

---

# 한글 NAVTEX 시뮬레이터 설계 및 구현에 관한 연구

이 헌택\*·김기문\*\*

## A Study on Design and Implementation of Hangul-NAVTEX Simulator

Houn-Tak Lee, Ki-Moon Kim

### Abstract

NAVTEX system is an international automated direct-printing service, broadcast on 518kHz and 490kHz, for the promulgation of navigational and meteorological warnings and urgent information to ships. With our government's adoption of the international convention for SAR(Search and Rescue) in 1993, various trials for the installation of NAVTEX system have been executed by the government committee, relating laboratory and experts. An important consideration of the installation for NAVTEX system is the availability that could broadcast messages written in korean letter. Also, the receiver which can process the signal demodulated from the two frequencies, 518kHz and 490kHz, should be developed and supplied in domestic.

In this paper, the code table and algorithm for conversions between NAVTEX characters and Korean Letters are studied, and signal processing techniques of code conversion are developed. Circuit design and implementation of the NAVTEX simulator using the Direct Digital Synthesizer are discussed, code conversion algorithm and signal processing technique of the NAVTEX transmission are programmed in its circuits. For evaluating the its functional characteristics, receiving module which has I-Q channel structure is designed. From the measurements of simulator, the characteristics show the frequency stability of the  $(\pm)2\text{Hz}$  and Spurious free dynamic range is  $-63\text{dBc}$ . And the simulator can generate simultaneously wanted signal and several interfere signals. So, its capability is valuable for designers of the transmitting system and NAVTEX receiver, for provider as testing facilities of the type approval.

---

\* 한국해양대학교 전자통신공학과 박사과정

\*\* 한국해양대학교 전자통신공학과 교수

접수일자 : 1999년 11월 29일

## I. 서 론

GMDSS 제도의 시행에 따른 나브텍스(NAVTEX ; NAVigation TELeX) 시스템의 도입은 국제해사기구(IMO ; International Maritime Organization)에 의해 각국에 권고되고 있으며, 우리 나라에서도 1995년 10월에 해상수색 및 구조에 관한 국제협약(SAR ; Search And Rescue)을 수용한 이후 NAVTEX 시스템의 구축을 적극적으로 도입하게 되었다.

해난사고가 빈번히 발생하는 우리 나라의 현실에 비추어 볼 때에 이러한 항행 경보 시스템의 구축이야말로 절대적이고도 필연적이라 하겠다. 최근에 발생되고 있는 해난사고의 빈도와 발생요인에 따라 어선에 대한 통신운용관리 및 선박 항행 관리는 매우 중요한 비중을 차지하게 되었다. 따라서 연안 선박 어선을 위한 무선텔레텍스를 이용한 각종 경보의 전송시스템의 구축은 해난사고의 방지에 매우 효과적이라 할 수 있다.

NAVTEX 시스템의 도입과 제도의 시행을 위해서 우리 나라에서는 이미 1997년 12월 국제해사기구 및 NAVAREA XI구역 조정국으로부터 2개의 송신국 식별번호의 배정을 받았으며, 이웃 일본의 경우는 현재 6개의 송신국을 운용중이며 방송되는 언어도 영어뿐만 아니라 자국어 방송을 겸하여 연안 소형 선박에 여러 가지 유용한 해상안전정보를 전송하고 있다. 우리 나라에서도 1997년과 1998년 2년에 걸쳐 NAVTEX 제도의 시행과 시스템 구축을 위한 연구가 이루어졌으며, 이에 따라 1999년 3월 16일부터 NAVTEX 시스템의 구축이 완료되어 해상안전을 위한 방송을 실시하고 있다. NAVTEX 시스템의 구축에 따른 제도의 활성화를 위해서는 NAVTEX 시스템이 제공하는 해상안전정보의 수신을 위한 수신기가 선박에 탑재되어야 하며, 이는 GMDSS 관련 국제협약과 선박설비의 탑재요인에 의하여 총 톤수 300톤 이상 국제항해에 종사하는 모든 선박에 탑재하도록 규정하고 있다. 그러나, NAVTEX 시스템을 구축할 경우 자국어 방송이 가능하도록 설계가 되어야 하며, 영문과 한글 코드의 2중 모드에 의해 동작하는 송신국과 수신설비가 국내에서 개발되어 모든 선박에 보급되어야 한다.

국제항해에 종사하는 선박에 탑재되는 영문 해사

안전정보만을 수신하는 NAVTEX 수신기의 개발은 이미 국산화되어 있으나, 한글 해사안전정보를 위한 한글 코드의 표준화 및 신호처리 알고리즘에 대해서는 개별적인 연구 노력에 한정되고 있는 실정이다. 따라서, 국내의 NAVTEX 시스템의 구축에 따른 NAVTEX용 한글코드체계 및 신호처리 알고리즘에 대한 체계적인 연구가 이루어져야 한다. 또한, 국내 NAVTEX 시스템의 구축과 아울러 국문 및 영문 이중모드에서 동작하는 수신기 개발을 위해 연구개발이 진행되고 있다. 한글 NAVTEX 수신기의 개발을 위해서 표준신호를 발생할 수 있는 시험신호발생기가 필요하게 되며 아울러 설비의 형식 검정에 따르는 성능시험에 필요로 하는 시험장비가 필요하게 된다. 우리의 독특한 언어인 한글을 사용하는 특수성으로 인해 시험신호발생장비의 개발이 국내에서 이루어져야 한다.

본 연구에서는 NAVTEX 시스템에서 사용하게 되는 한글코드체계 및 신호처리 알고리즘을 연구하여 개발하였으며, 아울러 개발된 코드체계와 신호처리 알고리즘을 구현하여 표준시험신호를 발생할 수 있는 한글 NAVTEX 시뮬레이터를 설계하고 구현하였다.

## II. 국내 NAVTEX 시스템

### 2.1 NAVTEX 시스템의 분석

NAVTEX 시스템은 협대역 직접 인쇄 전신을 이용하는 해상 안전 정보의 방송 및 자동 수신용 시스템을 말한다. 즉, 수색 및 구조에 관한 정보, 기상 경보, 기상 예보 등의 해상 안전 정보를 주관청에서 취합하여 세계 공통의 주파수인 518kHz로 방송하는 방송 시스템과 이를 자동으로 수신하여 직접 인쇄 방식으로 출력하는 기능을 갖는 수신기로 구성된 해상 안전 정보 방송 시스템이다. 해상 안전 정보의 송신은 타 지역과 중첩되지 않도록 미리 시간적으로 구분되어 있으며, 정보의 내용도 항행 경보, 일기 예보 등으로 구분되어 있다. 따라서 NAVTEX 수신기는 이들 송신국 및 정보내용에 대한 항행 경보, 기상 예보 및 수색 구조 정보는 강제적으로 인쇄되고 이를 제외한 기타 방송의 송신국과 수신여부를 사용자가 선택 할 수 있고,

해상안전정보 서비스 구역은 해안에서 250 내지 400 해리를 예정하고 있다. 또한, 이 시스템의 특징은 일정한 정보를 선택 수신할 수 있다는 것과 육상국에서 방송한 항행정보와 기상 경보 등이 직접인쇄 방식으로 자동적으로 항해 당직실에 있는 항해사에게 전달된다.

