

동기관음의 스펙트럼 차이를 이용한 비강 특성 산출: 예비 연구

박한상(홍익대)

<차 례>

- | | |
|---------|------------|
| 1. 서론 | 3. 연구결과 |
| 2. 연구방법 | 4. 토론 및 결론 |

<Abstract>

A New Method of Extracting the Filter Characteristics of the Nasal Cavity Using Homorganic Nasal-Stop Sequences: A Preliminary Report

Hansang Park

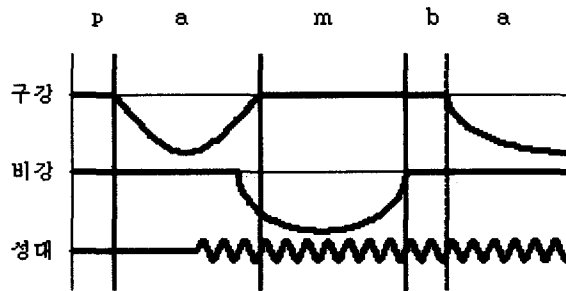
This study provides a new method of extracting the filter characteristics of the nasal cavity. Korean lenis stops are realized as voiced in the homorganic nasal-lenis stop sequences between vowels. Since the only difference between the two members of the homorganic nasal-lenis stop sequences, such as [mb], [nd], and [ŋg], is whether the passage to the nasal cavity is open or not, the subtraction of the LPC spectrum of the voiced stop from that of the preceding nasal leads to the filter characteristics of the nasal cavity of an individual speaker regardless of place of articulation. The results suggest that various attempts should be made to extract a robust filter characteristics of the nasal cavity by giving variation to LPC coefficients and by paying particular attention to speech samples. This study is significant in that it provides a preliminary report about a new method of extracting the filter characteristics of the nasal cavity.

Keywords: Homorganic, Nasal, Lenis stop, Spectral difference, Nasal cavity, Filter characteristics

1. 서론

비음은 구강으로 통하는 공기길이 구강의 어떤 조음점에서 차단되고 연구개가 하강하여 공기가 비강으로 빠져 나가면서 조음된다. 구강의 폐쇄 지점에 따라 /m, n, ŋ/과 같은 비음들이 나타난다. 이러한 비음들은 구강에서 공기길이 폐쇄된다는 것 외에는 정지음과 차이가 없어 비정지음(nasal stop)이라 불린다[1]. 평음은 구강과 비강으로 통하는 공기길이 동시에 폐쇄되어 공기의 흐름이 없다. 구강에서 형성되는 폐쇄지점의 차이에 따라 /p, t, k/ 등과 같은 평음들이 나타난다. 한국어의 평음은 유성음과 유성음 사이에서 거의 예외 없이 유성음으로 실현된다. 비음 앞에 나타날 때 뒤에 오는 비음에 조음위치와 조음방법 모두가 동화되어 비음으로 실현되고, 비음 뒤에 나타날 때는 조음위치나 조음방법의 동화 없이 그 구간이 매우 짧은 유성음, 즉 [b, d, g]로 실현된다. 이 경우 선행하는 비음들이 뒤에 오는 평음의 조음위치에 동화되는 경향이 있다. 한편 모음에서 비음으로 전이되거나 비음에서 모음으로 전이될 때는 구강과 비강으로 동시에 공기가 빠져나가면서 조음되는 구간이 나타난다. 예를 들면, 모음 [a]에서 비음 [m]으로 혹은 비음 [m]에서 모음 [a]로 이어질 때 [ã]와 같은 비모음이 나타난다.

모음 사이에서 조음 위치가 같은 비음과 평음의 연속체가 나타날 때, 비음과 평음 각각의 조음적 특성과 모음에서 비음으로 전이될 때 동시조음의 결과 나타나는 비모음의 특성을 관찰할 수 있다. 모음-비음-유성과열음-모음이 이어 날 때, 예컨대 [팜바]에서 구강과 비강 및 성대의 조음동작을 도식으로 나타내면 <그림 1>과 같다.

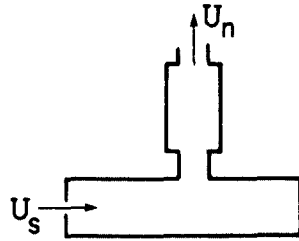


<그림 1> [pamba]의 조음기제

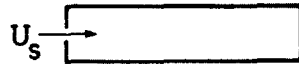
<그림 1>에 나타나 있듯이, 구강은 모음 [a]가 조음될 때 공기길이 열려 있고 자음 [m]과 [b]가 조음될 때는 공기길이 닫혀 있다. 비강은 [m]의 조음을 위해 구강이 폐쇄되기 전에 공기길이 열려 [m]의 조음이 끝날 때까지 열려 있다. 성대는 선행모음 [a]의 초기에 성대의 진동이 다소 지연되다가 나머지 구간 모두에서 진

동한다. 모음 [a]에서 [m]으로 이어질 때 구강과 비강으로 통하는 공깃길이 동시에 열려 있는 구간이 잠시 나타난다.

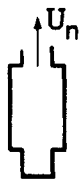
비음의 성도의 성도 모델을 <그림 2>에 제시하였다[2].



<그림 2> 비음의 성도 모델 ([2]에서 인용)



<그림 3> 비음에서 인후강을 포함한 구강의 성도 모델. ([2]에서 인용한 <그림 2>를 필자가 변형하였음)

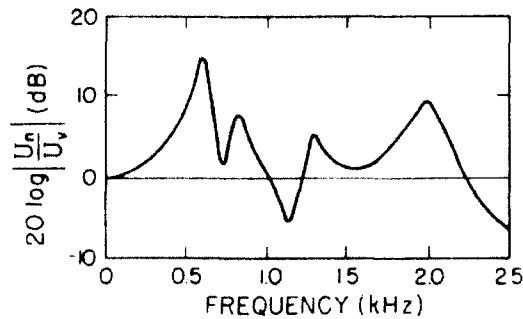


<그림 4> 비음에서 비강의 성도 모델. ([2]에서 인용한 <그림 2>를 필자가 변형하였음)

<그림 2>는 구강으로 통하는 공깃길이 닫혀 있고 비강으로 통하는 공깃길만 열려 있는 비음의 성도 모양을 보여 주고 있다. <그림 3>은 <그림 2>에서 제시된 비음의 성도 모양에서 비강을 제외한 부분의 모습, 즉 평음의 조음시 성도 모양을 따로 분리해서 보여 주고 있으며 <그림 4>는 비강의 모양만을 따로 분리해서 보여 주고 있다.

