

선박 잡음 환경에서의 강건한 음성 인식 기반 육해상 통합 관광 정보 안내 시스템

전 광 명*, 이 장 원*, 박 지 훈*, 이 성 로**, 이 연 우**, 맹 세 영**, 김 홍 국^o

A Land and Maritime Unified Tourism Information Guide System Based on Robust Speech Recognition in Ship Noise Environments

Kwang Myung Jeon*, Jang Won Lee*, Ji Hun Park*,
 Seong Ro Lee**, Yeonwoo Lee**, Se Young Maeng**, Hong Kook Kim^o

요 약

본 논문에서는 선박에서의 잡음 환경에 강건한 음성인식 기술을 포함하는 육해상 통합관광정보 안내 시스템을 제안한다. 대부분의 음성인식 전처리부는 차량, 배발(babble) 잡음 등의 정상특성 잡음 제거하기 위해 위너(Wiener) 필터를 이용해 왔다. 하지만 이러한 기존의 전처리부는 항해중인 선박 내에서 발생하는 비정상 잡음을 제거하는데 한계가 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해 제안하는 시스템은 높은 관광 경로 인식 정확성을 얻기 위해 비선형 다중밴드 스펙트럴 차감법(multi-band spectral subtraction)을 적용한다. 실험 결과 제안된 시스템은 기존 대비 10 dB 신호대잡음비의 잡음 환경에서 평균 5.54%의 경로명 인식률 개선을 보였다.

Key Words : Tourist guide system, Ship noise, nonlinear MBSS, Speech recognition, Voice user interface

ABSTRACT

In this paper, a land and maritime unified tourism information guide system is proposed which employs robust speech recognition in ship noise environments. Most of conventional front-ends for speech recognition have used a Wiener filter to compensate for stationary noise such as car or babble noises. However, such the conventional front-ends have limitation in reducing non-stationary noise that are occurred inside the ship on voyage. To overcome such a limitation, the proposed system incorporates nonlinear multi-band spectral subtraction to provide highly accurate tourism route recognition. It is shown from the experiment that compared to a conventional system the proposed system achieves relative improvement of a tourism route recognition rate by 5.54% under a noise condition of 10 dB signal-to-noise ratio (SNR).

I. 서 론

세계 각국의 선진화에 따른 여가시간의 증대와 소

득수준의 향상, 교육기회의 확대 등으로 인하여 해양 관광의 수요증가는 가속화되고 있다¹⁾. 이러한 추세에 따라 해양관광의 편의성과 만족도를 높이기 위한 육

※ 이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 대학중점연구소 지원사업으로 수행된 연구임(2009-0093828)

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA-2012-H0301-12-2005)

• 주저자 : 광주과학기술원 정보통신공학부 휴먼미디어통신 및 처리연구실, kmjeon@gist.ac.kr, 학생회원

◦ 교신저자 : 광주과학기술원 정보통신공학부 휴먼미디어통신 및 처리연구실, hongkook@gist.ac.kr, 종신회원

* 광주과학기술원 정보통신공학부 휴먼미디어통신 및 처리연구실, ljw@gist.ac.kr, jh_park@gist.ac.kr

** 목포대학교, srlee@mokpo.ac.kr, ylee@mokpo.ac.kr

논문번호 : KICS2013-01-023, 접수일자 : 2013년 1월 14일, 최종논문접수일자 : 2013년 2월 19일

해상 통합관광정보 안내시스템이 개발된 바 있다^{2,3)}. 해당 시스템은 먼저 음성인식 기능을 통해 육해상 여행 경로의 출발지점과 도착지점을 파악한다. 이러한 입력 정보를 이용하여 해당 시스템은 사용자가 원하는 해양 여행에 대한 항해 경로를 취득한다. 항해 경로를 바탕으로 해당 시스템은 항로 인근의 부가 관광지들에 대한 안내 정보를 수집하여 사용자에게 음성 안내 및 해상 지리정보를 제공한다. 이러한 음성 기반의 통합관광정보 안내 시스템은 편리함 및 정보 전달 능력 측면에서 우수하여 해양 관광을 참여하는 관광객들에게 실용적인 것으로 나타났다⁴⁾. 지금까지의 육해상 통합관광정보 안내 시스템에 포함 된 음성 인식기는 위너(Wiener) 필터 기반의 잡음 전처리를 수행하는데, 이는 일반적인 육상 환경만을 고려하는 차량 및 배블(babble) 잡음에 대해서만 일정 수준의 인식률 향상을 기대할 수 있다⁵⁾. 이에 반해, 본 육해상 통합 관광정보 안내 시스템은 육상 뿐 아니라 해상, 특히 항해중인 관광용 선박 내에서의 활용을 목적으로 개발된 만큼 항해중인 선박 내에서 발생할 수 있는 다양한 잡음들에 대한 강건한 음성 인식 성능을 보장하기 위해서는 이에 따른 새로운 전처리 기술이 필요하다.

