

고음질 합성방식용 V/UV 스펙트럼상의 피치변경법에 관한 연구

On a Pitch Alteration Technique in the V/UV Spectrum for High Quality Speech Synthesis Technique

조 왕 래*, 배 명 진*, 김 동 성*
(WangRae Jo*, MyungJin Bae, DongSung Kim*)

※이 연구는 한국과학재단의 장기기초연구과제 지원비에 의해 연구되었습니다.(95-0100-01-3)

요 약

파형부호화법은 파형의 잉여성분 제거과정을 통해 음성파형의 꼴을 단순히 보존하는 부호화법이다. 음성합성분야에서 파형부호화법은 주로 분석에 의한 고음질 합성방식으로 적용되고 있다. 그렇지만 이 부호화법은 분석시에 여기원과 성도여파기 파라미터들로 분류하여 처리하지 않기 때문에 규칙에 의한 합성방식으로는 적용하기가 힘들다. 본 논문에서는 스펙트럼영역에서 유성스펙트럼에 대해서만 스펙트럼축의 변경을 통해 파치를 조절하는 새로운 피치변경법을 제안하였다. 이 방법은 주파수영역 처리법이며 50%의 피치변경을 수행하여도 스펙트럼 왜곡율이 2.7% 이하로 얻어졌고, 시간영역의 위상특성 보상에 의해 프레임간의 진폭연결이 자연스럽다는 장점을 갖는다.

ABSTRACT

Most waveform coding techniques attempt to reduce redundancy of speech signal while preserving the shape of the waveform. In speech synthesis, waveform coding methods are used to the synthesis by rule for high quality speech. However, it is difficult to apply the waveform coding to the synthesis by rule because the parameters of the waveform coding cannot be classified as either the excitation or the vocal tract parameters. The proposed method shows little spectrum distortion of 2.7% or less for 50% pitch changes. It also achieves smooth connection of waveform magnitudes among the frames by compensating the phase in time domain.

I. 서 론

음성의 합성단위에 따라서는 문장단위, 음절단위, 음소단위 등으로 나눌 수 있다. 또한 합성방식에 따라서는 파형부호화법, 신호원부호화법, 혼성부호화법으로 분류할 수 있다[1, 2]. 파형부호화법은 파형 자체의 잉여성분을 제거한 후에 부호화 하는 방법이며, PCM, ADPCM, ADM 등이 제안되어져 있다. 이 부호화법은 인간의 개성과 감정을 대별해 주는 여기정보와 메시지전달을 나타내는 성도의 여파기정보를 분리하지 않고 처리하기 때문에 음원을 변경시켜야 하는 음절이나 음소단위의 규칙에 의한 합성방식으로는 바람직하지 못하다.

신호원부호화법은 음성발성모델에 따라 분석 시에 여기정보와 여파기정보를 분리시켜서 독립적으로 부호화

하는 방법으로 LPC, PARCOR, LSP, 포먼트 등의 알고리즘이 제안되어져 있다[1]. 신호원부호화법은 분석시에 성분을 분리하고, 다시 그 정보를 이용해서 합성하기 때문에 분석시의 오차와 합성시의 오차가 합해져서 합성음질은 자연성이나 명료성이 크게 떨어진다.

신호원부호화에서 저전송율의 특성과 파형부호화에서 고음질의 특성을 적절히 유지하기 위해서 이 두 가지 부호화방식을 결합시킨 혼성부호화법이 있는데 이들에게는 MPLPC, RELP, VELP, CELP, IMBE 등의 방법이 있다 [1]. 혼성부호화법에서는 성도 여파기정보의 부호화에 신호원부호화법을 적용하고, 성대 여기정보의 부호화에 파형부호화법을 주로 적용하고 있다. 따라서 파형부호화법과 마찬가지로 여기정보를 변경시켜야하는 음절단위나 음소단위의 규칙 합성방식에는 이 방법을 적용하기가 어려운 점이 있다.