해상안전정보의 방송은 국내 수역을 항행하는 국제선박 및 국내 수역만을 중사하는 연안선을 포함하는 어선 모두를 대상으로 그 수혜가 이루어져 해상안전을 도모하여야 한다. 특히, 연안선 및 어선에 승무하는 선원들의 영어 이해 능력이 미숙하여 여러 가지 문제가 대두되고 있으므로 이들을 위한 국문방송이 필연적으로 이루어져야 하며, 최근의 해난사고의 발생 빈도와 요인에 따라 어선에 대한 통신운용 관리 및 선박 항행 관리가 매우 중요한 비중을 차지하고 있다는 인식이 높아지고 있다. 따라서 연안선과 어선의 안전한 항해를 위하여서는 무선텔렉스를 이용한 각종 경보의 전송시스템이 구축된 해난사고의 방지에 매우 효과적이다. 또한, 국문 NAVTEX 시스템이 국산화기술에 의하여 개발되어 보급됨으로써 해양정보통신산업에 있어서의 국제경쟁력 향상과 국내시장의 보호라는 측면에서 시스템의 구축에 따른 기대효과는 매우 크다.

## 2.2 중파대의 운용 주파수 할당 및 송신소의 식별코드(ID)의 확보

NAVTEX 방송 체계는 전세계해상경보제도에 따라 전세계가 16개 구역으로 나뉘어 있으며, 각 구역에는 26개의 NAVTEX 송신소를 할당하고 있다. 그러므로 우리 나라가 NAVTEX방송을 하기 위해서는 IMO가 계획한 전세계해상경보제도의 NAVTEX 송신국의 식별코드(ID)를 IMO 및 관련 국제기구로부터 할당받아 확보하여야 한다. 우리 나라에서는 1999년 2월에 NAVTEX 시스템의 구축을 완료하고 우선적으로 국제업무용 518kHz의 주파수로 영문 NAVTEX 방송을 조기 실시할 수 있도록 추진하여 왔으며, 현 시점에서 영문 NAVTEX용 518kHz에 관하여는 V와 W의 두 개의 ID를 할당받았으므로 이 문제는 해결되었다고 할 수 있다. 그러나, 국내

업무용 490kHz의 주파수 및 방송시간 할당에 관해서 NAVTEX Manual에 특별히 정해진 규정이 없었으므로, 해양수산부 해양정책과에서 NAVAREA XI 구역 조정 관에게 한국어 490kHz에 의한 한글 NAVTEX 방송을 위한 운영계획을 설명하고, NAVAREA내 인접국의 490kHz 주파수로의 전파발사에 대한 방송 시간의 조정을 의뢰하는 공문을 1997년 9월 24일 발송한 바 있는데, 이러한 국제적 노력에 의하여, 우리 나라는 1999년 3월에 490kHz의 송신소에 대해 식별부호 J 및 K를 할당받았다. 그러나, 영문의 1개 문자는 7비트를 필요로 하는데 반하여 한글은 2-4개의 문자 소의 결합으로 한 문자를 구성하므로, 한글은 14 또는 28비트가 1개의 한글 문자를 구성하게 되므로, 영문방송에서의 10분간이 소요되는 방송 기사는 한글로 약 20분의 방송시간이 소요된다. 따라서, 영문으로 방송되는 NAVTEX의 전문내용을 한글로 방송하는 데에는 연속되는 2개의 방송시간이 필요로 하게 된다. 그러므로 연속되는 2개의 방송시간을 확보하기 위한 국제적 노력이 필요하다.

NAVTEX 시스템의 운영은 해양경찰청이 주관으로 기상청과 지방 해양경찰서, 국방부 및 해양수산부로부터 해상안전정보를 네트워크를 통해 수집한 후 전문을 편집하고, 정해진 방송시각에 송신을 한다. 송신소는 서해안의 변산과 동해안의 죽변에 위치해 있으며, 이들 송신소는 원격으로 운용되고 있다. 그림 1은 현재 구축되어 운영하고 있는 한국의 NAVTEX 시스템의 운영체계를 나타낸 것이다.

표 1. 한국의 NAVTEX 방송 시간표

Table 1 The time schedule for korean NAVTEX broadcasting

송신국	송신국 식별코드		방 송 시 각
죽변(Chukpyon) 37.03N 129.26E	영문	V	03:30 07:30 11:30 15:30 19:30 23:30
	국문	J	01:30 05:30 09:30 13:30 17:30 21:30
변산(Pyonsan) 35.35N 126.29E	영문	W	03:40 07:40 01:40 15:40 19:40 23:40
	국문	K	01:40 05:40 09:40 13:40 17:40 21:40

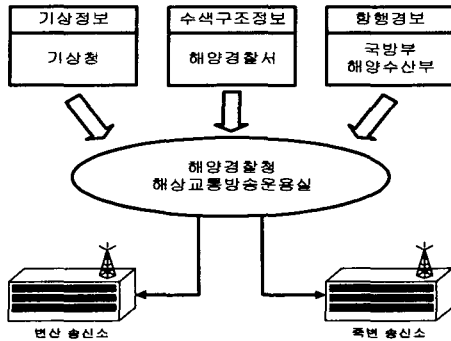


그림 1. 한국의 NAVTEX 시스템 구성도  
 Fig. 1 The system block diagram of Korean NAVTEX system

### III. NAVTEX시스템의 한글코드체계의 개발

NAVTEX 시스템은 NBDP시스템과 동일한 신호 규격을 유지하도록 국제관련협약 및 ITU권고에서 정하고 있으며, 연안 해안국에서 518kHz의 주파수로 방송되는 NAVTEX 전문은 NBDP 시스템에서도 수신이 가능하며, NBDP DTE(Data Terminal Equipment)에 의해 동일하게 인쇄된다. NBDP 시스템은 ITU-R권고 625에서 정하고 있는 ITA No.2 문자코드체계를 사용하고 있다. 따라서 NBDP시스템에서는 영문자와 기호, 숫자만을 전송할 수 있으며, 한글코드에 대한 고려가 되어 있지 않다. 국문 NAVTEX 방송 시스템 및 수신부의 설계에 있어서 국문 NAVTEX 전문을 전송하기 위해 제안되는 한글코드는 NBDP 시스템의 신호전송규격과 호환되고 시스템에서 사용되는 ITA No.2코드 및 제어신호와 상호충돌을 피하도록 설계되어야 한다. 따라서, 한글방송을 위하여 한글코드의 도입이 필요하게 되며, 영문 NAVTEX와 호환성을 유지하기 위해서 ITA No.2 코드 체계를 그대로 수용하여 NBDP 및 NAVTEX 한글코드를 제정하여야 한다. GMDSS 시스템에서의 문자전송을 위한 무선텔레그램은 국제적 호환성과 관리적 측면에서 ITA No.2코드만을 사용하도록 국제기구 및 관련 권고에서 규정되어 적용되어 왔으며, 따라서 한글기능을 구현하기 위한 한글코드체계를 제정함에 있어

ITA No.2코드 체계와 호환되고 관련 설비의 기능에 제약되지 않는 전송규격과 전송 시퀀스의 연구개발이 선행되어야 한다.

