

工學碩士 學位論文

GPS 受信機를 利用한 燈浮標

同期點滅燈 設計 및 具現

Design and Implementation of Light Buoy  
Synchronous Lights using the GPS Receiver

指導教授 林 宰 弘

2004年 2月

韓國海洋大學校 大學院

電子通信工學科 李用喆

本 論 文 을 李 用 喆 의 工 學 碩 士  
學 位 論 文 으 로 認 准 함 .

委 員 長 : 金 基 文



委 員 : 梁 圭 植



委 員 : 林 宰 弘



2004年 2月

韓 國 海 洋 大 學 校 大 學 院

電 子 通 信 工 學 科 李 用 喆

# 목 차

## Abstract

제 1 장 서 론 .....	1
제 2 장 항로표지 및 동기점멸등 .....	3
2.1 항로표지의 개념 및 분류 .....	3
2.2 동기점멸등 .....	7
제 3 장 GPS .....	11
3.1 시각원 정의와 종류 .....	11
3.2 GPS 시스템 구성 및 운영 현황 .....	13
제 4 장 등부표 동기점멸등 시뮬레이션 .....	20
4.1 시뮬레이션 구성 .....	20
4.2 실험 결과 .....	30
제 5 장 평가보드 구현 및 결과 .....	33
5.1 평가보드 구현 .....	33
5.2 실험 결과 .....	39
제 6 장 결 론 .....	40
참 고 문 헌 .....	42

# 그림 목 차

<그림 1-1> 등부표 예(부산) .....	1
<그림 3-1> GPS 구성 .....	14
<그림 3-2> 항법 메세지 기본 포맷 .....	16
<그림 3-3> GPS 수신기 구조 .....	17
<그림 4-1> 시뮬레이션 시스템 구성도 .....	20
<그림 4-2> GPS 출력 메세지 .....	22
<그림 4-3> 시뮬레이션 내부 다이어그램 .....	24
<그림 4-4> 시뮬레이션 프로그램 소스 (1/2) .....	26
<그림 4-5> 시뮬레이션 프로그램 소스 (2/2) .....	27
<그림 4-6> 시스템 A의 초기 동기화면 .....	28
<그림 4-7> 시스템 B의 초기 동기화면 .....	29
<그림 4-8> A, B 시스템 자체의 시간 차이 비교 .....	31
<그림 4-9> GPS와 로컬 시스템간의 시간 차이 비교 .....	32
<그림 5-1> 평가보드 구성 .....	33
<그림 5-2> MPLAB IDE 프로그램 .....	35
<그림 5-3> 데이터 흐름도 .....	36
<그림 5-4> PIC 구동 프로그램 소스 .....	37
<그림 5-5> 등부표 평가보드 .....	38
<그림 5-6> 평가보드 시간 표시 .....	39

# 표 목 차

<표 2-1> 항로표지 분류 .....	4
<표 2-2> 항로표지 종류 .....	5
<표 2-3> 항로표지 시설 통계 .....	6
<표 2-4> 동기점멸시스템 비교 .....	8
<표 2-5> FM 보정방식 대 GPS 보정방식 .....	9
<표 2-6> 통신수단에 대한 비교 .....	10
<표 3-1> 일반적인 시각원 .....	11
<표 3-2> GPS 위성 신호 .....	15
<표 4-1> 시스템 A, B의 사양 .....	21
<표 4-2> GGA 데이터 형식 설명 .....	23
<표 4-3> 위치 고정 지시자 .....	23
<표 4-4> 시간 차이의 결과 .....	30

# Abstract

This thesis is study about the Light Buoy Synchronous Lights design and implementation using the GPS receiver module.

The Light Buoy is a facility which shows a safe route of the sea. The most important function of the Light Buoy is the synchronous flicker showing the route certainly.

However, the synchronous flicker form using mainly up to now makes difficult to the correct implementation because it occurs a time lag between the Light Buoy with the passage of time. Presently, the most effective way to use the Light Buoy flicker is using the crystal oscillator which has marginal error of  $10^{-7} \sim 10^{-8}$  second.

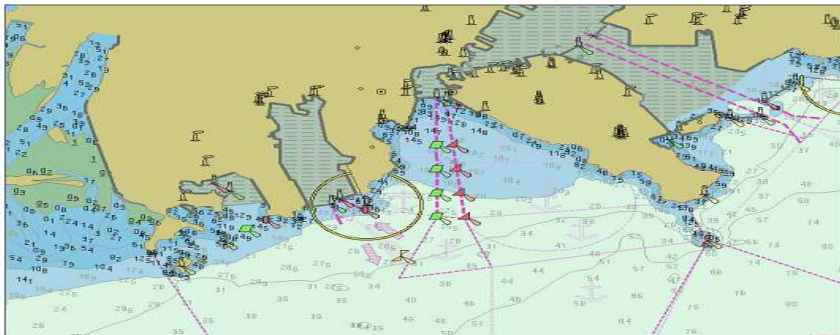
The ways of wireless data are used to solve these defects but these ways have several problems. First of all the frequency allotment is needed to transmit the radio and the available range is limited which is between 20 km and 50 km. So due to system errors of the ground, serious problems will be occurred.

In this thesis I implemented the synchronous flicker of the Light Buoy with good GPS which is safer and more trustful than any other systems. As a result, I could conformed that however time may passes the Light Buoy which uses GPS with very high precision Reference clock always becomes correct synchronous flicker.

# 제 1 장 서 론

항로표지의 일종인 등부표에서 정확한 시각원(Reference Clock)으로 인한 동기점멸을 구현하는 것은 매우 중요하다.

우리나라 해안은 도서가 많은 해역으로 국가발전에 수반되는 해상 교통량이 날로 증가하여 해상 교통 환경이 매우 좋지 않은 편이다. 이에 수반되는 해난 사고로 인한 피해가 심각한 수준에 이르고 있다. <그림 1-1>에 나타낸 등부표는 안전한 항로를 표시해줌으로서 이런 사고를 미연에 방지할 수 있는 시설 중 하나이다[1]. 그런데 만약 등부표의 시각원의 오차로 인한 점멸이 불규칙하다면 항해에 상당한 혼란을 가중시킬 것이다.



<그림 1-1> 등부표 예 (부산)

<Fig. 1-1> Example of Light Buoy (Busan)

따라서 보다 정확한 시간원 요구가 필수적이다. 현재의 등대 점멸에 사용되는 주요 방법은 수정 발진자를 이용한 시각 제공 장치를 사용한다. 일반적으로 그 오차는 대략  $10^{-7} \sim 10^{-8}$  [s] 수준이다 [2].

그뿐만 아니라 등부표의 특성상 잘못된 시간을 정정하고자 할 때 등부표간의 똑같은 시간 설정이 매우 어려운 실정이다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 쌍방향 무선 데이터 방식을 이용하여 동기점멸을 사용하는 곳도 있다. 이 방식은 육상의 모국에서 시보를 발사하고 표지장치에서 상태 정보를 송신하는 방법이다. 이는 육상 모국의 퍼스널컴퓨터가 통제하므로 통신망을 통하여 관리청에도 상태 정보 전송이 가능하다. 그러나 전파 송신을 위한 주파수 할당이 필요하고, 이용 범위가 20 ~ 50 km 정도로 한계가 있다. 무엇보다도 육상의 시스템의 예러로 인한 심각한 문제점이 발생할 수 있다는 것이다.

따라서 본 논문에서는 가격 대 성능이 다른 어떤 시스템보다도 뛰어난 위성 위치확인 시스템(GPS ; Global Positioning System)을 시각원으로 사용하였다[3],[4]. 이를 이용하여 고정밀의 시각이 필요한 등부표의 로컬 시간을 보정하는 장치를 퍼스널 컴퓨터상에서 시뮬레이션 및 평가보드로 구현 후 실험한 결과를 제시하였다.

기존 시각원은 시간이 지남에 따라 몇 초 이상의 시간 오차가 발생하는데 반해 본 논문에서 제안한 방법은 그러한 문제점을 완벽하게 해결 할 수가 있었다.

본 논문의 구성은 제 2 장에서는 항로표지에 대해 살펴보고, 제 3 장에서는 동기점멸 방식과 여기에 사용될 수 있는 GPS를 비롯한 일반적인 시각원에 대하여 알아보았다. 또한 제 4 장에서는 퍼스널 컴퓨터를 이용하여 동기점멸 시뮬레이션을 제작하여 그 결과를 제시하였다. 그리고 제 5 장에서는 GPS에서 수신한 시각 정보를 가지고 원칩 마이컴의 일종인 주변 장치 접속제어기(PIC ; Peripheral Interface Controller)를 이용한 평가보드를 구현한 후, 실험을 통해 GPS를 사용한 시각원의 유용성을 보였다. 마지막으로 제 6 장에서



는 본 논문에 대한 결과와 향후 연구 방향에 대하여 기술하였다.

## 제 2 장 항로표지 및 동기점멸등

본 장에서는 항로표지에 대한 일반적인 내용과 등부표에서의 동기 점멸의 필요성과 방식에 대해 살펴본다.

### 2.1 항로표지의 개념 및 분류

선박 교통이 많은 항로, 항만, 협수로, 기타 암초가 많은 곳에서는 등광, 형상, 채색, 음향, 전파 등의 수단에 의해 선박의 항해를 도와 주기 위한 인위적 시설이 필요하다. 이 시설을 항로표지(Aids to Navigation)라 하고 각 지방 해양수산청에서 설치·운영·관리하고 있다.

최근 우리나라 상선대의 급속한 증가와 연안 어업의 발달로 인하여 해상 교통 밀도가 급속하게 증가되고 있다. 이러한 해상 교통량의 증가는 해난 사고의 직·간접적인 원인이 되어 귀중한 생명과 재산 손실은 물론 해양 환경을 크게 위협하게 된다[5].

앞에서 설명한 바와 같이 항로표지는 여러 방법을 통해 선박의 안전한 항해를 도와주는 기능이 있다. 따라서 해상 교통에서 항로표지는 다른 어떤 시설보다도 매우 중요한 시설이 된다.

항로표지는 선박의 이용목적에 따라 항양표지, 육지초인표지, 장애표지, 항만표지로 분류하고 있다. 항로표지의 일반적인 종류는 광파, 음파, 전파, 형상, 특수 신호표지가 있으며, 세계 각국의 선박들이 공통적으로 이용하는 공공성을 갖고 있으므로 국제적으로 기술, 형식, 기능면에서 통일되어야 한다.

항로표지는 기술의 발전도모와 기술정보 교환을 위하여 국제항로

표지협회(IALA ; International Association of Lighthouse Authorities)에서 설치, 운영하고 있다.

<표 2-1>과 <표 2-2>는 항로표지의 분류와 종류에 대한 설명이다[6].

