

퍼지이론을 이용한 항해안내시스템의 구축

Building of an Navigation Guiding System Using Fuzzy Theory

박계각* · 홍태호* · 서기열*

Gyei-Kark Park*, Tae-Ho Hong* and Ki-Yeol Seo*

* 목포해양대학교 해상운송시스템학부

요 약

현재 선박에서 항해사에게 항로정보를 제공하는 장비는 ECDIS와 GPS 플로터가 많이 사용되고 있으나 자동항로생성 및 항로설명기능이 없어 숙련된 항해사만 사용할 수 있는 문제가 있으며, 특히 종이해도의 대체 시스템인 ECDIS에 사용되는 ENC를 이용한 자동항로생성 및 항로설명에 관한 연구는 없는 실정이다. ENC는 IHO에서 정의한 S-52, S-57 표준포맷을 기반으로 제작된다. 본 논문에서는 ENC의 해도데이터와 GPS의 위치데이터, Anemometer의 풍향·풍속데이터를 이용하여 현 위치에서 목적지까지의 최적항로를 설계하여 안내해주는 항해안내시스템(NGS)을 구축하였고 시뮬레이션을 통하여 그 유효성을 확인하였다.

Abstract

Currently, ECDIS and GPS plotters are much used as equipment providing operators with route information, but they do not have any function of automatic route creation and route explanation, so available for only experienced operators. Especially, the present situation is that no study is made of the automatic route creation and route explanation using ENC for ECDIS, substitution system of paper chart. ENC is the electronic navigation chart that is produced using S-52, S-57 standard format required by IHO. In this paper, an Navigation Guiding System(NGS) is proposed to generate an optimal route where ENC and GPS data is fused including the wind direction and speed of an anemometer. The proposed system was testified by a simulation, and its effectiveness was verified.

Key words : 항해안내시스템(NGS), 전자해도(ENC), 항로설정, 최적항로

1. 서 론

현재 선박에서 항해사에게 항로정보를 제공하는 장비는 전자해도시스템(Electronic Chart Display Information System : ECDIS)과 GPS 플로터 등이 이용되고 있다. ECDIS의 경우 자동항로생성 및 항로설명기능이 없어 숙련된 항해사만 사용할 수 있으며, 가격이 고가이기 때문에 소형선 설치에 어려운 문제점이 있다. GPS 플로터의 경우 간이전자해도시스템(Electronic Chart System : ECS)으로 ECDIS와 비슷한 기능을 내장하고 있으며, 가격이 비교적 저가여서 어선을 포함한 소형선박에 많이 사용되고 있다. 그러나 소형선박의 운항자들은 전문지식이 부족하여 단순히 선박 위치와 항적표시에만 이용하고 있으며, 역시 자동항로생성 및 항로설명기능은 내장하고 있지 않다.

해상에서의 자동항로 설정과 언어적 설명에 관한 기존의 연구로는 “GPS 플로터기반 항해가이드시스템[1]”이 있으나 다음과 같은 문제점이 있다. GPS 플로터와 시스템을 연계하여 구축되어 있기 때문에 GPS 플로터가 설치되어 있어야 사용할 수 있으며, 만약 GPS 플로터의 모델이 다를 경우 GPS 플로터에 맞춰 시스템의 수정이 필요하다. 또한 GPS 플로터

의 해도 데이터베이스를 이용하지 못하기 때문에 시스템에서 별도의 해도 데이터베이스를 구축해야하며, 시스템과 GPS 플로터간 통신 속도가 매우 느려 급변하는 상황을 즉각 반영할 수 없다. 그리고 항로의 언어적 설명시 단 1회적인 언어 설명에 국한되어 지속적인 항해정보를 제시하지 못하는 한계가 있다.

따라서 본 논문에서는 종이해도의 대체시스템인 ECDIS에 사용되는 전자해도(Electronic Navigation Chart : ENC)의 데이터베이스를 기반으로 운항지식이 부족한 항해사에게 안전한 최적항로를 제시 및 안내해주는 항해안내시스템(NGS)의 구축을 목적으로 한다. 여기에서 ENC는 국제수로기구(International Hydrographic Organization : IHO)에서 제정한 S-52(Specification for Chart Content and Display Aspects of ECDIS), S-57(IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data)을 기반으로 제작된 공인 벡터 해도이다[2].

