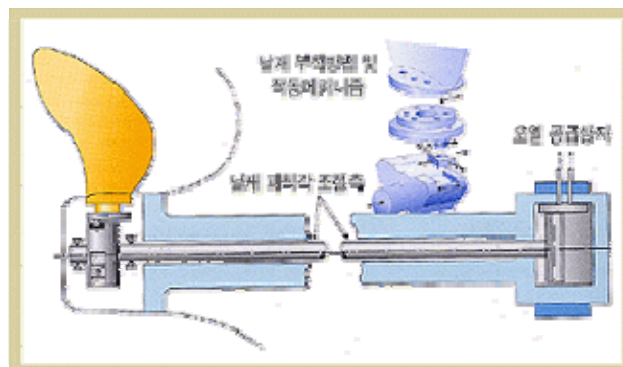


그림 4-2. 가변피치 프로펠러

4.1.3. 상호반전 프로펠러

상호반전 프로펠러(Counter-Rotating Propeller)는 동일 축 상에 회전방향이 상호반대인 2 개의 프로펠러가 장착되는 형태이다. 프로펠러 축은 동일 축 상에 있으면서 안쪽에서 회전하는 것과 바깥쪽에서 회전하는 것으로 구성된다. 1 개의 프로펠러의 경우에는 프로펠러를 통과한 물이 회전하기 때문에 물의 회전운동에너지를 바다에 버리게 되어 에너지 손실이 발생한다. 그러나 CRP 추진장치는 전방 프로펠러와 후방 프로펠러의 유체역학적인 상호작용을 이용하여 프로펠러에 유입되는 물이 2 개의 프로펠러를 지나고 난 후에 회전운동에너지를 최소화 할 수 있다. 따라서 바다에 버리게 되는 에너지를 회수함으로써 일반 상선에 적용 시에는 추진효율을 약 6~7%정도 향상시킬 수 있다. 그리고 CRP 는 더 작은 직경으로도 고정피치 스크류 프로펠러와 동일한 추진력을 얻을 수 있으므로 프로펠러와 선체와의 간격을 크게 할 수 있다. 이런 상호 간격의 증가는 프로펠러 캐비테이션으로 발생하는 변동 압력이 선체에 미치는 영향을 감소시키므로 선체의 진동을

줄일 수 있다. 또 다른 장점은 2 개의 프로펠러가 서로 반대방향으로 회전하여 토크 균형(Torque Balance)을 잡을 수 있기 때문에 직진성 요구되는 어뢰의 추진 장치로 많이 사용되어 왔으며, 최근에는 산적화물선 및 대형 유조선과 같은 대형선박에도 활용되고 있다. 그러나 앞서 설명한 바와 같이 이중구조로 되어있는 회전축 시스템의 복잡성과 초기 투자비가 크기 때문에 활용에 제한이 있어서 주로 특수한 목적을 갖는 선박의 추진장치에 국한되어 활용되고 있다. 이러한 단점들이 보완되면 향후 대형 초대형 선박에 많이 활용될 것이다.

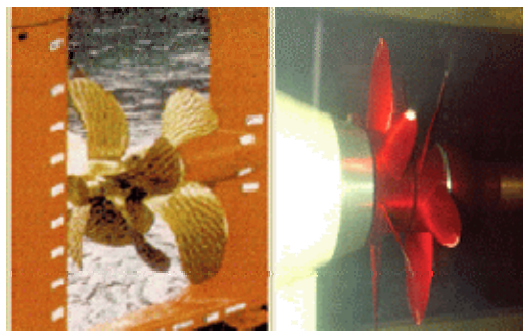


그림 4-3. 실선에 장착된 CRP, 어뢰에 장착된 CRP

4.1.4. 덕트 프로펠러

덕트 프로펠러(Duct Propeller)는 노즐 내부에 프로펠러가 있는 형태로서 가속 형 덕트 프로펠러와 감속 형 덕트 프로펠러가 있다. 이 추진장치는 프로펠러의 부하가 큰 경우에 노즐을 사용해서 효율의 증가를 얻을 수 있다. 가속 형 덕트 프로펠러는 덕트의 형상이 유속을 가속하도록 되어있어서 프로펠러의 부하가 큰 경우 또는 프로펠러의 직경이 제한되는 경우에 사용된다. 가속 형 덕트는 부하가 큰 프로펠러의 효율을 증가시키는 수단으로 사용된다. 감속 형 덕트 프로펠러는 덕트의 형상이 유속을 감속하도록 되어있어서 노즐 내부에서, 즉 프로펠러에서의 정적 압력이 증가하도록 되어있다. 따라서 이 추진장치는 캐비테이션 발생을 지연시킬 수 있기 때문에 함정의 추진장치로 사용되고 전술상 중요한 캐비테이션 소음을 줄일 수 있다.