최근 다양해진 음성서비스 분야에서는 고음질의 합성음을 요구하고 있다. 이러한 고음질 합성방식으로는 파

* 숭실대학교 정보통신공학과
Dept. of Telecommunication, Soongsil University
접수일자: 1996년 10월 19일

형부호화법이 바람직하다. 그렇지만 파형부호화법을 사용하면 데이터베이스를 저장해야할 메모리 규모가 방대하고 음원피치의 변경이 어렵다는 문제점이 발생한다. 그러나 부호화에 필요한 메모리 용량의 문제는 현재의 기술수준으로 충분히 극복이 가능하다. 나머지 문제의 해결 법으로는 파형부호화법이 규칙에 의한 합성방식에 적용될 수 있도록 음원피치를 변경시킬 수 있어야 한다.

II. 기존의 피치 변경법

파형부호화법이나 혼성부호화법은 분석 후 합성을 하는 문장단위의 합성방식으로는 오랫동안 적용되었으나, 음원피치의 변경이 용이하지 못하기 때문에 음절 및 음소단위의 규칙에 의한 합성법으로는 잘 사용되지 못하고 있다. 가끔 단어나 반음절단위로 파형부호화법이나 혼성부호화법이 사용되고 있으나, 같은 단어라도 연결되는 단어에 따라 다른 데이터를 사용해야만 한다. 따라서 파형부호화에 의해 우수한 음질로 규칙에 의한 합성을 수행하려면 피치변경기법이 필요하다.

지금까지 제안된 피치변경법은 처리영역에 따라 시간, 주파수, 시간-주파수 혼성처리법으로 분류할 수 있다. 시간영역법에는 Multi-Pulse법, 피치반분법 등이 있다. Caspers와 Atal은 MPLPC에서 펄스사이에 영을 삽입하거나 삭제하는 방법을 제안했으나[3, 4], MPLPC상의 펄스 열은 피치와 포먼트에 대한 상호연관을 갖고 있으므로 스펙트럼의 왜곡이 심하다. Varga와 Fallside는 LPC계수를 이용한 피치연장법을 제안했으나[5], 이 방법은 피치주기를 줄이는 경우에는 단지 파형의 일부분을 소거하고 평활화하는 방법을 사용하고 있기 때문에 스펙트럼의 왜곡이 많이 나타난다. 피치반분법은 임의로 변경하려는 피치주기의 2배 파형을 만든 후에 그 파형의 주기를 반분하는 피치 변경법이다[6]. 그러나 이 방법은 시간영역에서만 수행되기 때문에 스펙트럼의 왜곡이 많이 발생하여 합성음의 명료성이 저하된다.

Quatieri와 McAulay는 주파수영역에서 위상을 보존하는 피치변경법을 제안하였는데 이것은 입력된 음성에 대해 진폭 및 위상스펙트럼을 추출하여 별도로 처리하는 방법이다[7, 8]. 진폭스펙트럼에 대해서는 두드러진 스펙트럼 봉우리들을 추출한 다음에 이것을 피치변경율(ρ)만큼 인터폴레이션하여 진폭스펙트럼의 피치를 변경시킨다. 위상스펙트럼에 대해서는 시간영역에서 구한 피치개시시간(pitch onset time)에 해당하는 위상을 제거하고 나서 피치가 변경되었을 때의 새로운 피치 개시시간의 위상을 더해줌으로서 새로운 위상을 구성하게 된다.

이러한 방법은 피치변경된 파형이 원래 음성파형의 꼴을 그대로 유지하기 때문에 프레임단위로 분석 및 처리하는 통상의 처리법에서 인접 프레임간의 연결이 아주 용이해 진다는 장점이 있다. 그렇지만, 피치변경시에 피치주기와는 별도로 피치의 개시시간을 공급해 주어야 하

고, 또한 진폭 스펙트럼 상에서 두드러진 봉우리 위주로 고조파의 인터폴레이션을 수행하기 때문에 스펙트럼의 왜곡이 많아진다는 단점이 있다.