본 연구에서는 기존의 국제전신용 한글코드 및 NAVTEX용 한글코드로 제안된 코드들의 문제점들을 분석하고 이를 개선하여 표준형 2바이트 조합형 및 완성형 코드를 사용하여 한글, 영문, 숫자,

표 2. NAVTEX 시스템용 조합형 한글코드  
 Table 2 The table of Chohap Korean code for NAVTEX system

조합번호	트래픽정보 신호		2바이트 조합형 한글코드				ITA No.2 Code	7Bit Code
	문자	기호	초성	중성	종성	부종성		
1	A	—	Fill	Fill	Fill		ZZAAA	BBBYYB
2	B	?	ㄱ	ㅏ	ㅑ	ㄹ	ZAAZZ	YBYBBB
3	C	:	ㅋ	ㅓ	ㅕ	ㅗ	AZZZA	BYBBYY
4	D	☒	ㄴ	ㅓ	ㅕ	ㅗ	ZAAZA	BBYBYB
5	E	3	ㄷ	ㅓ	ㅕ	ㅗ	ZAAAA	YBBYBY
6	F		ㅌ	ㅓ	ㅕ	ㅗ	ZAZZA	BBYBBY
7	G		ㄹ	ㅓ	ㅕ	ㅗ	AZAZZ	BYBYBB
8	H		ㅓ	ㅓ	ㅕ	ㅗ	AAZAZ	BYBYBB
9	I	8	ㅓ	ㅓ	ㅕ	ㅗ	AZZAA	BYBBYY
10	J	Bell	ㅓ	ㅓ	ㅕ	ㅗ	ZZAZA	BBBYBY
11	K	(	ㅓ	ㅓ	ㅕ	ㅗ	ZZZZA	YBBBYY
12	L	)	ㅓ	ㅓ	ㅕ	ㅗ	AZAAZ	BYBYBB
13	M	.	ㅓ	ㅓ	ㅕ	ㅗ	AAZZZ	BYBBYY
14	N	,	ㅓ	ㅓ	ㅕ	ㅗ	AAZZA	BYBBYY
15	O	9	ㅓ	ㅓ	ㅕ	ㅗ	AAAZZ	BYBBYY
16	P	0	ㅓ	ㅓ	ㅕ	ㅗ	AZZAZ	BYBBYY
17	Q	1	ㅓ	ㅓ	ㅕ	ㅗ	ZZAZA	YBBBYB
18	R	4	ㅓ	ㅓ	ㅕ	ㅗ	AZAZA	BYBYBY
19	S	'	ㅓ	ㅓ	ㅕ	ㅗ	ZAZAA	BBYBYB
20	T	5	ㅓ	ㅓ	ㅕ	ㅗ	AAAAZ	YBYBBB
21	U	7	ㅓ	ㅓ	ㅕ	ㅗ	ZZZAA	YBBYYB
22	V	=	ㅓ	ㅓ	ㅕ	ㅗ	AZZZZ	YBYBBB
23	W	2	ㅓ	ㅓ	ㅕ	ㅗ	ZZAAZ	BBBYBY
24	X	/	ㅓ	ㅓ	ㅕ	ㅗ	ZAZZZ	YBYBBY
25	Y	6	ㅓ	ㅓ	ㅕ	ㅗ	ZAZAZ	BBYBYB
26	Z	+	ㅓ	ㅓ	ㅕ	ㅗ	ZAAAZ	BBYYBB
27	←(CR)						AAAZA	YYYBBB
28	≡(LF)						AZAAA	YBYBBB
29	↓(Letter Shift)						ZZZZZ	YBYBBY
30	↑(Figure Shift)						ZZAZZ	YBBYBY
31	△(Space)						AAZAA	YBYBBY
32	☐(No Inform)		☉(Hangul Code Shift)				AAAAA	YBYBYB

기호를 표현하는 코드체계를 제안하고, 이러한 코드를 사용한 전송규격을 제안하였다. 또한, 제안된 한글코드체계는 한국표준협회에서 정하고 있는 한글코드체계를 그대로 사용하며, 변환 알고리즘만을 개발하여 제시함으로써, NBDP 및 NAVTEX 시스템에서의 한글기능 구현이 용이하도록 하였다.

NAVTEX용 2바이트 조합형 한글코드의 코드 체계에 있어서 한글과 영문모드의 전환에 사용되는 제어코드는 ITA No.2 조합번호 32의 코드를 사용할 수 있다. 이 조합번호에 할당된 문자코드는 ITU-T 권고 S.1의 4.7절에 따라 각 주관청에 의해 부여된 기능, 즉 ITA No.2가 아닌 국내 알파벳으로의 전환에 대한 제어신호로 사용될 수 있으므로, 이에 따라 NBDP/NAVTEX 시스템의 한글/영문전환 제어코드로 사용되어야 한다. 따라서, NBDP의 ARQ모드에서의 전송 시퀀스에서 국제 및 국내 전신망과 선박무선설비와의 연결에 장애가 없게 되며, FEC모드에 있어서도 해안국에서의 국제 및 국내 전신망으로의 원격정보전송에 호환성을 유지할 수 있다. 다음 표 2는 이러한 문제점을 고려하여 제안한 NBDP/ NAVTEX용 조합형 한글코드체계이다.

