

허밍 운율정보를 이용한 곡목 검색 기술

이지연(ICU), 한민수(ICU)

<차 례>

1. 서론
2. 음향 특징 파라미터
3. 선곡 시스템
 - 3.1. 기존의 선곡 시스템
 - 3.2. 제안 선곡 시스템
- 3.2.1. 인식 특징 파라미터 추출
- 3.2.2. 패턴 정합
4. 실험 결과
5. 결론

<Abstract>

Study on the song title query by humming melody information

Ji-Yeoun Lee, Min-Soo Hahn

Music query by humming is a challenging problem since the humming signal inevitably contains much variation and inaccuracy. In this paper, we suggest an algorithm for querying a wanted song from music database by humming its melody. In order to suit or adapt the inaccurate peoples humming, a new melody representation technique is proposed. Our algorithm is basically a pitch and duration information-based one and performs fairly well. 85% of correct query rate of the song is achieved for the top 3 matches when tested with 20 songs.

* 주제어: 곡목검색, 허밍운율

1. 서론

오늘날 네트워크와 데이터 압축 기술이 발달됨에 따라 사용자들은 인터넷을 통하여 많은 멀티미디어 데이터들을 손쉽게 접할 수 있다. 이러한 상황에서 사용자가 멀티미디어 데이터들을 효율적으로 검색하고 색인 할 수 있는 기술에 대한 필요성이 대두되고 있다. 최근 많은 연구자들이 영상과 동영상을 내용기반(content-based)으로 검색하는 문제에 대하여 초점을 맞추고 있다는 것은 이를 잘 보여 주고 있다[1].

내용기반 검색은 각 데이터가 가지고 있는 고유의 특성을 이용하여 검색 할 수 있음을 의미한다. 음향 데이터를 검색하는 방법은 데이터베이스에 있는 음악은 그 노래의 멜로디로써 찾는 방법이다. 이러한 시스템은 데이터 형태에 적합한 검색 방법을 사용함으로써 기존의 검색 방법과 함께 멀티미디어 데이터를 효과적으로 찾는데 사용될 수 있다. 따라서, 최근에 Query by humming은 내용기반(content-based) 검색시스템의 특별한 연구 분야로 주목되고 있다.

음향 데이터를 내용기반으로 색인 및 검색하는 방법에 대한 연구는 현재 색인을 위한 음향 데이터로부터 음향 특징 파라미터(audio feature)들을 추출하는 방법에 대한 연구[2][15], 음향 특징 파라미터의 적절한 자료구조와 이를 이용한 효율적인 검색 알고리즘에 대한 연구[1][5]에 관심이 모아지고 있다. 그렇지만, 보다 편리한 사용자 인터페이스를 제공하기 위해서는 효과적으로 검색하는 알고리즘 개발 외에도 음향 데이터를 검색하기 위한 음향 특징 파라미터를 입력 음향 데이터에서 정확히 추출하는 방법에 관심을 가질 필요가 있다.

본 논문에서는 내용기반 검색에 사용될 특징 파라미터를 음성 파형에서 추출된 음표에 해당하는 음의 길이와 음의 높이 정보를 이용하였다. 보다 정확한 음향 특징 파라미터를 구하기 위해, 음소 특성을 이용할 필요가 있다. 본 논문에서는 이러한 음향 특징 파라미터를 이용하여 보다 보편적인 상황에서 선곡을 할 수 있는 내용기반 검색 시스템을 제안하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서 선곡 시스템에서 사용할 음향 특징 파라미터에 대하여 살펴본다. 제 3장에서 기존의 선곡 시스템에 대하여 살펴 본 후 제안한 선곡 시스템들에 대하여 논하며, 제 4장에서 본 논문에서 제안한 선곡 시스템의 성능평가와 오류분석을 한다. 제 5장에서는 본 연구에 대한 결론 및 추후연구 과제를 제시하고 본 논문을 마무리한다.

2. 음향 특징 파라미터

본 연구에서, 내용기반 선곡 시스템을 위한 음향 특징 파라미터는 Shichiro

Tsuruta가 이용한 피치와 에너지 정보를 이용하였다[2]. 그리고 이러한 음향 특징 파라미터를 선곡 시스템에 적합하도록 변형하였으며 이를 각각 음높이, 음길이라고 명명하였다.

