

퍼지추론에 의한 지능형 음성지시 조타기 제어 시스템의 구축

서기열* · 박계각**

Building of an Intelligent Ship's Steering Control System
Based on Voice Instruction Gear Using Fuzzy Inference

Ki-yeol Seo* and Gyei-kark Park**

요 약

최근 선박 운항의 고효율화 및 안전성 확보를 위하여 지능형 선박시스템에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 전문가의 지식과 경험정보가 데이터베이스로 구축된 전문가 시스템의 지식정보를 이용하여 안전하고 효율적인 선박운항이 가능한 항해지원시스템에 관한 연구도 활발하다. 따라서, 본 논문에서는 지능형 선박을 구현하기 위한 연구의 일환으로 퍼지추론과 휴먼 인터페이스의 하나인 음성인식기술을 적용하여 선박 운항자의 부담경감 및 인원절감 등의 효과를 가져올 수 있는 지능형 선박조종시스템을 구축한다. 구체적인 연구방법으로는 먼저, 음성인식기술과 지능형 학습기법을 기반으로 음성지시기반학습 시스템을 구현하고, 다음으로 퍼지추론에 의한 조타수 조작모델을 구성하여 PC기반 원격제어시스템을 구축하였다. 마지막으로 구현된 음성지시 조타제어 시스템을 모형선박 시스템에 적용하여 그 효용성을 확인하였다.

ABSTRACT

This paper presents a human friendly system using fuzzy inference as a part of study to embody intelligent ship. We also build intelligent ship's steering system to take advantage of speech recognition that is a part of the human friendly interface. It can bring an effect such as labor decrement in ship. In order to design the voice instruction based ship's steering gear control system, we build of the voice instruction based learning(VIBL) system based on speech recognition and intelligent learning method at first. Next, we design an quartermaster's operation model by fuzzy inference and construct PC based remote control system. Finally, we applied the proposed control system to the miniature ship and verified its effectiveness.

키워드

음성인식, 음성지시기반학습(VIBL), 언어지시기반학습(LIBL), 퍼지추론, 원격제어(Remote Control)

1. 서 론

최근에는 전문가의 지식과 경험정보가 데이터 베이스로 구축된 전문가 시스템의 지식정보를 이용하여 안전하고 효율적인 선박운항이 가능한 지능형 선박 시스템에 관한 연구가 활발하게 진행되

고 있다. 특히, 효율적인 선박조종 및 작업제어를 위하여 컴퓨터를 이용한 통합제어시스템에 관한 연구도 활발하다[1]. 또한, 선내 노동력의 경감 및 운항의 안정성 확보를 위하여 안전항해지원시스템에 관한 연구도 활발하여 음성인식기술을 항해 시스템에 적용한 연구도 대두되고 있다. 음성인식

*목포해양대학교 해상운송시스템학부
접수일자 : 2003. 10. 18

** 목포해양대학교 해상운송시스템학부 부교수

관련 기술을 항해시스템에 적용한 연구로는, 음성 입출력에 의한 안전운항지원시스템에 관한 연구와 소형선박 및 어선을 대상으로 음성 입출력에 의한 조업조선지원시스템에 관한 연구가 있다 [2-3]. 그러나 기존 연구는 구체적인 시스템 구현이 아직 미비하고, 단편적인 음성지시만을 취급함으로써, 실용화에 한계를 보이고 있다. 따라서, 단편적인 음성지시 형태의 한계를 극복하기 위하여 G.K.Park 및 M.Sugeno가 제안한 LIBL(Linguistic Instruction Based Learning)법에 음성인식 기술을 적용한 VIBL(Voice Instruction Based Learning)을 이용하여 선박조종 및 작업제어 시스템을 구현한 연구가 있으나 단순 시뮬레이션에 그쳐 구체적인 시스템 구현이 많이 부족하다 할 수 있다[4-5].