다른 주파수영역 피치변경법으로는 평탄화기법에 의해 포먼트와 기본주파수의 고조파를 분리하여 기본주파수를 선형적으로 스케일링하므로써 피치를 변경하는 방법이 있다[9]. 이 방법은 스펙트럼특성을 원래의 음성스펙트럼으로 대신하는 방법이나 스펙트럼 상에서 고조파를 스케일링시킴으로서 창함수의 특성도 변경되어 시간영역에서 위상을 복원하기가 어렵게 된다.

시간-주파수 혼성법으로는 켈스트럼의 특징을 이용하여 켈스트럼값이 거의 영이 되는 부분에서 영값을 삽입하거나 삭제하므로써 피치를 변경하는 방법이 있다[10, 11]. 그러나 이 방법 역시 위상의 보존이 어렵다는 문제점을 가지고 있다. Takagi와 Miyasaka가 제안한 시간-주파수 혼성법은 시간영역에서 피치변경을 하였을 때에 나타나는 스펙트럼왜곡을 스펙트럼영역상에서 LPC포락을 통해 수정하는 방법이다[12]. 이 방법은 LPC스펙트럼 포락이 갖는 극점에 치중된 시스템 전달특성 때문에 모든 유성음을 만족하지 못한다는 한계성을 갖는다.

피치변경시에 포먼트 스펙트럼이 왜곡되면 성도의 여파기정보가 변경되므로 의사정보를 제대로 보존할 수 없고, 위상이 왜곡되면 인근 프레임간 진폭레벨의 변동이 커져서 음소간의 연결이 부자연스럽게 된다. 따라서 본 논문에서는 음성스펙트럼에서 주기성이 강한 유성스펙트럼을 찾아 이 영역만의 스펙트럼 스케일링을 수행함으로써 피치변경시에 스펙트럼의 왜곡을 최소화할 수 있는 주파수영역 피치변경법을 새로이 제안하고자 한다.

III. 유성스펙트럼구간의 결정

음성을 분석하다 보면 유성음이라고 단정지을 수 있는 구간 조차도 진폭 스펙트럼의 일부분은 잡음에 의한 에너지로 채워져 있다는 것을 알 수 있다. 또한 잡음이 섞인 음성이나, 잡음이 섞이지 않은 혼합구간(mixed voicing segment)일 경우에는 기본주파수에 의한 주기적인 고조파와 잡음 에너지에 의한 스펙트럼이 동시에 존재한다는 것을 알 수 있다. 그러므로 어떤 음성 프레임구간을 단지 2진 V/UV 결정논리에 의해 선택하는 것으로는 합성음질을 타당하게 보장받을 수 없다.

이러한 이유로 IMBE법[13]에서는 한 프레임내에서 스펙트럼을 여러 구간으로 나누고, 이 구간에 대한 V/UV를 결정한다. 먼저 분석단에서 창함수가 적용된 음성 $S_n(w)$ 에 대한 피치와 스펙트럼 포락을 구한 후에 이를 이용하여 각 구간의 V/UV를 결정하고, 이를 그 음성 구간에 대한 시스템 파라미터로 결정한 뒤, 합성단에서 이들 파라미터를 이용하여 음성을 합성하게 된다.

IMBE 부호화법에서는 음성 분석시에 원 음성에 대한 스펙트럼과 합성음성에 대한 스펙트럼 사이의 오차가 최

소가 되도록 이들 파라미터를 결정해야 한다. 원 음성과 합성음 사이의 스펙트럼의 차이는 식 3-1에 의해 얻어진다:

$$E = \frac{1}{2\pi} \int_{-\pi}^{\pi} G_w(w) |S_w(w) - S'_w(w)|^2 dw \quad (3.1)$$

여기서 $S'(w)$ 는 합성 스펙트럼이고 $G(w)$ 는 주파수에 따른 가중치이다.