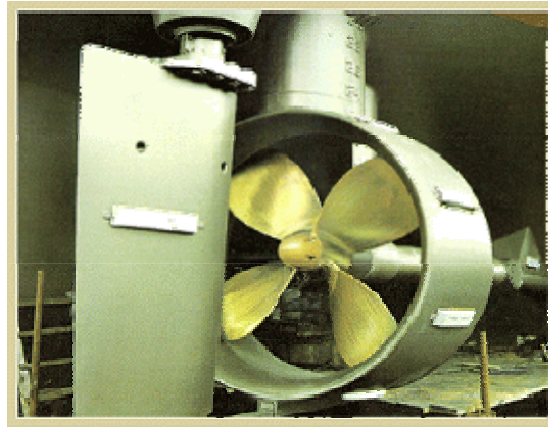


그림 4-4. 덕트 프로펠러

4.2. 추진기 성능

(1) 추진기 성능 결정 요소

스크류형 추진기가 엔진에 의해 회전하면 물을 뒤로 밀어내게 되고 그 반작용으로 추진력이 생겨 선박을 전진시킨다. 이러한 추진 원리를 좀 더 상세하게 살펴보면, 스크류형 추진기는 여러 개의 날개들을 갖고 있고, 이 날개들은 선풍기의 날개처럼 회전면과 각을 갖고 있어, 추진기가 회전하면 날개의 한쪽 면은 물을 뒤로 밀어내고 반대면은 앞쪽의 물을 빨아들이게 된다. 물을 밀어내는 날개면은 압력이 높아지고, 빨아들이는 쪽은 낮은 압력이 되어 흡입력을 받게 된다. 따라서 나선형 추진기가 회전하면 이러한 날개 양쪽 면의 압력 차이가 발생하고 전진 방향으로 힘을 받게 되어 추진력이 생기게 된다.

이와 같이 작동하는 추진기의 성능을 결정하는 요소에는 추진기의 형상, 추진기가 부착되는 위치, 추진기에 동력을 제공하는 엔진의 힘과 대응하는 회전 수, 대상선박 특성들(배의 크기와 모양, 운항속도)등 여러 가지가 있다. 추진기에서 요구되는 성능은 선속에 해당하는 추력 발생과 엔진마력 흡수, 최고의 추진효율, 날개가 회전할 때 받는 물의 힘을 견디는 강도 등을 만족해야 한다. 그리고 날개가 회전할 때 날개 표면에 발생하는 캐비테이션 이 야기하는 문제점들이 최소화 되도록 유체역학적으로 정교하게 설계되어야 한다.

(2) 캐비테이션이 주는 문제점

선박이 운항하는 상태에서는 추진기 부하 상태에 따라 “캐비테이션(Cavitation)”이란 현상이 발생한다. 보통 대형 선박이나 고속선의 경우에는 통상의 운항 속도에서 추진기에

굉장히 큰 추력이 요구된다. 이는 추진기 날개의 양쪽 면의 압력 차가 매우 커지는 경우에 해당한다. 즉, 압력을 받는 날개면은 압력이 크게 상승하고, 흡입을 받는 날개면은 압력이 상당히 떨어지게 된다. 물과 같은 액체는 온도 변화가 없더라도 압력이 떨어지게 되면 액체로 더 이상 상태를 유지하지 못하고 기체로 끓는 변화가 일어난다. 물의 경우, 일정 온도에서 액체가 기체로 상태변화를 일으키는 압력(15℃에서 약 3kpa)이 존재하게 되는데 이를 수증기압(vapor pressure)이라 부른다.

대형 선박의 경우에는 보통 운항 상태에서 추진기 날개의 흡입 면에서 압력이 수증기압보다 더 낮아지게 되는데 이때 날개 위를 지나던 물이 순간적으로 수증기로 변했다가 다시 압력이 회복되어 수증기압 이상으로 상승하면 물로 변하는 현상이 발생하는데 이를 캐비테이션(Cavitation) 현상이라 한다.

보통 선박의 추진기는 선체 뒤쪽에 위치하기 때문에 운항 시 추진기에 유입되는 유동은 선체형상의 영향을 받아 불 균일하게 된다. 추진기가 회전할 때 각 회전 각도 위치마다 유입 속도가 달라 캐비테이션 현상이 특정 각도에서만 나타난다. 추진기가 회전함에 따라 이러한 캐비테이션이 주기적으로 생성, 성장, 붕괴 및 소멸과정을 반복하게 된다. 추진기 흡입 면 날개 위를 지나는 물이 수증기압보다 낮은 영역에서 수증기인 기포로 변했다가 그 영역을 벗어나 다시 수증기압 이상인 영역에 이르면 기포에서 다시 물로 바뀌면서 캐비테이션이 소멸하게 된다.