<표 2-1> 항로표지 분류

<Table 2-1> Classification of Aids to Navigation

일반적 분류	광과표지	야간에 빛을 이용하여 위치를 표시하는 것
	음과표지	안개, 비, 눈 등으로 시야가 나쁠 때 소리를 내어 위치를 표시하는 것
	전과표지	전과의 형상, 색채 등으로 위치를 표시하는 것
	형상표지	주간에 형상, 색채 등으로 위치를 표시하는 것
	특수신호표지	좁은 해협, 수로에서 선박의 교통량이나 조류의 방향 등을 전과, 형상물로 알려주는 것
목적상 분류	항양표지	육지에서 50 마일 이상의 해양을 항해하는 선박의 위치를 확인하기 위하여 이용하는 것
	육지초인표지	육지에서 20 마일 이상의 해양을 항해하는 선박에게 육지를 처음 식별할 수 있게 하거나 위치를 확인하기 위하여 이용하는 것
	연안표지	육지에서 20 마일 이하의 해양을 항해하는 선박의 위치를 확인하기 위하여 이용하는 것
	유도표지	해협, 협수로, 준설항로 등 위험한 해양을 항해하는 선박을 안전하게 유도하기 위한 것
	장애표지	선박항해에 장애가 되는 얕은 여울, 암초 등을 표시하는 것

<표 2-2> 항로표지 종류

<Table 2-2> Sort of Aids to Navigation

등대	유인등대	야간에 등화로 선박에게 위치를 알려주며 항로 또는 위험 위치를 표시하기 위하여 강력한 불빛을 설비한 탑 모양의 구조를 관리하는 사람이 상주하면서 높은 광력의 광파표지와 함께 음파, 전파 표지를 운영
	무인등대	관리하는 사람이 살지 않으며 광파표지를 운영
등표	야간에 등화로 항로상 위험한 암초, 수심이 얕은 곳 등의 위치를 표시하기 위하여 설치된 구조물 (색채, 두표에 의한 주간표지 기능도 함)	
도등	야간에 등화로서 좁은 항만의 입구 등의 항로 연장선에서 선박을 안전하게 유도하는 2개 이상의 탑 모양의 구조물	
지향등	지역 여건상 도등 설치가 곤란한 협수로의 연장선상에 설치하며 주·야간에 등화로 항로를 비추는 시설. 3색광(홍색, 백색, 녹색) 구역 중 백색의 구역이 안전 항로	
등부표	야간에 등화로 항로의 안전 수역과 암초 등 장애물의 위치를 표시하기 위하여 해상에 고정시켜 뜨게한 구조물 (색채, 두표에 의한 주간 표지 기능도 함)	
등주	구조가 간단한 기둥에 등화를 설치하여 위치를 알리는 시설이며, 등화는 부동등으로 운영	
조사등	항로표지 설치가 어려운 지역의 암초나 방파제 끝단을 알리기 위하여 인근의 등대에 투광기를 설치하여 비춤	
교량등	교량 아래를 통과하는 선박의 항로 폭을 알리는 시설	

<표 2-3>은 현재 우리나라 항로표지 시설통계 중 광파표지를 나타낸 것이다. 이 중에서 특히 동기점멸이 필요한 항로표지는 선박의 안전한 항로를 알려주는 등부표이다. 이러한 등부표는 광파 표지 중 무인 등대 외에 두 번째로 많은 수를 차지하고 있어 동기점멸의 중요성은 더욱더 커진다[7],[8].

<표 2-3> 항로표지 시설 통계

<Table 2-3> Equipment statistics of Aids to Navigation

( ) : 사설표지 2003년 8월 31일 기준

관내 종류		합계	부산	인천	마산	울산	여수	동해	군산	목포	포항	제주	평택	대산
		총 계	계	2,410	167	331	321	101	391	106	121	314	117	136
국유	1,404		76	143	199	49	211	80	88	227	89	107	57	78
사유	1,006		91	188	122	52	180	26	33	87	28	29	46	124
광 파 표 지	유인등대	49	3	5	3	3	4	5	2	10	7	4	-	3
	무인등대	595 (137)	29 (9)	24 (35)	97 (12)	12 (13)	72 (11)	56 (5)	33 (6)	119 (6)	49 (9)	72 (3)	7 (16)	24 (12)
	등 표	184 (8)	9 (3)	25 (1)	44	1	29	1	14 (3)	24	1	15	4	17 (1)
	도 등	3 (4)	1		(1)		(2)	1			1			(1)
	조 사 등	6						2			2	2		
	지 향 등	3 (4)		(1)			2	(1)			1		(1)	(1)
	등 주	8 (14)		(4)			3	1 (3)	3 (1)	(1)		1 (2)		(3)
	등 부 표	365 (581)	23 (58)	53 (86)	38 (72)	28 (32)	68 (117)	2 (14)	22 (18)	39 (44)	15 (17)	4 (13)	41 (19)	23 (91)
	교량(야)	(57)	(8)	(19)	(8)		(9)			(7)	(1)		(2)	(3)
	소 계	1205 (805)	66 (78)	107 (146)	182 (93)	44 (45)	178 (139)	68 (23)	74 (28)	192 (58)	76 (27)	98 (18)	52 (38)	68 (112)

<자료출처 : 해양수산부 항로표지과>

## 2.2 동기점멸등

동기점멸은 항만이나 교량 등에 설치한 항로표지 등화를 잘 보이게 하기 위하여 여러 가지 수단과 방법을 이용하고 있다. 별도의 규제나 지침 없이 운영되는 항로표지 분야의 범용 통신 방법으로 전세계적으로 통용되는 방법이다.

항만도시의 배후광 영향으로 인하여 항만표지의 식별이 곤란하고 특히 파도가 심한 경우 소형선의 등화가 등부표의 등화로 오인될 소지가 있다.

동기점멸은 항만의 모든 항로표지를 동시에 섬광이 되게 하여 항로표지의 식별을 제고시키는 방법으로 운영되는 제도이다. 이는 항로표지의 개별기능을 집약화 함으로 점 단위에서 선 단위로 표시되어 마치 공항 활주로와 같이 동기화를 시키는 운영방법이다.

이 제도는 IALA의 권고나 지침은 없으나 나라마다 지역마다 동기라는 개념에서 각기 다른 용어를 구사하고 있으며 동기화 방법에도 현지 실정과 기술 수준에 따라 여러 가지 방법으로 운영되고 있다.

쌍방향 무선 데이터 통신 방식을 사용하는 울산 지방 해양수산청을 제외하고, 현재 우리나라에서 동기 점멸 방식을 채택한 지방 해양수산청은 거의 없다. 이는 대부분 국가 표지의 등부표 수가 많지 않다는 이유가 대부분이다[9].

하지만 앞으로는 배후광의 영향 및 기타 해상 교통 환경 개선 대책으로 대부분의 해양 수산청에서는 향후 동기점멸 방식을 계획하고 있는 것을 항로표지 담당자들과의 통화와 방문을 통해 알 수가 있었다.

<표 2-4>는 동기점멸시 사용되어 질 수 있는 시스템들의 특징을 알아 본 것이다. 크게 무선통신 방식과 시보 방식으로 나누어졌다.

이 중에서 무선통신 방식으로는 쌍방향 무선 데이터통신 방식과 단방향 통신방식이 있고, 시보 방식으로는 상업방송국 시보 방식과 GPS 시보방식으로 분류된다[10].

<표 2-4> 동기점멸시스템 비교

<Table 2-4> Comparison of synchronous flicker system

대분류	무선통신방식		시보방식	
특징	① 모국의 무선통신에 의하여 시간 동기 유지 ② 전파송신을 위한 주파수 할당 필요 ③ 이용 범위는 20 ~ 50 km		① 기존 방송전파에 의하여 시간 동기 유지 ② 자체 전파 발사가 없음 ③ 방송파 수신가능 구역내	
세분류	쌍방향 무선 데이터통신방식	단방향 통신방식	상업방송국 시보방식	GPS 시보 방식
특징	① 육상의 모국에서 시보를 발사하고 표지에서 상태 정보를 송신함 ② 부표의 원격상태감시 및 경보와 기록이 가능함 ③ 육상 모국의 퍼스널컴퓨터가 통제하므로 통신망을 통하여 관리청에도 상태 정보 전송 가능함 ④ 비상시에 등화관제 등 원격제어가 가능함	① 부표 중 하나가 모국의 역할을 하므로 육지에서 원격지에도 설치 가능함 ② 부표의 원격감시나 제어가 불가능	① FM 방송국의 시보를 수신하여 동기 유지함 ② 방송 중단시(심야)에는 동기 불가능함 ③ 부표의 원격감시나 제어 불가능	① GPS 전파의 시보를 수신하여 동기 유지함 ② GPS 수신용 엔진을 사용하여야 함 ③ 부표의 원격감시나 제어 불가능

동기점멸 시스템 중에서 본 논문에서 구현할 GPS 시보 방식과 같은 방식을 사용하는 상업 방송국 시보 방식에 대해서 <표 2-5>에서 나타내었다[11].

<표 2-5> FM 보정방식 대 GPS 보정방식

<Table 2-5> FM correction method vs. GPS correction method

	<b>FM 시각보정방식</b>	<b>GPS 시각보정방식</b>
입력	일반 라디오 주파수	GPS 위성 신호
주파수	88 MHz ~ 110 MHz	1.5 GHz 대역
동기시간	1시간에 1번	1초 ~ 무한대
처리기능	수신후 외부 중앙처리장치 처리	중앙처리장치 자체 내장
수신 잡음시	보정 불가능	조건 보정후 시각 동기 발생
리셋 기능	사용자 수동 조작	중앙처리장치 판단에 의한 자동 리셋
셋업	방송국 지정 (KBS/MBC만 가능) 직접 사람이 시보 표출상태확인	별도의 조작없이 안테나만 설치 디버그 콘솔로 현재 위성 상태 확인
단점	① 전자파가 다량 발생하는 곳에서는 사용불가 ② 방송 중 나오는 유사한 신호 에 동작할 우려가 있음 ③ 장마나 전파상태 약한 시간 대 수신 불능 ④ 실제 사람이 들을 수 있는 가청 주파수와 중앙처리장치가 판단하는 신호는 다르기 때문에 반드시 방송국에서 시보 신호가 나올때 동작하는 여부를 판단해 야 함 (1시간 또는 2시간)	① 안테나가 반드시 하늘을 볼 수 있는 곳에 설치되어야 함 ② 태양 흑점의 활동으로 인한 위성 교란시 수신 불능



<표 2-6>은 동기점멸시 사용되어 질 수 있는 통신 수단에 대한 내용이다. 실제 동기 점멸이 필요한 등부표 등의 항로표지는 해상에서 존재하므로 데이터 유선 통신 방식과 교류 제어 방식은 현실적으로 사용하기가 매우 어렵다. 그나마 가능한 방식으로 데이터 무선 통신방식이 있는데 이 역시 많은 단점을 내재하고 있다.

따라서 통신수단으로 GPS를 이용하면 지리적 제한이나 기타 여러 동기점멸시 발생할 수 있는 문제점을 극복할 수 있다. 무엇보다도 다른 어떤 방식보다도 신뢰성 및 안정성에 있어서 매우 뛰어나 우수한 동기 점멸이 가능하다[12],[13].