NAVTEX시스템에서 2바이트 완성형 한글코드를 사용하기 위해 표 3과 같은 한글코드체계를 제안하였다. ITA No.2에서 정보로 사용될 수 있는 문자의 개수는 26개이다. 또한, ARQ모드의 전송 시퀀스에서는 전송블럭을 3개의 문자로 구성하여 제어신호를 통해 전송하며, 한글은 3개의 자소로 분리되므로 3개의 ITA No.2코드로 대응시켜 전송시키면 된다. 2,350자의 한글코드를 ITA No.2코드 체계로 표현하기 위해서 한글코드의 0xB0A0 세그먼트를 기준으로 구성되어 있는 KSC-5601규격의 코드체계를 0xB0A0의 읍셋을 제거하고 0에서부터 2,399번까지 1,2,3... 순차적으로 증가되는 코드를 할당하여, 3개의 ITA No.2의 조합체계에 대응시켜 전송하고 수신측에서는 ITA No.2코드체계에 대응된 한글의 코드를 디코딩하여 0xB0A0의 읍셋에 대응시키면 원래의 2바이트 완성형 한글코드를 얻을 수 있다.

조합형 한글코드의 예에서와 같은 예시문을 통해 전송시퀀스에 적합한지를 알 수 있다. 한글코드 변환을 위한 제어코드는 조합형 한글코드와 마찬가지로 ITA No.2의 조합번호 32를 사용하며, 2바이트 완성형 한글코드에서 0xB0A0의 읍셋을 뺀

표 3. NAVTEX시스템의 2바이트 완성형 한글코드체계  
Table 3 The code table of wansung korean code for NAVTEX system

ITA No.2 Code	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	
AA		가	각	간	간	갈	갈	갈	갈	갈	갈	가	가	가	가	가	가	가	가	가	개	개	개	개	개	개	개
AB	갯	갯	가	자	간	갈	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯
AC	게	겐	겐	젠	젠	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯
AD	극	곤	곤	골	골	골	골	골	골	골	골	골	골	골	골	골	골	골	골	골	골	골	골	골	골	골	골
AE	켄	켄	켄	괴	괴	괴	괴	괴	괴	괴	괴	괴	괴	괴	괴	괴	괴	괴	괴	괴	괴	괴	괴	괴	괴	괴	괴
AF	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋
AG	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋	긋
AH	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯	갯
(중략)																											
DH	황	괴	원	표	픈	픈	픈	픈	픈	픈	픈	픈	픈	픈	픈	픈	픈	픈	픈	픈	픈	픈	픈	픈	픈	픈	픈
DI	푼	푼	푼	푼	푼	푼	푼	푼	푼	푼	푼	푼	푼	푼	푼	푼	푼	푼	푼	푼	푼	푼	푼	푼	푼	푼	푼
DJ	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛
DK	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛	헛
DL	훗	훗	훗	훗	훗	훗	훗	훗	훗	훗	훗	훗	훗	훗	훗	훗	훗	훗	훗	훗	훗	훗	훗	훗	훗	훗	훗
DM	후	후	후	후	후	후	후	후	후	후	후	후	후	후	후	후	후	후	후	후	후	후	후	후	후	후	후
DN	휴	휴	휴	휴	휴	휴	휴	휴	휴	휴	휴	휴	휴	휴	휴	휴	휴	휴	휴	휴	휴	휴	휴	휴	휴	휴	휴
DO	히	히	히	히	히	히	히	히	히	히	히	히	히	히	히	히	히	히	히	히	히	히	히	히	히	히	히

후 표 3의 코드체계에 의해 3개의 문자로 구성되는 문자열로 변환된다. 3개의 문자로 변환된 ITA No.2코드는 7비트 에러검출코드로 변환되어 전송된다.

제안된 완성형 한글코드체계를 사용시에는 조합형 한글코드에서 발생될 수 있는 정보 전송율의 저하와 같은 문제는 발생되지 않게 된다. NAVTEX와 같이 마이크로프로세서에 의해 한글코드를 변환하고 인쇄가 수행되는 시스템에서 완성형 한글코드를 사용하기 위해서는 모든 한글코드(2,350자)수에 대한 한글폰트가 마이크로프로세서의 메모리영역에 탑재되어야 하며, 이를 수용하기 위해서 마이크로프로세서의 설계에 있어 부적합할 수도 있으나, 완성형 한글코드를 조합형 한글코드로 변환하는 알고리즘은 이미 널리 일반화되어 있으므로, 완성형 한글코드를 조합형 한글코드로 변환하여 한글폰트에 대한 메모리 관련 제한을 극복할 수 있다.

#### IV. 한글 NAVTEX 시뮬레이터 설계 및 구현

##### 4.1 시뮬레이터의 기능 분석

NAVTEX 시뮬레이터는 한글과 영문으로 된 시험 전문을 490kHz 및 518kHz의 반송파 주파수에서 FSK 변조된 신호를 발생시키는 기능을 한다. NAVTEX 시뮬레이터는 수신기의 개발과 시험을 위하여서도 필요할 뿐만 아니라, 국내에서만 개발이나 공급이 가능한 한글 NAVTEX 수신기는 제품의 형식검정 성능시험을 위한 시험장비로서도 매우 유용하게 사용되어 질 수 있기 때문이다. 시뮬레이터의 개발을 위해 시뮬레이터가 구비하여야 할 요건 및 기능을 전파법 및 무선설비규칙과 관련 고시에서 정하고 있는 기술기준을 토대로 분석·정리하여 도출된 NAVTEX 시뮬레이터 기능의 조건 및 기술적인 조건들을 살펴보면 다음과 같다.

1. 한글과 영문의 시험전문이 송신될 수 있어야 하며, 간단한 조작에 의하여 송신전문의 종류 및 절환이 가능하여야 할 것.
2. 송신기능이 정상으로 작동하고 있음을 쉽게 확인할 수 있을 것.
3. 키패드에 의해 송신의 시작과 정지가 제어 가능할 것

4. 송신되고 있는 전문의 식별부호를 나타낼 수 있는 출력장치가 있을 것.
5. 송신 전문의 식별부호 중 B3B4가 "00"을 설정하여 송신할 수 있을 것.
6. 송신할 수 있는 식별부호는 30개 이상이어야 한다.
7. 반송파의 신호 및 변조파의 주파수안정도는  $\pm 10\text{Hz}$  이내이어야 할 것.
8. 수신기의 입력전압의 방해파 발생이 가능할 것. 따라서, 전파법에서 정하고 있는 네비텍스 수신기의 기술적 조건을 만족시키기 위한 방해주파수의 발생이 가능하고, 수신기 입력전압의 조건에 적합한 신호의 크기를 발생시킬 수 있을 것.
9. 한글코드는 2바이트 완성형 표준 한글 코드를 사용하여 NAVTEX용 7비트 에러 정정 코드로 변환할 수 있을 것.