구체적인 연구방법으로는 먼저 S-52와 S-57을 분석하고 ENC 표시 시스템을 구축한다. 다음으로 ENC의 데이터베이스, 풍향·풍속계의 풍향·풍속데이터를 이용하여, 목적지까지의 항로탐색 알고리즘을 이용한 항로계획과 언어설명 알고리즘을 이용한 언어설명을 구현한다. 마지막으로 구현된 항해안내시스템을 시뮬레이션하여 그 결과를 확인 및 분석하고자 한다.

접수일자 : 2005년 4월 1일

완료일자 : 2005년 5월 30일

2. ENC의 구성

2.1 S-52

S-52는 ECDIS에 사용되는 전자해도 도식이며 데이터의 표현에 관한 국제 표준이라 할 수 있다. S-52는 등대, 부표, 묘박지, 수심선 작도 등 모든 지형, 지물 및 항로 표지에 관한 그리는 방법을 규정하고 있으며 모든 ECDIS는 이를 준수해야 한다[3].

2.2 S-57

S-57은 ENC 데이터의 저장 및 교환에 관한 국제 표준이며, 전세계 수로국간의 수로자료의 교환은 물론 이를 ECDIS 생산자, 선박 운항자 및 다른 이용자에게 공급할 수 있도록 하는 것을 목적으로 한다[4].

(1) 데이터 모델

S-57에서는 그림 1과 같이 해양의 모든 사물을 각각 하나의 객체(object)로 보며, 설명 가능한 사물의 특징을 속성객체(feature object)라 부르고 공간정보는 공간객체(spatial object)라 정의한다. 속성객체는 각 객체의 개념적 특징들만 규정하고 있으며, 공간객체에서는 그러한 객체들을 구체적으로 형상화하기 위한 점(node), 선(edge), 면(face)으로 구성된 좌표 값을 갖는 벡터로서 표시한다.

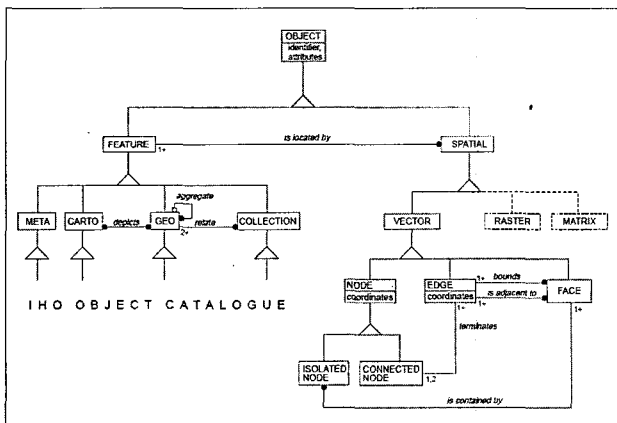


그림 1. S-57의 객체 구조
Fig. 1. Object structure of S-57

속성객체는 표 1과 같이 4개 유형으로 정의하며 각각 다음과 같은 정보를 담고 있다.

표 1. 속성객체의 정의
Table 1. Definition of feature object

속 성	의 미
Meta	다른 객체에 대한 정보
Cartographic	사물의 지도제작과 관련된 정보
Geo	사물의 특성을 묘사하는 정보
Collection	객체간의 연결 관계를 규정

공간객체는 벡터모델, 래스터모델, 매트릭스모델이 있으나 현재는 벡터 모델만 규정되어 있다. 이것은 구조를 간단하게 하기 위하여 2차원 형태를 가지며, 각각 점, 선, 면을 이용하여

0, 1, 2차원을 표현한다. 실세계 사물은 그림 2와 같은 형태를 가진다. 면(face)은 육지, 섬, 수심지역 같은 면이며 선(edge)은 수심선과 같은 선으로 표현되고, 독립점(isolated node)은 등대, 부표 등과 같이 점으로 표현되며 연결점(connected node)은 선을 구성하는 시작점과 끝점을 의미한다.