비음의 음향적 특성에 관해서 많은 연구가 있었다[2][3][4][5][6][7][8]. 비음은 F1

이 약 300 Hz 근처의 낮은 주파수 대역에서 나타나며 다른 포만트들과 뚜렷이 구분된다[4]. 또 포만트의 공명 에너지가 상대적으로 심하게 감소되어 포만트의 대역폭이 넓다[4]. 그리고 포만트의 밀도가 높을 뿐만 아니라 반포만트(antiformant)가 나타난다[4]. 포만트는 2500 Hz 이하에서 5개가 나타나고[4], 반포만트는 [m]의 경우 750-1250 Hz 사이에 나타나고, [n]의 경우 1450-2200 Hz 사이에 나타나며 [ŋ]의 경우 3000 Hz 이상에서 나타난다[4]. 한국어에서 [m]은 상대적으로 낮은 주파수에서 [n]은 중간 주파수에서 그리고 [ŋ]은 2900 Hz 이상에서 나타난다[9]. 비강의 추정된 성도전달함수가 <그림 5>에 제시되어 있다.



<그림 5> 비강의 추정된 성도전달함수. 부분적으로 [7]에서 측정된 값에 바탕을 둔 것임. 이 성도 전달함수의 모양은 화자간에 상당한 변이가 기대됨([2]에서 인용)

한편 비모음의 음향적 특성에 관해서도 많은 연구가 있었다[6][10][11][12][13][14][15][16]. 비모음은 “비음의 포만트(nasal formant)”와 “이동된 구강의 포만트(shifted oral formant)”를 가지고 있다. 비음의 포만트는 반포만트(antiformant)와 쌍을 이루고 있다. 비음의 포만트와 반포만트는 서로 근접하면 상쇄될 수도 있다. 그러나 모음이 심하게 비음화되면 반포만트는 쌍을 이루고 있는 포만트보다 모음의 다른 포만트에 더 가까워 질 수도 있다[6]. 비강과 구강이 서로 연결되어 있을 경우 가장 낮은 포만트는 비음의 포만트일 수도 있고 이동된 구강의 포만트일 수도 있다. 만약 구강의 제1 포만트 주파수가 비강의 최저 공명 주파수보다 높으면 가장 낮은 포만트는 비음의 포만트가 되고 구강의 제1 포만트의 주파수가 그보다 낮다면 제1 포만트는 구강의 특성이 반영된 포만트이다[6]. 비모음의 모든 포만트는 비강으로 통하는 공기길이 열리는 정도에 따라 높아진다. 비음의 포만트는 비강의 특성주파수로부터 나오며 이동된 구강 포만트는 동일한 성도모양을 가진 모음의 포만트에서 나온다[6]. 비음화의 정도가 심해지면 여러 가지 방법으로 포만트 주파수가 높아지지만 다른 포만트의 영역을 침범하거나 겹치지는 않는다[6]. 이와

같이 포만트의 순서가 변하지 않는 것은 포만트-반포만트 쌍에는 적용되지 않아서 그 쌍이 서로 상쇄될 수도 있다[6]. 비모음의 가장 낮은 포만트의 주파수는 언제나 모음의 제1 포만트 주파수 영역에 있다. 비모음의 최저 포만트가 나타나는 주파수 영역은 모음의 제1 포만트의 주파수에 비해 훨씬 더 제한되어 있다[6]. 모음의 특성으로 나타나는 F1의 진폭과 비음화로 인해 나타나는 꼭대기의 진폭의 차이, 즉 A1-P1을 이용하여 비모음의 특성을 연구한 바 있다[13][14][15][16]. 본 연구에서는 비모음의 특성이 아니라 비음과 유성평음의 차이에 초점을 맞추어 비강의 특성을 파악하고자 한다. 따라서 비모음에 대해서는 더 이상의 논의를 하지 않을 것이다.

한편 자연발화에서 유성정지음의 스펙트로그램을 보면 저주파수 대역에서 아주 약한 신호(buzz bar 혹은 voice bar)만 보일 뿐[17], 고주파수 대역의 구조는 잘 보이지 않는다. 비록 유성정지음의 경우 성대진동의 조건이 전혀 다르기 때문에 음원특성이 모음의 경우와 다르며 운동 신경 기제도 모음의 경우와 전혀 다를 것이라고 가정하는 학자들도 있지만[18][19], 유성정지음의 경우 제1 포만트와 제2 포만트의 진폭이 모음일 때와 크게 다르지 않으며 높은 주파수 영역에 있는 포만트가 선명하게 나타나는 경우도 있다[6].

본 연구에서는 <그림 4>의 모델로 제시한 비강의 성도 특성을 추출하는 새로운 방법을 제시하고자 한다. 한국어의 모음간 환경에서 조음위치가 같은 비음-장애음 연쇄체, 즉 /paNCa/(NC = /mp, nt, ŋk/)가 나타날 때 평음이 유성음으로 실현되어 연속한 두 동기관음간의 유일한 차이는 비강으로 통하는 공기길의 개방 여부라는 점을 고려하여, 비음과 유성음으로 실현된 평음의 LPC 스펙트럼을 구한 다음 그 차이를 구함으로써 비강의 성도특성을 밝히고자 한다. 본 연구에서는 유성음으로 실현된 평음과 비음의 스펙트럼상의 특성을 구하고 비음의 LPC 스펙트럼에서 평음의 LPC 스펙트럼을 뺀 값을 이용하여 비강만의 특성을 보여주는 스펙트럼을 보여준다. 이렇게 구한 값은 비강에 조음 위치에 관계없이 일정할 것으로 기대한다. 즉, 동일한 화자에 대하여 [mb]에서 얻은 값이나 [nd]에서 얻은 값이나 [ŋg]에서 구한 값이 다르지 않을 것으로 가정한다. 왜냐하면 연속해서 나타나는 동기관음은 비강으로 통하는 공기길의 개방 여부에서만 다를 뿐이기 때문이다. 이런 방법을 이용하여 구한 비강의 특성은 화자의 고유한 특성을 보여 줄 것으로 기대하며 화자간의 차이를 보여주는 매개변수로 사용할 수 있을 것으로 기대한다.

