

내용 기반 음악 정보 검색에서 주제 선율의 변화 패턴을 이용한 색인 및 검색 기법

(Indexing and Retrieval Mechanism
using Variation Patterns of Theme Melodies
in Content-based Music Information Retrievals)

구 경 이 [†] 신 창 환 ^{**} 김 유 성 ^{***}

(Kyong-I Ku) (Chang-Hwan Shin) (Yoo-Sung Kim)

요 약 본 연구에서는 내용 기반 음악 정보 검색 시스템의 검색 속도를 증진하기 위해 음악의 대표 선율인 주제 선율을 추출하여 주제 선율 색인을 구성하고 이를 이용한 효율적인 내용 기반 음악 정보 검색 기법을 제안하였다. 추출된 주제 선율을 다차원 공간 색인 기법인 M-tree를 이용하여 주제 선율 색인으로 구성하기 위해 주제 선율의 평균 음 높이 변화량과 평균 음 길이 변화량을 이용하였으며 검색의 정확도를 증진하기 위해 음 높이 변화 패턴을 요약한 높이 시그니처와 음 길이 변화 패턴을 요약한 길이 시그니처를 이용하였다. 또한 제안된 내용 기반 음악 정보 검색 기법에서는 사용자의 질의 선율로부터 질의 선율의 패턴 정보를 구성하고 M-tree의 k-근접 검색 및 범위 검색 기법을 이용하여 사용자의 질의 선율과 유사한 주제 선율을 포함하고 있는 음악 정보를 검색한다. 검색된 결과로부터 순위 부여한 후 사용자 피드백을 하여 사용자의 만족도를 증진하기 위한 특성을 포함하도록 하였다. 또한, 본 논문에서 제안된 주제 선율 색인 기법 및 내용 기반 검색 기법을 포함한 내용 기반 음악 정보 검색 시스템의 프로토타입을 구현하여 제안된 기법의 실효성을 입증하였다.

키워드 : 주제 선율 추출, 선율의 변화 패턴, 내용 기반 음악 정보 검색, 순위 부여, 사용자 관련성 피드백

Abstract In this paper, an automatic construction method of theme melody index for large music database and an associative content-based music retrieval mechanism in which the constructed theme melody index is mainly used to improve the users' response time are proposed. First, the system automatically extracted the theme melody from a music file by the graphical clustering algorithm based on the similarities between motifs of the music. To place an extracted theme melody into the metric space of M-tree, we chose the average length variation and the average pitch variation of the theme melody as the major features. Moreover, we added the pitch signature and length signature which summarize the pitch variation pattern and the length variation pattern of a theme melody, respectively, to increase the precision of retrieval results. We also proposed the associative content-based music retrieval mechanism in which the k-nearest neighborhood searching and the range searching algorithms of M-tree are used to select the similar melodies to user's query melody from the theme melody index. To improve the users' satisfaction, the proposed retrieval mechanism includes ranking and user's relevance feedback functions. Also, we implemented the proposed mechanisms as the essential components of content-based music retrieval systems to verify the usefulness.

Key words : Theme melody extraction, variation patterns of melodies, content-based music retrieval, ranking, user's relevance feedback

· 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(2000-1-51200-009-2)지원 및 21세기 한국연구재단의 지원에 의하여 수행되었음

† 학생회원 : 인하대학교 전자계산공학과

g2001419@inhavision.inha.ac.kr

** 학생회원 : 인하대학교 정보통신전문대학원

donal00@korea.com

*** 종신회원 : 인하대학교 정보통신공학부 교수

yskim@inha.ac.kr

논문접수 : 2002년 11월 29일

심사완료 : 2003년 5월 7일

1. 서론

최근 정보 기술과 네트워크의 발달로 인하여 대용량의 비정형 멀티미디어 데이터의 활용 범위가 확대됨에 따라 멀티미디어 정보를 효율적이면서 신속하게 검색하는 방법의 필요성이 증가되고 있다. 멀티미디어 정보의 한 범주인 음악 정보 또한 많은 시스템에서 사용되고 있으며 음악 정보를 효율적으로 관리하기 위한 내용 기반 음악 정보 검색 시스템에 대한 연구 개발의 중요성이 높아지고 있다.