<표 2-6> 통신수단에 대한 비교

<Table 2-6> Comparison of communication method

방식	데이터 유선통신방식	데이터 무선통신방식	교류 제어방식
개요	① 모자국간 통신망 구성 ② 모자국간 유선으로 데이터 반송 ③ 표지기능제어 및 감시 (점소등 및 주기)	①모자국간 통신망 구성 ②모자국간 무선으로 데이터 반송 ③표지기능제어 및 감시 (점소등 및 주기)	① 모자국간 통신망 구성 ② 교류 전원선로를 이용하여 데이터 반송 ③ 표지기능제어 및 감시 (점소등 및 주기)
장점	① 외부 전파에 의한 혼신 없이 정확한 데이터 송수신 ② 자국 상황 제어, 감시 원격조정 ③ 무선국 허가 필요없음	① 모자국간의 전용 선로 필요 없음 ② 자국 상황 제어, 감시 원격조정	① 유·무선방식에 비해 설치비 저렴 ② 유지관리 용이
단점	① 모자국간에 유선 필요 (전용선로)	① 외부 혼신에 의한 데이터 반송 부정확 발생 ② 지형조건에 따라 중개소 시설 필요 ③ 무선국 허가 및 무선종사자 필요	① 자국 상황을 원격 감시 불능 ② 모자국간에 통신 불능

# 제 3 장 GPS

본 장에서는 동기점멸에 이용할 수 있는 시각원에 대해 살펴본다. 또한 실험에서 사용될 시각원인 GPS에 대하여 자세히 알아본다.

## 3.1 시각원 정의 및 종류

항로표지(무인등대, 등부표) 수준에서는 비싼 가격으로 인해 고정밀의 시각 제공 장치를 사용하기가 힘들다. 따라서 대부분의 고정밀의 시각을 이용하기 위해서는 시각원을 탑재한 서버를 이용해서 서비스를 받으면 된다. 시각원(Reference Clock)은 기간에 따른 오차를 보정하기 위해 필요하며 외부로부터 도입되어 사용되는 것이 일반적이다. <표 3-1>은 일반적인 동기점멸에 사용 가능한 시각원을 나타낸 것이다[14].

<표 3-1> 일반적인 시각원

<Table 3-1> General clock reference

시각원	소스
미국정지 기상위성 (GOES)	자체 시각 생성기가 없이 미국 기상 관측 위성에서부터 마스터 클럭을 받아 중계
표준 시보신호 (Radio Clock)	원자 클럭
GPS	2개의 세슘 클럭과 2개의 루비듐 클럭을 탑재

### (1) 미국 정지기상 위성

미국해양대기관리처(NOAA ; National Oceanic and Atmospheric

Administration)에 의해 운영되고 있는 미국의 정지 기상 위성 (GOES ; Geostationary Oceanic and Atmospheric)은 적도 상에서 36,000 km 상공에 위치한 위성이다. 이는 자체 시각 생성기가 없이 NOAA에서부터 마스터 클럭을 받아 중계하는 방식을 취하고 있다. 이 방식은 시각을 브로드캐스트시에 두개의 위성을 사용한다.

## (2) 표준 시보신호방식

표준 시보신호 방식은 미국 표준 기술연구소(NIST ; National Institute of Standards and Technology)에서 운영하고 있는 표준 주파수 무선국인 Fort Collins, Colorado Radio(호출부호 : WWV)와 kekaha-kauai Hawaii Radio(호출부호 : WWVH)에서 2.5, 5, 10, 15 MHz의 주파수로 시각을 브로드캐스트하고 있다.

모든 주파수에서는 같은 정보를 제공하며, 내보내고 있는 주파수 정확도는  $10^{-11}$  정도이다. 또한 시각 정보는 0.01 ms 이지만 수신 측에서의 오차는 여러 가지 전파 지연 요인에 의해 훨씬 커질 수 있다.

## (3) GPS

환경 상태에 민감한 미국 정지 기상 위성인 GOES나 표준 시보신호 방식과는 달리 GPS 인공위성은 지구 어디에서나 고정밀 시각 정보 제공을 받을 수 있는 시각원이다. GPS는 특히 정확한 시각 정보가 높은 가격 대 성능비로 주목받고 있다. 협정 세계시(UTC ; Coordinated Universal Time)에 동기된 원자시계에 의해 제공되어지는 고정밀의 시각 정보는 그 응용 분야가 매우 넓다[15],[16].

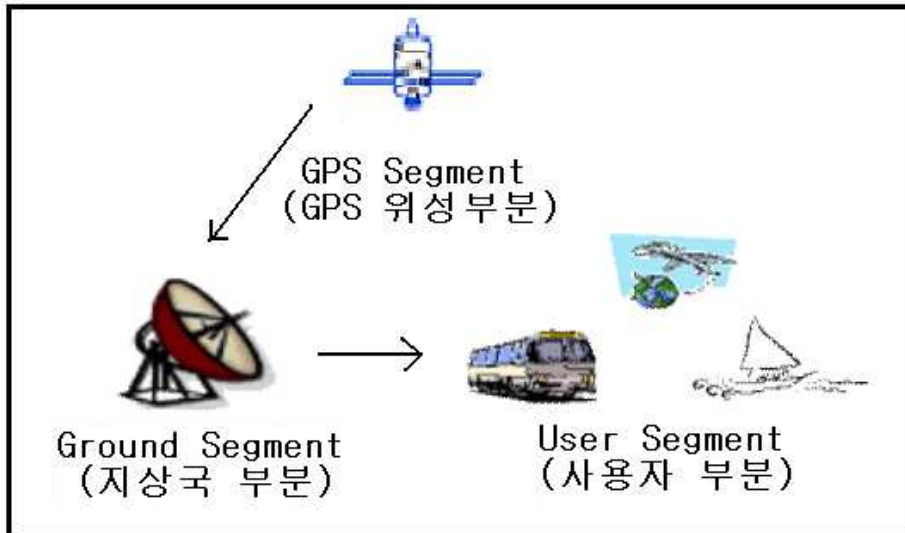
## 3.2 GPS 시스템 구성 및 운영 현황

GPS는 1970년대 초, 미 국방성(U.S. Department of Defence)에 의해 개발되기 시작하여 1990년대 중반부터 본격적인 가동이 시작되었다. 위성항법 시스템은 시간, 기상 상태에 관계없이 지구 전역에서 사용 가능한 가장 이상적인 항법 시스템이다. 처음에는 미 국방부에 의하여 인공위성을 기본으로 하여 개발되었지만 경제성 및 유용성으로 인해 급속도로 민간용으로 확장되어 현재에 이르러 가장 일반적인 항법 시스템으로 자리 잡고 있다[17].

### (1) GPS의 체계 및 위성 개요

GPS는 전천후 측위 시스템으로 <그림 3-1>과 같이 인공 위성군, 지상 제어국, 사용자(관측시스템) 등의 3부분으로 구성되어 있다.

- 24개 위성군(21+3개의 예비위성)
- 주기 : 11시간 58분
- 고도 : 20,183 ~ 20,187 km  
(정지궤도 위성 적도상공 약 36,000 km)
- 궤도 : 6개의 경사궤도면
- 시계 : 4개의 원자시계
  - 세슘시계 2개 + 루비듐 시계 2개 (오차 :  $10^{-13} \sim 10^{-14}$ )
- 통신방식 : 코드 분할 다중 접속(CDMA ; Code Division Multiple Access) 방식으로 L-band 반송파 이용[18].
  - L1 = 1.57542 GHz, L2 = 1.2276 GHz



<그림 3-1> GPS 구성

<Fig. 3-1> Configuration of GPS

## (2) GPS 지상국 부분

GPS 지상국은 주관제소 1개소와 관제소 5개소, 업링크 안테나 3개소로 구성 되어져 있다.

- 주관제소(Master Control Station) : 1개소
  - 위치 : 미국 콜로라도주 콜로라도 스프링의 팔콘 공군기지
- 임무 : GPS 위성에 대한 지휘(궤도수정, 예비위성 작동 결정)
- 관제소(Monitor Station) : 5개소
  - 원자 시계설치, 모든 GPS 위성 신호 점검
  - 궤도추적 및 예측, 전리층 및 대류권 지연관찰
- 업링크 안테나(Ground Control Station) : 3개소
  - 위성 정보를 올릴 수 있는 업링크 안테나

### (3) GPS 위성 신호

GPS의 위성신호는 아래 <표 3-2>에서 알 수 있다. 각 위성은 사용자가 전파의 이온층 지연을 보정 할 수 있도록 2가지의 다른 주파수의 신호인 L1, L2의 2개의 반송파가 있다[19].

<표 3-2> GPS 위성 신호

<Table 3-2> Signal of GPS satellite

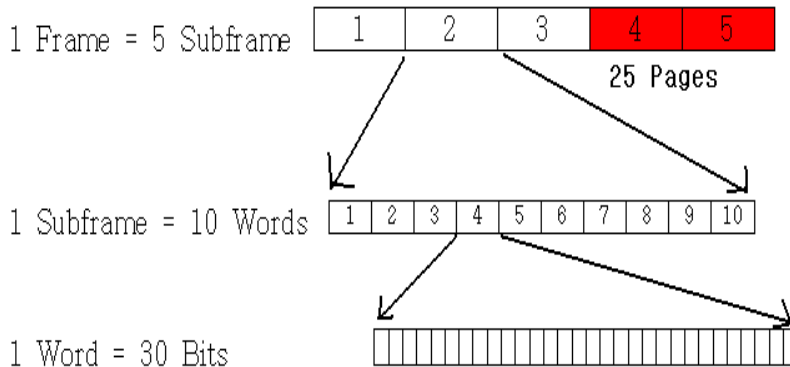
기본 주파수			주파수 MHz	
			fo	10.23
위성신호	반송파	L1	154 fo	1,575.43
		L2	120 fo	1,227.6
	의사잡음 부호코드	C/A 코드	fo/10	1.023
		P 코드	fo	10.23
항법 메시지			fo/204,600	$50 \times 10^{-6}$

위성 신호 중 의사 잡음 부호(Pseudo Random Noise Code)는 위성의 식별과 의사거리 측정을 위하여 사용된다.

C/A(Coarse/Acquisition Code)는 SPS(Standard Positioning Service)라고도 하며, 일반 사용자용으로 Short code 1.023 MHz의 주파수를 가지며, 1ms 마다 반복한다. 그리고 P-Code(Precision Code)는 PPS(Precise Positioning Service)라고도 하며, 군사용으로 Long binary pseudo-random sequence 10.23 MHz의 주파수를 갖고 주기는 1주일이다.

이와 같은 위성신호는 각 위성을 식별할 수 있는 PNR 코드와 위성 시계의 시각 보정 정보와 궤도 정보 외에 다른 위성에 대한 대략의 궤도 정보가 수록되어 있는 <그림 3-2>의 항법메시지 신호로

구성된다[20].



<그림 3-2> 항법 메시지 기본 포맷

<Fig. 3-2> Basic format of navigation messages

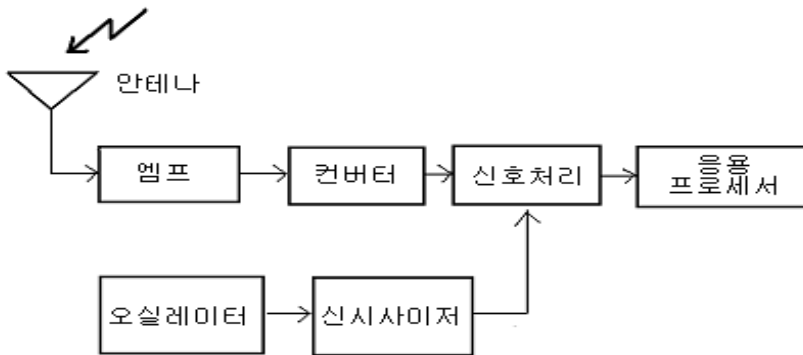
- Subframe 1 : 위성의 정확도와 상태, 위성시계 보정계수
- Subframe 2 - 3 : 위성 궤도정보
- Subframe 4 : 협정세계시 데이터
- Subframe 5 : 위성 1 - 24의 궤도 정보 및 건강

#### (4) GPS 수신기

본 실험에서 사용할 GPS 수신기 모듈은 <그림 3-3>에서 나타난 것처럼 기능적으로 크게 신호를 받아들이는 안테나, 신호를 처리하는 디지털 신호처리부, 처리된 신호 데이터를 이용하여 위치를 출력하는 마이크로 컴퓨터부로 구분된다[21].