본 연구는 비강의 특성연구에서 고려된 적이 없는 유성정지음에 나타나는 특성을 비음의 특성과 비교함으로써 비강의 성도 특성을 추출한다는 점에서 의의가 있다. 필자의 최선의 지식에 비추어 이러한 연구는 행해진 바가 없다. 한편 비강의 특성을 연구하는 것이 말소리 연구에 직접적으로 관련이 없을 것으로 생각할 수도 있으나 비음이라는 것이 비강의 성도 특성이 그대로 반영되어 나타나는 소리이기 때문에 음향음성학의 핵심적인 내용이 된다. 비강의 특성이 밝혀지면 비음과 모음이 연쇄적으로 나타날 때 발생하는 비모음의 특성 파악에도 도움이 될 것

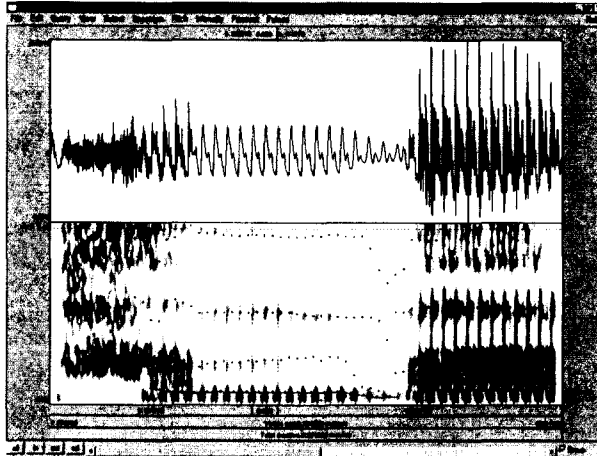
이다. 본 연구는 평음이 무성음이나 다른 변이음으로 실현되지 않고 항상 유성음으로 실현되는 음성 환경에서, 즉 비음-유성평음이라는 동기관음 연쇄체에서 음성 자료를 얻음으로써 최소의 자료에서 최적의 음성매개변수를 이용하여 화자 특성 추출을 시도한다는 점에서 또 다른 의의가 있다.

2. 연구방법

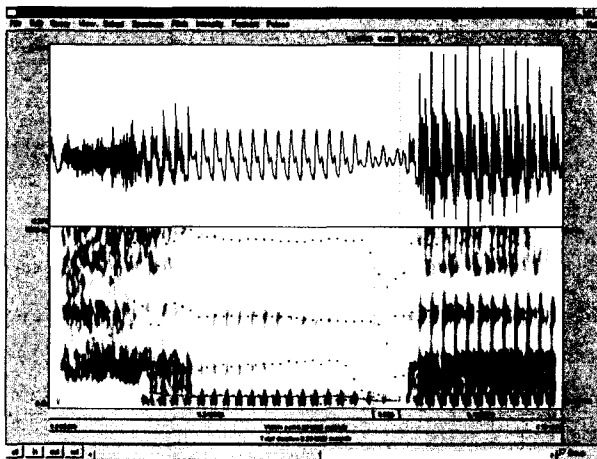
본 연구에 참가한 피실험자는 서울에서 태어나고 자란 20대의 남성 화자 3명이다. 피실험자 자신뿐만 아니라 부모도 서울에서 태어나고 자랐다. 본 연구에 사용한 음성자료는 “밤바, 반다, 방가”이다. /paNCa/ (NC = /mp, nt, ŋk/) 형태의 토크를 “그래서 _____ 라 했다”라는 틀문장에 넣었다. 본 연구에서 사용한 음성자료는 화자 3 명의 3 가지 토크 “밤바, 반다, 방가”를 각각 10 개씩 뽑아 총 27개이다.

녹음은 국립국어연구원에 있는 녹음실에서 실시하였다. 피실험자의 음성은 TASCAM DA40 DAT 녹음기를 사용하여 녹음하였다. 녹음된 음성은 44,100 Hz로 추출하였고 16 bit로 양자화하였다.

비음과 평음 각각의 추출과 분석은 Praat 4.3을 이용하였다. 실험에 사용될 음성자료를 살펴본 결과 비음은 대개 100에서 150 ms에 걸쳐 실현되었다. 가장 변화가 적은 안정된 구간에서 비음의 표본을 얻기 위하여 선행모음의 끝으로부터 40 ms 지점을 이동하여 그 곳에서 가장 가까운 영교차점으로부터 20 ms를 추출하였다. 한편 실험에 사용될 음성자료를 살펴본 결과 유성평음의 길이가 매우 짧았다. 후행하는 파열음의 개방소음이 포함되지 않는 가운데 유성평음의 신호를 추출하기 위해서 개방파열 직전의 영교차점으로부터 앞쪽으로 20 ms를 추출하였다. 추출된 비음과 유성평음의 예가 <그림 6>와 <그림 7>에 각각 제시되어 있다.



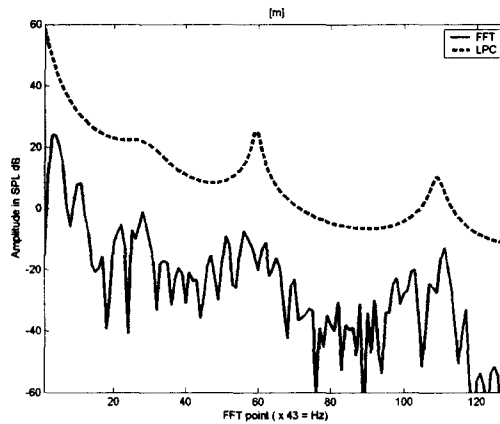
<그림 6> [밤바]에서 추출한 비음. 음영으로 표시된 20 ms의 음성신호가 추출된 부분이다.