음계는 어떤 음을 기점으로 하여 1옥타브(Octave)위의 같은 이름의 음에 도달할 때까지 특정한 질서에 의해 배열된 음열을 말한다. 또한 서양 음악에서 바흐(Bach)시대 이후의 음계는 한 옥타브를 12개의 같은 간격의 반음으로 나눈 평균율로 정의한다[3]. 옥타브는 음의 높이는 다르나, 어떤 음에서 위, 아래로 같은 이름의 음인 8번째 음과의 간격으로서, 두 음높이간의 간격은 2배로 인식된다. 표2.1에서 나타나듯이 C3(다장조에서의 도음)은 261.6Hz 주파수를 갖고, 한 옥타브 위인 C4는 523.2Hz, 그리고 한 옥타브 아래인 C2는 130.8Hz이다. 이처럼 음계는 옥타브, 반음 등으로 구분하여 인식할 수 있으며 이에 해당하는 주파수를 음높이 음향 특징 파라미터에 이용하였다.

음표(notes)는 음의 길이를 표현해주는 음악적 시간의 단위인 박자(meter)의 표현 단위이다. 음표의 기본 종류는 표2.2과 같다. 이 같은 기본 음표에서 음표에 점이 하나 붙음으로써 음의 길이가 원음의 길이에서 반이 길어짐을 표시할 수 있으며, 음표에 점이 두개 붙음으로써 음의 길이가 원음의 길이에서 3/4가 길어짐을 표시할 수 있다[12]. 이러한 음의 길이를 나타내는 음표를 음길이 음향 특징 파라미터에 이용하였다. 본 연구에서는 음향 특징 파라미터의 특성을 다음과 같은 방법으로 정량화 하였다. 첫째로 음높이는 계산의 편의상 음계의 주파수나 입력 신호에서 구한 피치를 상용 로그(log)를 취하여 소수 셋째 자리에서 반올림을 하였다.

<표 2.1> 옥타브의 주파수와 음높이

음계	주파수	상용 log	음높이	음계	주파수	상용log	음높이
C2	130.81	2.11664	2.12	C3	261.34	2.41769	2.42
D2	146.83	2.16681	2.17	D3	293.66	2.46784	2.47
E2	164.81	2.21698	2.22	E3	329.63	2.51803	2.52
F2	174.61	2.24207	2.24	F3	349.23	2.54311	2.54
G2	196.00	2.29226	2.29	G3	392.00	2.59329	2.59
A2	220.00	2.34242	2.34	A3	440.00	2.64343	2.64
B2	246.94	2.39259	2.39	B3	493.88	2.69362	2.69

음계의 주파수는 지수적으로 증가하기 때문에 악보에서의 음계와 피치정보에서 추출된 음계는 직접 비교하기에는 어렵다. 따라서 선형적으로 증가하는 모델로

바꿀 필요가 있다. 그리고 음높이 음계를 구분하는데 있어서 표 2.1에서 볼 수 있듯이 소수 둘째 자리까지의 정보를 이용하면 구분이 가능하다. 둘째로 음길이 음향특징 파라미터는 같은 음표라 할지라도 때와 장소 그리고 사람마다 변화가 심하므로 정규화 과정이 필요하다. 따라서 절대적인 값보다는 이웃한 음표와의 비를 이용한다.

<표 2.2> 음표의 종류

음표이름	음표	음길이
온음표		3.2
2분음표		1.6
4분음표		0.8
8분음표		0.4
16분음표		0.2
32분음표		0.1

3. 선곡 시스템

3.1. 기존의 선곡 시스템

국내에서는, 입력된 선율을 인식하여 생성한 음 곡선에 의해서 임의의 음악정보를 효율적으로 검색하기 위한 알고리즘에 대해 연구하고 있다[3]. 이 연구에서는 입력된 선율에 대한 음 신호를 처리하여 음표정보로 인식하고, 이를 바탕으로 음 정곡선을 생성하여 이를 탐색 패턴으로 사용한다. 피치는 프레임 별로 포락선을 구하였다. 피치는 식 3.1의 평균차 함수법을 이용하여 구하였다.

$$(3.1) \quad R(k) = \sum_{n=1}^{m-k} |x(n) - x(n+k)|$$

$R(k)$: 평균차 함수 $x(n)$: 입력신호 $m = 512$, 프레임길이

계수 신호 표본 $x(n)$ 의 주변에서 서로 k 만큼 떨어져 있는 두 신호 값의 차들을

구하여 합한 것으로서, 이 값이 작을수록 k 만큼 떨어져 있는 두 신호는 서로 유사하다는 의미이다. 따라서 피치를 P 라 할 때 $k=0, P, 2P, 3P, \dots$ 등의 위치에서 $R(k)$ 는 극소값을 가지며, 이를 이용하여 피치를 구할 수 있다. 이 시스템은 피치 포락선에서 피치의 변화가 나타나는 곳을 검출하여 음의 경계로 판단하였다.