먼저 원음성의 정확한 기본주파수를 구한 다음에 기본주파수를 이용하여 스펙트럼 포락선을 복소 고조파의 조합으로 대신한다. 그런다음에 식 (3.1)에 의해서 기본주파수와 스펙트럼 고조파들에 대한 최소 오차를 검출한다. V/UV 결정은 이 최소 오차를 갖는 스펙트럼에서 결정하게 된다. 먼저 합성스펙트럼 $S'(w)$ 와 원 스펙트럼 사이의 오차 스펙트럼을 구하고, 기본주파수의 3배 길이로 각 구간을 나눈 뒤에 이에 대한 평균 에러를 계산한다. 이 에러 값이 정해진 문턱값을 초과한다면 무성 스펙트럼구간이라 하고, 초과하지 않으면 유성 스펙트럼구간이라 결정한다.

IV. 유성스펙트럼에서 피치변경

스펙트럼상에서 피치변경을 수행하기 전에 포먼트의 영향을 감소시킬 수 있도록 대수 진폭스펙트럼을 평탄화해야 한다. 기본주파수 F_0 를 알고 있다면, 음성의 진폭스펙트럼 $S_w(w)$ 에 대한 근사적인 포먼트스펙트럼 $F(w)$ 는 다음과 같이 lifter함수를 통과시켜 구할 수 있다:

$$F(w) = \frac{1}{F_0} \sum_{L=1}^{F_0} S_w(w-L) \quad (4.1)$$

이때 평탄화된 고조파 스펙트럼 $E(w)$ 은 다음 식 (4.2)로 나타낼 수 있다.

$$E(w) = S_w(w) - F(w), (w = 1, 2, \dots, \text{size}) \quad (4.2)$$

이렇게 평탄화된 고조파성분은 여기스펙트럼으로 근사시킬 수 있다. 또한 상기의 V-UV스펙트럼의 분류는 평탄화된 스펙트럼상에서 수행할 수도 있다.

평탄화된 스펙트럼의 유성스펙트럼 구간에 대해서만 스펙트럼축의 조절을 다음과 같이 수행한다:

$$E'_v(w) = E_v(w \times \rho^{-1}) \quad (4.3)$$

여기서 ρ 는 피치주기 변경율을 나타내고, $E_v(w)$ 는 평탄화된 유성스펙트럼을 나타낸다. 이때 무성스펙트럼 $E_u(w)$ 은 피치변경된 유성스펙트럼에 더해져서 피치변경된 평탄 스펙트럼 $E'(w)$ 가 다음과 같이 얻어진다:

$$E'(w) = E'_v(w) + E_u(w) \quad (4.4)$$

이제 피치주기가 변경되고 스펙트럼왜곡이 최소인 대수 진폭스펙트럼을 구성하면 다음과 같다:

$$S'(w) = F(w) + E'(w), w = 0, 1, \dots, \text{size} - 1 \quad (4.5)$$

이 대수 진폭스펙트럼 $S'(w)$ 를 지수함수에 통과시켜 진폭스펙트럼을 만들고, 이와동시에 피치변경된 위상스펙트럼[9]을 사용하여 IFFT를 수행하면 피치변경된 파형이 얻어지게 된다.

V. 피치검출법

신호원부호화법과는 달리 파형부호화법에서 피치를 변경하려면 사전에 그 발생자의 피치변화를 알고 있어야 한다. 이것은 발생자의 억양이나 감정의 변화에 의하여 피치가 상대적으로 변화하기 때문이다. 특히 파형부호화에서는 발생자의 개성과 메시지 정보를 보존하므로써 음질의 명료성이 우수하다. 이 때문에 피치변경시에는 발생자가 주로 사용하는 피치주기를 기준으로 피치를 변경시킬 필요가 있다. 따라서 정확한 피치검출이 선행되어야 한다.