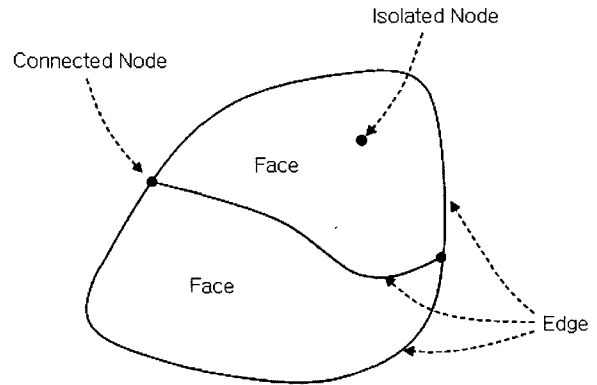


그림 2. 점, 선, 면의 관계
Fig. 2. Relationship of node, edge, face

(2) 파일구조

ENC가 배포되는 경우에는 여러개의 ENC 파일과 그 파일의 구성을 설명하는 카탈로그 파일(catalog file) 등을 포함하게 된다. 배포되는 모든 파일들을 교환 셋(exchange set)이라고 한다. 속성객체와 공간객체는 그림 3과 같이 각각 하나의 레코드(record)로 구성되며, 레코드는 필드(field)와 서브필드(subfield)로 구성된다. 이 레코드가 모여서 하나의 파일 이루며 이 파일들이 모여서 해도정보의 교환 셋을 구성한다[5].

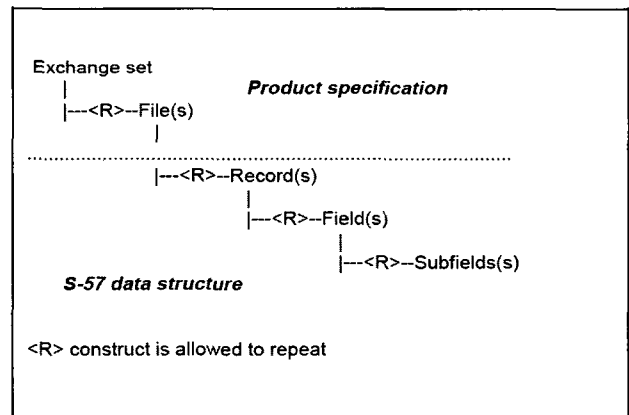


그림 3. S-57의 구성요소 계층도
Fig. 3. Elements class diagram of S-57

3. 항해안내시스템의 구축

3.1 항해안내시스템의 구성

본 연구에서 구성한 항해안내시스템(NGS)의 블록선도는 그림 4와 같으며 ENC가 내장된 PC와 GPS 수신기 및 풍향·풍속계가 통합된 형태이다. 전체적으로는 입력부, GPS 수신부, 풍향·풍속계, 자동항로생성부, 언어설명부로 구성된

다. 자동항로생성부는 항로생성 알고리즘으로 구성되고, 언어설명부는 생성된 항로를 항해사에게 효과적으로 설명하기 위한 언어설명 알고리즘으로 구성된다. GPS 수신기와 풍향·풍속계는 시스템과 RS232C 인터페이스로 연결되어 있으며 NMEA(National Marine Electronics Association) 0183 규약에 따라 통신한다.

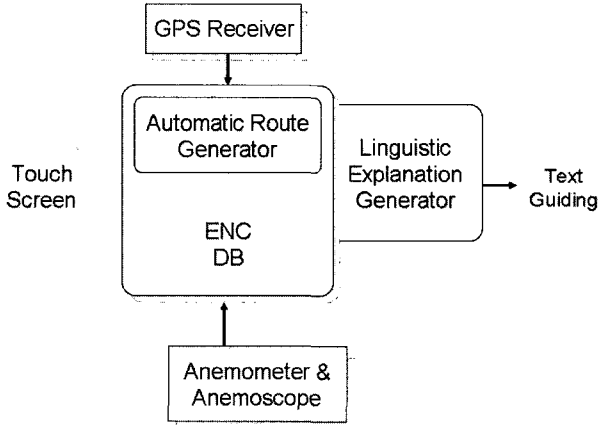


그림 4. NGS의 블록선도
Fig. 4. Block diagram of NGS

구축된 항해안내시스템은 그림 5와 같으며 Visual C++ 6.0의 MFC를 기반으로 Windows 2000 Professional 환경에서 구축하였다. 사용자 인터페이스(user interface)는 터치스크린(touch screen)을 이용하며, 모니터 화면만을 사용하여 시스템 조작 및 목적지를 입력할 수 있다.