##### 4.2 시뮬레이터의 회로 설계 및 구현

상기와 같은 구비조건을 만족시키기 위해서는 주파수의 분해능이 높은 주파수합성기를 사용하여야 하며, 신호를 발생시키기 위해서는 주파수안정도가 높은 주파수원을 이용하여야 한다. 또한, 한글코드의 변환과 NAVTEX 메시지 포맷의 구성과 같은 기능은 마이크로프로세서에 의해 이루어져야 한다. 본 연구에서는 16비트 마이크로프로세서를 사용하여 한글코드를 처리하고, DDS와 키패드 그리고 그래픽 LCD를 제어할 수 있도록 설계하였으며, 그 구성도는 그림 2와 같다.

DDS를 제어하기 위해 본 연구에서는 NEC사의 16비트 마이크로프로세서인 uPD70320(일명 V25)를 사용하였다. V25는 8086코어를 기반으로 여러 개의 주변제어회로를 내장하고 있어서 1Mbyte의 메모리 용량과 64kbyte의 IO 어드레스공간이 사용 가능하며, 일반 프로그래머블 임출력포트, 직렬통신포트 및 인터럽트제어회로의 내장되어 있으므로, 일반 제어 및 통신용 회로개발에 적합하며, 다수의 I/O포트와 인터럽터 백터가 많이 지원되므로 신호 처리를 위한 조건에 적합하였으며, 연구개발 과정에 있어서 C언어 뿐만 아니라, 어셈블러 등으로도

프로그램을 구현할 수 있는 점을 채택하여 연구에 활용토록 하였다.

개발과정에 있어서는 ROM 32K바이트(62256), RAM 32K바이트(27C256)의 용량을 사용하여 회로를 구성한 후 모니터 프로그램으로 PC와 접속하여 디버깅을 하였다. DDS는 Qualcomm社의 Q2334를 사용하였으며, V25의 I/O Address 00100h-0012F까지 I/O Mapped I/O Access방식으로 디코더를 설계하여 제어하도록 하였으며, 16MHz 기준클럭은 주파수안정도가 2ppm의 특성을 가진 온도 보상 크리스탈 발진기(TCXO ; Temperature Compensated Crystal-Oscillator)를 사용하여 발생하고자 하는 주파수인 518kHz와 490kHz에서 약 2Hz의 허용편차 이내의 안정도를 갖도록 설계하였다.

또한, NAVTEX의 송신신호는 10ms마다 데이터를 송신하여야 하는데, 마이크로프로세서의 내부 타이머에 의해 10ms 인터벌타이머를 동작시켜 인터럽트 서비스 루틴에서 10ms데이터를 송신하는 방법이 사용될 수 있다. 그러나, 내부타이머에 의해 10ms시간 간격을 발생시키면 내부시간의 오차가 누적되어 오동작을 일으킬 수 있으므로, 외부에서 TCXO에 의해 분주되어 발생된 100Hz의 신호에 의해 외부인터럽트를 동작시켜 10ms의 시간간격이 발생되도록 하였다.

키패드는 16개의 키로 구성되어 있으며, 시뮬레이터의 각 기능별로 할당되어 있으며, MM74C922를 사용하여 키패드의 인코딩을 행하여 V25의 Port0의 하위4비트에 입력되도록 하였다. 또한, 시

뮬레이터의 동작에 따른 상태지시 및 명령문, 지시문 등을 사용자에게 알릴 수 있도록 그래픽LCD를 인터페이스하여 원활한 기능동작이 이루어지도록 하였다. 그림 3은 PCB로 제작된 평가보드를 나타낸 것이다.

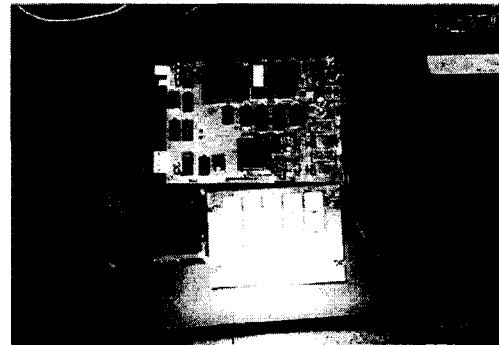


그림 3. 제작된 시뮬레이터 PCB  
Fig. 3 Simulator PCB board implemented

#### 4.3 NAVTEX 송신 신호처리 및 시뮬레이터 운용 알고리즘

NAVTEX 시뮬레이터는 Power-On후 리셋회로에 의해 마이크로프로세서를 리셋하게 된다. 마이크로프로세서는 리셋 후 NAVTEX 시뮬레이터 운용프로그램으로 점프하여 시작하게 된다. 사용자 프로그램이 시작되면, 필요한 전역변수 및 플래그 설정을 마친 후 키 패드에서 키를 입력받으며 해당키의 입력에 따라 정해진 서브함수들을 호출하게 되며, 종료시 다시 메인 함수로 리턴 되어 키 입력함수의 무한루프를 반복하게 된다.

[TX]키가 입력되면 [START], [STOP]키만 유효하게 입력되며, [START]키가 입력되면 외부인터럽트가 활성화되어 10ms초마다 NAVTEX송신신호를 송신하게 된다, 이 때 송신되는 신호가 "1"이면 DDS1의 PIRB의 주파수정보가 합성되어 출력되어 Mark신호가 송신되며, 송신되는 신호가 "0"이면 DDS1의 PIRA의 주파수정보가 합성되어 출력되어 Space신호가 송신된다. [START]키가 입력되면, 송신될 전문의 내용을 송신형태를 위한 버퍼의 재구성을 위해 국문모드 또는 영문모드의 설정에 따라 전문내용을 재구성한다. 이 때 전문의 식별부호인

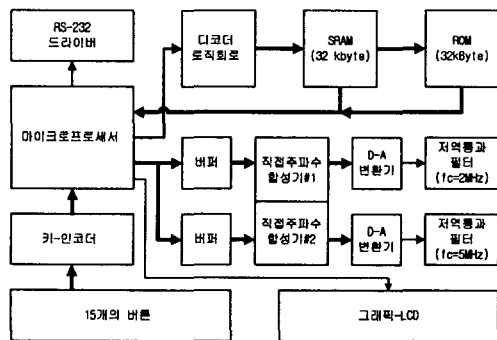


그림 2. NAVTEX 시뮬레이터의 구성도  
Fig. 2 The NAVTEX simulator block diagram

B1B2B3B4는 매 전문의 송신이 전송종료 시 갱신되어야 하며, 따라서 B1B2코드는 'A'-'Z'까지 증가되도록 한다. 송신 버퍼의 구성이 완료되었으면 외부에서 인가되는 100Hz신호에 따라 상승 에지에서 인터럽트가 발생되며 매 인터럽트루틴에서 송신 신호를 전송하게 된다. 전송하는 중에 [STOP]키가 입력되었지를 체크하여 키가 입력되었으며 인터럽트루틴은 종료되고 필요한 전역변수의 초기화도 이루어진다.