제안된 선박 잡음 환경에서의 강건한 육해상 통합 관광정보 안내 시스템은 비선형 다중밴드 스펙트럴 차감법(multi-band spectral subtraction, MBSS) 기반의 음성인식 전처리 기법을 포함하여 다양한 선박 잡음 환경에서의 경로명 인식률을 높이는 데 목적이 있다. 여기서 비선형 MBSS 기법은 다양한 잡음 환경에서의 신호대잡음비(signal-to-noise ratio, SNR) 감소 및 음성 신호의 품질 유지 성능이 우수한 것으로 알려져 있다⁶⁾. 따라서 일부 정상 잡음의 감쇄에만 효과가 있는 기존의 위너 필터 기반의 음성 인식 전처리 기법을 비선형 MBSS 기법으로 대체함으로써 해당 육해상 통합관광정보 안내 시스템의 선박 내 활용의 강건함 증대를 기대할 수 있다.

서론에 이어, II장에서는 음성 user interface (UI) 기반 육해상 통합관광정보 안내 시스템의 전반 구성을 설명한다. III장에서는 제안된 육해상 통합관광정보 안내 시스템의 음성 인식 전처리 구성 및 비선형 MBSS 기법 기반의 잡음 감쇄 방법을 설명한다. 다음으로 IV장에서는 제안된 시스템의 구현 사항을 설명한다. 그리고 V장에서는 제안된 시스템을 평가하기 위한 실험의 진행 사항 및 결과를 다룬다. 마지막으로 VI장에서 본 논문의 결론을 내린다.

II. 음성 기반 통합관광정보 안내 시스템

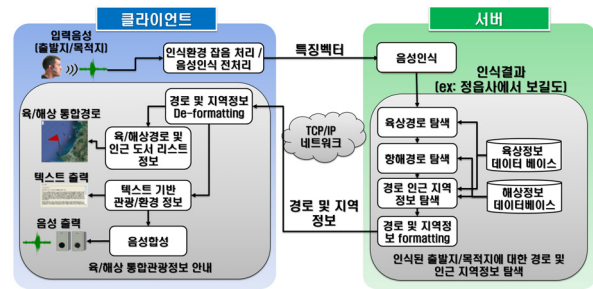


그림 1. 음성 UI 기반 육해상 통합관광정보 안내 시스템의 블록도

Fig. 1. Block diagram of the land and maritime unified tourism information guide system

그림 1은 음성 UI 기반 육해상 통합관광정보 안내 시스템의 블록도를 보여준다. 제안된 통합 관광 정보 안내 시스템은 크게 분산 음성인식, 음성인식 결과에 따른 경로 탐색, 그리고 제공된 통합 관광 정보에 대한 음성합성으로 이루어진다. 육해상 통합관광정보 안내 시스템의 세부적인 동작 흐름은 다음과 같다. 먼저, 사용자는 원하는 관광 경로의 출발, 도착 지점에 해당하는 두 단어를 발화한다. 여기서 출발, 도착 지점은 육상의 관광지나 항구 또는 해상의 섬으로 가정한다. 이어서, 클라이언트에 위치한 음성 전처리 모듈은 실시간으로 발화된 음성에 대한 특징 벡터를 추출한다. 추출된 특징 벡터는 패킷화되어 네트워크를 거쳐 서버단으로 전송된다. 관광 경로에 대한 출발지, 목적지의 이름 인식은 클라이언트를 통해 서버로 전송된 입력 음성신호의 특징 벡터를 분석하여 수행된다. 다음으로, 인식된 출발지, 목적지에 대한 육해상 경로 정보 및 경로 인근 영역 정보를 추출하여 클라이언트로 재전송한다. 여기서 육해상 경로 정보는 지리정보시스템의 육로 및 해로 데이터 및 육해상 경로 통합 알고리즘을 통하여 얻어진다.