본 논문에서는 지능형 선박을 구현하기 위한 연구의 일환으로 실제 선박 시스템을 축소한 모형선박(Miniature Ship)의 조타 시스템을 음성지시에 의하여 원격으로 제어하기 위한 구체적인 시스템을 구현하고자 한다. 지능형 학습기법과 음성인식 기술을 이용하여 보다 인간 친화적인 음성지시 시스템을 구현하고, 주변환경과 음성지시자의 의도가 반영될 수 있는 원격 조타기 제어 시스템을 구축하여 실용화를 위한 방안을 모색하고자 한다. 구체적인 연구방법으로 먼저, LIBL방법을 개선한 VIBL 시스템을 구현하고, 모형선박(Miniature Ship)의 조타 시스템을 PC상에서 원격으로 제어하기 위한 조타기 제어 시스템(Steering Gear Control System)을 구축한다. 마지막으로 VIBL 시스템과 조타기 제어 시스템을 인터페이스하여 그 유효성을 확인하고자 한다.

II. 음성지시 조타기 제어 시스템

실제 선박의 조타 시스템을 축소한 모형선박의 조타기 제어시스템을 기반으로 하는 음성지시 원격 조타기 제어 시스템의 전체 구성은 그림 1에 보이는 것처럼 사용자가 원격으로 음성지시를 내리는 클라이언트(Client)와 사용자의 지시 명령으로 조타기를 제어하는 서버(Server), 그리고 조타

장치(Steering Unit)와 모형선박(Miniature Ship)으로 구성된다.

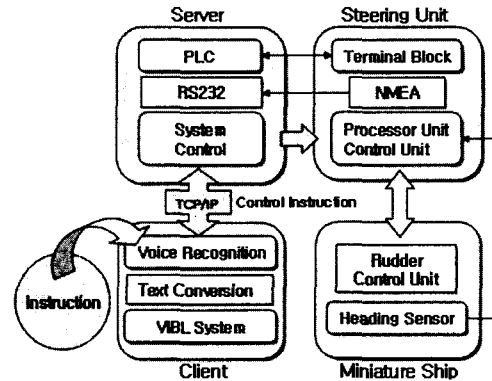


그림 1. 음성지시 조타기 제어시스템 구성
Fig. 1 Configuration of steering control system with voice instruction

사용자가 마이크를 통해 해당 음성지시를 내리면 클라이언트(Client)에서 음성인식(Voice Recognition)된 결과를 텍스트로 변환(Text Conversion)하여 음성지시기반학습(VIBL) 시스템의 출력을 서버(Server)에 전달한다. 서버에서는 조타기를 제어하여 모형선박(Miniature Ship)의 타(Rudder)를 이동시킨다.

2.1 클라이언트와 서버

클라이언트 PC는 원격으로 서버에 접속하여 선박의 조타 시스템을 제어하도록 구성되어 있다. 선박 운항자가 해당 지시명령을 내리면 클라이언트의 음성지시기반학습(VIBL)에서 명령을 인식하여 적절한 타각 제어값을 서버PC로 전송하고, 또한, 현재 선박의 방위와 타각을 모니터링 할 수 있다. 서버 PC는 모형선박의 조타장치를 제어하는 기능을 담당한다. RS232 인터페이스를 통해 모형선박의 타각과 방위값을 입력 받고, PLC를 통해 모형선박의 타(Rudder)를 제어한다. 또한, 타각과 방위 데이터를 클라이언트에 제공해 주는 역할을 담당한다.

2.2 모형선박과 제어장치

모형선박은 타를 제어하기 위한 조타 제어 장치(Rudder Control Unit)와 선체의 방위를 계측하는 방위센서(Heading Sensor)로 구성된다. 조타장치(Steering Unit)의 제어장치(Control Unit)는 현재 방위 데이터를 기준으로 타각(Rudder Angle)을 제어하기 위한 장치이다. 프로세서 장치(Processor Unit)은 방위 센서(Heading Sensor), 타각(Rudder Angle)에서 입력되는 값을 연산하여, 타 제어 장치(Rudder Control Unit)에 신호를 전달하는 역할을 한다.