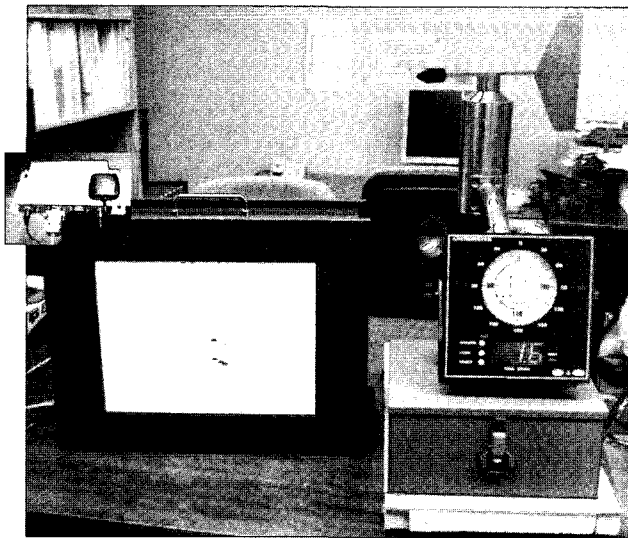


그림 5. NGS 구성
Fig. 5. Configuration of NGS

3.2 ENC 데이터베이스

ENC의 데이터베이스는 그림 6과 같이 구성되어 있으며, 이것을 용이하게 이용하기 위하여 이마린로직스의 ECDIS 커널을 이용하였다. ECDIS 커널은 ECDIS, ECS 등 항해지원장비 개발을 위한 플랫폼이며, ECDIS에 필요한 기능을 함수형태로 지원한다[6].

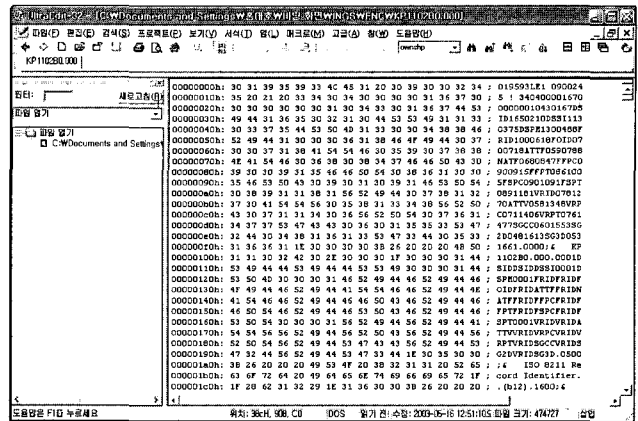


그림 6. ENC 데이터베이스의 구성
Fig. 6. Configuration of ENC database

3.2 항법계산

항로생성 알고리즘에 의해 탐색된 변침점 사이의 거리와 방향을 계산하는데 그림 7과 같은 점장위도항법(mercator sailing)을 사용하였다. 이것은 평면 직각삼각형의 관계가 성립되므로 변위 l , 변경 DLo , 점장변위 m , 항정 D , 침로 C 사이에 식(1~3)이 성립하며, 위도 L 에 대한 점장위도 M 은 식(4)와 같이 구할 수 있다[7-9].

$$l = D \cos C \dots\dots\dots (1)$$

$$D = l \sec C \dots\dots\dots (2)$$

$$DLo = m \tan C \dots\dots\dots (3)$$

$$M = 7915.7 \log \tan(\pi/4 + L/2) - 23.3 \sin L \dots\dots\dots (4)$$

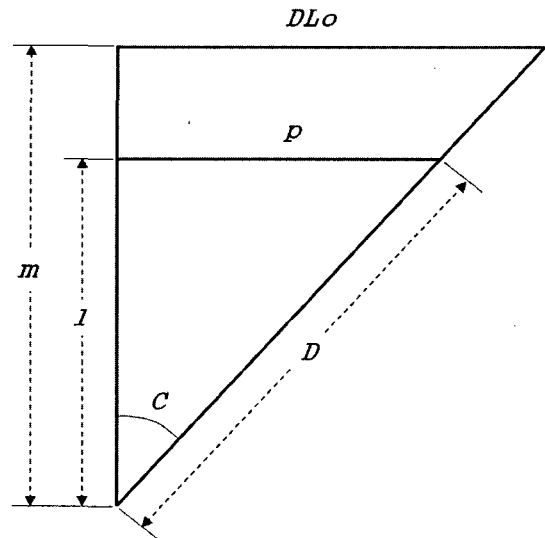


그림 7. 점장위도항법
Fig. 7. Mercator sailing

3.2 항로생성 알고리즘

목적지를 입력하게 되면 현 위치로부터 목적지까지 점장위도항법 식(1~3)에 의하여 방향과 거리를 구한다. 다음으로 계산된 방향결과에 따라 그림 8과 같이 8방위 중 해당구

역을 선택한 후, 각 방위별로 설정되어 있는 탐색순서에 따라 각 경위도 정보를 데이터베이스로부터 검색하여 목적하는 변침점까지 진행한다.