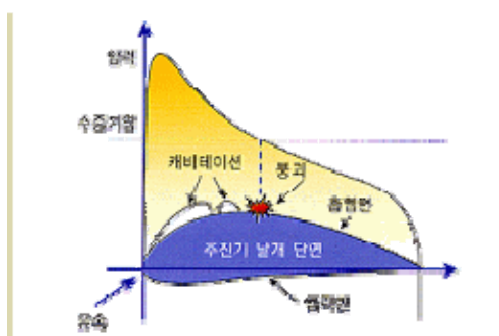


그림 4-5. 캐비테이션의 발생과 소멸

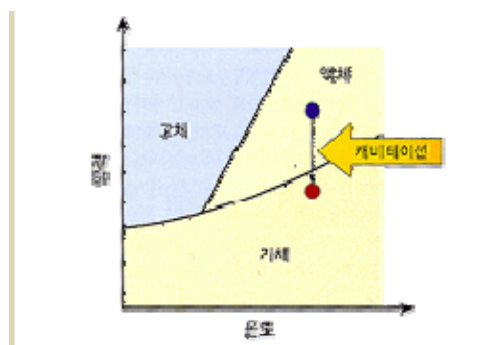


그림 4-6. 캐비테이션 발생시 물상의 변화

이와 같이 캐비테이션 붕괴 및 소멸 과정이 순간적으로 일어나기 때문에 기포에서 액체인 물로 변하는 과정에서 부피가 갑자기 축소하면서 강한 충격력이 추진기 날개 면에 가해진다. 이러한 충격력은 상당히 크기 때문에 지속적으로 캐비테이션이 발생할 때에는 추진기 날개

표면을 침식시키는 피해를 주기도 한다. 심한 경우에는 운항 중 날개가 부분적으로 파손되거나 날개 자체가 유실될 수도 있다. 추진기 회전에 따라 날개 위에서의 주기적인 캐비테이션 발생과 소멸은 가까이 있는 선체 표면에 변동압력을 가하게 되고 이는 선체진동을 일으키는 주요 원인으로 작용한다. 실제로 컨테이너선, 가스운반선, 탱커선 등에서 캐비테이션 유기 진동으로 선체 일부가 심한 진동을 겪기도 하며, 심한 경우에는 국부적으로 균열을 발생시켜 매우 심각한 경우도 있다. 또한 함정의 경우 고도의 정확도를 요구하는 무기체계 장비들이 심한 진동을 하게 되면 조준 성능 저하등 전술적 측면에서 문제점을 줄 수 있다.

캐비테이션은 수중 방사소음을 유발하는데 그 소음 수준이 상당히 커서 선체 내부로 전달되는 소음은 작업 환경을 나쁘게 만들고, 방사되는 소음은 원거리 탐지 장치에 노출된다. 자신이 발생하는 소음을 최소화하여 피탐률을 낮게 하여 적의 공격은 피하고 적이 발생하는 소음은 빨리 정확히 음탐하여 공격해야 하는 함정, 잠수함, 어뢰의 추진장치에서는 매우 중요하게 다뤄지는 분야이다. 한편 추진기 날개에 캐비테이션이 과도하게 발생하면 추진 효율이 급격히 저하되어 선박 추진 성능이 떨어지게 된다. 이러한 캐비테이션 현상은 추진기 날개 위에만 발생하는 것이 아니라 타의 표면, 프로펠러 축을 지지하는 스트럿 등에도 발생한다. 이와 같이 선박의 부가물에 발생하는 캐비테이션도 표면 침식, 진동 및 소음을 유발한다.

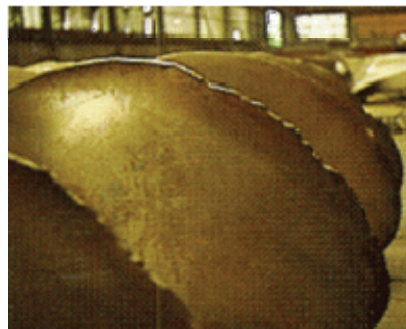


그림 4-7. 캐비테이션에 의해 파손된 프로펠러

4.3. 서보모터(Servo Motor)

서보모터란 일반적인 DC모터와는 달리 펄스의 주기로 정, 역, 정지의 동작을 하는 특수 모터이다. 서보모터는 모터의 회전축에 가변저항을 연결하는데, 이 회전축이 움직인 각도만큼 따라서 움직이는 가변저항의 값을 측정하여 내장회로에 전송, 입력한 펄스 값에 비례하는 각도를 출력하는 원리를 가진다. 콤팩트하고 부착하기가 용이하여 로봇의 관절이나 조향 장치에 많이 사용된다.

4.4. 원격제어(Remote Control)

멀리 떨어져서 대상을 제어하는 기능. Remote Control이라고 하며, 리모컨이라고 약칭된다. 원격제어에는 크게 IR방식과 RF방식이 있다.