III. 음성지시기반학습 시스템

음성지시기반학습 시스템은 그림 2에 보이는 것처럼 음성인식 시스템과 언어지시기반 시스템으로 구성된다. 항해사가 시스템의 상태를 관찰하면서 조타명령과 같은 음성지시를 내리면 시스템은 음성 인식부(Voice Recognition)의 음성인식을 통해 해당 지시음성을 텍스트로 변환(Text Conversion)한다. 이렇게 변환된 텍스트는 언어지시기부(Linguistic Instruction Based System)의 언어지시로 입력되어 의미소 선택에 따른 적절한 해석을 수행한 후에 실행부(Task Performance)의 규칙을 조정하여 해당 시스템을 구동시킨다[6-7].

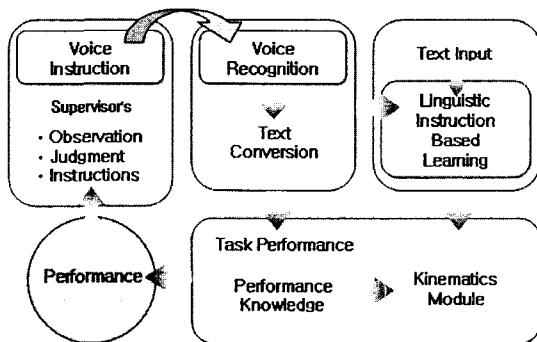


그림 2. 음성지시기반학습 시스템의 개요
Fig. 2 Block diagram of VIBL system

3.1 음성지시 인식 과정

패턴인식을 위해 템플릿 기반의 패턴 매칭 방법을 이용하는 DTW(Dynamic Time Warping) 알고리즘을 이용하여 결정논리규칙에 의해 해당 텍스트를 선택한다. 지시자의 음성지시가 텍스트 형태로 변환되는 과정을 그림 3에 나타낸다. 조타기 제어시스템의 경우 항해사가 “좀더”라는 음성지시를 입력하면 해당 음성신호의 끝점(End Point)을 검출하고, 고역강조(Pre-emphasis)된 음성 신호를 N개의 샘플로 블록을 나눈다. 프레임의 처음과 끝에서의 불연속을 최소화하기 위하여 해밍윈도우(Hamming Window)를 사용한다.

윈도잉(Windowing) 함수를 사용하여 음성신호를 짧은 구간으로 나누어 분석하여 푸리에 변환(FFT)을 하여 스펙트럼을 구한다. 멜 스케일(Mel Scale)에 맞춘 필터뱅크(Filter Bank)를 대응시켜 각 밴드(Band)에서의 크기와 합을 취한 뒤 필터뱅크 출력값을 변환하여 최종 MFCC를 추출한다. 다음으로 DTW를 알고리즘을 이용하여 기준음성 신호의 특징벡터와 입력신호의 특징벡터와의 벡터연산으로 유사도를 측정하여 가장 가까운 프레임 선택한다.