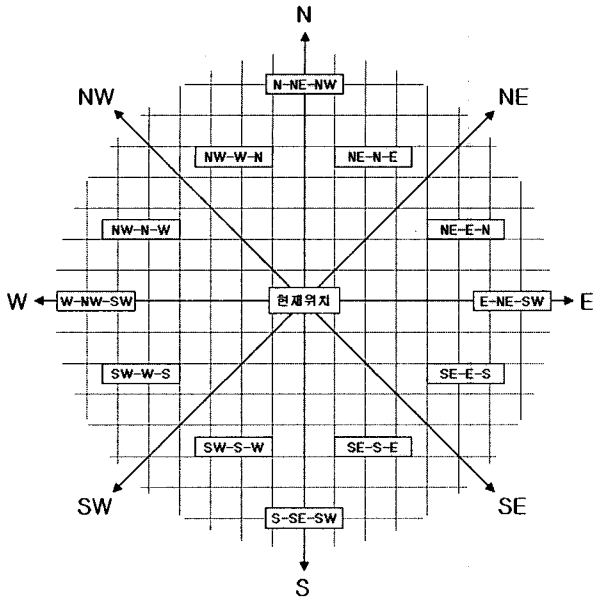


그림 8. 각 방위별 항로 탐색순서
Fig. 8. Route search sequence by each bearing

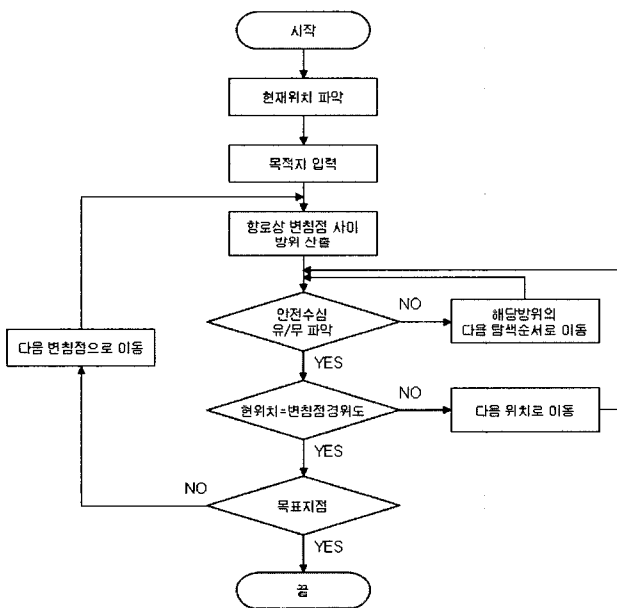


그림 9. 항로탐색 순서도
Fig. 9. Flow chart for route search

현재위치에서 목적지까지 항로탐색 순서도는 그림 9와 같다. GPS의 신호로 현재위치를 파악하고 터치스크린으로 목적지를 입력하면 현재위치에서 목적지까지 사이의 가장 가까운 변침점까지 방위를 산출하게 된다. 다음으로 안전수심 유·무를 판단하여 'NO'가 되면 해당방위의 다음 탐색순서로 이동하여 다시 안전수심 유·무를 판단하게 되고, 'YES'가 되면 현위치와 변침점의 경위도와 비교하게 된다. 여기서

'NO'가 되면 다음 위치로 이동하여 안전수심 유·무를 판단하게 되고, 'YES'가 되면 목표지점인지를 판단하게 된다. 'NO'가 되면 다음 변침점으로 탐색을 하게 되고, 'YES'가 되면 항로탐색을 종료하게 된다.

3.3 언어설명 알고리즘

언어설명 알고리즘은 항로계획부에서 선정된 항로를 항해사에게 일상생활에서 친숙하게 사용되는 언어적인 표현으로 설명한다.

언어레이블의 선정은 임의의 데이터 X_k 가 속성 P_i 에 대해서 값 X_k 의 각 레이블에 대한 가장 높은 그래이드를 갖는 레이블을 할당하는 것으로 그림 10과 같다.