기존의 내용 기반 음악 정보 검색 시스템[1,2,3]에서는 음악을 구성하는 연속적인 음들 간의 높이 변화 방향만으로 해당 음악의 음조곡선(contour)을 표현하는 음조곡선 문자열을 구성하여 질의의 음조곡선 문자열과 유사한 음조곡선 문자열을 포함하고 있는 음악을 음악 데이터베이스로부터 검색하는 기본구조를 갖고 있다. 그러나, 이러한 기존의 내용 기반 음악 정보 검색 시스템은 두 가지의 중요한 문제점을 가지고 있다. 첫 번째, 음악의 특성을 표현함에 있어 음의 높이 변화 방향만을 고려했기 때문에 음의 높이 변화 정도에 따른 차이를 구분하지 못하며, 또한 음악의 중요한 다른 특성인 음의 길이는 고려하지 못했기 때문에 내용 기반 음악 정보 검색결과의 정확성이 낮아지는 문제점을 가지고 있다. 두 번째, 음악 정보의 검색과정에서 질의의 음조곡선 문자열과 유사한 음조곡선 문자열을 포함하는 음악 정보를 검색하기 위해 k-오차를 허용하는 근사 문자열 매칭 기법을 사용하여 음악 데이터베이스내의 모든 음악에 대해 전체 음조곡선 문자열에 대해 문자열 비교 연산을 실행해야만 한다. 따라서, 이러한 모든 음악의 전체 음조곡선 문자열에 대한 비교 연산은 대용량 음악데이터베이스에 대한 사용자 응답시간을 증가시키며 결과적으로 이러한 기존의 내용 기반 음악 정보 검색 시스템의 실효성을 감소시키는 중요한 요인이 된다.

그러나, 사용자의 질의는 음악을 대표할 수 있고 음의 높낮이와 리듬을 지닌 음의 흐름인 주제 선율을 기억하고 이를 질의 선율로 사용한다. 그러므로 모든 음악의 전체 선율정보를 이용하여 내용 기반 검색을 실시하기 보다는 음악의 주제 선율을 추출하여 이를 대용량의 음악 데이터베이스로부터 효율적인 내용 기반 검색을 지원하기 위한 주제 선율 색인을 구성하면 기존의 내용 기반 음악 정보 검색 시스템의 사용자 응답시간 문제를 해결할 수 있게 된다. 또한, 주제 선율 색인 구성 및 검색 과정에서 음의 높이 변화 방향뿐만 아니라 음의 높이 변화 형태 및 음의 길이 변화 형태를 이용하면 검색결과의 정확성을 증진할 수 있게 된다.

따라서 본 논문에서는 내용 기반 음악 정보 검색을

위한 주제 선율의 변화 패턴을 이용한 색인 및 검색 기법을 제안한다. 제안된 주제 선율 색인 구성 및 검색 기법에서는 음악의 대표성을 갖는 주제 선율을 자동으로 추출하고 추출된 주제 선율내의 음의 길이 변화 패턴과 음의 높이 변화 패턴을 이용하여 다차원 색인 기법인 M-tree 알고리즘을 이용하여 주제 선율 색인을 구성한다. 또한, 검색의 정확성을 증진하기 위해 주제 선율내의 음 길이 변화 패턴을 요약한 길이 시그니처(length signature)와 음 높이 변화 패턴을 요약한 높이 시그니처(pitch signature)를 구성하여 색인시 포함시키며 검색 과정에서 이를 이용하여 사용자 만족도를 증진하기 위해 순위를 부여한 결과를 사용자에게 제공한다. 또한, 사용자의 관련성 판단(relevance decision)을 반영하여 검색결과의 정확성을 증진하기 위한 사용자 관련성 피드백의 과정을 포함하였다. 본 논문에서는 제안된 알고리즘들을 구현하여 내용 기반 음악 정보 검색 시스템의 프로토타입을 구현하였으며 프로토타입 시스템을 이용한 실험을 통하여 제안된 주제 선율 색인 구성 및 검색 메카니즘의 실효성을 입증하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 관련 연구로서 기존의 음악 검색 기법과 음악의 주제 선율 추출 기법을 소개한다. 또한 주제 선율 색인 구성을 위한 다차원 공간 색인 기법 M-tree에 대해 간략하게 소개한다. 제 3장에서는 M-tree의 메트릭 공간에 주제 선율을 표현하기 위한 주제 선율의 변화 패턴정보의 정의 및 변화 패턴에 따른 거리 함수를 정의한다. 제 4장에서 주제 선율 색인을 이용한 내용 기반 음악 정보 검색에 대해 기술한다. 마지막으로 5장에서 결론 및 향후 연구 방향을 기술한다.