지금까지 제안된 피치검출법은 크게 시간영역법, 주파수영역법, 그리고 시간-주파수 혼성영역법으로 나눌 수 있다[1][4-18]. 본 논문에서는 피치검출법으로 시간영역에서의 면적비교법[4]을 적용하였다. 그렇지만 합성을 위해 파형을 편집하는 경우에는 피치의 추출이 반드시 자동화될 필요는 없으며, 면적비교법과 함께 눈으로 피치를 추출하는 반자동 법이나, 눈으로 찾는 수동 법으로 처리하여도 된다.

VI. 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 방법을 시뮬레이션하기 위해 IBM-PC/486DX2(66)에 마이크 입력이 가능한 16bit A/D변환기를 인터페이스하여 5명의 남성과 3명의 여성화자를 통해 다음 음성시료를 발생하게 하고 이를 8KHz의 표본화율로 16비트 양자화하여 저장하였다:

- 발성1:/인수네 꼬마는 천재소년을 좋아한다./
- 발성2:/예수님께서 천지창조의 교훈을 말씀하셨다./
- 발성3:/승실대 정보통신공학과 음성통신연구팀이다./
- 발성4:/장공을 헤쳐나가는 인간의 도전은 끝이 없다./
- 발성5:/공일이삼사오육칠팔구/

그림 6-1은 상기의 피치 변경과정을 블럭도로 나타낸 것이다. 시뮬레이션에는 한 프레임의 길이를 256표본으로 사용하였다. 먼저 면적비교법을 사용하여 한 프레임 구간의 음성표본을 피치단위로 자른 다음에 각 피치 구간마다 합성억양에 비례된 피치주기를 결정한다. 그런

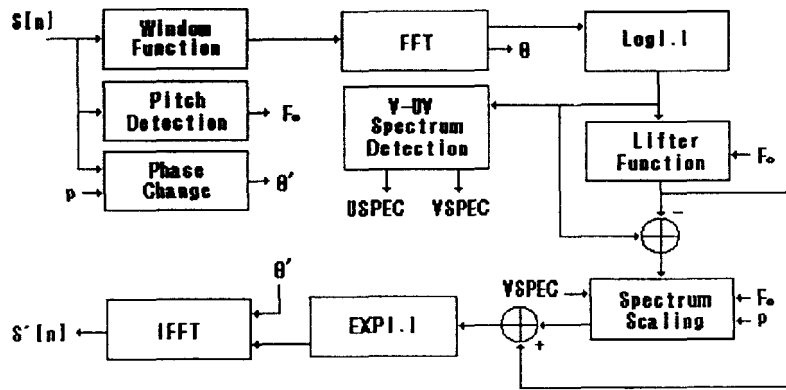


그림 6-1. 본 논문에서 제안한 피치 변경법의 블록도

다음 현재 피치 한 구간을 반복시켜 한 프레임 길이의 파형을 만들어 주파수영역으로 변환하였다. 대수스펙트럼을 만든 다음에 기본주파수 단위로 유성 및 무성스펙트럼 구간을 결정하였다. 기본주파수를 차단대역으로 하는 리프트함수에 대수스펙트럼을 통과시켜 근사적인 포먼트스펙트럼을 구하고, 원래의 진폭스펙트럼에서 빼어내어 평탄화된 스펙트럼을 구하였다. 평탄화된 스펙트럼중에서 유성스펙트럼부분에 대해서만 축변환을 수행한 다음에 진폭스펙트럼을 재구성하였다. 한편 위상변경은 시간영역에서 수행한 다음에 주파수영역에서 취하게 된다. 시간영역에서 단순한 시간축조절에 의해 한 피치주기의 위상을 변경한 다음에 이를 주파수변환하여 위상성분 e^j 을 추출하였다[9].