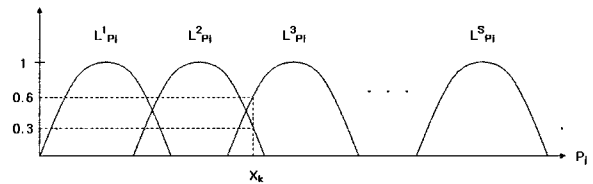


그림 10. 언어레이블의 멤버쉽함수
Fig. 10. Member function of linguistic label

항로생성 알고리즘으로부터 얻어진 침로 데이터의 언어레이블 표현은 식(5~8)과 같이 나타낸다.

$$C = UC + C_i \dots\dots\dots (5)$$

$$UC = INT(C/10) \times 10 \dots\dots\dots (6)$$

$$C_i = MOD(C/10) \dots\dots\dots (7)$$

$$SC = (UC + L^i c) \dots\dots\dots (8)$$

여기에서, C 는 침로, UC 는 정수값, $INT()$ 는 정수값, $MOD()$ 는 나머지 값, C_i 은 C 의 일의 자리수, $L^i c_i$ 은 침로의 해당 언어레이블, SC 는 선박의 침로(Ship's Course)를 각각 의미한다. 예를 들면, 침로 데이터가 052.7도 일때 C_i 의 언어레이블은 그림 11과 같이 005도임을 알 수 있으며, SC 는 055가 된다.

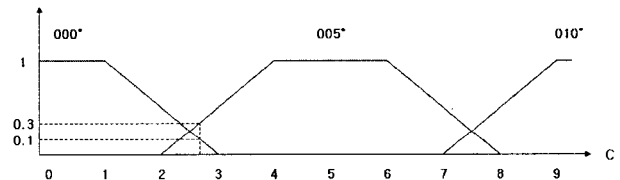


그림 11. 침로 데이터의 언어레이블 표현
Fig. 11. Linguistic label expression of course data

항로생성 알고리즘으로부터 얻어진 도달시간 데이터의 언어레이블 표현은 식(9~12)과 같이 나타낸다.

$$t = Ut + t_i \dots\dots\dots (9)$$

$$Ut = INT(t/60) \dots\dots\dots (10)$$

$$t_i = MOD(t/60) \dots\dots\dots (11)$$

$$TG = Ut \text{ 시간 } L^i \text{ } t_i \text{ 분} \dots\dots\dots (12)$$

여기에서, t 는 도달시간, Ut 는 정수값, $INT()$ 는 정수값, $MOD()$ 는 나머지 값, t_i 는 t 의 나머지 수, L^i 는 도달시간의 해당 언어 레이블, TG 는 도달시간(Time to Go)을 각각 의미한다. 예를 들면 도달시간 데이터가 86분일 때 t_i 의 언어 레이블은 그림 12와 같이 보이는 것처럼 30분임을 알 수 있으며, TG 는 1시간 30분이 된다.

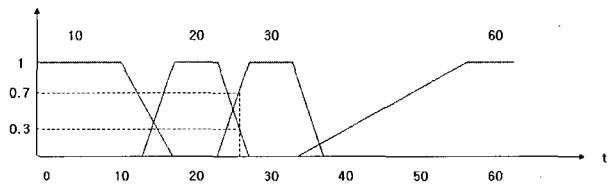


그림 12. 도달시간 데이터의 언어레이블 표현
Fig. 12. Linguistic label expression of TG data

선택된 언어레이블을 일상적인 언어적 표현으로 설명해주는 언어표현 형식은 식(13)와 같이 출력된다.

$$L_i = [055도 \text{ 방향으로}(SC)] [1시간 30분정도(TG)] [항해하시오(AP)] \dots\dots\dots (13)$$

여기에서, SC 는 선박의 침로(Ship's Course), TG 는 도달시간(Time to Go), AP 는 Auxiliary Phrases를 각각 의미한다.

4. 시뮬레이션 및 결과

항해안내시스템의 시뮬레이션 방법은 그림 13과 같다. 시뮬레이션 프로그램을 기동하여 출발위치를 입력한다. 시뮬레이션 프로그램은 해상에서 선박이 이동할 때 GPS 신호를 NMEA 0183 규약에 따라 생성하여 시스템에 전달한다. 다음으로 터치스크린으로 목적지를 입력하면 항로생성 알고리즘이 현위치에서 목적지까지 항로를 생성하고 화면에 출력한다. 선박이 진행함에 따라 언어설명 알고리즘이 언어를 생성하여 항해사에게 문자 안내(text guiding)를 하게 되는 순서로 시뮬레이션이 진행된다.