(1) IR 방식: INFRA RED의 약어인 IR방식은 적외선의 일부 파장 대역(900~950nm)을 발광 부에서 송신 후 수광부에서 수신하여 신호를 받는 방식이다. 장기간의 발전에 의해 이제는 적은 부품으로도 쉽게 구성이 가능하여 모든 원격제어에 1차적으로 검토하는 방식이 되었다. 값이 싸고 제작이 쉽다는 장점이 있으나 반면 방해물을 전혀 통과하지 못하며, 원거리 제어가 어렵다는 단점이 있다. 주로 가전제품의 제어에 이용된다.

(2) RF방식: 이번 선박설계에 사용되는 제어 방식이다. RADIO FREQUENCY의 약칭, 즉 라디오 전파와 동일한 방식을 사용하여 좀더 먼 거리의 제어를 가능하도록 한 방식이다. 빛의 일종인 적외선과는 다르게 RF방식은 전파를 사용하여 장애물에 관계없이 신호를 주고 받을 수 있다는 장점이 있고, 실외에서는 약 1Km의 장거리까지도 사용이 가능하게 되었다. 이 경우 서로 다른 제어기간의 혼선을 막기 위해 국가적인 규제가 이루어지고 있는데, 이는 주파수 대역을 달리해주는 것이다. 변조 폭, 출력 등으로 규제하고 있으며 국가별로도 내용이 달리 되고 있다. 따라서 개인 사용자의 RF 리모컨 수리나 개조는 불법이다. 주로 자동차 관련 시동이나 도어잠금용으로 사용된다. 단점이라면 제작이 어렵고 단가가 비싸다는 점, 국가의 승인을 받아야 한다는 점 등이 있다.

*크리스탈¹⁸을 이용한 항해시스템 변경.

이번 프로젝트에서는 두 가지의 항해시스템을 사용하여야 한다. 첫 번째는 원격제어 (Remote Control)을 통하여 외부에서 조종하는 항해 시스템, 두 번째는 배에 내장된 적외선 센서와 항해 프로그램을 통한 자동 항해 시스템이다.

배가 물에 뜬 뒤에는 조종자가 외부에서 물리적 변경을 가해 줄 수 없기 때문에 원격제어를 통한 배의 제어와 동시에 항해시스템의 변경도 가능하여야 한다.

원칙적으로는 배를 제어하는 송신기1과, 항해시스템을 변경하는 송신기2가 필요하겠지만, 송신기 내부의 크리스탈의 변경을 통해 한 개의 수신기로도 이 조작이 가능하다.

제어기를 통한 배의 원격조종과 항해 시스템 변경



* 제어기는 상하, 좌우 2종류의 조작이 가능하다.

그림 4-8. 제어기를 통한 배의 원격조종과 항해 시스템 변경

¹⁸ 주파수를 결정하는 부품. 이 부품의 교체를 통해 송신기에서 발생하는 전파의 주파수를 변경할 수 있다.

5. 재료 가격 측정¹⁹

5.1. 선체 부

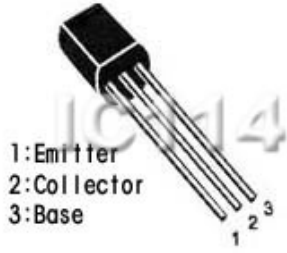
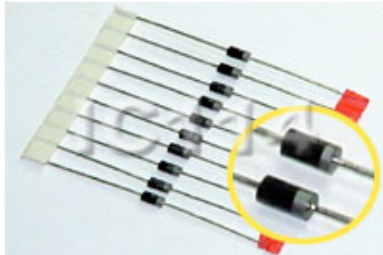
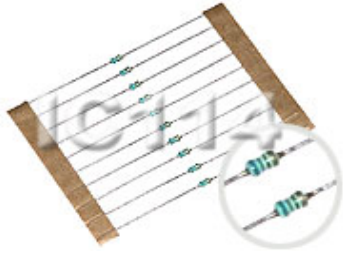
표 5-1. 선체 부


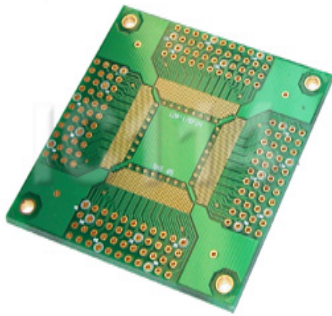
종류	사진	수량	단가	금 액
우드락		20개	800원	16,000원
퍼티		1L 1개	9,400원	9,400원
에폭시		4L 1개	35,000원	35,000원
소 계				60,400원

¹⁹ <http://shopping.naver.com/?frm=nt>, <http://www.funnykit.com/>,
<http://ic114.com/WEB/A/WEBA100P.aspx>.