2. 관련 연구

2.1 기존의 음악 정보 검색 시스템 및 주제 선율 추출 기법

음악은 소리를 소재로 하여 박자, 선율, 화성, 음색 등을 갖도록 음을 일정한 법칙과 형식으로 구성하여 사상과 감정을 나타내는 예술이다. 음악에서 선율은 갖가지 음높이와 길이를 가진 음을 가로로 결합, 형성하는 음의 선적(線的) 연결로서, 음악적인 표현과 인간의 감정을 가장 잘 나타낸다[4]. 기존의 음악 정보 검색 시스템은 음악의 특성 중에서 선율정보를 이용하며 이러한 선율은 연속적인 음의 높이 변화와 길이 변화로 각기 다른 의미를 표현한다. 이러한 선율정보를 이용하여 음악 정보를 검색하는 기존의 내용 기반 음악 정보 검색 시스템으로는 QBH(Query by Humming)[1], MELDEX (Melody Indexing)[2], 그리고 숭실대학교의 선율정보 검색 시스템[5], Themefinder[3] 등이 있다.

QBH[1]와 MELDEX[2]는 음악 정보의 검색을 위한 특징으로 선율내의 음 높이 변화 방향만을 이용하였다. 즉, 선율의 특징정보 중에서 음의 높이 변화 방향만을 가지고 표현한 선율의 음조곡선(contour) 문자열을 이용하여 음악 정보 검색을 실시한다. 이러한 기존 시스템에서는 특징 추출 부분에서 선율을 구성하는 연속적인 음의 높이 정보를 다음 노트와 비교하여 앞의 음 보다 음 높이가 높을 때는 U(up)로 표시하고, 낮을 때는 D(down)로 같을 때는 S(same)(MELDEX에서는 R(repetition)으로 표시) 즉, 3개의 알파벳으로 선율의 음조곡선을 문자열로 표시한다. 따라서 사용자 질의 선율을 표시한 질의 음조곡선 문자열과 데이터베이스내에 저장된 음악의 음조곡선 문자열을 모두 비교한다. 검색을 위한 비교 방법으로는 사용자 자신이 찾고자 하는 질의 선율을 실수로 어느 정도 잘못 입력할 수 있다는 점을 고려하여 k개의 에러를 허용하는 퍼지(fuzzy)를 이용한 패턴 매칭 알고리즘[6]인 근사 문자열 탐색 알고리즘(approximate string matching)을 사용한다. 그러나, MELDEX와 QBH는 서론에서 전술한 바와 같이 음의 높이 변화의 방향만을 고려했을 뿐 어느 정도의 높이 변화가 있는지를 표현하지 못하고 있다. 그리고 음의 높이 변화 방향을 이용하였지만 음악의 중요한 특성 성분인 음의 길이 변화를 표현하지는 못했다. 예를 들어 설명하면 아래의 그림 1과 같다. 두 음악을 비교하면 음의 높이의 변화 방향은 같지만 변화 정도가 다른 음악으로 기존의 MELDEX와 QBH를 이용하여 음조곡선으로 표시하면 그림 1과 같이 k가 2일 경우 같은 음악이 되어 검색 결과에 포함된다.