기존의 육상 또는 해상 특정 영역에 종속된 경로 안내 시스템들의 경우 지리정보시스템에서 제공하는 차량 이동경로 또는 항해경로에 의존하여 정보를 제공한다. 하지만 육해상 통합 경로를 제공해야 하는 경우 기존의 지리정보시스템을 활용하는데 한계가 있다. 그 이유는 기존의 지리정보시스템의 데이터베이스 및 경로 설정 방법에 차량 이동경로와 항해경로간의 전환점에 대한 고려가 없기 때문이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 기존의 지리정보시스템이 제공하던 차량 이동경로 및 항해경로를 활용하여 육해상 통합경로를 생성하는 육해상 경로 통합 알고리즘을 활용한다³⁾. 또한 경로 인근 영역 정보를 얻기 위하여 기존에 제안된 인근영역 탐색 알고리즘을 적용한다²⁾. 마지막으로,

클라이언트를 전달된 육해상 통합 경로 및 관광 지역 관련 정보는 지리 정보 출력 모듈 및 음성합성 모듈을 통해 사용자에게 시각, 청각 통합적으로 제공된다.

III. 선박 잡음에 강건한 음성 인식

3.1. 음성 인식 전처리 구성

음성 UI 기반 육해상 통합관광정보 안내 시스템의 경로명 인식을 위한 음성 인식 전처리의 구성은 다음과 같다. 먼저 육해상 통합관광 정보 안내 시스템의 클라이언트가 포함하는 마이크를 통해 취득된 경로명에 대한 잡음 감쇄를 진행 한다. 이러한 음성 인식을 위한 잡음 감쇄는 일반적으로 위너 필터를 이용하나, 이는 일반적인 육상 환경만을 고려하는 차량 및 배발 잡음 등의 정상 잡음에 대해서만 일정 수준의 잡음 감쇄 성능을 보여준다^[5]. 따라서 본 논문에서는 선박잡음의 효과적인 감쇄를 위해 위너 필터를 대체 하여 비선형 MBSS 기반의 잡음 감쇄 기술을 적용한다. 비선형 MBSS 기반의 잡음 감쇄 기술에 대한 상세한 설명은 다음의 III.2절에서 다룬다.

다음으로 잡음 감쇄가 진행된 경로명 문장의 신호로부터 39차의 mel-frequency cepstral coefficients (MFCCs) 특징 벡터를 추출한다^[7]. 또한 음성 인식의 효율적인 음성 검출(voice activity detection)을 위해 Teager 에너지 역시 추출한다^[8]. 잡음 감쇄 된 경로명 신호로부터 추출 된 특징 벡터 및 Teager 에너지를 TCP/IP 프로토콜^[9]을 통해 육해상 통합관광정보 안내 시스템의 서버로 전송되어 음성 인식을 진행한다.

3.2. 비선형 다중밴드 스펙트럴 차감 기반 잡음 감쇄

본 절에서는 가변적 스케일팩터(scale factor)를 이용한 비선형 MBSS 기반 잡음 감쇄 기술^[6]의 동작 과정 및 알고리즘에 대하여 설명하도록 한다. 비선형 MBSS 기반 잡음 감쇄 기술은 modified discrete cosine transform (MDCT) 영역에서 동작을 하는데 이는 DCT 영역이 discrete Fourier transform (DFT) 영역보다 높은 에너지 compaction과 스펙트럴 해상도를 지니기 때문에 잡음 감쇄에 적합하기 때문이다^[10]. 먼저 비선형 MBSS의 입력으로 들어온 한 프레임의 MDCT 계수들은 49 차 비균등 스케일팩터 밴드로 grouping된다. 이들은 같은 스케일팩터 밴드로 정의된 한 프레임 길이의 잡음 패턴과 서브밴드 간 파워 비교를 통해 해당 입력 프레임의 서브밴드 별 SNR을 추정한다. 여기서 SNR

추정 방법은 다음과 같다.

$$SNR_b(i) = 10\log_{10}\left(\frac{E[|Y(k)|]^2}{E[|D(k)|]^2}\right) \quad (1)$$

where $B_{i-1} \leq k < B_i$

여기서 $|Y(k)|$ 와 $|D(k)|$ 는 각각 입력 신호의 MDCT 계수 크기와 잡음 패턴의 MDCT 계수 크기를 나타낸다. 또한 $SNR_b(i)$ 는 해당 서브밴드의 SNR 값이며 k 는 서브밴드 별 범위 인덱스를 나타낸다. 수식 (1)을 이용하여 서브밴드 별 SNR을 구하는 것은 계산량 측면에서 비효율적이므로 SNR의 표현 단계를 이산적으로 설정한 뒤 다음의 비교식을 통해 그 값을 간접적으로 구한다.