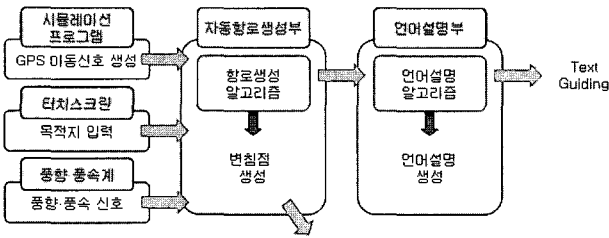


그림 13. 시뮬레이션 진행 블록선도
Fig. 13. Simulation process block diagram

그림 14는 목포항을 출발하여 북항으로 항해하는 시뮬레이션 화면이다. 시뮬레이션 프로그램을 기동하여 출발위치를 목포항 경위도를 입력하고 터치스크린으로 목적지를 북항으로 입력하면 ENC 데이터베이스를 검색하여 항로생성 알고리즘에 의해 변침점이 생성되고 변침점과 항로가 화면에 표시됨을 확인할 수 있다. 언어표현 알고리즘에 의해 생성된 언어적 표현은 다음 변침점까지 "255도 방향으로 5분정도 항해하시오"의 결과가 화면에 표시됨을 확인할 수 있다.

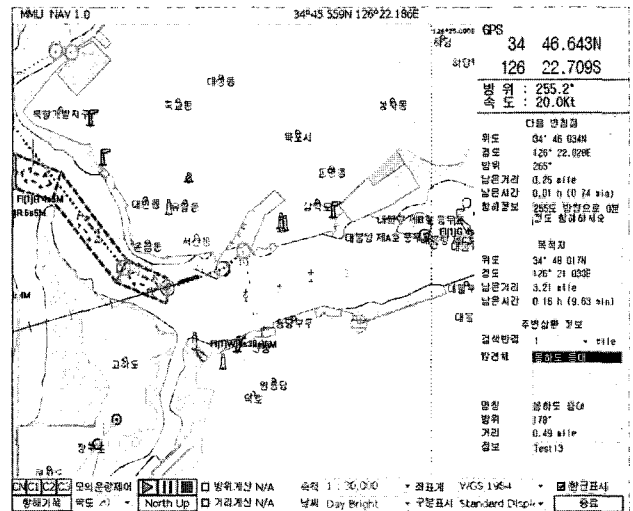


그림 14. 목포항에서 북항까지 시뮬레이션 화면
Fig. 14. Simulation window from Mokpo to North Harbour

그림 15는 하사치도를 출발하여 목포항으로 항해하는 시뮬레이션 화면이다. 항로생성 알고리즘에 의해 변침점이 생성되고 변침점과 항로가 화면에 표시됨을 확인할 수 있다. 언어표현 알고리즘에 의해 생성된 언어적 표현은 다음 변침점까지 "50도 방향으로 10분정도 항해하시오"의 결과가 화면에 표시됨을 확인할 수 있다.

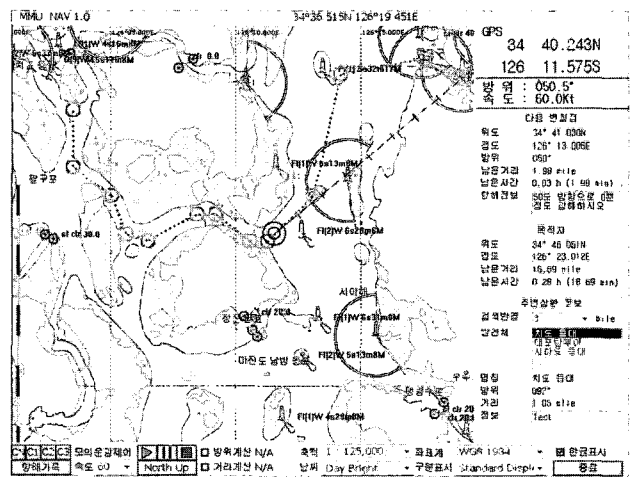


그림 15. 하사치도에서 목포항까지 시뮬레이션 화면
Fig. 15. Simulation window from Hasachido to Mokpo

5. 결론 및 향후 과제

본 연구에서 수행된 구체적인 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, ENC의 해도데이터와 GPS의 위치데이터, 풍향·풍속계의 풍향·풍속데이터를 이용하여 현 위치에서 목적지까지 최적 항로설정 및 항로설명을 할 수 있는 항해안내시스템을 구축하였다.