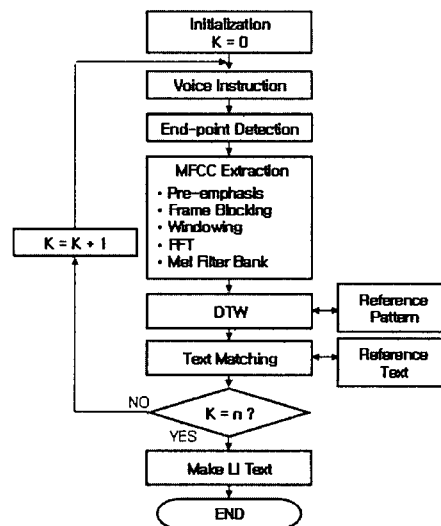


그림 3. 음성지시 인식 과정
Fig. 3 Recognition Process of voice instruction

인식 시에는 입력된 음성을 분석해 특징 벡터를 추출한 후 이들 기준 모델 집합의 구성원과 개별적으로 DTW해 가장 적은 누적 거리를 주는 구성원을 찾아 그에 대응하는 텍스트를 선택한다. 위와 같은 과정을 n 값($n=3$)과 일치할 때까지 반복 수행한다. 반복 수행이 완료되면 해당 음성지시에 대응하는 텍스트를 조합하여 “좀더 빠르게 180도로 선회하십시오”와 같은 형식의 언어지시를 구성하게 된다.

3.2 언어지시기반학습 시스템

자연언어를 이용하는 인간의 학습방법에 기초한 퍼지학습방법인 언어지시기반학습(LIBL)은 G. K. Park 및 M. Sugeno가 제안한 시스템으로서 부여된 언어지시를 지금까지 가지고 있는 지식과 결부시켜서 지식을 새롭게 획득하는 것이다. LIBL을 기반으로 하는 조타 제어 시스템의 기본 구성은 그림 4와 같다[8-9].

지시자의 언어지시에 의해서 컨트롤러를 수정하고, 지시의 의도를 만족해 가는 언어 레벨의 학습으로서, 학습 대상 모델을 의미소로 분류하고, 의미소 간의 인과 네트워크를 이용해서 평가요소의 탐색과 그 경향에 의해 언어지시를 이해한다. 그리고 배경지식에 기초해서 평가 규칙을 생성하고, 제어규칙의 후건부를 수정하여 시스템을 제어한다.

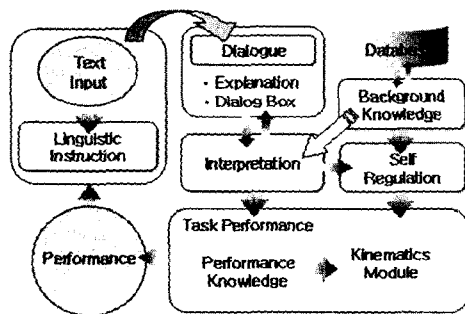


그림 4. 언어지시기반학습 시스템의 구성
Fig. 4 Configuration of LIBL system

1) 언어지시부(LI)와 대화부(Dialogue)

지시자가 시스템의 대화부 설명을 바탕으로 성

능을 관찰하고 판단하여 대화상자(Dialog Box)를 통해서 해당 언어지시를 입력한다. 언어지시의 형식을 예를 들면 다음과 같다.

$$L_i = [\text{좀더}(LH)][\text{빠르게}(AV)][\text{180도로}(HA)][\text{추종하라}(AP)]$$

2) 배경 지식부(Background Knowledge)

배경지식부는 일반데이터베이스와 지식데이터베이스로 구분하여 구축한다. 일반데이터베이스는 실제 선상에서 일반적으로 사용하는 조타관련 명령을 데이터베이스화하여 일반조타명령이 입력될 경우 해당 조타각을 조정하도록 설정하고, 지식데이터베이스는 언어지시명령과 해당 언어지시에 따른 의미소 평가결과를 저장하여 타각을 제어한다.

3.3 조타수 조작 모델과 평가 규칙

일반적인 조타수의 조작 모델은 승선 경력이 있는 조타수의 경험을 조사 및 분석하여 그 결과를 바탕으로 퍼지추론에 의해 타각 제어를 위한 제어 모델을 구성하였다. 설정방위(Ψ_s)와 현재방위(Ψ) 사이의 오차(Ψ_E)를 전건부의 입력값으로 하고, 후건부의 타각(δ_s)을 추론하는 방식이다. 본 논문에서 사용된 전건부와 후건부의 멤버쉽 함수는 그림 5와 같다[4-5].