즉, 검색을 위한 음악의 특성 정보를 음의 높이 변화 방향만으로 선율정보의 음조곡선 문자열을 이용하고 이들간의 근사 문자열 탐색을 이용하기 때문에 같은 변화 패턴을 갖는 모든 곡이 검색되어질 수 있지만, 어느 정도 변화했는지를 검색 과정에서 반영하지 못해 검색의 정확성이 떨어진다. 이러한 QBH와 MELDEX의 문제점을 해결하기 위해 숭실대학교의 선율정보 검색 시스템 [5]과 Themefinder[3]는 음의 높이 변화 방향뿐만이 아니라 음악의 높이 변화정도를 포함하여 음악의 특성정보를 구성하여 검색의 정확도를 높이고자 하였다. [5]의 선율정보 검색 시스템에서는 곡의 음 높이를 앞의 음에 대해 세 가지 경우로 나누어 상대적적인 음 높이의 1도의

차이를 기준으로 높아지는 경우 A부터 M까지, 낮아지는 경우 O부터 P까지, 변화가 없는 경우 N으로 표시하여 음의 높낮이 정도를 표현한 문자열로 음악의 특성정보를 표현하도록 하였다. 또한, Themefinder[3]에서도 다양한 검색 인터페이스를 제공하였으며 이러한 인터페이스에는 QBH와 MELDEX에서 사용하였던 음의 높이 변화방향을 표현한 선율의 음조곡선 문자열뿐만 아니라 음악의 계이름 구성을 숫자로 표시한 숫자열(예를 들면, 미파솔솔파미레도 34554321로 표현) 또는 문자열(예를 들면, CE-GF#)로 음악의 특성정보를 구성하여 검색할 수 있도록 기능을 확장하였다. 그러나 이러한 시스템들은 QBH와 MELDEX에서 음악의 특성정보를 음의 높이 변화 방향만으로 표현했던 문제점을 해결하기 위해 음의 높낮이 변화 정도를 반영하여 음의 특성정보를 표현하였지만 음악의 중요한 구성 정보인 음의 길이 정보를 특성정보에 반영하지는 못하였다. 또한, 이러한 시스템들에서는 기본적으로 음악을 검색하기 위해 음악 데이터베이스에 저장된 모든 음악의 특성정보 전체를 대상으로 질의 선율의 특성정보와 근사 문자열 매칭을 실시하기 때문에 검색에 대한 사용자 응답시간이 길어지는 문제점을 가지고 있다.

검색 속도를 증진하기 위해 [5]에서는 사용자가 음악의 첫 번째 동기를 많이 기억하고 이를 이용하여 질의 선율을 작성할 것이라는 점을 고려하여 음악의 첫째 동기들로 트라이(trie)구조의 색인을 구성하여 질의 선율을 데이터베이스내의 모든 음악의 전체 문자열을 대상으로 비교하기 전에 첫째 동기 색인에서 검색을 하도록 하였다. 그러나 음악의 주제 선율은 위치에 관계없이 일정한 유사도내에서 변화를 주며 반복적으로 사용되는 선율로 정의[7]되기 때문에 [5]에서는 음악의 모든 주제 선율을 색인에 포함시키지 못하였다. 음악의 주제 선율을 추출하기 위한 연구로는 [8,9] 등이 있다. [8]에서는 음악에서 정확하게 반복되는 선율정보를 주제 선율로 추출하는 방법을 제안하였지만 음악의 작곡가가 변화를 주기 위해 일정한 유사도내에서 반복시킨 주제 선율을 찾지 못하는 문제점을 갖고 있다. 이를 해결하기 위해 [9]에서는 음악의 내용을 최소의 의미를 갖는 단위인 동기 단위로 구분하고 동기간의 유사성에 따라 클러스터링하여 주제 선율을 추출하는 그래프 기반의 주제 선율 추출 기법을 제안하였다. 제안된 주제 선율 추출 과정은



그림 1 k=2인 음조곡선

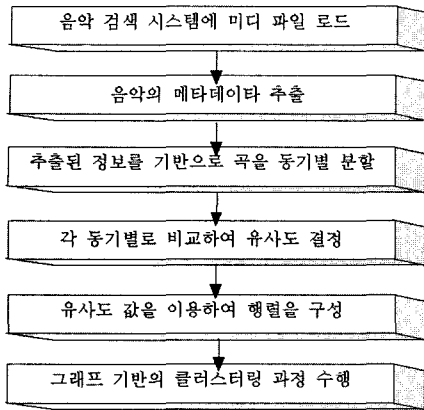


그림 2 주제 선을 추출 과정

그림 2와 같이 표시하였다.