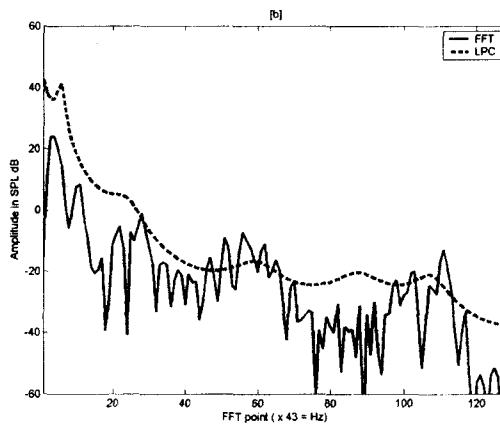
<그림 7> [밤바]에서 추출한 비음 뒤의 평음. 음영으로 표시된 20 ms의 음성신호가 추출된 부분이다.

각각의 음성은 Hamming 윈도우를 씌워 추출한 다음 11,025 Hz로 재표본추출(resampling)을 하였다. 이어서 5000 Hz까지만 저대역통과여과(low-pass filtering)를 한 다음 그 음성자료의 FFT 파워 스펙트럼과 LPC 스펙트럼을 각각 얻었다. 이렇게 한 이유는 고주파수 영역에서의 특성을 최대한 배제함으로써 보다 정밀하고 믿을 만한 스펙트럼을 얻기 위해서이다. LPC 스펙트럼을 구할 때 피크의 개수는 5로 하였다. 앞에서 언급한 것처럼 2500 Hz 이하에서 5개의 포먼트가 나타난다는 관찰 사실을 고려하면 5000 Hz까지의 주파수 영역에서 가장 적합한 피크의 수는 더 커야 할지도 모른다. 그러나 이 값은 유성평음에 대해서도 적용되어야 하고 또

사후에 피크의 수를 올리면서 연구를 해야 하는데 본 연구에서는 일단 5로 하여 출발점으로 삼고자 한다. 이런 과정을 통해 얻은 비음과 평음의 FFT 파워 스펙트럼과 LPC 스펙트럼의 예가 <그림 8>과 <그림 9>에 각각 제시되어 있다.

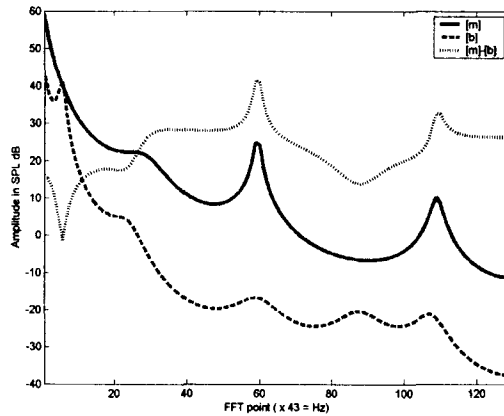


<그림 8> 비음 [m]의 해당구간에 대한 FFT 및 LPC 스펙트럼



<그림 9> 평음 [b]의 해당구간에 대한 FFT 및 LPC 스펙트럼

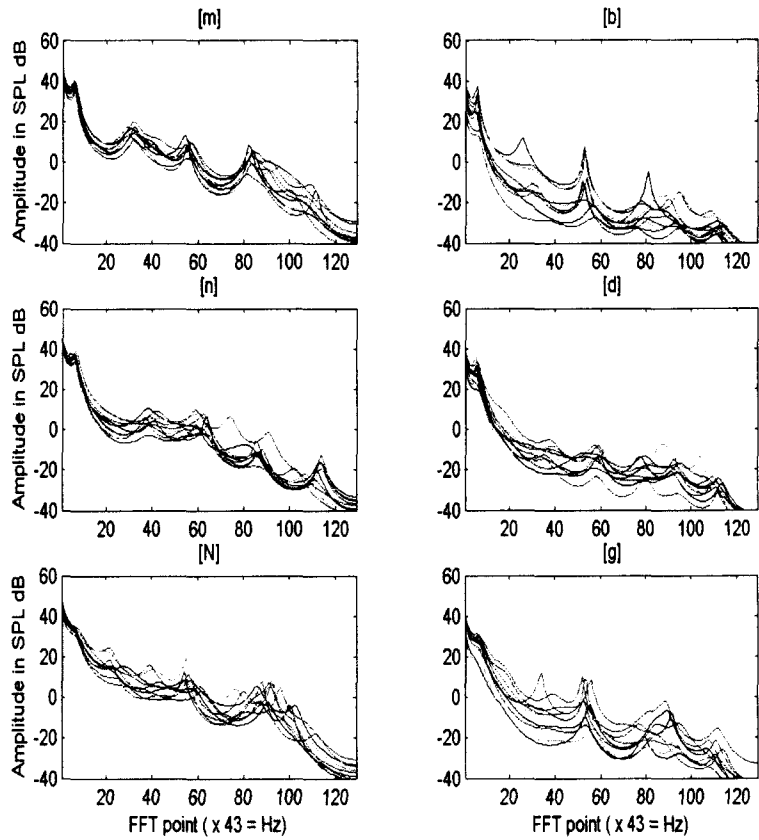
LPC 스펙트럼의 결과를 숫자열로 저장한 다음 dB 스케일로 변환하였다. 비음의 LPC 스펙트럼에서 유성음으로 실현된 평음의 LPC 스펙트럼을 빼서 비강의 특성을 나타내는 스펙트럼을 얻었다. 그 예가 <그림 10>에 제시되어 있다.