- 수신기 설명
  - 안테나 : GPS 위성 신호를 수신
  - 앰프 : 수신 신호 증폭

- ▶ 오실레이터 : 시각과 주파수의 기준
- ▶ 신시사이저 : 오실레이터와 시계 구동
- ▶ 컨버터 : 무선 주파수를 중간주파수로 변환
- ▶ 신호처리 : 위성 신호로부터 각종 정보 분리
- ▶ 응용프로세서 : 응용분야에 따른 기능



<그림 3-3> GPS 수신기 구조

<Fig. 3-3> Structure of GPS receiver

### (5) GPS 오차 원인과 크기

GPS의 오차 원인은 인공위성이 내포하는 위성의 시간 위치 오차, 전파 경로에 따른 이온층, 대류층 다중 경로 오차와 수신기 시계 잡음 오차, 위성 배치에 따른 기하학적 오차 등이 있다.

여러 오차 중에서 본 논문에서 중요하게 사용되는 시각원에 관한 오차를 살펴본다[22].

- 위성의 시간 위치 오차

위성이 계산한 스스로의 시간 위치와 실제 데이터가 달라 생기는 오차이다. 일반적으로 위성이 자신의 위치와 시간을 결정하는 것



은 매우 정확한 과정을 거치게 된다. 그러나 100% 확실할 수는 없기 때문에 그에 의한 오차가 존재하게 된다.

시간 오차와 위치 오차는 미 공군에서 계속 감시하여 매 시간마다 보정 해주기 때문에 다른 오차들에 비해 상대적으로 적은 편이다.

- 시간측정

전파의 전달 시간을 정확히 구하기 위하여 위성과 사용자는 동기된 시계가 있어야 하지만 동기화된 시계를 구현하는 것은 불가능하다. 두 시계 사이에 오차가 존재한다고 가정하여 이를 변수에 추가하여 다른 변수들과 함께 구해야 한다.

GPS 인공위성에서 위성과 사용자 사이의 거리인 의사거리(PR ; Pseudo-Range)는 실제 거리와 수신기 시계 바이어스 오차에 광속을 곱한 값을 더해서 얻어진다.

$$\text{즉, } P_r = R + C \Delta T_u$$

여기서,  $P_r$  : 의사거리,  $R$  : 실제 거리

$C$  : 광속,  $\Delta T_u$  : 사용자 수신기 시계 바이어스 오차

공간상에서 GPS 위성 위치를  $(x, y, z)$  사용자의 위치를

$(x_u, y_u, z_u)$ 라고 하면,

$$P_r = \sqrt{(x-x_u)^2 + (y-y_u)^2 + (z-z_u)^2} + C \Delta T_u \text{ 이}$$

다.

따라서 4개 이상의 방정식이 필요하고, 4개 이상의 GPS 위성이

필요하다.

- 수신기 시계 잡음 오차

수신기 시계 오차와 잡음에 의한 오차는 수신기 자체에서 발생하는 오차 요인이다. 위성에는 매우 정확한 원자시계가 들어 있고 또 정확한 여러 원자시계들로 구성되어 초 고정밀의 시각원을 제공해주는 지상 관제국이 항상 감시를 하므로 문제가 없다.

그러나 일반 수신기들은 비싼 원자시계를 쓸 수도 없고, 항상 시계를 정확하게 맞게 만들어 주지 못하므로 자체 수신기 시계 오차를 가지게 된다[23].

위에서 서술된 것처럼 GPS를 이용한 시각원도 오차가 있으나, 이는 다른 어떤 시스템의 시각원 오차보다 적은 것이므로 그 오차의 영향은 무시해도 좋다.

앞 부분에서 알 수 있듯이 GPS는 2개의 세슘 클럭과 2개의 루비듐 클럭을 가지고 시각 정보를 제공하므로 지구상의 모든 곳에서 고정밀의 시각 정보를 얻을 수 있다. 이와 같은 고정밀의 시각원이 민간에 개방됨에 따라 현재 위치, 시각원으로서 많이 이용되고 연구되어 지고 있다.

현재 사용 되어지고 있는 여러 시각원들 중에서 그 성능에 비해 비용이 가장 효율적인 GPS 시각 정보가 가장 각광 받고 있다. 따라서 등부표에 사용되는 로컬 시간을 GPS에 있는 시간인 UTC와 동기화 시켜주면 등부표의 동기점멸 시스템들이 정확히 같은 UTC 시간을 기준으로 동작할 것임을 보장할 수 있다[24].

## 제 4 장 등부표 동기점멸등 시물레이션

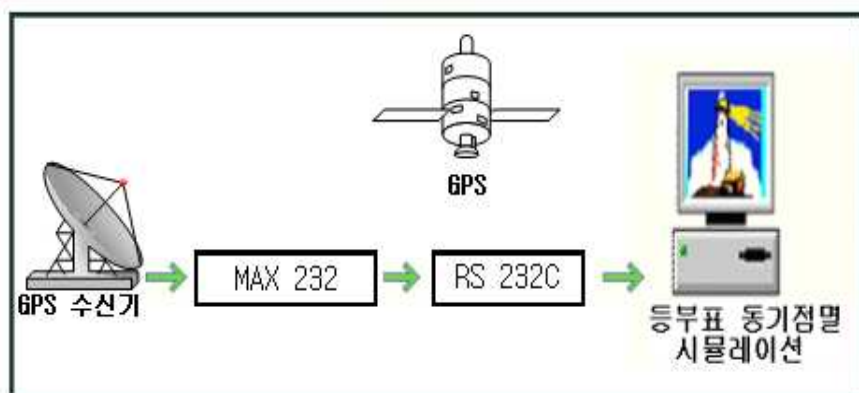
본 장에서는 등부표의 동기점멸시 문제가 되는 로컬 시스템의 시각원 오차를 GPS의 UTC와 비교 분석을 하기위하여 동기점멸 시물레이션 프로그램 제작과 그 결과를 알아보았다.

### 4.1 시물레이션 구성

PIC를 이용한 동기점멸 구현을 하기 앞서 정확한 오차를 볼 수 있도록 볼랜드 인프라즈에서 만든 윈도우용 프로그램 개발 툴인 ‘볼랜드 C++ 빌더’를 사용하여 가상 시물레이션 프로그램을 제작하였다.

퍼스널 컴퓨터와 GPS 수신기 모듈과의 통신은 RS-232C 시리얼 통신 및  $10^{-12}$  정밀도를 가지는 트랜지스터 트랜지스터 논리(TTL ; Transistors Transistor Logic) 레벨의 1pps에 의해 이루어진다.

시스템 구성도는 <그림 4-1>과 같다.



<그림 4-1> 시물레이션 시스템 구성도

<Fig. 4-1> Configuration of simulation system

PIC를 대신해 <표 4-1>과 같이 동일한 사양의 컴퓨터 시스템 2대와 GPS 수신기 2대를 이용하여 정확한 동기점멸 가상 시뮬레이션을 설계해 보았다.

이 실험 후 시간이 지남에 따라 시스템 A, B의 로컬 시간이 차이가 나는 것을 알아 볼 수 있었다. 반면 GPS 시간은 시스템 A, B의 오차가 거의 발생하지 않았다. 그나마 발생한 오차는 육안으로 동기점멸의 차이점을 알아보기가 힘든 오차였다.

<표 4-1> 시스템 A, B의 사양

<Table 4-1> Specification of system A, B

GPS A, B 수신기 사양	
주파수	L1, 1575.42 MHz
C/A 코드	1.023 MHz 칩
채널	12
시간	1 us로 GPS 시간에 동기화됨
직렬 포트	전기적 인터페이스 : 전이중 직렬통신, RS-232/TTL 레벨
	프로토콜 메시지 : SiRF Binary and NMEA-0183
시간-1PPS 펄스	레벨 : TTL
	펄스 지속기간 : 100ms
	시간 참조 : 펄스 양(+의 끝
	측정 : ±1 microsecond GPS 초에 맞춤
퍼스널 컴퓨터 A, B 사양	
<p>시스템: Microsoft Windows 2000 5.00.2195 Service Pack 4 사용자 정보: user  52455-016-1993526-09198  컴퓨터: Intel(R) Pentium (R) 4 CPU 2.40GHz AT/AT COMPATIBLE 490.992 KB RAM</p>	

실험에 앞서 <그림 4-2>에서와 같이 동기점멸시 사용할 UTC가 들어 있는 GPS에서 위치와 정확한 데이터를 공급해주는 가장 중요한 고정 데이터(GGA ; Global positioning sysetm fixed data)를 확인해 보았다. 이를 위해 윈도우즈 운영체제에서 제공되는 통신용 에뮬레이터인 하이퍼터미널 프로그램을 이용하여 GPS 모듈 제어 데이터 송수신을 위해 사용되는 프로토콜(NMEA ; National Marine Electronics Association)의 데이터 포맷을 수신하였다.

그 중 시뮬레이션에 사용할 출력 메시지인 GGA 데이터의 포맷은 <표 4-2>와 <표 4-3>에 나타난 바와 같다.

```

gps - 하이퍼터미널
파일(F) 편집(E) 보기(V) 호출(C) 전송(T) 도움말(H)
$GPGLL,36000.0000,N,72000.0000,E,235949.000,Y*13
$GPGSA,A,1,,,,,,,,,,,,,50.0,50.0,50.0*05
$GPRMC,235949.000,V,36000.0000,N,72000.0000,E,0.000000,,091102,,*31

$GPVTG,,T,,M,0.000000,N,0.000000,K*4E
$GPGGA,235950.000,0000.0000,N,00000.0000,E,0,00,50.0,0.0,M,0.0,0.0,0000*7E

$GPGLL,36000.0000,N,72000.0000,E,235950.000,Y*1B

$Version 231.000.000
$TOW: 442452
$WKT: 1233
$POS: -3287740 4048227 3659785
$CLK: 92296
$CHNL:12

$Baud rate: 4800 System clock: 12.277MHz
$HW Type: $2AR
$ASIC Version: 0x20
$Clock Source: GPSClk
$Internal Beacon: CSI
$GPGGA,025501.069,0000.0000,N,00000.0000,E,0,00,50.0,0.0,M,25.3,M,0.0,0000*4E
$GPGLL,36000.0000,N,72000.0000,E,025501.069,Y*1F
$GPGSA,A,1,,,,,,,,,,,,,50.0,50.0,50.0*05
$GPGSV,3,1,11,09,80,052,00,18,64,322,00,15,38,283,00,21,38,220,00*7B
$GPGSV,3,2,11,26,34,063,00,23,25,316,00,05,24,157,00,29,17,075,00*73
$GPGSV,3,3,11,17,14,180,00,14,07,275,00,30,05,179,00*48
$GPRMC,025501.069,V,36000.0000,N,72000.0000,E,0.000000,,290803,,*36
$GPVTG,,T,,M,0.000000,N,0.000000,K*4E
$GPGGA,025502.069,0000.0000,N,00000.0000,
  
```

<그림 4-2> GPS 출력 메시지

<Fig. 4-2> GPS output messages

<표 4-2> GGA 데이터 형식 설명

<Table 4-2> Explain of GGA date format

이름	예	유닛	설명
예) \$GPGGA, 161229.487,3723.2475,N,12158.3416,W,1,07,1.0,9.0,M,,0000*18			
메시지 아이디	\$GPGGA		GGA 프로토콜 헤더
협정 세계시	161229.487		hhmmss.sss
위도	3723.2475		ddmm.mmmm
북/남 식별자	N		N=북쪽 or S=남쪽
경도	12158.3416		dddmm.mmmm
동/서 식별자	W		E=동쪽 or W=서쪽
GPS 모드 확인	1		테이블 A 참조
... 중간생략 ...			
<CR><LF>			메시지의 끝

<표 4-2>에서 알 수 있듯이 GGA 데이터는 여러 가지 정보를 포함하고 있다. 이 중 UTC는 ms 단위까지 자세히 표시되어 있다.