외국의 내용기반 선곡 시스템으로 Asif Ghias의 허밍을 이용한 시스템이 있다 [4]. 이 시스템은 앞에서 언급한 선곡 시스템과 동일한 평균차 함수법을 이용하여 피치를 구하며, 선곡 특징 파라미터로써 피치의 변화를 이용하였다.

이 시스템은 입력 신호의 멜로디에서 음의 변화를 S, U, D 세 가지 상태로 분류하였다. S는 이전 피치와 동일함을 나타내고, U는 이전 피치보다 증가했음을 나타내며, D는 이전 피치보다 감소함을 나타낸다. 따라서 멜로디를 S, U, D 세 가지 상태열로 나타내고 부열 정합 방법을 이용하여 가장 유사한 상태열을 가리키는 곡을 선곡한다. 이 시스템은 음향 특징 파라미터가 일단 정확히 구해졌다는 전제 하에서 이것을 이용하여 효과적이고 빠르게 검색할 수 있는 알고리즘 개발에 초점을 맞추고 있다. 따라서 정확한 상태열을 찾기 위해 정확한 피치 검출방법이 선행되어야 한다. 이 시스템에서는 이를 해결하기 위해서 허밍음을 하나씩 강하게 발음하는 것에 의해 정확하게 음에 대한 피치 포락선이 나타나도록 하였다.

3.2. 제안 선곡 시스템

본 논문에서 제안하는 시스템은 입력된 허밍음으로부터 멜로디를 입력받아 피치 포락선과 에너지 포락선을 구한다. 각각의 포락선에서 음길이와 음높이 특징 파라미터들을 추출한다. 이렇게 구해진 특징 파라미터를 이용하여 데이터베이스에 저장되어 있는 악보들과 비교하여 패턴 정합 거리가 최소가 되는 순으로 결과 리스트를 생성하여 출력한다.

이 시스템은 입력 곡에 대한 시작 위치와 끝나는 위치를 알 때 선곡할 수 있다. 선곡시스템의 데이터베이스를 구축하기 위해 기준패턴으로 사용될 곡들의 악보를 수집하고 각 악보의 음표정보를 음길이와 음높이의 벡터열로 변환하여 저장했다. 그림 3.1은 음표정보로써 저장된 음길이와 음높이 벡터열을 보여준다. 예를 들어 기준 벡터열의 경우 그림 3.1(a)과 같은 악보가 주어졌을 때 노래 가사가 시작하는 부분에서부터 각 음표에 따른 음길이와 음높이의 집합을 표 1.1와 1.2를 이용하여 구한 다음, 그림 3.1(b)와 같이 벡터열화 하였다. 테스트 벡터열의 경우는, 각 프레임에서 구한 음높이 값을 벡터열로 만들었다. 이 시스템에서는 음길이 정보는 시스템의 기준 벡터열에 미리 저장되어 있으므로, 입력 신호에서 음높이 특징 파라미터만을 추출하면 된다. 또한 데이터 베이스의 기준 벡터와 음높이 정보와 비교하기 위하여, 입력 신호에서 구한 음높이 정보를 기준벡터열의 음길이 정보로 정규화를 해야 한다. 본 논문에서는 이 시스템을 음길이 정규화 선곡 시스템

템(Normalized Length Song selection System)이라 명명한다. 음길이 정규화 선곡 시스템은 그림3.2와 같은 구성을 가지고 있다.