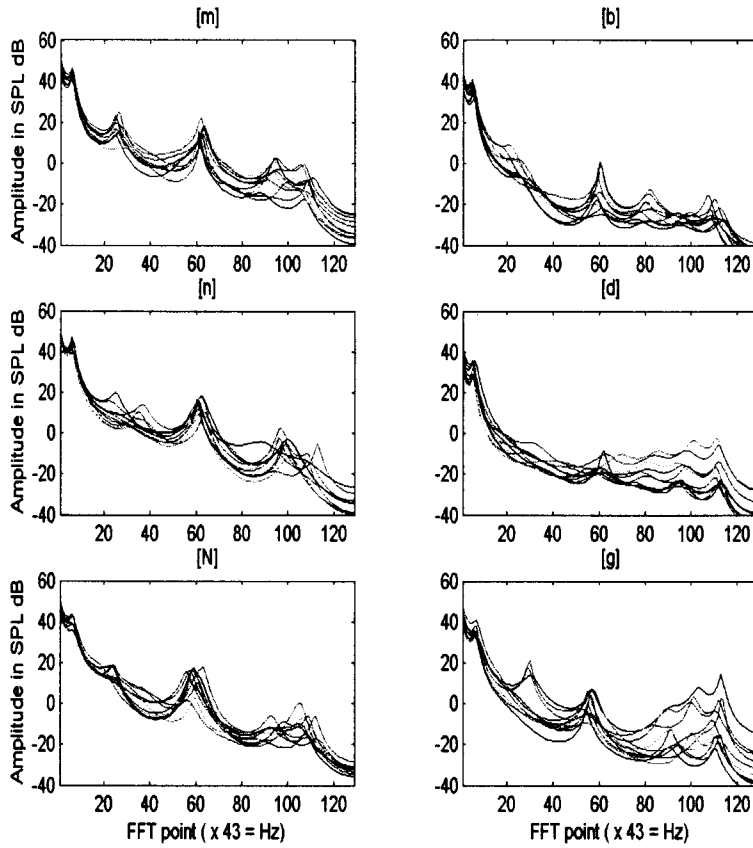
<그림 10> 비음 [m]과 [b]의 LPC 스펙트럼과 그 차이

3. 연구결과

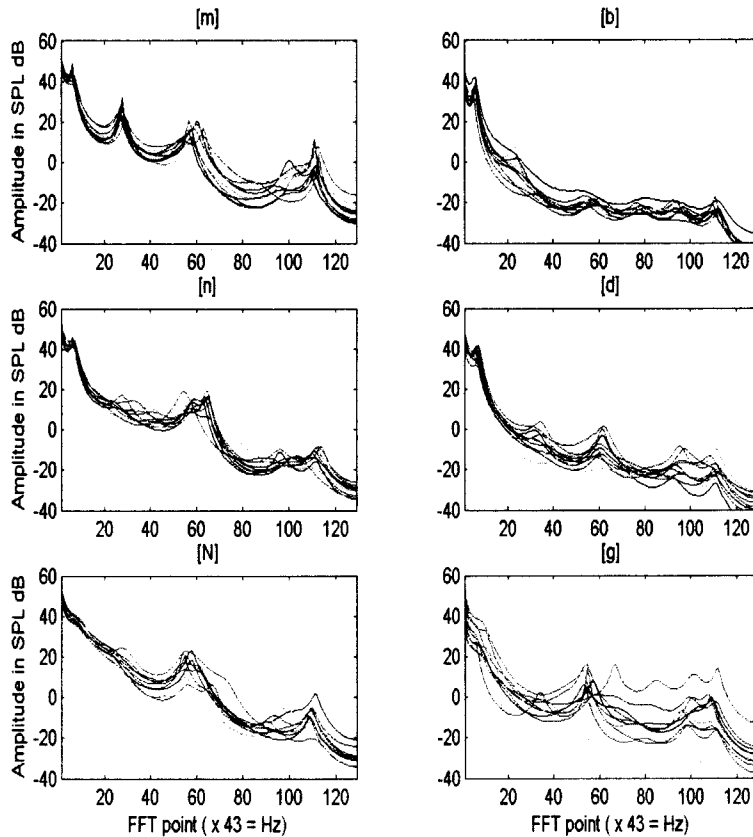
본 절에서는 먼저 비음과 평음의 포먼트의 특성과 변이를 알아보기 위하여 화자 3인의 [m]과 [b], [n]과 [d], 그리고 [ŋ]과 [g] 각각의 LPC 스펙트럼을 제시한다. 다음으로 본 논문의 주제인 동기관음의 조음위치간 및 화자간 LPC 스펙트럼 차이를 보기 위하여 화자 3인의 [m]과 [b], [n]과 [d], 그리고 [ŋ]과 [g] 각각의 LPC 스펙트럼의 차이를 제시한다. 다음으로 본 논문에서 주장한 바와 같이 각 화자내에서 동기간음간 LPC 스펙트럼의 차이가 조음위치에 따라 다른지 보기 위하여 화자 3인의 [m]과 [b], [n]과 [d], 그리고 [ŋ]과 [g] 각각의 LPC 스펙트럼의 차이의 평균값을 제시한다. 마지막으로 화자간에 특징적인 차이가 있는지 보기 위하여 [m]과 [b], [n]과 [d], 그리고 [ŋ]과 [g] 각각의 LPC 스펙트럼의 차이의 평균값의 화자별 평균을 제시한다. 먼저 화자 3인의 [m]과 [b], [n]과 [d], 그리고 [ŋ]과 [g] 각각의 LPC 스펙트럼이 <그림 11>, <그림 12>, <그림 13>에 제시되어 있다.



<그림 11> 화자 KDW의 비음과 평음의 스펙트럼. 각 음성당 10회의 토큰을 겹쳐 그렸다. [N]은 [ŋ]를 나타낸다.



<그림 12> 화자 LDH의 비음과 평음의 스펙트럼. 10개의 토큰으로부터 얻은 결과를 겹쳐 그렸다. [N]은 [ŋ]를 나타낸다.