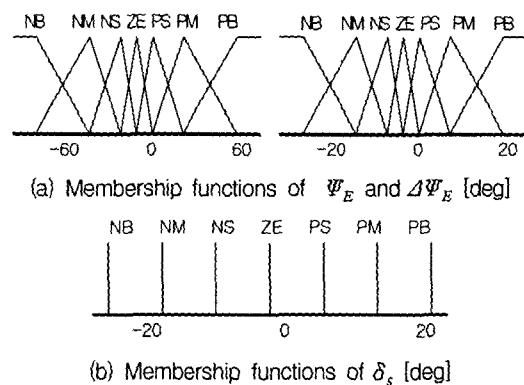


그림 5. Ψ_E , $\Delta\Psi_E$ 그리고 타각 δ_s 의 멤버쉽 함수
Fig. 5 Membership functions of Ψ_E , $\Delta\Psi_E$ and δ_s .
조타수의 경험을 바탕으로한 조타수 조작모델은 다음과 같은 형태의 13개 제어규칙을 이용하였

다.

If Ψ_E is PB and $\Delta\Psi_E$ is ZO then δ_s is PB
 If Ψ_E is ZO and $\Delta\Psi_E$ is NB then δ_s is NB
 If Ψ_E is NB and $\Delta\Psi_E$ is ZO then δ_s is NB

다음으로 평가규칙에 언어해지를 반영한 조정 타각 δ_u 는 그림 6과 같이 구한다.

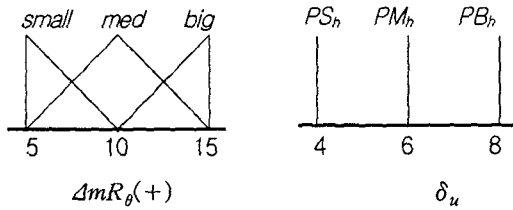


그림 6. $\Delta mR_{\theta}(+)$ 과 δ_u 의 멤버쉽함수
 Fig. 6 Membership functions of $\Delta mR_{\theta}(+)$ and δ_u

언어지시에서 언어해지에 의한 평가규칙 후건부의 이동량이 반영된 평가규칙의 후건부 변수인 조정타각(δ_u)은 PS_n , PM_n , PB_n 가 된다. 의미소의 평가규칙은 단일 입출력 퍼지 추론 기관으로 구성되고, $\Delta mR_{\theta}(+)$ 의 경우에는 다음과 같은 제어 규칙을 갖는다.

If $\Delta mR_{\theta}(+)$ is small, then δ_u is PS_n
 If $\Delta mR_{\theta}(+)$ is med, then δ_u is PM_n
 If $\Delta mR_{\theta}(+)$ is big, then δ_u is PB_n

제어규칙 및 평가규칙의 후건부는 퍼지싱글턴을 채택하고, 추론법으로는 Mamdani의 추론법을 이용하고, 비퍼지화방법으로는 무게중심법(COG)을 이용하였다.

평가규칙에 의하여 구해진 언어지시를 반영한 조정타각 δ_u 가 구해지면, 조타수 조작모델의 원시 제어규칙에 의하여 구해진 조타각 δ_s 와 δ_u 를 합성하는 형식으로 식(1)과 같은 자기조정화가 이루어진다.

$$\delta^* = \delta_s + \delta_u \quad (1)$$

IV. 실험 및 결과고찰

음성지시에 의한 원격 조타제어시스템을 구축하기 위하여 실제 선박을 축소한 모형선박의 조타 시스템을 PC 인터페이스를 통하여 타기를 제어하도록 설정하였다. OpenGL 기반 VC++ 6.0을 이용하여 시스템 인터페이스를 구현하였고, 모형선박의 조타기를 제어하기 위하여 RS232와 PLC 인터페이스를 이용하여 실험하였다.

4.1 모형선박 시스템 구성

본 논문에서 이용한 모형선박 시스템의 구성은 그림 7과 같다. 실제 선박을 축소한 모형선박과 서버와 클라이언트로 이루어져 선박의 조타기를 제어하는 PC로 구성되어 있다.