표 6-1. 피치변경에 따른 스펙트럼 왜곡율

변경율	여성화자	남성화자	평균(%)
10%	1.15	0.93	1.04
20%	1.39	1.29	1.34
30%	1.92	1.57	1.75
40%	2.09	1.99	2.04
50%	2.75	2.53	2.64

피치주기를 10%에서 50%까지 변경시켰을 때에 원래 스펙트럼에 비해 나타나는 스펙트럼의 왜곡율을 측정하여 백분율로 표 6-1에 나타내었다. 스펙트럼의 기준은 피치변경되기 이전의 원래 음성의 스펙트럼이었다. 피치를 변경시키면 원래의 스펙트럼과 직접 비교할 수 없기 때문에 피치주기를 110%, 120%, 130%, 140%, 150%로 각각 신장시킨 다음에 91%, 83%, 77%, 71%, 67%로 각각 압축하여 원래의 음성스펙트럼에 고조파를 일치시킨 다음에 100분율 에너지왜곡을 측정하였다. 표 6-1을 살펴보면 피치주기를 50% 변경시켜도 스펙트럼 왜곡율이 평균 2.7% 이하로 우수하게 나타났다.

Ⅶ. 결 론

음성합성분야에서 파형부호화 합성방식은 부호화하는 과정에서 파형의 잉여성분만 제거하고 성분분리는 수행하지 않기 때문에 이 파형부호화법을 규칙에 의한 합성 방식에 사용하기는 어려운 점이 있다. 파형부호화법을 규칙에 의한 합성방식에 적용하려면 운율조절이 가능해야 하며 운율조절중에서 특히 피치변경법이 필요하다. 피치변경법은 음성원래의 포먼트특성을 그대로 유지하면서 상대여기원의 피치주기만을 변경하는 것이 바람직하다. 따라서 본 논문에서는 스펙트럼영역에서 유성화 부분에 대해서만 선별적으로 피치변경을 적용하는 주파수영역 피치변경법을 새로이 제안하였다.

제안된 피치변경법은 피치조절시에 스펙트럼 왜곡을 최소화하면서도 피치변경된 시간영역의 음성파형에서 위상특성을 유지하는 특성을 갖는다. 따라서 인근 프레임간의 파형진폭 스프딩이 자연스럽게 이루어지는 잇점이 있다. 또한 주파수영역에서 유성스펙트럼을 분류하고 나서 주파수축 변경을 통해 피치를 변경하기 때문에 무성 스펙트럼영역에서 나타날 수 있는 불필요한 피치변경 잡음이 제거되고, 피치주기를 50% 변경하여도 스펙트럼 왜곡율은 평균 2.7% 이하로 우수하게 얻어졌다.

참 고 문 헌

1. L. R. Rabiner & R. W. Schafer, *Digital Processing of Speech Signals*, Prentice-Hall, 1978.
2. M. S. LEE, M. J. BAE, J. H. LEE, S. G. ANN, "On Realizing the Predictor for the Waveform Coding of Speech Signals by using the Dual First Order Autocorrelation," *J. Acoust., Soc., Korea*, Vol. 11, No. 1E, pp. 23-29, July 1992.
3. B. E. Caspers and B. S. Atal, "Changing Pitch and Duration in LPC Synthesised Speech using Multipulse Excitation," *J. Acoust. Soc. Amer.*, Vol. 73, No. 1, pp. 55, Spring, 1983.
4. M. G. Stella and F. J. Charpentier, "Diphon Synthesis using Multipulse Coding and a Phase Vocoder," *Proc. IEEE ICASSP'85*, PP. 740-744, 1985.