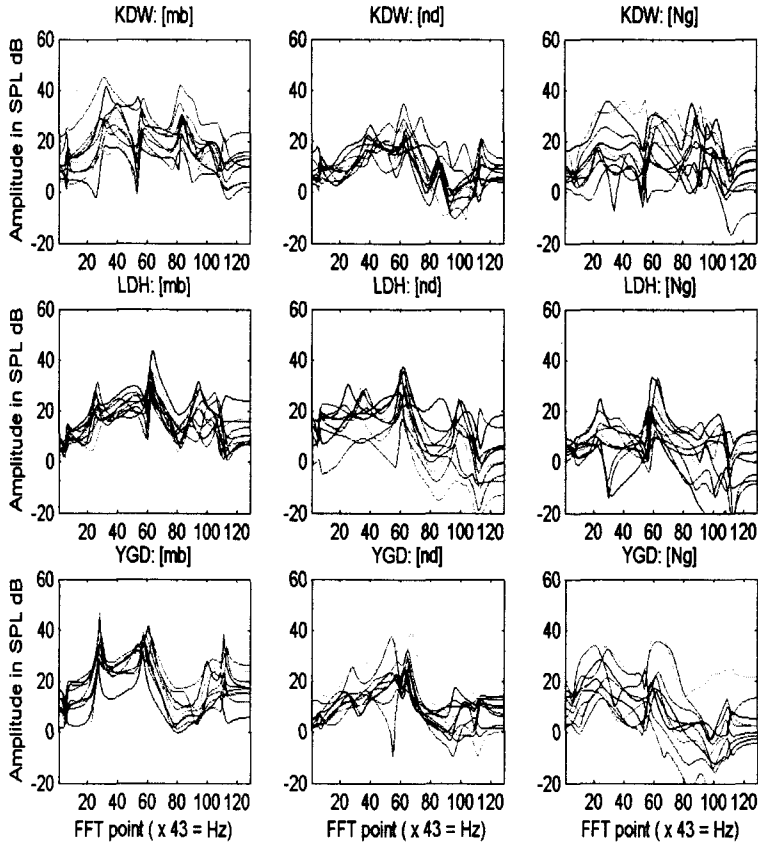


<그림 13> 화자 YGD의 비음과 평음의 스펙트럼. 각 음성당 10회의 토큰을 겹쳐 그렸다. [N]은 [ŋ]을 나타낸다.

<그림 11>, <그림 12>, <그림 13>에 나타나 있듯이 각 화자별로 양순음, 치조음, 연구개음 각각에 대해 비음과 평음 모두 특징적인 포맷트 구조를 보여주고 있다. 세 화자 모두에 대해서 비음이 평음보다 포맷트 주파수와 진폭의 변화가 적다. 이는 비음이 평음보다 안정된 구간에서 추출되었기 때문으로 보인다. LDH와 YGD의 평음에서는 연구개음의 포맷트 주파수와 진폭의 변화가 크다. 이것은 연구개음의 경우 조음과정에서 비음이 끝나고 평음으로 전이되는 과정에서 폐쇄소음이 종종 나타난다는 사실과 관계가 있는 것으로 보인다. 본 연구에서는 일관되게 음성 추출을 위하여 그 부분이 포함되더라도 개방파열 직전으로부터 앞으로 20 ms를 추출하였다.

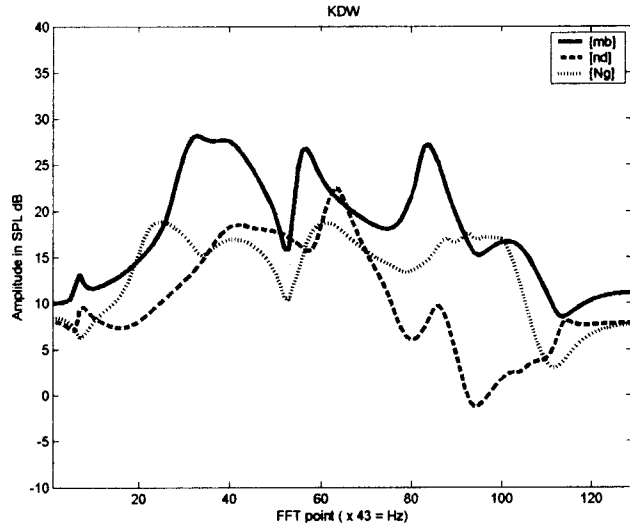
비강의 성도 특성을 살펴보기 위하여 양순음, 치조음, 연구개음 각각에 대해 비음의 스펙트럼 값에서 유성음화된 평음의 스펙트럼 값을 뺀 값을 계산하였다.

그 결과 나타나는 값이 <그림 14>에 제시되어 있다.

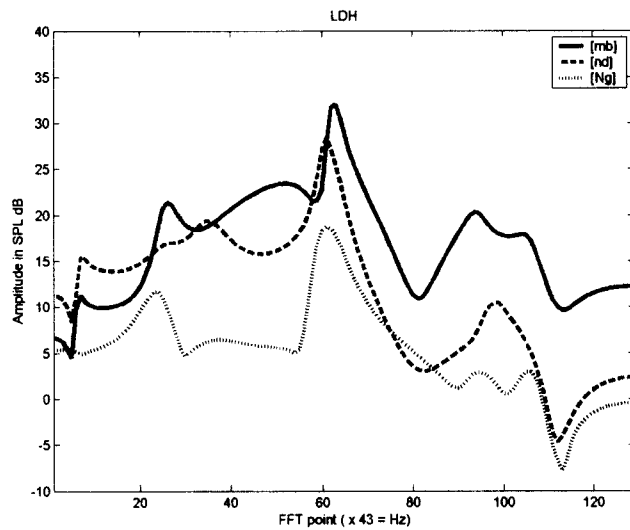


<그림 14> 각 화자별 조음위치별 동기관음간 LPC 스펙트럼의 차이. [N]은 [ŋ]를 나타낸다.

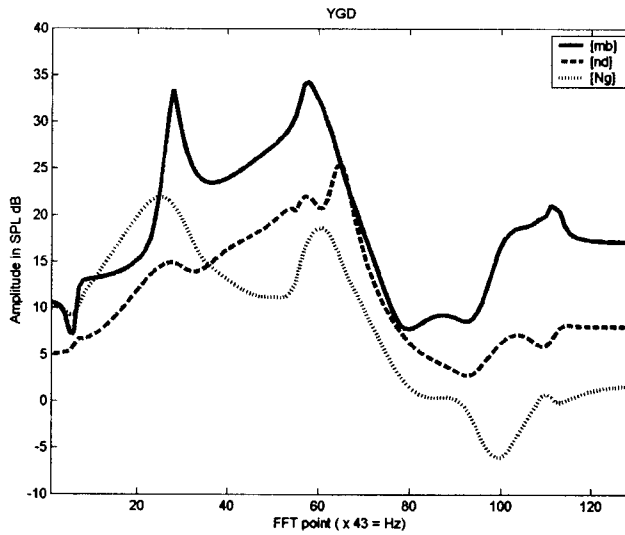
<그림 14>에 나타나 있듯이 세 화자 모두에서 조음 위치별로 차이가 많다. 이와 같은 조음위치별 차이는 앞에서 기술한 바와 같이 비음보다는 유성음화된 평음의 심한 변이 때문으로 보인다. 보다 편한 비교를 위하여 화자별로 동기관음간 LPC 스펙트럼의 차이의 평균값을 <그림 15>, <그림 16>, <그림 17>에 제시하였다.