(a)

(1.6,2.12)(0.8,2.22)(0.8,2.29)(0.6,2.42)(0.2,2.39)(0.8,2.42)(1.6,2.34)(0.8,2.29)(0.8,2.22)
 C2 도 E2 미 G2 솔 C3 도 B2 시 C3 도 A2 라 G2 솔 E2 미
 (0.6,2.29)(0.2,2.24)(0.8,2.22)(1.6,2.17)
 G2 솔 F2 파 E2 미 D2 레

(b)

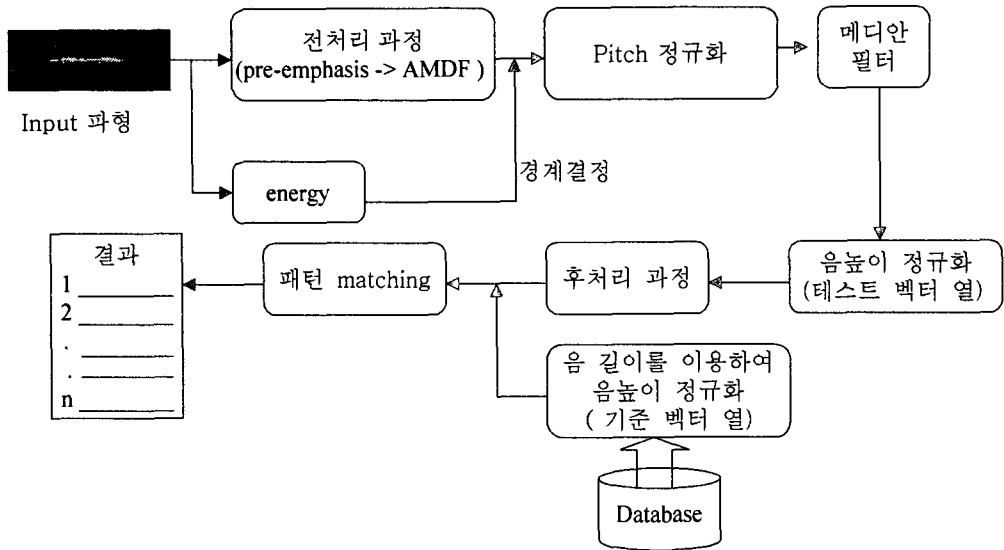
<그림 3.1> 기준 벡터열 (a) 악보예시 (b) 음길이, 음높이 예

3.2.1. 인식 특징 파라미터 추출

본 논문에서는 피치를 AMDF법을 이용하여 구하였다. 단구간 AMDF는 식 3.2과 같이 정의한다.

$$(3.2) \quad \gamma_n(k) = \sum_{m=0}^{300} |x(n+m)w_1(m) - x(n+m-k)w_2(m-k)|$$

여기서 $w_1(m)$ 과 $w_2(m)$ 은 사각창을 이용하였다. 그리고 단구간 AMDF에서 단구간의 크기는 300샘플이며 200샘플씩 슬라이딩하며 피치값을 구하였다. 단구간 AMDF를 이용하여 피치 포락선을 구한 후에 이것을 식 3.3과 같이 주파수 영역에서 상용 로그를 이용하여 정규화 시켰다. 데이터베이스에 들어있는 저장되어 있는 음높이 특징 파라미터와 유효 숫자를 맞추기 위해서 소수 셋째 자리에서 반올림하였다. 그림 3.3(c)는 그림 3.3(b)와 같은 포락선을 입력 $p(n)$ 에 넣어 구한 것이다.



<그림 3.2> 음길이 정규화 선곡 시스템의 구성도

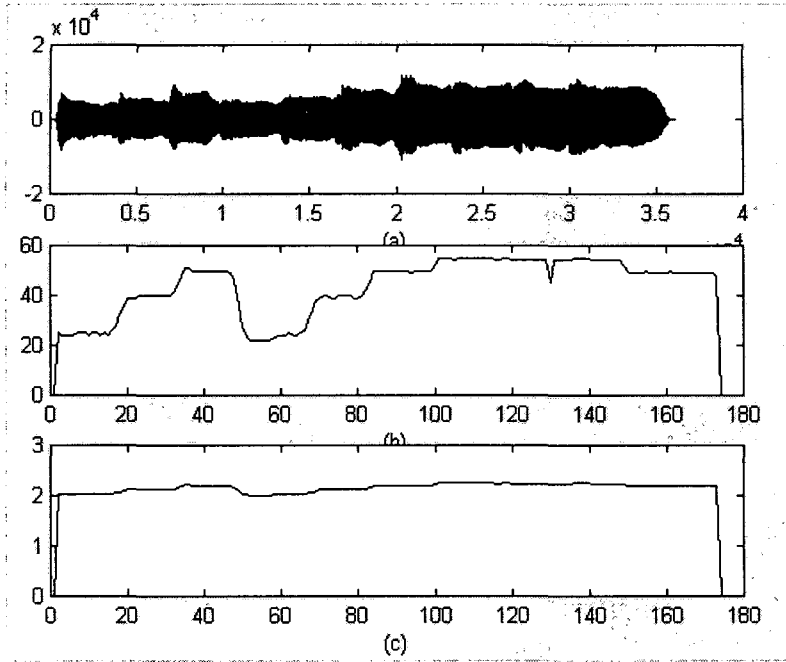
$$(3.3) \quad p_f(n) = \log \frac{T_0}{p(n)}$$