둘째, 바람, 기상조건 등의 외부 환경적인 영향을 고려한 현실적인 시스템을 구축하였다.

셋째, 목포 인근해역을 대상으로 시뮬레이션을 수행하여 그 유효성을 확인하였다.

본 연구의 기대효과는 다음과 같다.

먼저, 단순한 목적지의 입력만으로 최적의 항로를 안내함으로써 선박 운항시 다양하고 복잡한 정보를 취급해야 하는 항해사의 업무를 경감시킬 수 있을 것이다. 다음으로, 선박운항의 전문지식이 적은 소형선박의 운항자에게 최적의 항로를 안내해주고 중·대형선의 운항자에게는 항해에 참고가 될 수 있도록 주위 상황을 설명해줌으로써 해양사고 발생률을 감소시킬 수 있을 것이다.

본 연구와 관련된 향후의 연구과제 및 방향을 살펴보면 다음과 같다.

선박 운항자에게 효과적이고 실제적인 설명을 할 수 있는 화면의 수정 및 보완이 필요하다. 그리고 실용화 시스템 구축을 위하여 실시간으로 등대 및 섬 등의 주위상황을 운항자에게 설명해주는 음성출력 등의 기능 보완이 필요하다. 또한 장애물과 타선박 출현시 피항방법에 대한 연구가 필요하고, 실선 테스트를 통한 실용적인 시스템 구축이 필요하다.

6. 참고 문헌

- [1] 김화영, "소형선박을 위한 지능형 항해가이드시스템의 구축", 목포해양대학교 대학원 해상운송시스템학과 석사학위논문, 2004.
- [2] 서상현, 이희용, "S-52 표현사양 및 S-57 교환표준을 만족하는 전자해도 표현 시스템 구현", 한국해양정보통신학회지, vol. 4, no 2, pp. 469-478, 2000.
- [3] IHO, "S-52 Edition 5", 1996.
- [4] IHO, "S-57 Edition 3.1", 2000.
- [5] 이희용, "전자해도 데이터의 표준 및 전자해도 시스템 성능사양", 해기지 2004년 4월호, pp. 18-26.
- [6] 이마린로직스, "ECDIS Kernel User's Manual", 2004.
- [7] 정명선, 박계각, "지문항해학", 다솜출판사, 2003.
- [8] 양원재, 전승환, 박계각, "PC를 이용한 GPS Simulation System 개발", 한국항해학회지, vol. 24, no. 4, pp. 219-226, 2000.
- [9] 위승민, 김시화, 장일동, "전자해도상의 항해계획 알고리즘 구현에 관한 연구", 한국항해학회지, vol. 24, no. 3, pp. 167-176, 2000.

저 자 소개



박계각(Gyei-Kark Park)

1982년 한국해양대학교 항해학과 졸업
1986년 동 대학원 해사수송과학 석사
1993년 일본 동경공업대학교 박사
1995-현재 목포해양대학교 부교수
2001년 University of Cincinnati 방문교수

※관심분야 : 퍼지제어, 지능제어, DB지식처리, 지능항해시스템

Phone : 061-240-7128

Fax : 061-240-7281

e-mail : gkpark@mmu.ac.kr



홍태호(Tae-Ho Hong)

1999년 목포해양대학교 해상운송시스템학부 졸업
1999-2002년 현대상선 항해사
2005년 목포해양대학교 해상정보계측 전공 석사

※관심분야 : 퍼지응용, 지능제어, 지능항해시스템

Phone : 061-244-7128

Fax : 061-240-7281

e-mail : dslpnp@mmu.ac.kr



서기열(Ki-Yeol Seo)

1995년 동신대 전자공학과 졸업
1998년 동 대학원 제어계측 전공 석사
2003년 목포해양대학교 해상정보계측공학 전공 박사

※관심분야 : 퍼지응용, 지능제어, 음성인식, DB지식처리

Phone : 061-240-7128

Fax : 061-240-7281

e-mail : vito@paran.com