5.2. 제어장치 부

표 5-2. 전기 회로 부

종류	그림	수량	단가	금 액
트랜지스터		10개	400원	4,000원
다이오드		10개	10원	100원
콘덴서		10개	10원	100원
저항		10개	5원	50원
적외선 센서		2개	22,000원	44,000원

초음파 센서		1개	75,000원	75,000원
기판		1개	10,000원	10,000원
소 계				135,950원

이번 모형선박의 제어기에 대해 정확한 지식이 없기 때문에 예상 되는 품목들을 여유분을 두고 구입 하기로 하였다. 기판의 경우 정확한 종류는 모르지만 대부분의 기판 평균 가격이 10000원대 인 것으로 확인 되어 잠정적으로 책정 하였다.

5.3. 기타 재료

표 5-3. 기타 재료

종류	수량	단가	금 액
우드락 본드	5개	800원	4,000원
페인트 붓	2개	2,000원	4,000원
종이 사포	20개	300원	6,000원
글루건	1개	7,000원	7,000원
인두기	1개	32,000원	32,000원
소량 납	1개	2,500원	2,500원
소 계			55,500원

5.4. 총 금액

표 5-4. 총 금액

재료 구분	금 액
선체 부	60,400원
전기 회로 부	135,950원
기타	55,500원
총 합계	251,850원

6. 역할 분담

이번 학기에 우리가 만들어야 하는 배는 자동제어기 부분의 비중이 크다. 그리고 선체를 모두 만들고 나서 제어기를 설계 및 제작하는 것이 아니라 선체를 만듦과 동시에 제어기를 만들어야 하므로, 개인마다 전담하는 분야를 맡김으로써 각자 맡은 임무를 적기에 완수하여 전체적인 흐름에 차질이 없도록 하였다. 분야별 인원으로는, 선체 부분의 치수 계산, 설계 및 제작에 3 명, 제어기 설계 및 제작에 2 명으로 정하였다. 각 분야의 설계는 전담한 인원들이 맡되 제작은 일손이 많이 필요할 경우 전 인원이 함께 참여하는 것으로 원칙을 정하였다.

분야별 구성 인원은 다음과 같다.

표 6-1. 역할 분담

작 업 구 분		작업 인원
선 체	설 계	김재호 이승욱 허윤희
	제 작	전 인원
제어기	설 계	송찬이 서민국
	제 작	송찬이 서민국

7. 일정

표 7-1. 9월 일정

일	월	화	수	목	금	토
17	18	19	20 제어기 설계 proposal 발표	21	22	23
	←			재 료	구	임 및
24	25	26	27	28	29	30
선	체	설	계			> <

표 7-2. 10월 일정

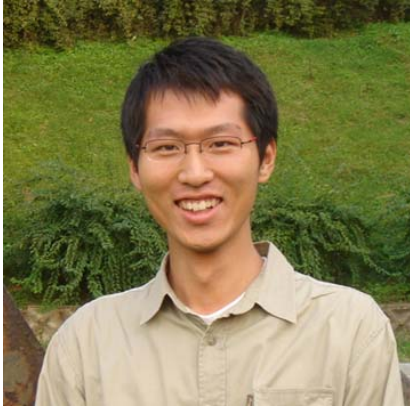
일	월	화	수	목	금	토
1	2	3	4	5	6	7
	선	체	조	제	어	기
			립	및	도	장
8	9	10	11 제어기 설계 발표	12	13	14
설	계					
15	16	17	18	19	20	21
	제	어	기	제	작	
22	23	24	25	26 제 어	27 기 탐	28 재
29	30	31				
	문 제 점	검 토				

표 7-3. 11월 일정

일	월	화	수	목	금	토
			1	2	3	4
			문	제	점	검 토
5 제어기 제작 최종 발표	6	7	8	9	10	11 모형선박 성능 contest

8. 후기

(1)송찬이



2년간 친구들에게 들어오며 기대를 품어왔던 수업을 드디어 듣게 되었다. 이름도 멋진 조선해양공학계획! 20년간 책과 씨름하며 주어진 문제 풀이에 익숙해진 우리가 처음으로 공과대학에 들어왔다는 자부심을 느낄 수 있는 수업.. 듣고 나면 한 단계 아니 열 단계를 성장할 수 밖에 없다는 우리의 쓴 약과 같은 수업이다. 특히 교수님의 사랑과 채찍이 담겨있는 교수법은 이 수업을 거쳐간 이들의 삶 속에 그리고 뱃속 깊이 아로새겨져, 그들이 사회에 나가서 어떤 막연하고 감이 잡히지 않는 불가능할 것 같은 일을 말더라도, 대학시절에 배운 기어코 해내고야 말겠다는 불굴의 의지로 모든 문제를 람보처럼 해쳐나가게 할 것이다. 람보... 그것이 바로 내가 이 수업에서 얻고자 하는 표상(表象)이다.