$$\begin{aligned} 10^{(SNR_c(l)/20)} E[|D(k)|] &\leq \\ E[|Y(k)|] & \\ < 10^{(SNR_c(l-1)/20)} E[|D(k)|] & \\ \Rightarrow SNR_b(i) = SNR_c(l) & \end{aligned} \quad (2)$$

여기서 $SNR_c(l)$ 은 이산적으로 정의된 SNR 단계들로써 해당 단계들을 세밀하게 정의할수록 정확한 서브밴드 SNR 추정이 가능하지만 그에 따른 계산량 상승 폭이 커지기 때문에 이에 대한 타협점(trade-off)이 필요하다. 따라서 본 기술의 구현 시, 허용 계산량 대비 성능을 고려하여 21 dB 부터 -3 dB까지 3 dB 단위로 총 10단계의 SNR 값으로 구성하였다.

본 기술에 적용된 스펙트럴 차감 과정은 앞서 측정된 서브밴드 별 SNR 값에 해당하는 심리 음향 곡선 기반의 가중치를 고려한 차감 계수 $T(i,l)$ 에 따라 다음과 같이 진행된다.

$$S'(k) = (|Y(k)| - \alpha T(i,l)|D(k)|) \times \text{sgn}(Y(k)) \quad (3)$$

여기서 α 는 over-subtraction을 담당하는 튜닝 파라미터이다. $T(i,l)$ 은 아래의 수식과 같이 SNR 별 차감 함수와 각 서브밴드 별 가중치 정보를 포함하는 심리 음향 커브 $P(i)$ 의 조합으로 표현된다.

$$T(i,l) = \left(\frac{(G_{\max} - G_{\min})}{L-1}(l-1) + 1\right)P(i) \quad (4)$$

where $l = [1 : L]$

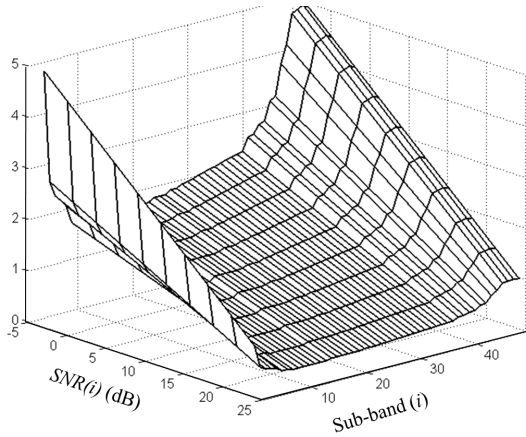


그림 2. $T(i, SNR(i))$ 의 삼차원 그래프
Fig. 2. Three-dimensional plot of $T(i, SNR(i))$

여기서 L 은 수식 (4)의 $SNR_c(l)$ 에 대응되는 이산 SNR 단계의 수이다. 또한 G_{max} 와 G_{min} 은 $T(i, l)$ 의 최대, 최소 범위를 나타낸다. 본 기술의 구현에서 두 값은 각각 5와 1로 설정되었다. 그림 2는 $T(i, l)$ 에 대한 3차원 그래프를 보여준다.

IV. 시스템 구현

제안된 음성 UI 기반 육해상 통합관광정보 안내 시스템은 마이크로소프트에서 제공하는 MFC 라이브러리를 이용하여 클라이언트/서버 구조로 개발되었다. 그림 3은 제안된 통합 관광 정보 안내 시스템의 클라이언트의 실제 동작 장면을 보여준다. 그림 3에 나타난 클라이언트의 사용자 인터페이스에 대한 세부 사항은 다음과 같다.

먼저 사용자는 TCP/IP 프로토콜을 통해 서버에 접속한다. 다음으로, 사용자는 육해상 관광 지역명 테이블을 확인한 뒤 음성인식 시작 버튼을 누른 다음 원하는 육해상 관광 경로의 출발지 및 도착지를 발화한다. 발화된 음성은 파형 표시창에 표기된다. 서버에서 음성인식이 완료된 후, 클라이언트는 서버로부터 받은 음성인식 결과를 보여 주며 해당 결과가 사용자 발화 내용과 일치 하는 지에 대한 질의를 진행한다. 질의에 대하여 사용자는 /네/ 또는 /아니요/로 발화하여 음성인식 결과를 검증한다.