$p(n)$: 피치포락선 T_0 : 표본화율(10kHz)

단구간 AMDF에서 구한 피치들 중에서 피치가 두 배 혹은 반 배 주기로 잘못 찾아지는 경우가 있다. 이를 보상하기 위하여 3탭 메디안 필터(3-tap median filter)를 이용하였다.

프레임 에너지 정보를 이용하여 음성 신호입력 구간 내에서 시작 위치와 끝 위치를 찾았다. 프레임 에너지는 식 3.4에서와 같이 프레임 길이를 300샘플로 했으며 200샘플씩 슬라이딩하면서 구하였다.

$$(3.4) \quad E(n) = \sum_{m=0}^{300} [x(m)w(n-m)]^2$$



<그림 3.3> 선곡 특징 파라미터 추출
(a)음성 파형 (b) 피치 포락선 (c) $P_f(n)$

3.2.2. 패턴 정합

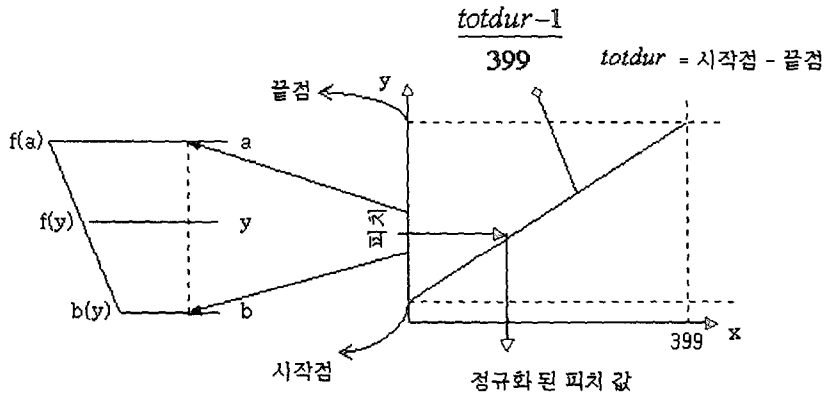
제안된 음길이 정규화 선곡 시스템에서는 특징 파라미터 정합을 위하여 음높이 특징 파라미터에 대한 정규화가 입력 신호에서 구한 음높이 열과 데이터베이스에서 구한 기준 벡터 열에 모두 적용되어야 한다. 예를 들어 사람에 따라 같은 음이라 할지라도 약간씩 변화한다. 이러한 특성을 보상하기 위하여 음높이열의 시작부분에서 안정 구간을 찾아 이 값과 음높이열의 비를 구하였다. 이렇게 함으로써 음높이의 상대적인 변화를 특징 파라미터 사상(mapping)시 이용하도록 하였다. 또한, 사람마다 박자를 약간씩 다르게 부르기 때문에 이에 대한 정규화가 필요하다. 본 논문에서는 테스트 벡터 열과 기본 벡터 열을 그림 3.4와 같이 400으로 정규화 하였다. 그림 3.4에서 y축은 테스트 벡터 열 혹은 기본 벡터 열($f(y)$)의 위치를 의미하여 x축은 정규화 된 테스트 벡터 열 혹은 기본 벡터열의 위치를 의미한다. 식 3.8을 이용하여 벡터열을 정규화 하였다. $totdur$ 은 에너지 프레임에서 구한 노래의 끝점과 시작점의 차이이다. 식 3.8을 y의 입력 신호가 x축의 400 포인트로 선형적으로 사상을 시킨다. 선형적으로 사상을 할 때 입력 신호에서 없는 값은 식 3.6과 같이 선형 보간법을 이용하여 구하였다.