그림 5는 제작된 평가보드의 성능 측정을 나타낸 것이며, 시뮬레이터에 의해 발생된 신호가 정확하게 송신되고 있는지 시험하기 위해 JRC-300A NAVTEX수신기를 이용하여 송신신호를 인가하여 메시지를 출력하였으며, JRC-300A 수신기에 의해 인자된 메시지 결과는 그림 6과 같다.

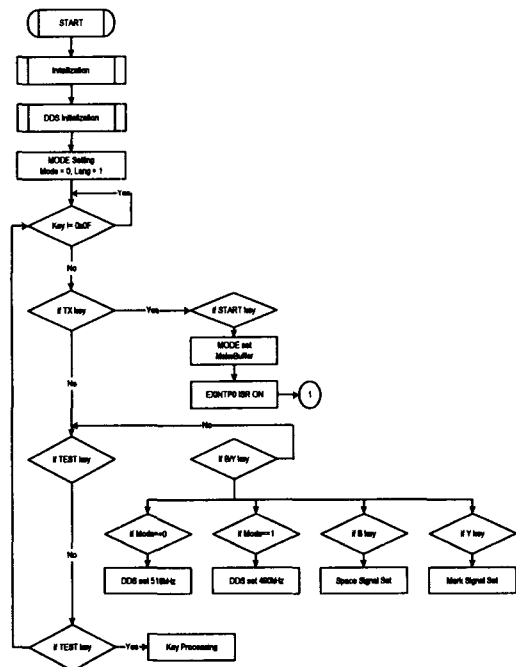


그림 4. NAVTEX 시뮬레이터 신호처리 흐름도  
Fig. 4 Flow char for Navtex simulator signal processing

그림 7은 시뮬레이터에 의해 발생된 신호의 출력을 나타낸 것이다. 그림 8은 신호의 스푸리어스를

측정한 것으로서, SFDR(Spurious Free Dynamic Range)가 -63dBc를 나타내었으며 설계목표의 -72dB보다 낮은 성능을 보이고 있으며, 이는 제작상의 오류로 확인할 수 있었다. 그림 9와 그림 10은 NAVTEX 시뮬레이터에 의해 발생된 신호를 나타낸 것이다. Mark/Space 신호 발생시 ±1Hz의 주파수편차를 나타내고 있으므로, NAVTEX 관련 국제권고에서 정하고 있는 송신기의 주파수의 안정도 ±



그림 5. 평가보드의 성능 측정  
Fig. 5 Measurement for characteristics of evaluated board

```

----- ZCZC EK56 PAGE 1 -----
NAUTEX TEST MESSAGE
ABCDEFGHIJKLMNQRSTUWXYZ
1234567890..?()=/+:-
NNNN
---- End of Message CER= 0.0% ---

----- ZCZC D155 PAGE 1 -----
NAUTEX TEST MESSAGE
ABCDEFGHIJKLMNQRSTUWXYZ
1234567890..?()=/+:-
NNNN
---- End of Message CER= 0.0% ---

----- ZCZC CF54 PAGE 1 -----
NAUTEX TEST MESSAGE
ABCDEFGHIJKLMNQRSTUWXYZ
1234567890..?()=/+:-
NNNN
---- End of Message CER= 0.0% ---

----- ZCZC BC53 PAGE 1 -----
NAUTEX TEST MESSAGE
ABCDEFGHIJKLMNQRSTUWXYZ
1234567890..?()=/+:-
NNNN
---- End of Message CER= 0.0% ---
    
```

그림 6. 인쇄된 시험전문의 내용  
Fig. 6 Received message printed-out



10Hz보다 높은 주파수 안정도를 제공함을 알 수 있으며, 따라서 시뮬레이터를 이용한 신호발생 및 성능시험을 위한 장비로 활용됨을 알 수 있다.

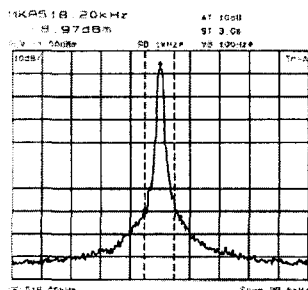


그림 7. 신호의 출력레벨  
Fig. 7 Power level of output signal

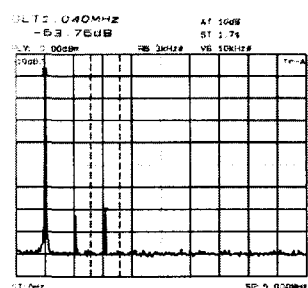


그림 8. 스퓨리어스 특성 측정  
Fig. 8 Spurious characteristics

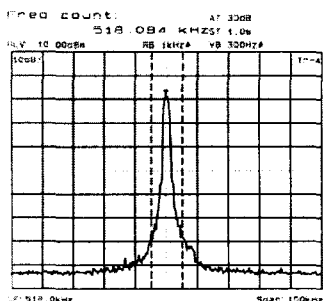


그림 9. 518.085kHz 신호  
Fig. 9 518.085kHz signal spectrum

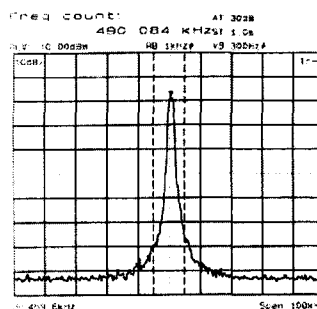


그림 10. 490.085kHz 신호  
Fig. 10. 490.085kHz signal spectrum

#### 4.4 시뮬레이터 성능평가를 위한 FSK복조회로 설계

시뮬레이터의 성능평가를 위해서는 실제 개발된 수신기와 의사공중선회로 또는 결합기를 이용하여 시험 계통도를 구성하고 시험성능을 행한다. 따라서 성능시험에 사용되는 수신기의 종류는 일반적으로 사용되고 있는 수신기를 이용하여 할 수 있으나, 이 경우 국문의 시험전문을 수신하고 인쇄할 수 있는 국문용 수신기는 개발되어 있지 않으므로, 영문의 시험전문에 대해서만 시뮬레이터의 성능을 평가할 수 있다.

그러므로, 본 연구에서는 국문과 영문의 이중모드에서 동작되는 수신기가 필요하게 되며, 본 절에서는 한글 NAVTEX 시뮬레이터의 성능을 평가하기 위한 국·영문 이중모드의 수신기의 설계에 대해서 논하자 한다. 일반적인 NAVTEX수신기는 슈퍼헤터로다인 또는 헤터로다인 수신기의 구조를 갖는다. 무지향성 안테나에 의해 수신된 RF신호는 능동 증폭기 또는 수동 결합회로를 거쳐 동조회로의 입력단에 인가된다. 동조회로를 거쳐 FET와 같은 고주파증폭기를 거쳐 수신입력은 증폭된다.