음성인식 단계가 끝난 뒤 서버는 주어진 출발지와 목적지명을 바탕으로 육로 및 항로를 포함하는 위도, 경도 기반의 경로 정보 및 해당 경로 인근 지역 정보 및 관련 지역에 해당하는 텍스트 정보를 통합 구성하여 클라이언트로 전송한다. 지리 정보의 경우 서버로

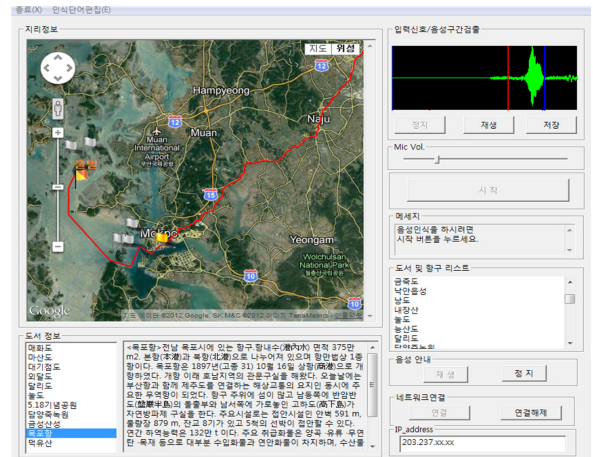


그림 3. 제안된 시스템의 클라이언트 동작 화면
Fig. 3. Screenshot of the client part of the proposed system

부터 전달받은 위도, 경도 정보를 바탕으로 지리정보 표기 창을 통해 나타낸다. 경로 인근의 지역 정보들은 리스트 박스를 통해 나타낸다. 사용자가 특정 인근 지역을 리스트 박스에서 선택하게 되면 선택한 지역의 텍스트 정보가 표기되며, 이에 대한 음성 안내 역시 시작된다.

V. 성능 평가

제안된 선박 잡음 환경에 강건한 음성 UI 기반 육해상 통합관광정보 안내 시스템의 성능을 평가하기 위해 경로명에 대한 단어 인식률을 측정하였다. 이를 위해 본 실험에서는 8명의 실험 참가자들이 870가지의 경로명을 발화한 뒤 여객용 선박 내 환경에서 취득된 환경 잡음과 평균 10 dB SNR로 섞은 입력 데이터를 준비 하였다. 그림 4는 여객용 선박 내 환경 잡음의 영향을 받은 테스트 음원의 샘플과 해당 샘플의 잡음 감쇄에 활용한 위너 필터 및 비선형 MBSS 처리 후의 결과에 대한 스펙트로그램을 나타낸다. 그림 4의 (a)는 선박 잡음이 포함된 경로명 샘플, (b)는 기존의 위너 필터를 이용한 잡음 처리, 그리고 (c)는 비선형 MBSS를 이용한 잡음 처리 결과를 나타낸다. 스펙트로그램 결과에 따르면 위너 필터를 이용한 잡음 처리 결과는 뮤지컬 잡음이 크게 발생하여 원 신호를 왜곡하는 모습을 보이지만 제안된 시스템에 적용된 비선형 MBSS를 이용한 경우 음성 신호의 왜곡이 낮으면서도 선박 환경의 잡음이 크게 줄어든 모습을 보인다.

선박 잡음 환경에서의 음성 UI 기반 육해상 통합관광정보 안내 시스템의 잡음 처리 방법에 따른 단어 인식률 결과는 그림 5에 나타난 그래프와 같다. 그림 5

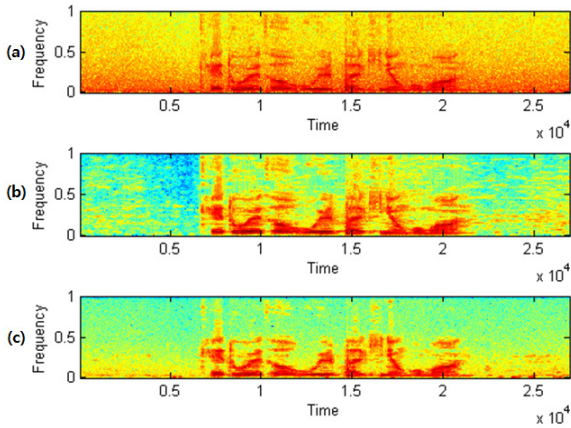


그림 4. 선박 잡음이 포함 된 경로명 음성 (a) 및 이에 대한 위너 필터링 (b) 및 비선형 MBSS (c) 처리 결과의 스펙트로그램
 Fig. 4. Spectrogram of the tourism route speech including ship noise (a) and denoised results using Wiener filter (b) and nonlinear-MBSS (c)