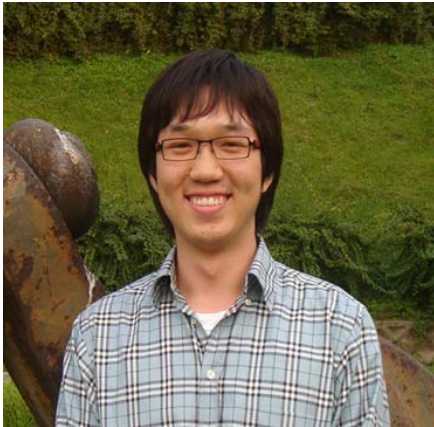
나는 이런 기대를 가지고 이번 첫 proposal 을 준비했다. 무엇을 어떻게 해야 할지 정확히 알지 못하고 뜬 구름을 잡는 기분으로, 그러나 무언가를 잡아야 한다는...잡아야 살아남을 수 있다는 생각으로, 사면초가의 상황에서도 적들을 쓰러뜨리고 살아남는 람보가 되어야만 했다.

내가 맡은 부분은 제어기였다. 초등학교 시절 기계에 관심이 있는 아이들이라면 한번쯤은 해보았을 라디오 조립도 한번 안 해본 나였다. 그리고 고등학교 때는 전기파트가 싫어서 화학 2를 선택했던 나였다. 그런 내가 제어기 부분을 맡아 proposal 을 준비하게 되다니... 아무것도 모르는 내가 이 어려운 것을 proposal 에서 맡았으니, 끝까지 말아야 할 판이기에 나는 다시 한번 적지에 홀로 남겨진 람보를 생각한다. 그렇지만 하나하나 자료를 찾아가며 읽은 내용들 중 머릿속에 남는 것이 있었다. 그것이 전기 회로에 대한 나의 첫 지식이 되었다. 그렇게 물어 보아가며, 인터넷을 이리저리 뒤져가며 검색한 자료들이 하나하나 모여서 proposal 에 쓸 자료들이 되었고, proposal 의 자료들은 내 지식이 되었다.

우리가 모형 선박을 완성하여 contest 에 우리의 작품을 작동하는 날을 상상해본다. 그리고 그때 나의 머릿속에 남아있을 제어기에 관한 지식들을 생각해본다. 그리고 그 날까지의 모든 과정 과정들이 나를 한 단계 UP 시켜줄 것을 기대해본다.

나의 이 상상이 현실이 되는 날까지, 나는 람보가 되어야 한다.

(2)김재호



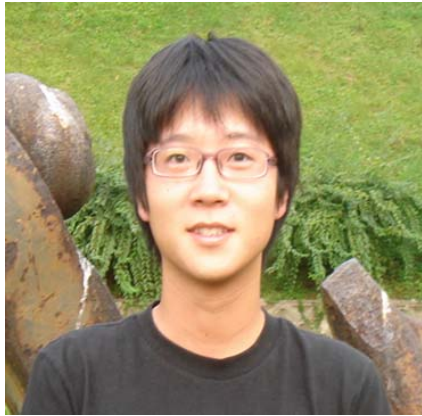
조선해양공학계획 수업은 1학년 때 입 소문으로 듣고 빨리 수강하기만을 기다린 과목이다. 노가다 작업도 많고 교수님께 혼나기도 많이 혼나고 몸과 마음이 지치는 과목이라 했지만 그래도 나는 조선해양공학도로서 꼭 해보야 하는 수업이라 생각했다. 그렇게 기대 반 두려움 반으로 시작한 수업은 지금까지 수학, 역학 등 기초과목만 배워왔던 나에게는 약간의 신선한 느낌을 주었고 이 수업에 대해 더 흥미를 가질 수 있게 하였다.

첫 번째 보고서인 Proposal 작성을 하면서 처음에는 어떻게 이 많은 분량의 보고서와 발표자료를 준비하나 걱정했었다. 그러나 작업순서를 조원들과 상의하고 각자 역할분담을 마치고 나니 이게 그렇게 못 할 정도로 힘든 작업은 아니라는 생각이 들었다. 나는 기준선 선정하는 것을 맡았는데 평소에 보지 못했던 조선해양공학에 관한 여러 책들을 접할 수 있었고 몰랐던 내용도 많이 알 수 있었다. 그리고 우리 조가 만들 모형선의 선형을 개략적으로 결정하고 치수 같은 것도 결정하고 나니 빨리 폼 보드로 만들어 보고 싶은 생각이 들었다. 그리고 제어를 맡은 조원들이 쓴 내용을 보며 평소에는 배울 수 없었던 전기전자에 대한 것을 조금이나마 알 수 있어서 내게 많은 도움이 되었던 것 같다.

나는 평소에 조별활동을 별로 좋아하지 않고 조원들끼리 일을 나눠서 하면 혼자 하는 것보다 결과물이 더 안 좋게 나온다고 생각하고 있었다. 그러나 이번에 같이 작업을 하며 느낀 점은 큰 일을 할 때 일수록 여러 사람이 협력해야 일을 더 빠르고 정확하게 처리할 수 있다는 점과, 세상엔 나보다 좋은 능력을 갖춘 사람이 많기 때문에 그 사람들과 서로 협력해서 내가 부족한 부분은 그 사람에게서 채우고 그 사람이 부족한 부분은 내가 채워서 서로가 최고의 결과를 얻을 수 있게 해야 한다는 점을 배웠다.