$$(3.5) \quad (a-b):(y-b)=f(a)-f(b):f(y)-f(b)$$

$$(3.6) \quad f(y)=\frac{y-b}{a-b}(f(a)-f(b))+f(b)$$

$$(3.7) \quad y=\frac{totdur-1}{399}$$

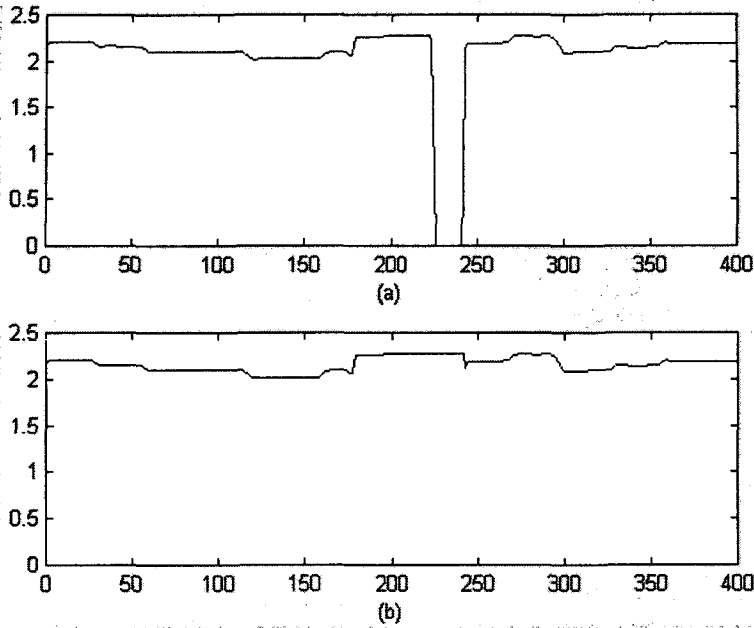
$$(3.8) \quad f(y)=\frac{totdur-1}{399}x-b(f(a)-f(b))+f(b)$$



<그림 3.4> 음높이 정규화

이렇게 정규화된 음높이열은 후처리 과정을 거쳐 패턴 정합 과정을 하게 된다. 입력 신호에 대한 음높이 특징 파라미터를 추출하면 그림 3.5(a)와 같이 0 피치가 존재하는 구간이 생길 수 있다. 음높이가 0일 경우 이 구간에서 큰 에러를 유발하게 되므로, 그림 3.5(b)와 같이 0 구간 이전의 음높이 값을 이용하여 이 구간을 대체하였다. 패턴 정합은 유클리디안 거리를 이용하여 구하였다. 식 3.9과 같이 음높이의 차를 이용하여 에러가 작은 노래를 선곡의 결과를 출력한다.

$$(3.9) \quad error = \sum |pitch_{ref}(i) - pitch(i)|$$



<그림 3.5> 테스트 벡터열 예시
(a) 정규화된 음높이 (b) 후처리된 음높이

4. 실험결과

음길이 정규화 선곡시스템의 성능 평가를 위해서 20곡의 노래를 이용하였다. 곡들은 비교적 부르기 쉬운 동요(겨울밤, 고기잡이, 고드름, 고향의 봄, 꼬마눈사람, 나뭇잎 배, 똑같아요 등)를 선택하였다. 성능을 평가하기 위하여 10명의 발성자(20대의 남 5명+여 5명) 20곡의 노래를 '나' 발음으로 악보 시작부분에서 처음 4마디만 불렀다. 각각의 발성된 노래들은 8kHz 샘플링, 16bit 양자화를 거친 후 300 샘플의 분석창을 이용하여 200 샘플씩 이동해 가면서 음향 특징 파라미터들을 추출하였다.