미디파일 형태의 음악 정보로부터 음악의 기본 구성 정보인 박자(time), 조성(key), 음표들에 대한 음 높이(pitch) 시퀀스, 음 길이(length) 시퀀스 등을 추출하고 이를 이용하여 동기 단위의 선율정보를 구성하며 선율의 음 높이와 음 길이를 기준으로 동기 선율간의 유사도를 계산하여 유사도 행렬을 구성한다[10]. 음악의 동기 구분을 위해서는 추출된 음악의 특징 정보 중에서 박자를 기준으로 음표들의 길이를 이용한다. 음악의 특징 요소는 음들의 위치에 관계없이 동일한 값을 나타내기 위해, 식 (1)과 같이 음들의 평균 음 높이값(\bar{p})에 대한 상대적 음 높이값(x)을 이용한다.

$$x = p - \bar{p} \quad p: \text{절대 음 높이 값} \quad (1)$$

그리고, 연속되는 두 음(A, B)들간의 관계 정보는 식 (2)와 같이 표현된다. 앞 음 A의 음길이(Length_{xA})에 두 음의 음 높이 변화량은 $\tan(\alpha)$ 로 표현된다.

$$\tan \alpha = \frac{x_B - x_A}{\text{Length}_{xA}} \quad (2)$$

따라서, 한 음악이 주어지면, 그 음악은 모든 음들의 상대적 음 높이 집합과 기울기를 나타내는 $\tan(\alpha)$ 의 집합으로 특징지을 수 있다. '학교중'의 첫 번째 동기에 대해 구성된 선율 정보는 그림 3과 같다.

그림 3과 같이 동기별로 구성된 선율정보에 대해 각 동기간 유사도로 계산하여 유사도 행렬을 구성한다. 그리고 그림 4와 같이 동기 단위로 구성되어진 한 음악에

	음높이	43	43	45	45	43	43	40
	음높이차	-0.1	-0.1	1.9	1.9	-0.1	-0.1	-3.1
	음길이	120	120	120	120	120	120	240
'학교중'의 1 동기	음길이차	-	0	$\frac{1}{60}$	0	$(-\frac{1}{60})$	0	$(-\frac{1}{40})$

그림 3 동요 "학교중" 첫 번째 동기의 선율 정보

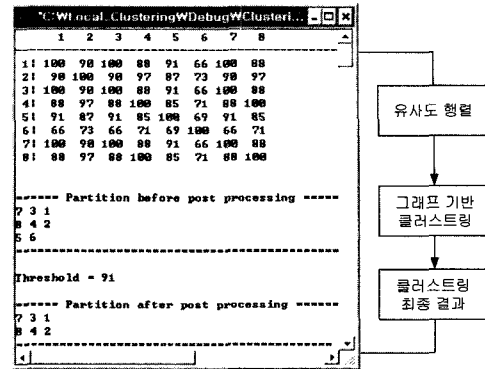


그림 4 주제 선을 추출과정 예

대해 유사도 행렬을 이용하여 그래프 기반의 클러스터링 방법[11]을 적용시켜 유사성을 가진 동기선율들을 같은 그룹에 포함시키는 클러스터링을 수행한다.