<그림 15> 화자 KDW의 동기관음간 LPC 스펙트럼의 차이의 평균.
[N]은 [ŋ]를 나타낸다.

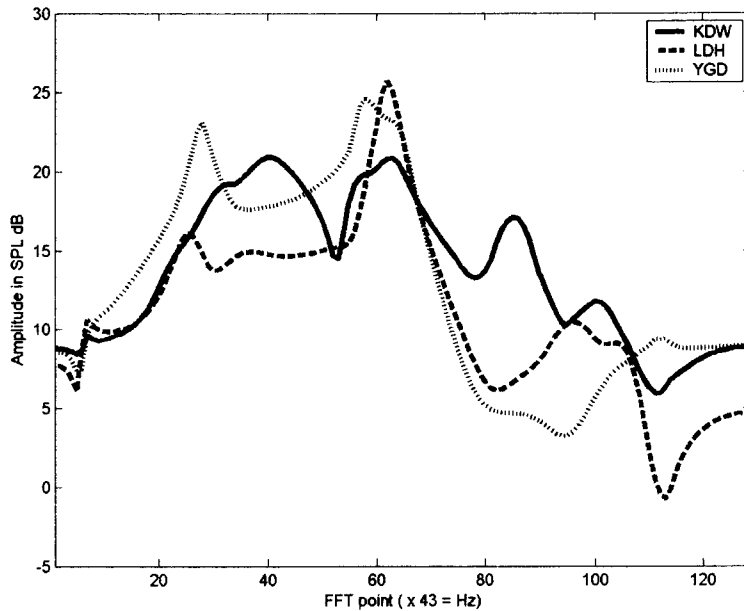


<그림 16> 화자 LDH의 동기관음간 LPC 스펙트럼의 차이의 평균.
[N]은 [ŋ]를 나타낸다.



<그림 17> 화자 YGD의 동기관음간 LPC 스펙트럼의 차이의 평균.
[N]은 [ŋ]를 나타낸다.

<그림 15>, <그림 16>, <그림 17>을 통해 알 수 있듯이 세 화자 모두에서 동기관음간 LPC 스펙트럼의 차이의 평균값이 조음위치별로 차이가 크다. 그러나 골과 마루의 높낮이는 차이가 있으나 골과 마루의 위치에 있어서는 조음위치에 상관없이 상당한 일치를 보이고 있다. 즉 전반적인 진폭의 차이는 있으나 골과 마루가 나타나는 주파수는 대체로 일치한다. 이는 조음위치에 관계없이 비강으로부터 비롯되는 포만트와 반포만트의 주파수 값과 관련이 있는 것으로 보인다. 즉 각각의 골과 마루는 각각 pole과 zero를 나타내는 것으로 생각된다. 마지막으로 조음위치별로 나타나는 동기관음간 LPC 스펙트럼의 차이의 평균값의 화자별 평균값이 <그림 18>에 제시되어 있다.



<그림 18> 조음위치별로 나타나는 동기관음간 LPC 스펙트럼의 차이의 평균의 화자별 평균

<그림 18>은 화자별로 차이를 보여줌과 동시에 유사성을 보여주고 있다. 본 연구에서는 골과 마루가 나타나는 주파수와 진폭이 화자간에 의미 있는 차이가 있을 것으로 기대했으나 <그림 18>로 보아서는 화자간에 의미 있는 차이가 있다고 하기가 힘든 것으로 보인다. 이러한 결과가 비강의 구조가 화자별로 큰 차이를 보이지 않아서인지 아니면 자료를 얻는 과정에서의 문제점에서 비롯된 것인지 현재로서는 판단하기 어렵다. 또 다른 주목할 점은 <그림 5>에 제시된 추정된 비강의 성도 전달함수와와의 차이이다. 0-2500 Hz까지의 진폭을 비교해 보면 <그림 5>에 비해 <그림 18>에 나와 있는 고주파수 대역의 진폭이 훨씬 더 크다.

4. 토론 및 결론

본 연구에서는 조음위치가 같은 비음과 평음에서 각각 음성을 추출하여 그 스펙트럼 값의 차이를 구함으로써 비강의 특성을 도출하고자 하였다. 토크들 사이나 조음위치 사이에는 큰 차이가 없고 화자간에는 의미 있는 차이가 있을 것이라는 기대와는 달리 토크들간에 그리고 조음위치간에 상당히 큰 차이가 있었다. 그리고 화자간에 특징적인 차이가 있다고 볼 수 없다.

먼저 이런 결과가 나온 원인을 음성추출에서 찾을 수 있겠다. 비교적 안정적인 구간에서 추출한 비음도 변이가 심할 뿐만 아니라 연구개 유성 평음의 음성신호는 그 변이가 아주 심하다. 비음의 경우 안정구간에서 20ms를 추출하기보다 비음 대부분의 구간을 포함하는 긴 구간을 선택하여 장구간평균스펙트럼(long term average spectrum)을 이용하여 스펙트럼상의 특성을 얻을 수도 있을 것으로 보인다. 또 본 연구에서는 음성의 추출시 개방과열 직전의 20 ms를 선택했으나 어떤 유성 평음은 신호가 약했다. 그것은 비음에서 평음으로 전이될 때 성대의 진동이 두드러지지 않았기 때문으로 보인다. 뿐만 아니라 연구개음의 경우 비음에서 평음으로의 전이과정에서 연구개가 올라가 비강을 닫을 때 폐쇄소음을 일으키는 경우도 있을 수 있다. 이런 경우 소음의 특성인 높은 주파수 대역에서 진폭이 상승한다. 연구개음에서 동기관음간 LPC 스펙트럼의 차이 값이 현저히 낮은 것은 이 때문으로 보인다.