앞으로 몇 번의 보고서 제출과 실제 모형배 제작이 남았는데 멋지게 조원들간에 협동심을 발휘해서 최고의 배를 만들 수 있도록 노력해 보겠다.

(3) 서민국

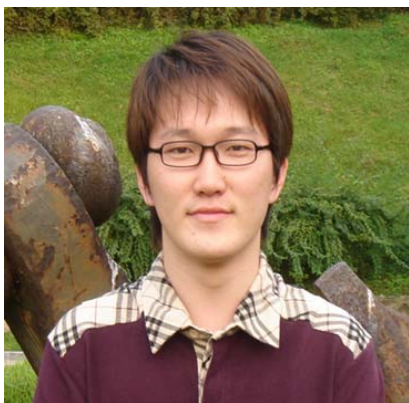


처음 배의 선주 조건을 들었을 때 저걸 어떻게 만드나 하는 심정뿐이었다. 6kg의 재화중량뿐만 아니라 센서를 이용해서 벽과의 일정한 거리를 유지하고, 장애물을 피해야 한다는 것이었는데, 재화중량은 선체를 두툼하게 만들어 부력을 크게 만든다면 그다지 문제가 되지 않을 듯 했지만, 센서를 이용하는 것은 기본 지식이 전혀 없는 상태에서 진행 해야 했기 때문에 걱정이 많이 되었다. 하지만 막상 조가 짜이고, 조원들과 협력하면서 선형을 결정하고, 추진 부와 제어부의 기본지식에

대해서 공부해 가면서 하나하나 진행해 가다 보니 걱정한 만큼 힘들지 않은 않았다. 오히려 하는 동안 모르는 것을 알아가는 짜릿함과 내가 만든 선박이 어떤 모양을 지닐까 하는 생각에 기대감마저 들었다. 또한 이 프로젝트를 하면서 진짜 조선해양공학과 학생이구나 하는 생각이 들었다. 그 동안은 미적분학이나 공학수학, 여러 역학과 같은 기본지식만을 공부하다 보니 두리뭉실한 느낌뿐이었는데, 이번에 Proposal 을 세우면서 조선과 학생이라는 생각뿐만 아니라 조선해양공학과에 대한 자부심마저 들었다.

이 프로젝트를 하면서 또 하나 느낀 점이 있다면, 조원간의 협력이 중요하다는 것이었다. 역할 분담이 필요한 것은 조원간에 역할 분담을 하고, 같이 해야 할 부분은 서로 협동해 가면서 하니까 그렇게 힘들지 않았고, 시간도 많이 걸리지 않았다. 마지막으로 하고 싶은 말이 있다면 같이 성실히 노력해준 조원들에게 감사하다는 것이다. 앞으로도 서로 도와가면서 끝까지 노력해서 좋은 결과 있었으면 좋겠다. 파이팅~!!!!

(4) 이승욱

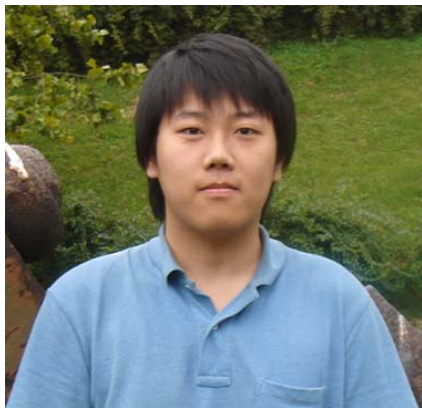


이번 조 편성이 끝난 뒤에 참 다행이다라는 생각이 들었다. 내가 생각 하기에 꽤 많은 조에 속해졌다고 생각 했기 때문이다. 조 편성이 끝난 뒤에 수요일 날 수업 시간을 마치고 우리는 연락처를 서로 교환 하였다. 그리고 금요일 날 모여서 역할 분담을 마쳤다. 찬이형과 민국이와 윤호가 제어 부 및 추진 부를 맡았고 나와 재호가 선체치수를 결정 하는 부분을 맡았다. 그리고 간단한 역할 분담 뒤에 우리는 녹두로 나가서 같이 술을 마시면서 참에 조금 느꼈던 어색함을 줄이고 잘