그림 7. 모형 선박 시스템 구성
 Fig. 7 Configuration of miniature ship system

4.2 시뮬레이터 구성

VIBL 모형선박 조타기 제어 시스템의 메인 화면은 그림 8과 같다.

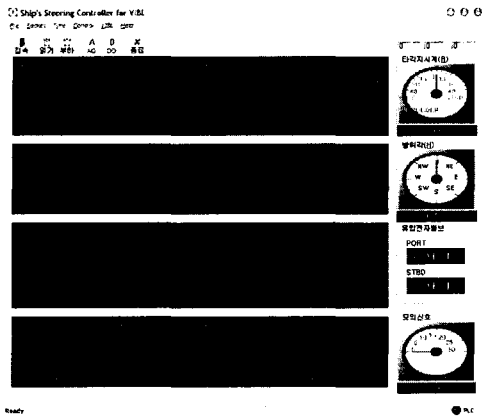


그림 8. VIBL 제어 시스템 메인 화면
Fig. 8 Main view of VIBL control system

모형선박의 조타기를 직접 제어할 수 있도록 하였고, 타각, 방위각, 유압신호 등을 모니터링 할 수 있도록 설정하였다. 음성지시자의 지시명령 입력을 위한 대화상자는 그림 9와 같다. 음성지시용 대화상자는 “좀더 빠르게 180도로 선회하십시오”라는 음성지시를 인식하여 텍스트적인 언어지시로 변환하여 언어지시기반학습 시스템에 입력되어 최종적으로 시스템을 제어하도록 설정하였다.

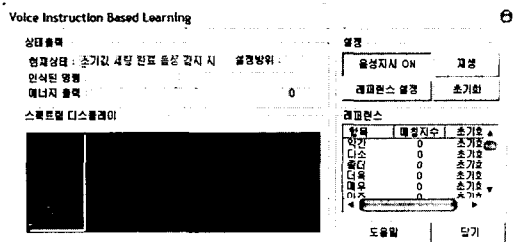
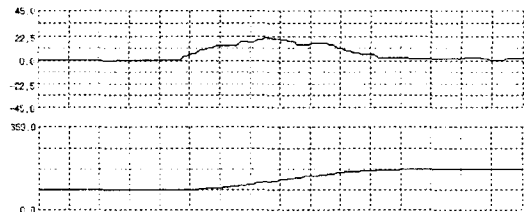


그림 9. 음성지시용 대화상자
Fig. 9 Dialog box for voice instruction

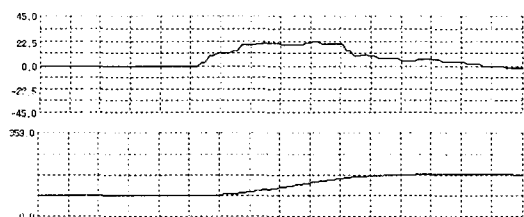
4.3 실험 결과

음성지시에 의한 원격 조타제어시스템은 구축된 클라이언트 PC의 VIBL시스템에 해당 음성지시 명령을 내리면 시스템은 설정 방위를 추종하기 위하여 적절하게 타각을 조절하는 형태이다. 그림 10은 본 실험에서 이용한 FURUNO FAP-330 자동조타기의 방위 추종 결과와 선박운항자가 내리

는 음성지시를 시스템이 이해하여 타를 제어하고 방위를 추종하는 VIBL 원격 조타 제어 시스템의 결과를 나타낸다.