본 연구에서는 세 화자를 대상으로 세 가지 조음위치가 다른 비음과 유성평음 쌍을 포함한 토큰을 10회 녹음하여 모든 토큰의 스펙트럼을 겹쳐서 그림으로 제시하였다. 그 이유는 본 연구의 목적이 수치로 된 최종적인 결과를 얻고자 함이 아니라 최적의 방법을 찾기 위한 예비연구이기 때문이다. 뜻하지 않게 이색적인 신호가 녹음되었다면 그것도 표면상 나타나는 혼란스런 모습에 기여했을 것이다. 보다 전형적인 결과를 얻기 위해서 LPC 스펙트럼이 일정 수준의 상관관계를 가진 것만을 추려서 결과를 얻는다면 보다 의미 있는 결과를 얻을 수도 있을 것으로 생각된다.

다음으로 LPC 스펙트럼을 추출할 때 피크의 수에서 원인을 찾을 수도 있을 것이다. 본 연구에서는 피크의 수를 5로 하였다. 이렇게 할 경우, <그림 11>, <그림 12>, <그림 13>에서 알 수 있듯이 5000 Hz 내에서 5개의 포만트가 있는 것으로 가정하고 LPC 스펙트럼을 만들어 낸다. 그러나 위에서 지적했듯이 주어진 영역 안에서 10개의 포만트가 나타난다면 피크의 수를 제대로 선택했다고 할 수 없다. 뿐만 아니라 반포만트가 있음으로 해서 영향을 받을 수도 있다. 비음의 경우 포만트의 밀도가 높다는 Fujimura의 지적[4]을 고려한다면 이 문제가 가장 중요한 과제로 남는다. 그러나 비음만을 고려하여 피크의 수를 정하는 것도 문제가 있을 수 있다. 유성평음의 경우 같은 피크의 수를 사용할 수 있을지 의문이기 때문이다. 이 문제를 해결하기 위해서 추후의 연구에서는 피크의 수를 각각 달리하여 비음과 유성평음의 LPC 스펙트럼을 확인함으로써 최적의 피크 수를 정할 수 있을 것이다.

다음으로 <그림 5>와 <그림 18>이 보여주는 0-2500 Hz 영역에서의 상당한 진폭차는 유성평음의 경우 공깃길이 비강과 구강 모두에서 차단되어 공기의 흐름이 없어 방출특성이 나타나지 않기 때문인지도 모른다. 이 문제를 확인하기 위해서 유성평음의 경우 preemphasis를 고려해 보아야 할 것이다. preemphasis는 6dB/oct의

비율로 주파수가 올라갈수록 진폭이 커지는 효과가 있다. 이러한 효과를 가정해 보면 <그림 5>와 <그림 18>이 보이는 차이는 크게 줄어들 것으로 보인다.

지금까지 논한 문제들은 해결하기 위해서는 음성자료의 추출과 실험 설정을 달리하여 최적의 방법을 찾아야 할 것이다. 이런 일들은 앞으로의 연구과제로 남겨둔다.

참고문헌

- [1] P. Ladefoged, *A Course in Phonetics*, New York: Harcourt, Brace, & Jovanovich. 1975.
- [2] K. Stevens, *Acoustic Phonetics*, The MIT Press, 1998.
- [3] G. Fant, *Acoustic Theory of Speech Production*, The Hague: Mouton, 1960.
- [4] O. Fujimura, "Analysis of Nasal Consonants," *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 34, pp.1865-1875, 1962.
- [5] G. Bujggren, G. Fant, "The nasal cavity structures," *Speech Transmission Lab Quarterly Progress Status Report*, Royal Institute Technology, Stockholm, vol. 4, pp.5-7, 1964.
- [6] O. Fujimura, J. Lindqvist, "Sweep tone measurements of vocal tract characteristics," *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 49, pp.541-558, 1971.
- [7] J. Lindqvist, J. Sundberg, "Acoustic properties of the nasal tract," *Speech Transmission Lab Quarterly Progress Status Report*, vol. 1, Royal Institute Technology, Stockholm, pp.13-17, 1972.
- [8] J. Dang, K. Honda, H. Suzuki, "Morphological and acoustical analysis of the nasal and the paranasal cavities," *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 96, pp.2088-2100, 1994.
- [9] 성철재, 한국어 비음의 음향적 특성에 관한 실험음성학적 연구, *말소리*, 31-32호, pp.9-22, 1996.
- [10] A.-P. Benguerel, A. Lafargue, "Perception of vowel nasalization in French", *Journal of Phonetics*, vol. 9, pp.309-321, 1981.
- [11] S. Hawkins, K.N. Stevens, "Acoustic and perceptual correlates of the non-nasal-nasal distinction for vowels," *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 77, pp.1560-1575, 1985.
- [12] S. Maeda, "Acoustics of vowel nasalization and articulatory shifts in French nasal vowels," in *Phonetics and Phonology* (edited by M.K. Huffman and R.A. Krakow), vol. 5. pp.147-167, New York: Academic Press, 1993.
- [13] M. Chen, "Acoustic parameters of nasalized vowels in hearing-impaired and normal-hearing speakers," *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 98, pp.2443-2453, 1995.
- [14] M. Chen, "Acoustic correlates of English and French nasalized vowels," *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 102, pp.2360-2370, 1997.
- [15] M. Chen, "Acoustic analysis of simple vowels preceding a nasal in Standard Chinese," *Journal of Phonetics*, vol. 28, pp.303-312, 2000.

- [16] M. Chen, K.N. Stevens, H.-K. J. Kuo, H. Chen, "Contributions of the study of disordered speech to speech production models," *Journal of Phonetics*, vol. 28, pp.303-312, 2000.
- [17] R.K. Potter, G.A. Kopp, H.G. Kopp, *Visible Speech*, New York: Dover, 1966.
- [18] M. Halle, K.N. Stevens, "On the Mechanism of Glottal Vibration for Vowels and Consoants," *RLE Quaterly Progress Report*, vol. 85, pp.267-271, 1967.
- [19] N. Chomsky, M. Halle, *The Sound Pattern of English*, Harper and Row, New York, 1968.

접수일자: 2005년 2월 16일

게재결정: 2004년 3월 23일

▶ 박한상(Hansang Park)

주소: 121-791 서울시 마포구 상수동 72-1

소속: 홍익대학교 사범대학 영어교육과

전화: 02) 320-1867

Fax: 02) 333-1185

E-mail: phans@hongik.ac.kr