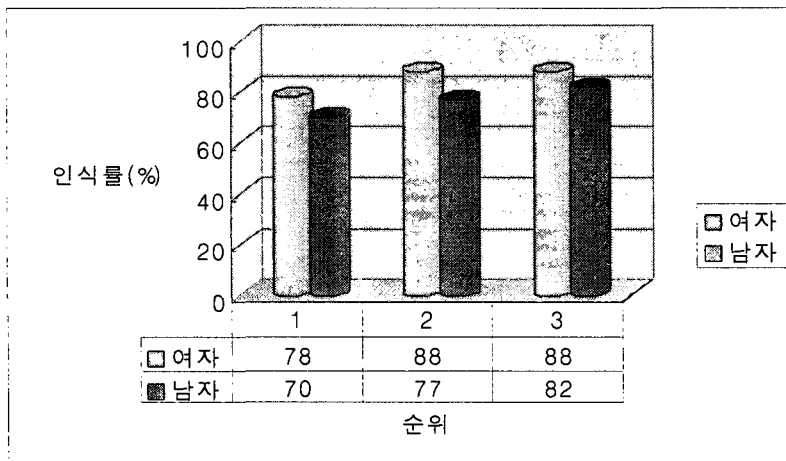
성능 평가의 결과는 표 4.1과 같다. 순위 1위 인식률은 남성의 경우 70%, 여성의 경우 평균 78%을 보여 주었으며, 총 인식률 74%의 성능이 나왔다. 표 4.2는 순위별 인식률을 보여준다. 이 표에서 보듯이 순위 3위까지 인식률은 남성의 경우 82%, 여성의 경우 평균 88%을 보여 주었으며, 총 인식률 85%의 성능이 나왔다.

표 4.1에서 보듯이 곡마다의 인식률 차이는 원곡과 다르게 노래를 부르는 스타일의 개인적 성향 차이와 음높이 구조의 유사성 때문이다. 그러나 음높이 구조는 유사하나 음높이 값의 차이 때문에 다른 곡으로 인식하는 결과도 발생하였다.

<표 4.1> 음길이 정규화 선곡 시스템의 성능 평가

곡/성별	여자	남자	곡/성별	여자	남자
겨울밤	5/5	5/5	산토끼야	4/5	1/5
고기잡이	2/5	3/5	설날	1/5	1/5
고드름	4/5	4/5	섬집 아기	4/5	5/5
고향의봄	2/5	1/5	스승의 은혜	4/5	5/5
꼬마눈사람	4/5	5/5	어린음악대	2/5	1/5
나뭇잎배	3/5	2/5	옹달샘	4/5	1/5
뚝갈아요	5/5	3/5	태극기	5/5	5/5
릿자로 끝나는 말은	5/5	5/5	파란마음	5/5	5/5
방울꽃	5/5	4/5	풍당풍당	5/5	5/5
사과같은 내얼굴	5/5	5/5	햇별은 짹짹	4/5	4/5

<표 4.2> 순위별 인식률



5. 결 론

본 연구에서는 사용자 친화적인 환경을 제공하면서, 입력 곡에 대한 시작 위치와 끝나는 위치를 알고 있을 때 선곡을 하는 음길이 정규화 선곡 시스템을 구현하였다. 노래의 시작과 끝을 알고 있기 때문에 음의 길이 정보는 시스템의 기준벡터열에 미리 저장되어 있으므로, 정확한 음높이 정보를 추출하는데 중점을 둔다. 그리고 비교적 발음상에 제약이 적어져 사용자에게 편리한 인터페이스를 제공할

수 있다. 그러나 이 경우 사용자는 반드시 노래의 시작과 끝을 알고 있어야 하기 때문에 실제 상황에서 효과적으로 사용되기에는 제약이 있다. 따라서 보다 일반적인 선곡을 위해서는 선곡 시스템에 노래의 어느 부분에서 시작을 하던지 선곡을 할 수 있는 시스템에 관한 연구가 필요하다. 또한 이 시스템에서 구한 테스트 벡터열은 400개의 음높이 파라미터로 구성되어 있기 때문에 검색시간이 많이 걸리는 단점이 있다.

본 논문에서 제안한 음길이 정규화 선곡 시스템에서 사람이 발성한 음의 고도와 표준고도가 일치하지 않아 인식 오류가 발생하였다. 이것을 개선하기 위해서는 사람의 발성에 의한 고도와 표준고도 간에 관계에 대한 연구가 필요하다.

본 논문에서 제안한 선곡시스템은 인터넷 음악 검색, 디지털 도서관에서 노래로 자료를 검색할 수 있는 시스템, 노래방 기계, 노래에 따라 움직이는 기계인형, 음악 훈련을 위한 교육용 소프트웨어 등 여러 분야에서 검색 시스템으로 응용되어 질 것이다.