(a) 자동조타기(FURUNO FAP-330)



(b) VIBL 원격 조타 제어
그림 10. 타각에 의한 방위 추종 결과
Fig. 10 Bearing results by rudder angle

선수방위 90도에서 180도로 추종하는 경우의 예를 들어 그 출력결과를 도시한 것이다. 여기에서 VIBL원격 조타 제어의 경우 음성지시는 “좀더 빠르게 180도로 선회하십시오”라는 언어지시 형태이다. 그림 10의 (a)에서처럼 자동조타기의 경우 안정적인 180도 추종을 보이고 (b)의 VIBL 원격 제어의 경우 음성지시 형태가 “좀더 빠르게”의 의미를 내포하므로 자동조타기의 방위 추종보다 조금 빠른 180도 추종결과를 확인할 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 실제 선박을 축소한 모형선박 (Miniature Ship)의 조타시스템을 이용하여 음성지시에 의한 원격 조타기 제어 시스템을 구축하였다. 음성지시기반학습(VIBL) 시스템을 적용하여 그 효용성을 살펴보았다. 구체적인 연구 결과로는 조타기를 원격제어하기 위한 음성언어지시방법을 제시하였고, 음성 지시자의 음성언어지시를 인식

하여 텍스트로 변환하기 위한 방법과 일반적인 조타수의 경험을 바탕으로한 조타 조작 모델을 퍼지 추론을 바탕으로 구축하였고, 조타수의 조작 모델 규칙을 수정하기 위한 평가규칙을 제시하였다. 또한, 음성지시에 의한 원격 조타 제어 시스템을 구축하기 위하여 실제 선박을 축소한 모형선박의 조타시스템을 PC 인터페이스를 통하여 원격으로 타(Rudder)를 제어하도록 설정하였고, 자동조타기(FURUNO FAP-330)와 비교 분석하여 시스템의 효율적인 응답결과를 확인하였다.

본 연구에서는 음성인식에서 가장 중요시되는 인식률의 개선이 필요하고, 선박 조타에 영향을 미치는 요인인 바람, 파도, 기상조건 등의 외부 환경적인 영향을 고려하지 않았기 때문에 앞으로 조타에 영향을 미치는 요인까지 고려하여 보다 정확한 음성지시기반 지능형 제어 시스템을 구축할 필요가 있으며, 실용화를 위해서는 음성인식 및 제안된 알고리즘을 구현할 수 있는 하드웨어를 구성하여 모형선박이 아닌 실제 선박에서 테스트를 하는 연구가 필요하다.

참고 문헌

[1] 임용곤, 박종원, 최영철, "디지털 선박의 구현방안 연구", 선박해양기술, vol.33, pp.15-20, 2002.
 [2] K. KARASUNO, H. ODA, K. IGARASHI and T. NITTA, "Support System Voice Recognition for Maneuvering and Working on Fishing Boat", Journal of Japan Navigation, vol 92, pp. 57-64, 1995.
 [3] 손남선, 김선영, "음성입출력에 의한 안전운항지원 시스템 개발", 선박해양기술, vol. 33, pp. 117-125, 2002.
 [4] 박계각, 서기열, "언어지시에 의한 지능형 조타기 제어 시스템", 퍼지 및 지능시스템학회, vol. 12, no. 5, pp. 417-423, 2002.
 [5] 서기열, 박계각, "음성지시에 의한 선박조종 및 원치제어 시스템", 퍼지 및 지능시스템학회, vol. 12, no. 6, pp. 517-523, 2002.
 [6] 임운천, 국내 음성정보처리산업 현황조사 및 비즈니스 모델 개발에 관한 연구보고서, 한국음향학회, 2002.

[7] 오영환, 음성언어정보처리, 홍릉과학출판사, 1998.
 [8] G.K.Park, "Learning Based on Interpretation of Linguistic Instructions Using Fuzzy Theory", Tokyo Institute of Technology, Doctor Thesis, 1993.
 [9] G.K. Park and M. Sugeno, "Learning Based on Linguistic Instruction using Fuzzy Theory", Journal of Japan Society for Fuzzy Theory and Systems, vol. 4, No. 6 pp. 1164-1181, 1992.

저자 소개



서기열(Ki-Yeol Seo)

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

계측공학 전공 박사

※ 관심분야 : 퍼지응용, 지능제어, 음성인식, DB지식처리



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