<표 4-3> 위치 고정 지시자

<Table 4-3 > Position Fix Indicator

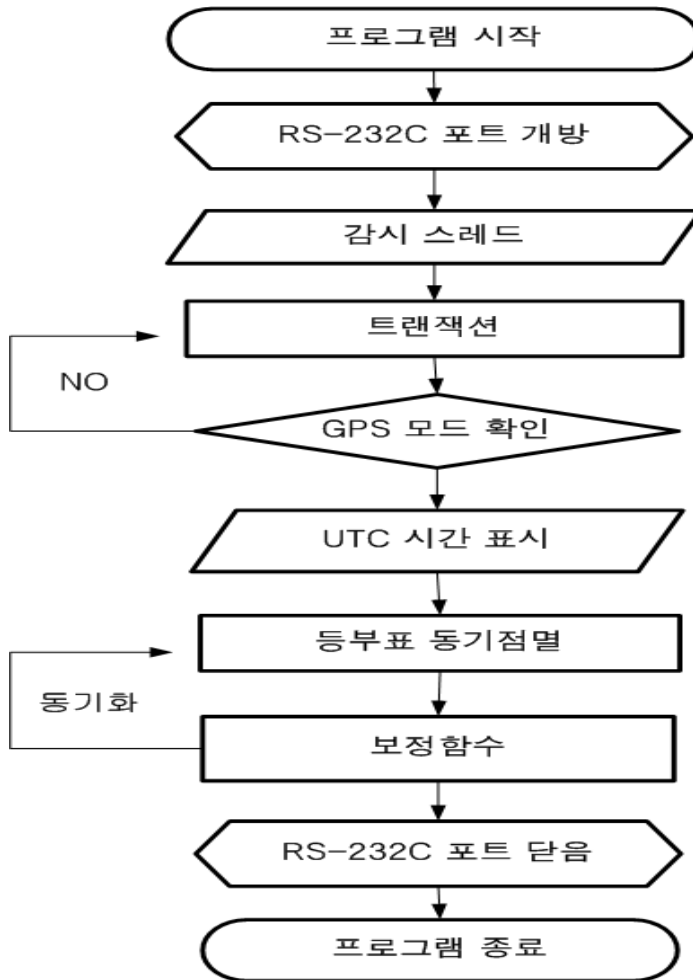
값	설명
0	부적합한 모드임
1	GPS, SPS 모드임
2	차동 GPS, SPS 모드임
3	GPS, PPS 모드임
4	GPS, RTK 모드임

<표 4-3>은 GPS 수신기의 모드 상태정보를 나타내주는 위치 고정 지시자를 설명한 것이다.

### 4.1.1 프로그램 구성

GPS로부터 수신한 NMEA 출력 메시지 중에서 필요한 데이터 값을 이용하여 동기점멸을 구현한다.

<그림 4-3>은 시뮬레이션 프로그램의 흐름도를 나타 낸 것이다.



<그림 4-3> 시뮬레이션 내부 다이어그램  
<Fig. 4-3> Internal diagram of simulation



### **(1) 메인 함수**

이 부분은 GPS 수신기 모듈과의 통신 프로세스 생성과 종료를 담당한다. 그리고 타이머 이벤트가 발생하여 감시 스레드 함수에서 수신된 데이터를 이용하여 가상 등부표의 동기점멸을 시킨다.

### **(2) 감시스레드 함수**

GPS 수신기로부터 나오는 NMEA 데이터 신호를 RS-232C를 통하여 컴퓨터 메모리에 저장한다. 들어오는 NMEA 데이터 중 출력 메시지의 끝을 알리는 ‘\n’ 을 만나면 트랜잭션 함수를 호출한다.

### **(3) 트랜잭션 함수**

수신된 출력 메시지의 데이터 포맷의 앞의 6자리의 버퍼 값이 만약 UTC가 포함되어 있는 GGA 데이터 포맷일 때, 그때의 시간을 캡처하여 GPS 시간과 이를 변환한 한국 시간으로 표시해 준다. 유의할 점은 GGA 데이터 포맷 중 활성 상태가 ‘1’ 이 되어야 올바른 GPS 모드로 된다는 것이다.

### **(4) 보정 함수**

수신된 GPS의 UTC와 로컬 시스템의 시간이 서로 달라질 때 이 함수를 이용해 시간을 보정하여 오랜 시간 경과 후에도 항상 등부표의 정확한 동기점멸을 구현한다.

<그림 4-4>와 <그림 4-5>는 동기점멸등 가상 시뮬레이션 프로그램 소스의 일부이다.

..... 중간 생략 .....

```
if(CompareText(command,"$GPGGA")==0)
{
    memcpy(gps_time,buf+7,10);
    memcpy(enable,buf+43,1);

    memset(temp,0x00,sizeof(temp));
    memcpy(temp,gps_time,2);
    hour = StrToInt(temp) + 9;

    if(hour>=24) hour-=24;

    memset(temp,0x00,sizeof(temp));
    memcpy(temp,gps_time+2,2);
    min = StrToInt(temp);

    memset(temp,0x00,sizeof(temp));
    memcpy(temp,gps_time+4,2);
    sec = StrToInt(temp);

    memset(temp,0x00,sizeof(temp));
    memcpy(temp,gps_time+7,3);
    msec = StrToInt(temp);
```

..... 중간 생략 .....

<그림 4-4> 시뮬레이션 프로그램 소스 (1/2)

<Fig. 4-4> Simulation program source (1/2)

..... 중간 생략 .....

```
void __fastcall TMainForm::Timer1Timer(TObject *Sender)
{
    int com_sec;
    MainForm->ComTimeLabel->Caption
        = FormatDateTime("hh':'nn':'ss ','zzz",Now());

    com_sec = StrToInt(FormatDateTime("ss",Now()));

    if((com_sec%StrToInt(MainForm->DelayCombo->Text))==0
        && MainForm->ComShape->Brush->Color != clRed)

        {
            MainForm->ComShape->Brush->Color = clRed;
        }

    if((com_sec%StrToInt(MainForm->DelayCombo->Text))!=0
        && MainForm->ComShape->Brush->Color != clGray)

        {
            MainForm->ComShape->Brush->Color = clGray;
        }
}
```

..... 중간 생략 .....

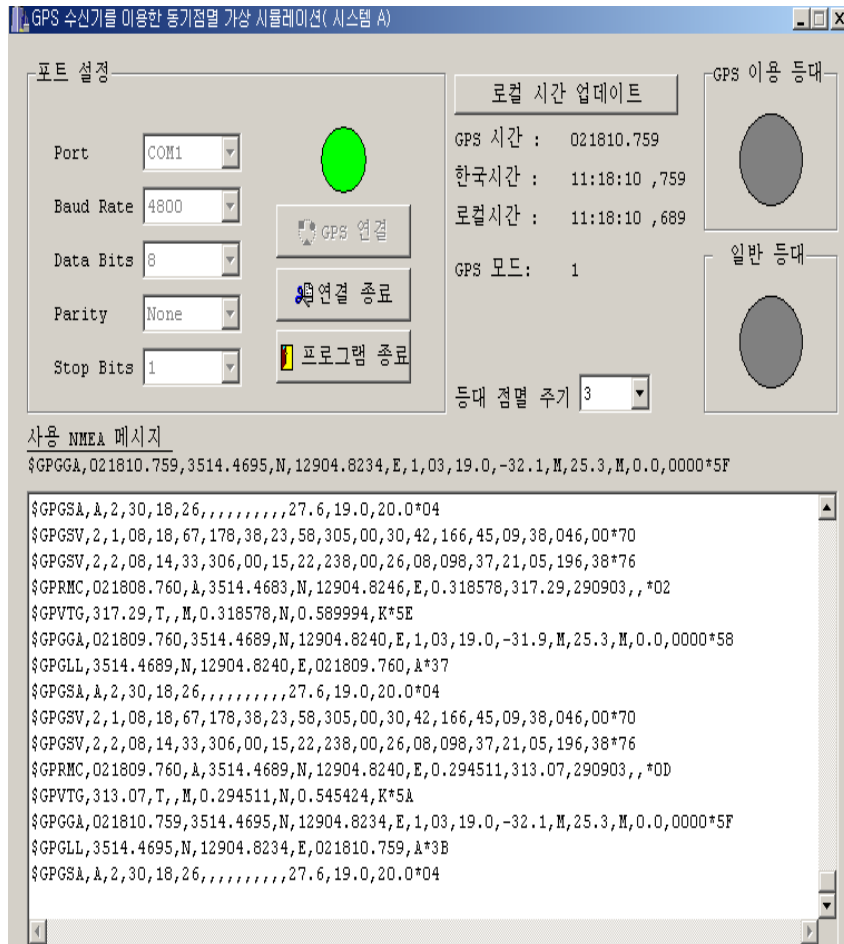
<그림 4-5> 시뮬레이션 프로그램 소스 (2/2)

<Fig. 4-5> Simulation program source (2/2)