인접채널과의 간섭을 피하기 위해 대역폭이 340Hz/6dB의 특성을 가지는 크리스탈 필터와 같이 Q가 높은 협대역 필터를 사용한다. RF신호는 중간주파수와 믹서에 의해 혼합되고 필터를 거쳐 1700Hz의 부반송파를 발생하게 되며, 1700Hz±85Hz의 FSK신호는 FSK복조기에 입력되어 복조되

며, 복조된 디지털신호는 마이크로프로세서에 입력된다. 또한, 다른 형태의 직접수신방식의 구조를 갖는 수신기에서는 현대역 크리스탈 필터를 거쳐 반송파의 주파수 편이에 비례하는 주파수 변별기를 이용하여 디지털 신호로 복조하는 구조를 갖는다. 본 절에서는 현대역 크리스탈 필터를 사용하지 않는 수신기를 설계하고자 하며, I-Q채널의 구조를 갖는 FSK복조 알고리즘을 이론적으로 분석하고 이를 구현하여 시뮬레이터의 성능평가를 하고자 한다. 그림 11은 본 논문에서 제안된 I-Q채널의 구조를 갖는 FSK복조회로의 구성도이다.

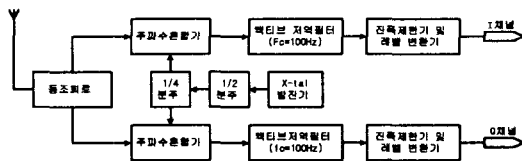


그림 11. I-Q채널 구조를 갖는 FSK복조회로  
Fig. 11 FSK receiver composed with I-Q channel

I-Q의 채널의 구조를 갖기 때문에 수신기의 국부발진기의 위상천이가 필요하게 된다. 2개의 국부발진 주파수를 생성시키고 이 때 국부발진 주파수 간의 위상차이는 90도 차이가 나게 한다. 수신기에 입력되는 FSK신호는 반송파에 주파수편이의 합 또는 차신호가 입력된다. 이 수신 신호를 국부발진 주파수와 믹서에 의해 I-Q채널에서 각각 혼합한다.

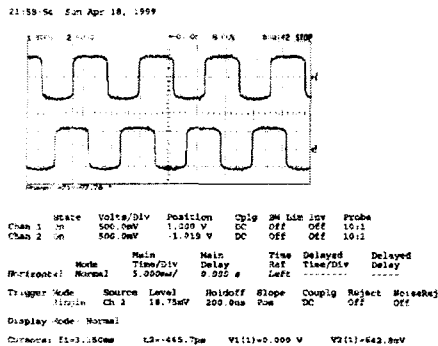


그림 12. Mark신호 수신시 위상변화  
Fig. 12 Phase transient for mark signal receptions

FSK의 스페이스(Space)신호인  $f_c+85\text{Hz}$  신호가 입력될 때 I-Q채널간의 위상차이는 (+)90도의 위상차이가 발생되어 I채널의 위상이 진상이 되며, 마크(Mark)신호인  $f_c-85\text{Hz}$  신호가 입력될 때 I-Q채널간의 위상차이는 (-)90도의 위상차이가 발생되어 Q채널의 위상이 지상이 된다. 그림 12는 Mark신호가 수신되었을 때의 위상변화를 나타낸 것이며, 그림 13은 Space신호가 수신되었을 때의 위상변화를 나타낸 것이다.

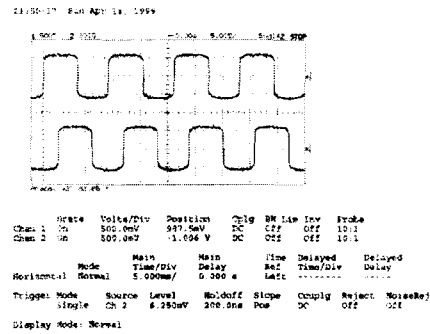


그림 13. Space신호 수신시 위상변화  
Fig. 13 Phase transient for space signal receptions

믹서에서 출력되는 신호는 하모닉의 성분을 포함하므로, 증폭기를 거쳐 증폭된 후 차단주파수 100Hz의 특성을 갖는 능동필터를 거쳐 100Hz이하의 저역특성을 갖도록 하면 FSK의 정보신호만 얻을 수 있다. 능동필터는 설계하기가 용이하며, 오디오 대역에서 매우 좋은 특성을 갖는다. 이러한 설계로 구현된 필터특성은 RF단과 IF단에서의 크리스탈 필터특성을 사용하는 효과보다 양호하며 설계하기도 용이한 장점을 가지며, 경제적으로 설계가 가능하다. 4차 체비세프 액티브 저역통과 필터를 거쳐 정보신호대역의 신호를 증폭기를 거쳐 TTL레벨로 변환하기 위해 비교기를 거쳐 마이크로프로세서 입력단에 인가된다.

수신된 FSK신호는 I-Q채널에서 위상변화로 나타나게 된다. 이러한 I-Q채널의 위상변화를 송신된 신호의 데이터로 변환을 하여야 한다. 본 절에서는 위상변화를 비트 데이터로 변환하는 복조알고리즘

을 설계하고 구현하고자 한다. I-Q채널에서 출력되는 신호의 위상변화는 4개의 상태를 가지게 되며, 진상과 지상의 위상변화관계로부터 상태 천이를 매 샘플링 시간마다 인식하여 처리할 수 있기 위해서는 마이크로 프로세서를 이용하게 되는데, 본 연구에서는 PIC16C54A(Microchip社)의 원칩 마이크로 프로세서를 이용하여 구현하였다.

상기와 같이 설계된 회로 및 알고리즘에 의해 제작된 수신기의 RF회로부분의 PCB는 그림 14와 같으며, 그림 15는 신호의 위상 상태천이를 제안된 알고리즘에 의해 구현된 송신된 데이터와 복조된 데이터를 나타낸 것이다.