에 나타난 바와 같이 선박 잡음 환경에서의 단어 인식률은 잡음 감쇄를 고려하지 않은 경우 71.40%의 낮은 결과를 보여주었다. 기존의 위너 필터 기반의 전처리 기술을 적용한 경우의 인식률은 76.40%로 잡음 감쇄를 하지 않은 경우 대비 5.0%의 인식률이 상승하였으며, 제안된 비선형 MBSS 기반의 전처리 기술을 적용한 경우의 인식률은 81.94%로 잡음 감쇄를 고려하지 않은 경우 대비 10.54%가 증가 하였고, 위너 필터 기반의 전처리 기술 적용 대비 5.54%가 증가 하였다. 또한 평균 잡음신호의 SNR이 0 dB 혹은 20 dB으로 매우 낮거나 높을 때, 제안된 기술을 적용한 경우의 인식률이 위너 필터 기반의 전처리 기술 적용 대비 각각 3.54% 및 1.22%의 인식률 상승을 보였다. 이러한 결과는 제안된 비선형 MBSS 기반의 전처리 기술을 적용한 육해상 통합관광정보 안내 시스템이 항해 중인 선박 내에서도 보다 강건한 경로명 인식 성능을 보일 수 있음을 의미한다.

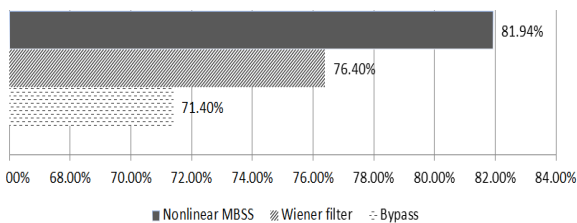


그림 5. 선박 잡음 환경에서의 음성 UI 기반 육해상 통합관광정보 안내 시스템의 잡음 처리 방법에 따른 단어 인식률 결과
 Fig. 5. Words recognition results of the voice UI based land and maritime unified tourism information guide system with different denoising methods

VI. 결 론

본 논문에서는 선박 잡음 환경에 강건한 음성인식 기술을 포함하는 육해상 통합관광정보 안내 시스템을 제안하였다. 항해중 선박 내에서 발생할 수 있는 다양한 형태의 잡음을 효과적으로 감쇄하기 위해 본 논문에서는 육해상 통합관광정보 안내 시스템의 경로명 인식 전처리 과정으로써 SNR 감소 및 음성 신호의 품질 유지 성능이 우수한 비선형 MBSS 기술을 적용하였다. 항해중인 선박 환경을 가정한 경로명의 단어 오인식률 실험 결과 제안된 시스템은 평균 10 dB SNR 환경에서 발화된 경로명 입력 신호에 대하여 기존의 위너 필터를 이용한 전처리 기술 적용 대비 평균 5.54%의 경로명 인식

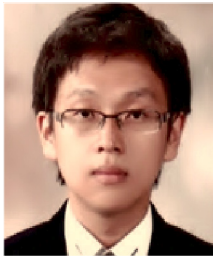
References

- [1] J. W. Hong, "A vision and development strategy of maritime leisure industry," *Korea Tourism Policy*, vol. 32, no. 1, pp. 26-33, June 2008.
- [2] D. S. Kim, K. M. Jeon, J. H. Park, W. K. Seong, S. R. Lee, H. K. Kim, "A voyage plan and tour/environmental information guide system based on voice user interface," in *Proc. KICS Summer Conf.* 2011, p. 13, Jeju Island, Korea, June 2011.
- [3] K. M. Jeon, W. K. Seong, J. H. Park, H. K. Kim, "A Land and Maritime Unified Tourism Information Guide System Based on Voice User Interface," in *Proc. Korea Soc. of Speech Sciences Autumn Conf.* 2012, pp. 279-281, Seoul, Korea, Dec. 2012.
- [4] D. S. Kim, K. M. Jeon, J. H. Park, W. K. Seong, H. K. Kim, and S. R. Lee, "Client/server-based cultural tourist guide system using voice user interface," in *Proc. Int. Conf. on Computer and Applications (CCA)*, p. 128, Seoul, Korea, Mar. 2012.
- [5] R. J. McAulay and M. L. Malpass, "Speech enhancement using a soft-decision noise suppression filter," *IEEE Trans. on Acoust., Speech, and Signal Processing (ASSP)*, vol. 28, no. 2, pp. 137-145, Apr. 1980.
- [6] K. M. Jeon, N. I. Park, H. K. Kim, M. K.