## 4.1.2 시물레이션 실험

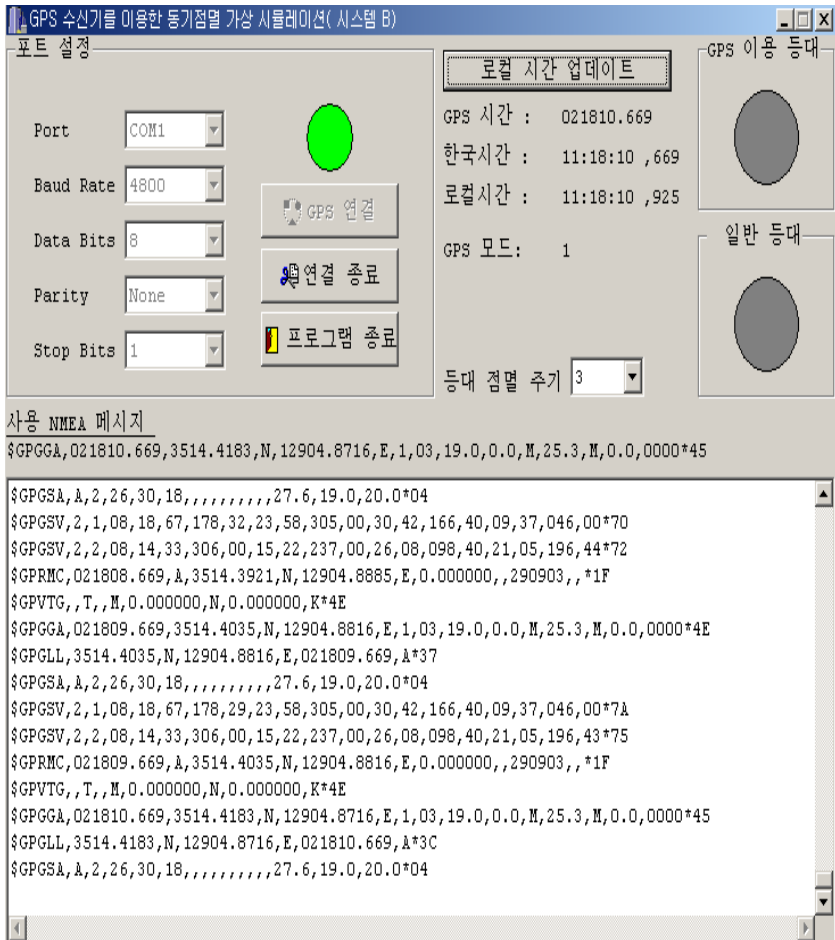
시스템들 간의 로컬 시간과 GPS에서 수신하는 UTC 차이를 비교 분석하기 위하여 시스템 A, B의 초기 설정 화면을 <그림 4-6>과 <그림 4-7>에서 보는 바와 같이 구성하였다.

설정시 GPS 시간과 로컬 시간의 오차는 보정 알고리즘을 사용하여 시스템간의 초기 시간 동기화를 시킨다.



<그림 4-6> 시스템 A의 초기 동기화면

<Fig. 4-6> Initial synchronous screen of system A



<그림 4-7> 시스템 B의 초기 동기화면

<Fig. 4-7> Initial synchronous screen of system B

<그림 4-6>과 <그림 4-7>의 프로그램은 크게 포트 설정 부분과 시간 표시부, 등대 점멸부, 수신 데이터 확인부로 구성하였다.

포트 설정은 GPS 수신기와의 통신을 위한 환경 설정 부분이다. 또한 메시지창을 이용하여 수신된 NMEA 출력 데이터들을 확인하고, 그 중 GGA 메시지만을 따로 캡처하여 UTC를 실시간으로 확인하였다. 이 시간을 이용하여 등부표의 점멸을 구현시켰다.

## 4.2 실험 결과

<표 4-4>는 약 7 일간(150시간)의 가상 시뮬레이션 실험을 통한 시스템간의 시간 차이를 수치로 기록한 것이다.

이 실험 결과를 통해 현재 시스템의 시각원의 문제점을 확실히 알 수가 있었다. 또한 가격 대비 성능이 다른 어떤 시스템보다 뛰어난 GPS의 안정성, 신뢰성, 정확성을 다시 한번 확인할 수 있게 되었다.

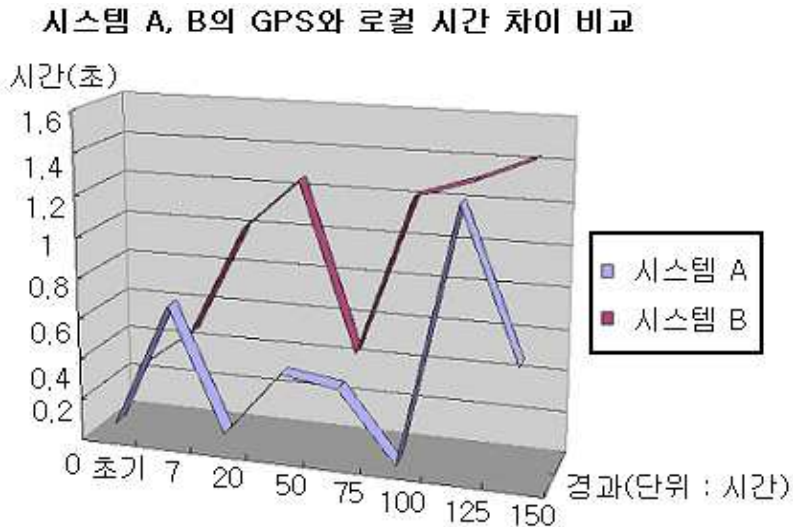
<표 4-4> 시간 차이의 결과

<Table 4-4> Result of time difference

		초기 동기화	7시간 경과	20시간 경과	50시간 경과
시스템 A	GPS 시간	11:18:10.759	18:39:25.569	07:41:45.715	09:23:17.528
	로컬 시간	11:18:10.689	18:39:24.889	07:41:45.796	09:23:17.931
	GPS와 로컬 시간 차이	00:00:00.070	00:00:00.680	00:00:00.081	00:00:00.403
시스템 B	GPS 시간	11:18:10.669	18:39:25.648	07:41:45.788	09:23:17.615
	로컬 시간	11:18:10.925	18:39:25.166	07:41:44.782	09:23:16.356
	GPS와 로컬 시간 차이	00:00:00.256	00:00:00.462	00:00:01.006	00:00:01.259
시스템 A, B 시간 오차	GPS 시간	00:00:00.090	00:00:00.079	00:00:00.073	00:00:00.087
	로컬 시간	00:00:00.236	00:00:00.277	00:00:01.014	00:00:01.575
		75시간 경과	100시간 경과	125시간 경과	150시간 경과
시스템 A	GPS 시간	10:20:31.576	11:28:04.881	12:25:09.713	13:10:24.824
	로컬 시간	10:20:31.214	11:28:05.156	12:25:10.345	13:10:25.379
	GPS와 로컬 시간 차이	00:00:00.362	00:00:00.027	00:00:01.272	00:00:00.555
시스템 B	GPS 시간	10:20:31.271	11:28:04.788	12:25:09.627	13:10:24.589
	로컬 시간	10:20:30.827	11:28:03.565	12:25:08.316	13:10:23.162
	GPS와 로컬 시간 차이	00:00:00.444	00:00:01.223	00:00:01.311	00:00:01.427
시스템 A, B 시간 오차	GPS 시간	00:00:00.095	00:00:00.093	00:00:00.086	00:00:00.065
	로컬 시간	00:00:00.387	00:00:01.591	00:00:02.029	00:00:02.217

<그림 4-8>의 실험 결과를 봤을 때 가장 큰 특징은 시스템(등부표) A, B의 로컬 시간은 시간이 경과할 때 어떤 일정한 간격으로 변하는게 아니라 불규칙적으로 변하는 것을 알 수 있다.

하지만 여기서 유의할 점은 대체로 시간이 많이 지남에 따라 초기 상태보다 시스템들 간의 시간 차이가 많이 벌어진다는 것과 시스템 시간과 UTC의 오차가 최대 1.4초 정도 나올 수가 있다는 것이다.



<그림 4-8> A, B 시스템 자체의 시간 차이 비교

<Fig. 4-8> Comparison of the time difference between system A and B

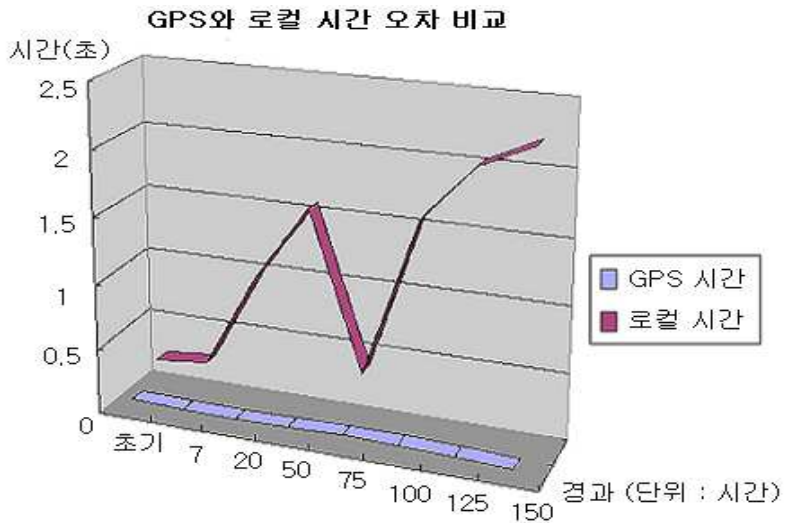
특히 두 시스템간의 시간 차이를 생각 할 때는 <그림 4-9>에서 알 수 있듯이 확연하게 로컬 시간의 오차가 발생하였다.

그러나 시스템간의 GPS 시간 차이는 거의 무시해도 될 정도였다. 다시 말해 로컬 시간을 이용한 시스템들은 그 자체 시간 오차로 인한 동기점멸의 문제점이 충분히 발생 할 수 있다는 것이다.

좀더 정확히 분석하자면, 시스템간의 GPS 시간과 로컬 시간을 비교 분석 해 본 결과 GPS 시간은 항상 시간 오차 범위가 0.1초 범위

를 넘지 않았다. 이 정도의 시간 오차는 육안으로 가상 시물레이션 등부표의 동기점멸 차이를 느끼기가 거의 불가능하였다.

그러나 로컬 시간은 시간이 경과함에 따라 최대 2초가 넘는 큰 시간 오차가 발생했다. 이 시간 오차 간격은 육안으로 보더라도 확연하게 정확한 동기점멸이 되지 않는 것을 확인 할 수가 있었다.



<그림 4-9> GPS와 로컬 시스템간의 시간 차이 비교

<Fig. 4-9> Comparison of the time difference between GPS and local



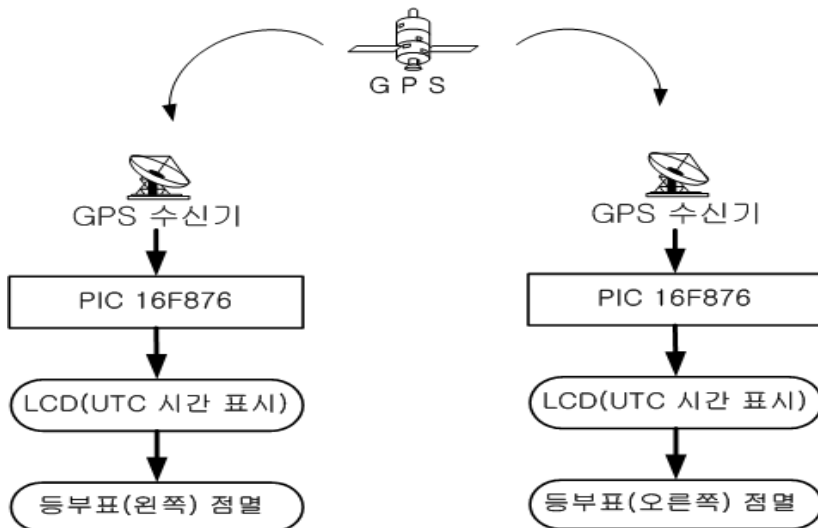
## 제 5 장 평가보드 구현 및 결과

이 장에서는 PIC16F876과 액정 디스플레이(LCD ; Liquid Crystal Display), GPS 수신기 모듈, 발광 다이오드(LED ; Light Emitting Diode) 등을 이용하여 시험용 등부표 동기점멸등을 구현하였다.