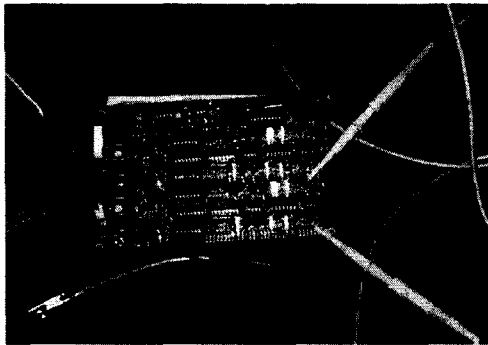


그림 14. 구현된 NAVTEX수신기의 RF회로  
Fig. 14 RF board implemented for NAVTEX Receiver

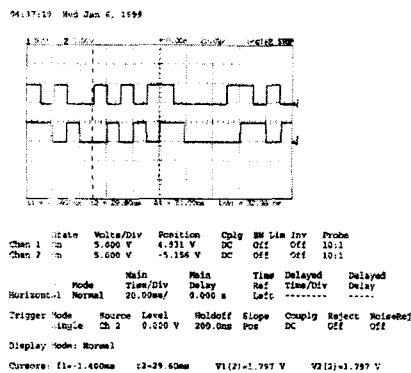


그림 15. 송신데이터와 복조된 데이터  
Fig. 15 Transmitted data and recovered data

## V. 결 론

GMDSS 제도의 시행에 따라 NAVTEX 시스템의 도입은 IMO에 의해 각국에 권고되고 있으며, 1995년 10월에 해상수색 및 구조에 관한 국제협약(SAR)을 수용한 이후 우리나라에서도 NAVTEX 시스템의 구축을 적극적으로 도입하게 되었다. 따라서 국내에서도 관련 제도의 개선과 시스템 구축을 위한 꾸준한 노력과 시설의 설계 등의 연구를 거쳐 1999년 3월부터 NAVTEX 방송이 실시되고 있다.

NAVTEX 시스템의 구축에 따라 제도의 활성화를 위하여는 NAVTEX 시스템이 제공하는 해사안전정보를 수신할 수 있도록 NAVTEX 수신기가 우선적으로 선박에 설치되어야 하는데, 이는 GMDSS 관련 국제협약과 선박설비의 탑재요건에 의하여 총톤수 300톤 이상 국제항해에 종사하는 모든 선박에는 의무적으로 탑재하도록 규정하고 있기 때문이다. 또한, 시스템을 구축할 때에는 자국어 방송이 가능하도록 설계가 이루어져야 하며, 한편으로는 영문과 한글코드의 2중 모드에 의해 동작이 되는 송신국과 수신설비가 국내에서 개발되어 선박에 보급되어야 한다.

본 연구에서는 NAVTEX시스템의 구축을 위하여 필요한 NAVTEX 신호처리의 연구를 통하여 자국어 방송이 가능하도록 NAVTEX용 한글코드의 체계화와 코드변환의 알고리즘을 개발하였으며, NAVTEX 시뮬레이터를 설계 및 구현하였다. NAVTEX 시뮬레이터의 설계 및 구현에 있어서는 기존에 개발된 주파수합성방식 또는 크리스탈 발진기를 사용한 협대역 주파수 편이 방식이 아닌 직접 주파수 합성기 방식을 이용하여 회로를 설계하였으며, 구현된 회로는 NAVTEX 송신시스템의 기술기준에서 정하고 있는 성능보다 안정되고 정확한 신호발생이 가능하였다.

본 연구에서 개발된 NAVTEX용 한글코드 체계와 코드 변환 및 NAVTEX 신호처리 알고리즘의 성능평가를 위하여 I-Q채널의 구조를 갖는 수신기를 설계하여 정확한 신호의 복원이 가능함을 측정하였다. 또한 시뮬레이터에서 신호원과 방해신원을 동시에 발생시켜 수신기의 개발과 형식검정에 사용할 수 있도록 하였다. 설계된 시뮬레이터

회로는 실제 수신기의 개발과정에 적극 활용될 수 있을 것으로 판단되며, 시뮬레이터의 성능평가를 위해 실제 제작된 수신기 회로는 향후 일부회로의 수정·보완에 대한 연구가 진행된다면, 경제성 있는 저가의 NAVTEX 수신기의 회로 개발이 이루어질 수 있을 것이다.

**참고문헌**

[1] 김기문, "전파 통신 관리 체제와 인력 운용에 관한 연구", 박사학위논문, 경남대학교, p.87, 1993. 12.  
 [2] 해양수산부, "GMDSS와 SAR의 우리나라 시행방안에 관한 연구", 연구보고서, 1997. 10  
 [3] The Hydrographer of the Navy, "Admiralty list of radio signals, Vol.5", Hydrographic Office : Taunton, pp.141, 1996  
 [4] ITU, "ITU-R Recommendations, Rec. 540-2, Vol.8", 서울 : 한국통신기술협회, 1992.  
 [5] IMO, *Implementation of the NAVTEX system as a component of the World-Wide Navigational Warning Service* : Assembly Resolution A.617(15), 1987.  
 [6] IMO, *World-Wide Navigational Warning Service* : Assembly Resolution A.707(17), 1991.  
 [7] IMO, *NAVTEX Manual*, 1994.  
 [8] ITU, "ITU-R Recommendations, Rec. 476-6, Vol.8", 서울 : 한국통신기술협회, 1992.  
 [9] ITU, "ITU-R Recommendations, Rec. 625-2, Vol.8", 서울 : 한국통신기술협회, 1992.  
 [10] 한국선박통신사협회, "선박통신정보 제3권 제 267호", 부산 : 한국선박통신사협회, 1999.  
 [11] 해양수산부, "해상교통방송 실시설계 용역", 1998. 3.  
 [12] ITU, "CCITT Recommendation, S.1", 서울 : 한국통신기술협회, 1992  
 [13] 최형진, "동기방식 디지털통신", 서울 : (주)교학사, pp.184-188, 1995.

[14] J. Tierney, C. Rader and B. Gold, "A digital frequency synthesizer", IEEE Trans. Audio Electroacoustics, 1987  
 [15] 今田 悟/深谷武彦, "實用 アナログ・フィルタ設計法", CQ출판사, p.129, 1994.  
 [16] P.O'leary and F.Malberti, "A direct digital synthesizer with improved spectral performance", IEEE Trans. Comm. Vol.39, No.7, 1991.  
 [17] R.J.Zavrel, G.Edwards, "The DDS Handbook ; Alias and Spurious Response in DDS Systems", Stanford Telecom Inc., 1995.  
 [18] J.Gorsko-Popieci, Editor, "Frequency Synthesis Technique and Applications", New York ; IEEE Press, pp.121-149, 1975.  
 [19] Behzad Razavi, "RF Microelectronics", Prentice Hall Inc., pp.285-289, 1998.



**이 현 택(Houn-Taek Lee)**  
 1977년 광운대학교 공학사  
 1980년 명지대학교 공학석사  
 1996년~현재 한국해양대학교 대학원 박사과정  
 1978년~현재 인천전문대학교

통신과 교수



**김 기 문(Ki-Moon Kim)**  
 1964년~1972년 광운대학교 무선통신공학과 졸업(공학사)  
 1976년~1978년 건국대학교 행정대학원 졸업(행정학석사)  
 1990년~1993년 경남대학교 대학원(행정학박사)

1993년~현재 한국해양대학교 전자통신공학과 교수

\* 주관심분야 : 통신정책, 해상이동통신