Choi, L. C. Hwang, and S. R. Kim, "MDCT-domain noise reduction with block switching for the application to MPEG audio coding," in *Proc. Int. Conf. on Advanced Signal Processing (ASP)*, Seoul, Korea, p. 98, Mar. 2012.

- [7] ETSI ES 202 050, *Speech Processing: Transmission and Quality Aspects (STQ); Distributed Speech Recognition; Advanced Feature Extraction Algorithm*, 2002.
- [8] J. F. Kaiser, "On a simple algorithm to calculate the 'energy' of a signal," in *Proc. IEEE Int. Conf. on Acoust., Speech, and Signal Processing 1990 (ICASSP 1990)*, Albuquerque, NM, pp. 381-384, Apr. 1990.
- [9] D. E. Comer, *Internetworking with TCP/IP: Principles, Protocols, and Architecture*, Prentice Hall, 1991.
- [10] I. Y. Soon, S. N. Koh, and C. K. Yeo, "Noisy speech enhancement using discrete cosine transform," *Speech Communication*, vol. 24, no. 3, pp. 249-257, June 1998.

전 광 명 (Kwang Myung Jeon)



2010년 2월 세종대학교 정보통신공학과 졸업
2012년 2월 광주과학기술원 정보통신공학부 석사
2012년 3월~현재 광주과학기술원 정보통신공학부 박사과정

<관심분야> 음성 및 오디오 잡음제거, 음성합성

이 장 원 (Jang Won Lee)



2012년 8월 서울과학기술대학교 전자IT미디어공학과 졸업
2012년 9월~현재 광주과학기술원 정보통신공학부 석사과정

<관심분야> 음성인식

박 지 훈 (Ji Hun Park)



2006년 2월 광운대학교 전자공학과 졸업
2008년 2월 광주과학기술원 정보통신공학부 석사
2008년 3월~현재 광주과학기술원 정보통신공학부 박사과정

<관심분야> 음성인식 전처리

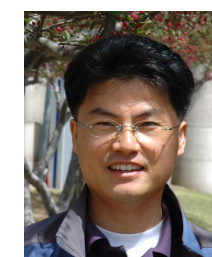
이 성 로 (Seong Ro Lee)



1987년 2월 고려대학교 전자공학과 공학사
1990년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과 공학석사
1996년 8월 한국과학기술원 전기및전자공학과 공학박사
1997년 9월~현재 목포대학교 공과대학 정보전자공학과 교수

<관심분야> 디지털통신시스템, 이동 및 위성통신시스템, USN/텔레매틱스응용분야, 임베디드시스템

이 연 우 (Yeonwoo Lee)



1994년 2월 고려대학교 전자공학과 석사
2000년 2월 고려대학교 전자공학과 박사
2000년 10월~2003년 12월 영국 Edinburgh 대학교 Research Fellow

2004년 1월~2005년 8월 삼성종합기술원
2005년 9월~현재 국립목포대학교 공과대학 정보통신공학과, 부교수

<관심분야> 해상무선통신, e-Navigation, Cognitive Radio, 4G 이동통신

맹 세 영 (Se Young Meang)



2012년 2월 목포대학교 정보통신공학과 졸업
2012년 3월~현재: 목포대학교 정보통신공학과 석사과정
<관심분야> 해상무선통신, e-Navigation, Cognitive Radio, 4G 이동통신

김 흥 국 (Hong Kook Kim)



1988년 2월 서울대학교 제어
계측공학과 졸업

1990년 2월 한국과학기술원 전
기공학과 석사

1994년 8월 한국과학기술원
전기공학과 박사

2003년 8월~현재 광주과학기술

술원 정보통신공학부 교수

<관심분야> 음성 및 오디오 처리, 음성인식