해보자고 우의를 다졌다. 그리고 모이기로 한 토요일 날 오후에 우리는 금요일 날 집안 사

정으로 내려 가기로 한 윤호를 제외 하고, 모두 모여서 각자 맡은 부분을 해 나갔다. 재호랑 나는 우선 약간의 의논을 거친 뒤에 우리가 맡은 부분을 작성해 나갔다. 처음에는 조금 어긋난 듯 하였으나, 그 뒤로는 손,발이 잘 맞았다. 밤 11시가 되어 시간이 늦어 내일 오후에 만나기로 하고 헤어졌다. 다음날 오후에 우리는 어김없이 모였고, 다시 재 역할 분담을 하여 각자 맡은 부분을 해 나갔다. 나랑 민국이는 재료비 부분을 맡았는데 나는 그 중에서 회로 쪽을 맡았다. 그리고 그것을 해낸 뒤에 난 과외 약속 때문에 어쩔 수 없이 가야만 했다. 과외를 마치고 연락을 하니 거의 마무리 중임을 알았으며 그래서 난 후기를 작성해서 보내겠다고 말했다. 이번에 조별 모임을 하면서 난 팀원간에 믿음이 얼마나 중요 한가를 알았다. 하지만 처음에 팀원의 능력을 믿기 위해서는 그래도 얼마간의 과도적 기간이 있는 것 같다. 이전까지 팀프로젝트에서는 난 평소 능력을 알아는 팀원들끼리만 팀을 운영해왔었다. 하지만 그것이 올바른 방향은 아니며 가능한 팀 프로젝트의 취지를 살려 모든 팀원의 개개인의 능력을 모두 활용하는 쪽으로 팀을 이끌어야 된다고 생각 한다. 이제 난 우리 팀원의 능력을 확신 했고, 그것은 즉 내가 기대거나 의지하는 것이 아니라, 나도 그에 못지 않게 열심히 해야 되며, 분발해야겠다고 생각 했다. 이번에 과외 때문에 조금 참여 하지 못한 것이 너무 아쉬우며, 다음 보고서에서는 내가 좀 더 조원들보다 앞서서 아니 먼저 나서서 움직여야겠다고 생각 했다.

(5) 허윤호



지금까지 정말로 많은 얘기를 들어왔던 조선공학계획. 그 첫 수업을 들은 후 제 기분은 기쁨과 슬픔이 교차하는 미묘한 느낌이었습니다. 기뻐던 것은 ‘이제서야 정말로 조선이 무엇인지 알 수 있겠구나!’ 라는 고양감이었고, 슬펐던 것은 ‘왜 난 지금까지 조선에 대해 아무것도 모르고 지내왔을까’ 라는 자괴감 이었죠. 하나도 감이 안 잡히는 요구조건 에서부터 정말 부족함을 많이 느낀 제 지식까지 저를 당황케 하였습니다. 하지만 그래도 ‘재미있을 것 같다’ 라는 생각이 머리를 떠

나지 않더군요, 지금까지 이런 실제적인 과목에 목말라 있던 것 같습니다. 하지만 이런 의욕을 채 펼치기도 전에 집안일로 고향에 내려가게 되어, 초반 작업에 참여하지 못해 정말로 다른 조원들에게 미안하고, 제 자신에게 화가 나기도 하였습니다. 서울에 올라와서는 열심히 참여하였습니다. 착착 준비해 나가는 조원들을 보니 참으로 든든한 마음과, 저도 분발해야겠다는 생각이 들더군요. 지금의 Proposal은 정말로 첫 일보에 불과하다고 생각합니다. 지금부터 얼마나 단추를 잘 끼워 나가느냐가 성공적인 프로젝트의 관건이 되겠죠. 포세이돈 파이팅!

9. 참고문헌

1. 김동화, 「신편 센서공학」, 태훈출판사, 2001.
2. 김효철, 「한국의 배」, 지성사, 2006.
3. 네이버 백과사전, ‘접지’, <http://100.naver.com/100.nhn?docid=135615>.
4. 네이버 블로그, ‘저항의 종류’, <http://cafe.naver.com/tng4u/11>.
5. 네이버 블로그, ‘전기회로의 회로해석’, <http://blog.naver.com/kti0710/120020412107>
6. 네이버 블로그, ‘AVR의 특징 및 종류’,
<http://blog.naver.com/murse2000?Redirect=Log&logNo=30008468701>.
7. 네이버 지식IN, 'LED에 직렬저항을 연결하는 이유',
<http://blog.naver.com/ssrt?Redirect=Log&logNo=60002592476>.
8. 대한조선학회, 「조선해양공학개론」, 동명사, 1993.
9. 부산 해양 박물관, ‘상선’, <http://www.seaworld.busan.kr/>.
10. 연우의 win-win나눔터, ‘콘덴서 동작’, <http://blog.naver.com/nsesibong/60028248672>
11. CAR123TEC, ‘센서이야기’, <http://www.car123tec.co.kr/>.
12. Electric town, ‘전기이론’, <http://user.chol.com/~kimjh94/>
13. Enjoy Yachting World, ‘선박의 추진 장치’, <http://blog.naver.com/ydcbk/20026120710>.