### 5.1 평가보드 구현

#### 5.1.1 평가보드 설계

정확한 동기점멸을 위해 등부표의 점멸에 사용될 시간을 주기적으로 보정하지 않고, GPS 시간을 실시간으로 수신하여 동기점멸등을 구현하였다. 평가 보드 구성은 아래에 있는 <그림 5-1>과 같다.



<그림 5-1> 평가보드 구성

<Fig. 5-1> Configuration of test board

## 5.1.2 구현 환경

MPLAB IDE(Integrated Development Environment)

MPLAB IDE는 기존 디지털 신호칩 ‘PIC16F’ 및 ‘PIC18F 플래시 마이크로컨트롤러’, ‘dsPIC™ 디지털 시그널 컨트롤러’의 오류 수정 및 업그레이드에 사용되는 프로그래밍이 가능한 툴이다.

평가보드의 PIC 프로그램 메모리에 작성한 프로그램을 기록하기 위해서는 2가지 단계가 필요하다.

- 작성된 PIC 프로그램을 어셈블 하는 단계
- 어셈블러로 작성된 헥사(HEX) 파일을 PIC 전용 롬라이터를 통해 PIC에 기록하는 단계

<그림 5-2>는 MPLAB IDE 실행 화면을 나타내었다. 이는 GPS 수신기를 이용하여 LED를 동기점멸 시키는 제어 프로그램으로 PIC에 기록하기 전의 C 언어로 코딩한 소스를 MPLAB 화면에서 나타낸 것이다.

PIC 프로그램을 어셈블하기 위해 본 본문에서는 마이크로칩사에서 배포하는 MPASM이라는 전용 어셈블러를 사용했다. 이것은 가장 기초적인 프로그램으로 마이크로칩사는 더 이상 이를 분리하여 제공하지 않는다.

따라서 MPLAB IDE에 포함된 어셈블러를 사용했다. MPLAB에는 MPASM과 동일한 기능을 하는 어셈블러가 내장되어 있으므로 둘 중의 어떠한 것을 이용해도 PIC 프로그램을 어셈블 할 수 있다. MPASM에서 생성하는 절대코드(HEX 파일)를 이용해 PIC를 구동

시킨다. 또한 롬 라이터를 이용하여 생성된 헥사 파일을 PIC의 프로그램 메모리에 기록하였다.

```

MPLAB IDE
File Project Edit Debug PICSTART Plus Options Tools Window Help
c:\₩₩다운로드₩₩pic.c
//*****
// Light buoy using GPS receiver module *
// 2003. 10. *
// Programmer : Lee yong chul *
//*****

#include <16F876.h>
#define pic16f876 * =8 adc=10
#include <delay.h>
#define delay(clock=4000000)
#include <rs232.h>
#define rs232(baud=4800, parity=N, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7)

char RxBuf[90];
int RxP=0;

#INT_RDA
RxInt()
{
    RxBuf[RxP]=getc();
    if(RxBuf[RxP]!='\n')
        Transaction(RxBuf);
    else RxP++;
}

void Transaction(char *buf)

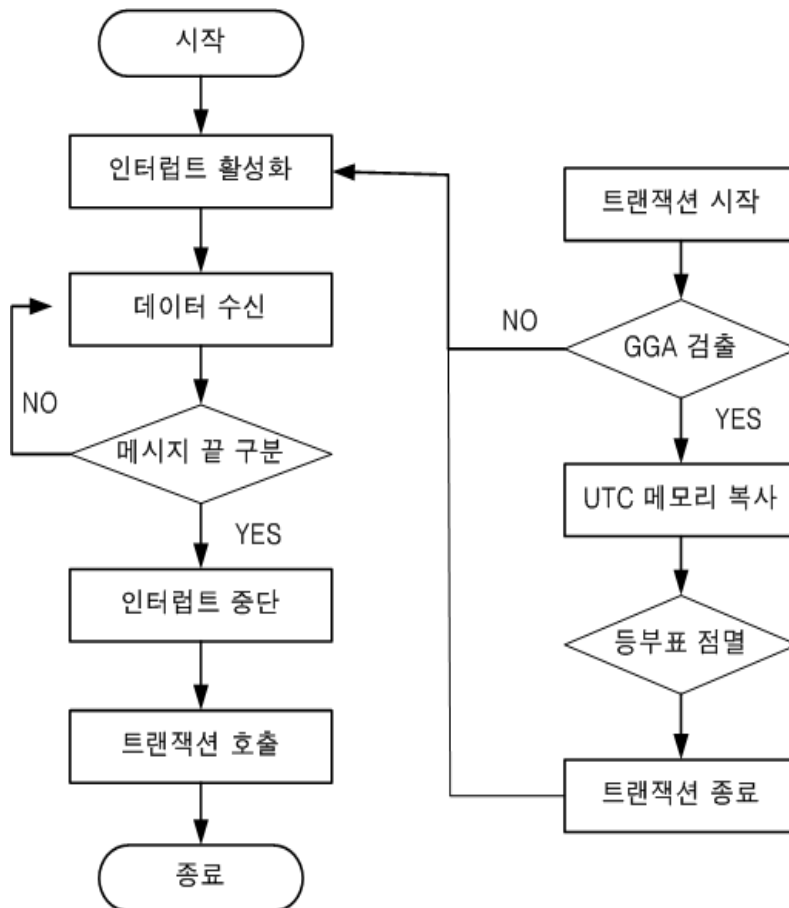
```

<그림 5-2> MPLAB IDE 프로그램

<Fig. 5-2> MPLAB IDE program

### 5.1.3 평가보드 프로그램 설계

PIC 평가보드 프로그램은 데이터 흐름도 및 프로그램 소스가 앞서 실험한 가상 시뮬레이션 프로그램과 비슷하게 구성되어 있다. <그림 5-3>은 평가보드 전체 내부 데이터 흐름을 나타낸 것이고, <그림 5-4>는 평가보드 프로그램 내부의 PIC 제어 소스를 나타낸 것이다.



<그림 5-3> 데이터 흐름도

<Fig. 5-3> Data flow

..... 중간 생략 .....

```
if (RxBuf[3]=='G' && RxBuf[4]=='G' && RxBuf[5]=='A')
{
    memcpy(gps_time,buf+7,10);
    memset(temp,0x00,sizeof(temp));
    memcpy(temp,gps_time,2);
    hour = atoi(temp)+9;
    memset(temp,0x00,sizeof(temp));
    memcpy(temp,gps_time+2,2);
    min = atoi(temp);
    memset(temp,0x00,sizeof(temp));
    memcpy(temp,gps_time+4,2);
    sec = atoi(temp);

    if ((sec % 3) == 0)
    {
        output_high(PIN_C0);
        delay_ms(1000);
        output_low(PIN_C0);
        delay_ms(1000);
    }

} else RxP=0;
enable_interrupts(INT_RDA);
enable_interrupts(GLOBAL);
```

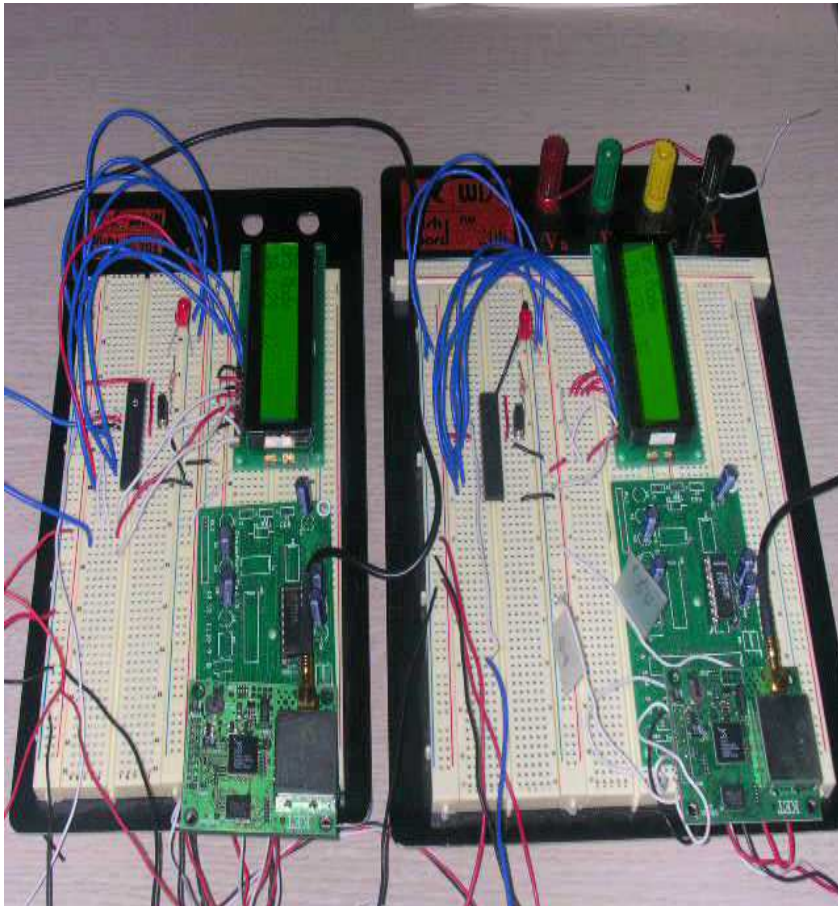
..... 중간 생략 .....

<그림 5-4> PIC 구동 프로그램 소스

<Fig. 5-4> PIC operation program source

#### 5.1.4 평가보드 회로 구성

브레드 보드를 이용해 평가보드를 구성한다. 부품은 저항(330 $\Omega$ ), LED, PIC16F876, 신호레벨 변환칩인 MAX232, 전해콘덴서(0.1 $\mu$ F), 직류 전원(5V), 직렬 통신 커넥터인 SUB-D9(RS-232C), LCD(2 라인), GPS 수신기 모듈 등을 사용하여 <그림 5-5>와 같이 등부표의 평가보드를 구성하였다.



<그림 5-5> 등부표 평가보드

<Fig. 5-5> Test board of Light Buoy

## 5.2 실험 결과

평가보드 구현 후 정확한 시간 오차를 비교하기 위하여 결과를 가상 시뮬레이션 프로그램과 마찬가지로 7일간(150시간) 지켜보았다.

GPS 수신기 모듈을 사용하기 앞서 PIC 내부 타이머를 이용한 실험에서는 시간이 경과 후 동기점멸이 부정확하게 이루어지는 것을 확인하였다.

평가보드 A



평가보드 B



<그림 5-6> 평가보드 시간 표시

<Fig. 5-6> Time display of test board

하지만 <그림 5-6>의 실험 결과에서 알 수 있듯이 GPS 수신기 모듈을 이용했을 때에는 앞선 실험 결과와 마찬가지로 한 쌍의 등부표는 시간 오차 없이 정확하게 동기점멸이 되는 것을 LED와 LCD를 이용하여 육안으로 확인하였다. 또한 퍼스널 컴퓨터를 이용한 시뮬레이션 실험과 평가보드의 실험 결과가 거의 일치하는 것을 알 수 있었다.