참 고 문 헌

- [1] Chih-Chin Lju, Jia_lien Hsu and Arbee L. P. Chen (1999), An Approximate String Matching Algorithm for Content-Based Music Data Retrieval, *IEEE ICMCS 1*, pp.451~456.
- [2] Shichiro Tsuruta (1998), Personal Computer-Music System-Song Transcription and its application, *IEEE Trans. Consum. 34(3)*, pp.819~823.
- [3] 지정규, 오해석(1997), 선율 입력에 의한 음곡선 검색 알고리즘, 「한국정보과학회」 1997 가을, pp.150~153.
- [4] Ghias, A., J. Logan, D. Chamberlin and B. C. Smith (1995), Query By Humming : Musical Information Retrieval in an Audio Database, in *Proc. of ACM Multimedia*, pp.231~236.
- [5] Crisrian Francu & Craig G. Nevill-Manning (2000), Distance metrics and indexing strategies for a digital library of popular music, in *Proc. of ICME 2*, pp.889~892.
- [6] Asif Ghias, Jonathan Logan and David Chamberlin (2002), Query By Humming : Musical Information Retrieval in An Audio Database, in *Proc. of ICME 1*, pp.329~332.
- [7] Yongwei Zhu, Mohan S Kankanhalli and Changsheng Xu (2001), Pitch Tracking and Melody Slope Matching for Song Retrieval, *PCM2001*, Beijing China.
- [8] Matthieu Carre , Pierrick Philippe and Christophe Apelian (2001), New Query- By-Humming Music Retrieval System Conception and Evaluation based on a Query Nature Study, in *Proc. of the COST G-6 Conference on DAFX-01*.
- [9] Tom Brondsted, Soren Augustensen, Brian Fisker, Christian Hanen, Jimmy Klitgaard, Lau W. Nielsen and Thomas Rasmussen (2001), A System for Recognition of Hummed Tunes, in *Proc. of the COST G-6 Conference on DAFX-01*.
- [10] Lie Lu, Hong You and Hong-Jiang Zhang (2001), A New Approach to Query By Humming In Music Retrieval, *ICME 2001*, Waseda University, Tokyo, Japan, pp.22~25.

- [11] Rabiner, L. R. & R. W. Schafer (1978), Digital processing of speech signals, Prentice Hall.
- [12] 엄경숙, 은희천(1997), 「대학교양음악」, 전주대학교출판부.
- [13] ChulYong Yang, JongTak Shin, JinWook Kim and HangJoon Kim (1999), Korean Folk Song Retrieval using Rhythm Pattern Classification, *ISSPA'99 1*, pp.123~126.
- [14] Yongwei Zhu & Mohan Kankanhalli (2001), Similarity Matching of Continuous Melody Contour for Humming Querying of Melody Databases, *LIT Technical Report*.
- [15] Emanuele Pollastri (2002), A Pitch Tracking System dedicated to process singing voice for music retrieval, *2002 IEEE International Conference 1*, pp.341~344.

접수일자: 2002년 10월 11일

게재결정: 2002년 12월 12일

▶ 이지연(Ji-Yeoun Lee)

주소: 305-732 대전광역시 유성구 화암동 58-4번지 한국정보통신대학원대학교

소속: 한국정보통신대학원대학교(ICU) 음성/음향 정보 연구실

전화: 042) 866-6196

E-mail: jyle278@icu.ac.kr

약력:

2001년: 한양대학교 전자 전기 공학부 (공학사)

2001년~현재: 한국정보통신대학원대학교 공학석사

관심분야: 음성신호처리, 음성합성, 인식.

▶ 한민수(Min-Soo Hahn)

주소: 305-732 대전광역시 유성구 화암동 58-4번지 한국정보통신대학원대학교

소속: 한국정보통신대학원대학교(ICU) 음성/음향 정보 연구실

전화: 042) 866-6123

E-mail: mshahn@icu.ac.kr

약력:

1979년: 서울대학교 전기공학과 (공학사)

1981년: 서울대학교 전기공학과 (공학석사)

1982년~1985년: 한국표준과학연구원 연구원

1989년: Univ. of Florida 전기 및 전자 공학과 (공학박사)

1990년~1997년: 한국전자통신연구원 책임연구원

1998년~현재: ICU 멀티미디어정보통신 그룹 (현)부교수

관심분야: 음성 부호화, 음성 합성 및 인식, 음색변환, 음향 부호화 및 3-D 음향