5. A. Varga and F. Fallside, "A Technique for Using Multipulse Linear Predictive Speech Synthesis in Text-to-speech Type System," *IEEE signal processing*, Vol. ASSP-35, No. 4, pp. 586-587, April 1987.
6. M. J. BAE, H. S. YOON, S. G. ANN, "On Altering the Pitch of Speech Signals in Waveform Coding -Alteration Method by the LPC and Pitch Halving-," *J., Acoust., Soc., Korea*, Vol. 10, No. 5, PP. 11-19, Oct. 1991.
7. M. R. Portnoff, "Time-Scale Modification of Speech Based on Short-Time Fourier Analysis," *IEEE, Trans., Acoust. Speech, Signal Processing*, Vol. ASSP-29, No. 3, pp. 374-390, June 1981.
8. T. F. Quatieri, R. J. McAulay, "Shape Invariant Time-Scale and Pitch Modification of Speech," *IEEE Trans., Signal Processing*, Vol. 40, No. 3, pp. 497-510, March 1992.
9. 배명진, "위상보상된 고조파 스케일링에 의한 음성합성용 피치변경법," *한국음향학회, 한국음향학회지*, 제 13권 6호, pp. 91-97, 1994년 12월.
10. M. J. BAE and M. S. LEE, "On a Pitch Change of the Waveform Coding by the Cepstrum Analysis of Speech Waveforms," *J., Acoust., Soc., Korea*, Vol. 11, No. 4, pp. 14-21, August 1992.
11. M. J. BAE and M. S. LEE, "On a Pitch Change of the Waveform Coding by the Cepstrum Analysis of Speech Waveforms-On the Phase Compensation for the Pitch Changing-," *J., Acoust., Soc., Korea*, Vol. 11, No. 5, pp. 51-58, October 1992.
12. T. Takagi and E. Miyasaka, "A Speech Prosody Conversion System with a High Quality Speech Analysis-Synthesis Method," *Proc. EUROSPEECH'93*, pp. 995-998, September 1993.
13. A. M. Kondoz, *Digital Speech coding for coding for low bit rate Communications Systems*, John Wiley & sons, 1994.
14. 배명진, 안수길, "변적 비교법을 이용한 음성신호의 고속 피치 추출," *전자공학회지*, 제22권, 2호, pp. 13-17, 1985년 3월.
15. M. J. BAE, C. S. PARK, S. G. ANN, "On the Frequency Domain Pitch Detection of Noise Corrupted Speech Signals-Minimizing the Effects of the F1 by the Spectral AMDF," *J., Acoust., Soc., Korea*, Vol. 10, No. 4, PP. 12-18, Aug. 1991.
16. B. K. LEE, C. S. PARK, M. J. BAE, S. G. ANN, "Pitch Detection by Synchronizing the Phase of Noise-Corrupted Speech Signals," *J., Acoust., Soc., Korea*, Vol. 11, No. 1E, pp. 42-49, July 1992.
17. H. KEUM, D. S. KIM, M. J. BAE, Y. KIM, "Detection of Glottal Closure Instant using the Property of G-Peak," *J., Acoust., Soc., Korea*, Vol. 13, No. 1E, pp. 82-88, January 1994.
18. H. KEUM, G. R. BAEK, M. J. BAE, H. S. JANG, "Pitch Detection using Variable Bandwidth LPF," *J., Acoust., Soc., Korea*, Vol. 13, No. 5, pp. 77-82, October 1994.

▲조 왕 래(Wang Rae Jo)



1996년 2월: 숭실대학교 정보통신공학과 졸업(공학사)
 1996년 3월~현재: 숭실대학교 대학원 전기공학과 석사과정
 ※주관심분야: 음성 신호처리, 음성통신

▲김 동 성(Dong Sung Kim)



1963년 7월 15일생
 1986년 2월: 서울대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1988년 2월: 서울대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1994년 12월: University of southern california, 전기공학과 컴퓨터공학(공학박사)
 1994년 11월~1996년 2월: university of california, Riverside Postdoctoral researcher
 1996년 3월~현재: 숭실대학교 정보통신공학과 전임강사
 ※주관심분야: 음성 및 영상 신호처리, 인공지능

▲배 명 진(Myung Jin Bae)



1956년 5월 20일생
 1981년 2월: 숭실대학교 전자공학과 졸업(공학사)
 1983년 2월: 서울대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1987년 8월: 서울대학교 대학원 전자공학과 수료(공학박사)
 1986년 3월~1992년 8월: 호서대학교 전자공학과 조교수
 1992년 9월~1996년 현재: 숭실대학교 정보통신공학과 부교수

※주관심분야: 음성통신 및 신호처리, 음성분석 및 합성, 개인휴대 및 이동통신