결론적으로 등부표 자체의 수정 발진자를 사용한 내부 타이머를 이용한 방식은 오랜 시간이 경과 후 정확한 동기점멸 구현이 어려운 것이다. 반면 GPS 수신기 모듈을 이용한 등부표 시스템은 세계 표준시인 UTC를 이용하여 항상 정확한 동기점멸이 가능했다.

## 제 6 장 결 론

본 논문의 목적은 GPS 수신기 모듈을 이용하여 등부표의 정확한 동기점멸등 설계 및 구현이다.

현재의 항로표지의 문제점으로는 항로상에 위치한 등부표 및 무인 등대가 배후광의 영향과 부정확한 동기점멸로 인해 올바른 항로표지 식별이 곤란하여 사고 발생이 우려되는 것이다. 또한 우리나라의 연안해역은 해양수산청의 조사결과 세계의 여러 해상과 비교해 볼 때 항행 환경이 좋지 않은 편이다. 대륙에서 발달하는 고기압의 영향으로 북동계절풍이 크게 발달하여 동해상의 파고가 상당히 높을 뿐만 아니라 저기압의 통과로 해상기상이 크게 악화되는 경우가 다반사이다. 이러한 악조건을 극복하고 안전한 항해를 보장하기 위해서는 종합적이고 체계적인 항행 보조설비가 구축되어야 한다.

그러나 아직까지 우리나라는 항로표지에 대한 전반적인 투자가 미흡하다. 투자의 미흡은 전체적으로 직·간접적인 기회비용을 증가시켜 사회 전체의 경제적 부담으로 작용하고 있다. 그러므로 우리나라에서의 항로표지에 대한 투자는 전반적으로 증대되어야 한다. 특히 앞에서 언급했듯이 동기점멸이 꼭 필요한 등부표와 정확하게 미리 일정하게 정해진 시간 주기로 점멸이 되어야 하는 무인 등대는 우리나라 광과표지의 대부분을 차지하고 있다.

이러한 의미에서 동기점멸은 매우 중요하다고 할 수 있다. 현재 대부분 등부표의 동기점멸 방식은 시스템 자체 시각원을 이용하고 있다. 간혹 쌍방향 무선데이터 방식도 사용하고 있다. 하지만 이 방식은 주파수의 할당 필요, 이용 거리의 제한 등 여러 문제점이 있다. 그리고 무엇보다도 육상의 모국 시스템 에러시 발생하는 많은



심각한 문제점이 발생할 수 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 연구에서는 가격 대비 성능(안정성, 신뢰성 등)이 다른 어떤 방식보다 뛰어난 GPS 수신기 모듈을 이용한 등부표 동기점멸등을 제안하였다. 그 실험 결과 오랜 시간이 경과 후에도 등부표간의 시간 오차가 거의 발생하지 않아 항상 정확한 동기점멸을 구현이 가능했다.

본 논문은 GPS가 가지고 있는 유용한 수많은 데이터 중 단순히 UTC만을 사용하였지만, GPS는 이미 해양 관련 분야뿐만 아니라 여러 분야에서도 다양하게 응용되어 사용되고 있다. 따라서 앞으로는 여러 장점과 응용력이 매우 광범위한 GPS를 이용한 종합적인 항로표지 장기개발 계획을 수립하여야 한다. 또한 현재의 GPS 수신기를 사용했을 때에는 등부표의 원격감시나 제어가 불가능하다는 문제가 있다는 것을 알 수가 있었다. 이는 기존 동기점멸 방식과의 접목으로 인하여 향후 GPS 이용한 등부표 시스템에서 해결해야 할 과제이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 한근환, “등대 원격제어를 위한 소형 모델 개발에 관한 연구”, 한국해양대학교 석사학위 논문, pp.3-6, 1999.
- [2] 김혁수, “GPS 정밀 시각동기를 이용한 電力系統 모니터링 시스템에 관한 연구”, 강원대학교 석사학위 논문, pp.16-22, 2000.
- [3] 정태영, “볼랜드 C++ Builder 컴포넌트 프로그래밍”, 가남사, 1999.
- [4] 응용전자, PIC PROGRAM WRITER 미인세상 Ver 1.4 Manual, “URL: <http://www.astroniks.co.kr/>”, 2002.
- [5] 윤정수, “부산항 해상 교통관계 서비스의 품질향상에 관한 연구”, 한국해양대학교 석사학위 논문, pp.2-4, 2001.
- [6] 등대와 바다, “URL: <http://www.lighthouselove.com/>”, 2002.
- [7] 해양수산부, 항로표지과, “URL: <http://www.momaf.go.kr/>”, 2003.
- [8] (주) 대기해양주식회사, “URL: <http://www.daekee.co.kr/>”, 2001.
- [9] 해양수산부, “항로표지 장기개발 계획에 관한 조사 연구”, pp.7-9, 1998.
- [10] (주) 트라테크, “URL: <http://www.tratek.co.kr/>”, 1997.
- [11] Lee Yong-Chang, Kang Joon-Mook, “Application of GPS in Geodetic Field”, Proceeding of the first GPS Workshop in Korea, pp.167-185, 1994.

- [12] GPS 연구실(건국대) “URL: <http://gpslab.konkuk.ac.kr/>”, 2001.
- [13] Bradford W. Parkinson, James J. Spilker Jr, “Differential GPS: Global Positioning System: Theory and Applications Vol. I, II”, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc, 1996.
- [14] 김명규, “GPS를 이용한 PC 시각동기 장치 설계 및 구현”, 부산대학교 석사학위 논문, pp.3-9, 1998.
- [15] (주) 네비콤, “URL: <http://www.navicom.co.kr/>”, 2001.
- [16] SiRF Technology, Inc. “NMEA Reference Manual”, pp.1-5, 2002.
- [17] 김창수, “DGPS 보정신호 전송을 위한 휴대전화 인터페이스 모듈의 설계 및 구현”, 한국해양대학교, 석사학위 논문, pp.23-32, 2003.
- [18] 이해영, “이동통신 시스템의 설계 및 기술적 분석에 관한 연구”, 한국해양정보통신학회, 98 춘계 종합 학술대회, pp.177-186, 1998.
- [19] 김형종, 윤병식, 최송인, 한기철, “국내 CDMA 기술동향”, 한국해양정보통신학회, 창립총회 및 기념 학술대회, pp.180-187, 1997.
- [20] Maxim Integrated Products Technical Support, “URL: <http://www.maxim-ic.com/>”, 2002.
- [21] Comfile Technology, “Single Board Compute PIC BASIC DATABOOK”, COMFILE, 1999.
- [22] Custom Computer Services Inc. C Compiler Reference Manual, “URL: <http://www.ccsinfo.com/>”, 2002.
- [23] 차영배, “C언어로 배우는 PIC마이컴”, 다다미디어, pp.162-169, 2003.

## 감사의 글

무언가를 시작한다는 것은 늘 설레이고 두려운 일입니다. 비로소 그 일을 하기 시작했다는 기쁨도 있지만, 그 일을 무사히 마칠 수 있을까 하는 두려운 마음도 어김없이 들기 때문입니다. 제가 28년 동안 살면서 시작한 여러 일 중 하나인, 지금 생각해보면 약간은 무모했던 석사과정을 무사히 마무리를 지을 수 있도록 도와주신 주위 분들에게 감사의 마음을 서면이나마 전할려고 합니다.

우선 학부 시절 4년, 석사 시절 2년 동안 많은 부분에서 부족한 저에게 변함없는 관심과 학문의 참뜻을 일깨워 주신 임재홍 지도교수님, 바쁘신 와중에도 꼼꼼히 논문 심사를 해주신 김기문 교수님, 양규식 교수님과 열성적인 수업과 지도를 해주셨던 전자통신공학과 모든 교수님들께 감사드립니다.

또한 직장생활을 하면서 공부를 한 저에게 석사과정 하는데 있어 어려움이 없도록 항상 따뜻한 애정과 도움을 준 우리 DCN랩의 소중한 분들! 진리탐구를 위해 매일 밤낮으로 연구하시는 박사과정 선배님들... 학부 시절부터 친 형처럼 절 아껴준 태오 형, 대학원 진학 시 많은 상담을 해준 지금은 한국에 없는 송아 누나, 홀몸이 아닌 상태에서 논문 초안을 자기 논문처럼 검토해 준 선영이 누나, 논문 주제에 대한 많은 자료를 알려주신 창수 형께 감사드립니다.

그리고 정상적인 대학원 생활을 할 수 없었던 저를 위해 많은 신경을 써준 성훈이 형, 실험에 많은 도움을 준 재만이, 행정적인 부분에 고생해 준 형석이... 이런 나의 동기들과 해준 것도 없는 저를 그래도 선배라고 말없이 묵묵히 따라주고, 도와주었던 원희, 재석, 슬기에 감사드립니다.

그리고 제가 대학원을 갈 수 있도록 도움을 주신 우리 직장 분들! 우선 대진정보통신고등학교의 김길용 교장선생님, 정세량 교감선생님, 신태주 행정실장님께 감사드립니다. 또한 5년 동안 한결같이 보

살펴 주시고 학교생활을 지도해 주신 남병근 부장님, 저를 지금의 학교와 인연을 맺게 해주신 존경하는 박상준 부장님, 늘 인간적인 모습으로 절 아껴주신 이창우 부장님, 대학원으로 인해 못한 제 업무를 묵묵히 해준 원의 형과 제 옆자리에서 나태해지는 제 모습을 바로 잡아준 김수진 선생님, 대학원 과정을 별탈없이 다닐 수 있도록 도와준 인터넷정보통신과의 모든 동료 선생님들께 감사드립니다.

무엇보다도 바쁜 직장 생활을 하시는 중에도 아낌없는 도움을 준, 지금쯤 한참 신혼을 즐기고 있을 재호 형과 회사 경영에 정신이 없는 와중에도 언제나 따뜻하게 저를 맞아주고, 격려해 주신 희철이 형에게 진심으로 감사드립니다. 또한 정신적으로 힘들때 심적으로 많이 도와준 나의 소중한 벗, 진희에게도 감사드립니다. 그리고 구하기 힘든 항로표지에 관한 정보를 친절하게 알려주신 해양수산부 및 각 지방해양수산청 항로표지과 담당자님들께도 감사드립니다.

끝으로 오늘의 제가 있게 해주신 우리 가족들! 특히 앞으로 살면서 여러 좋은 마무리를 할 저를 못 보시고 가신 하늘나라에 계시는 아버님, 늘 저한테 헌신적인 사랑만 주시는 어머님, 그리고 자기들도 힘들고, 바쁜면서도 항상 저를 챙기고, 생각해주는 누님들과 매형들께도 감사드립니다.

저는 석사 학위를 받는 것보다 제 주위에 저를 생각해 주시는 너무나도 마음 따뜻한 분들이 있다는 사실에 더욱더 기쁩니다.

그 분들의 소중한 마음들... 항상 제 마음속에 간직하며 인간답게 살아가도록 노력하겠습니다.

**2004년 2월 이 용 철 드림**