그림 4의 첫 부분은 동요 '나비 나비 흰나비'의 여덟 개 동기간의 유사도를 표현한다. 유사도 행렬을 입력으로 하여 그래프 기반의 클러스터링 방법을 적용시켜서 주제선율이 될 수 있는 동기들을 추출해 내게 된다. 각 클러스터 중에서 다른 동기들간의 유사도의 합과 동기의 위치를 고려하여 주제선율을 추출한다. 그래프 기반의 클러스터링 기법은 [11]에서 제안한 그래프 기반의 클러스터링 알고리즘을 수정하여 사용하였다. 데이터베이스 설계에서 단편화(fragmentation)를 위해서, [11]는 애트리뷰트 유사도 행렬을 이용해서 비슷한 애트리뷰트들을 클러스터링한다. [11]에서 제안된 클러스터링 기법은 유사도가 낮은 애트리뷰트들도 하나의 클러스터에 포함될 수 있다. 그러나, 음악의 주제선율을 추출하기 위한 클러스터링 기법에서는 유사도가 낮은 선율들을 클러스터링할 필요가 없으므로 이를 제거하는 기능들이 추가되었다. [9]에서는 각 클러스터로부터 각 클러스터에 포함된 선율의 위치 및 유사도의 합을 고려하여 주제 선율을 추출한다.

그러나 본 연구에서는 추출된 주제 선율을 주제 선율 색인 구성을 위한 M-tree의 다차원 공간에 효과적으로 표현하기 위해 주제 선율 선정기준을 변경한다. 즉, 추출된 주제 선율이 클러스터에 포함된 모든 동기선율을 가장 잘 대표할 수 있도록 하기 위해 클러스터 내의 모든 동기선율을 다차원 공간에 표현할 때 중심에 가까운

선율이 해당 클러스터를 대표하는 주제 선율로 선택되도록 한다.

2.2 다차원 공간 색인 기법 M-tree

추출된 주제 선율로 주제 선율 색인을 구성하기 위해 다차원 공간 색인 기법[12,13,14]으로 널리 알려진 M-tree를 이용한다. M-tree는 $M=(D, d)$ 로 표현되며 D는 메트릭 공간, d는 메트릭 공간내의 거리 함수이다. 주제 선율 색인을 위한 메트릭 공간은 음악의 주요 특성인 음의 높이를 x축으로 음의 길이를 y축으로 사용한 2차원 공간이 되며, 거리 함수로는 삼각부등식을 만족하는 유클리드 거리 함수를 이용한다.

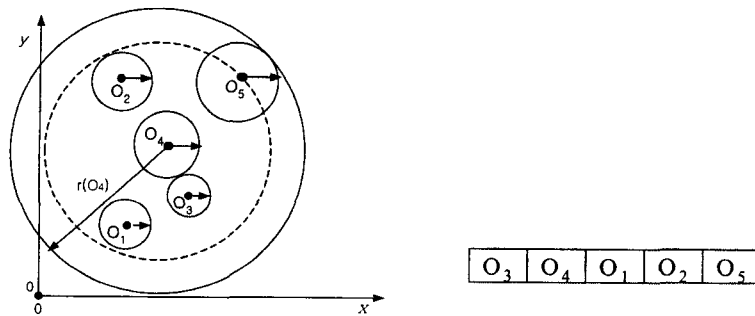
M-tree는 상향식(bottom-up) 구성에 따라 트리 높이의 균형을 이루는 장점과 거리 함수를 사용하여 객체를 색인하는 메트릭 트리(metric tree)의 장점을 결합한 형태이다. M-tree는 메트릭 공간의 영역에 대응하는 고정된 크기를 가지는, 즉 최대로 M개의 객체 정보를 저장할 수 있는 노드들로 구성된다. M-트리의 노드는 실제 데이터 객체를 저장하는 단말 노드와 루트 노드에서부터 해당 단말 노드로의 경로를 안내하기 위한 라우팅 객체를 저장하는 라우팅 노드로 구분된다. 그림 5는 라우팅 노드와 단말 노드에 저장되는 객체 정보의 구성을 요약하고 있다.

객체 종류	저장 정보	설명
라우팅 노드 객체	O_m $ptr(T(O_m))$ $r(O_m)$ $d(O_m, P(O_m))$	라우팅 객체의 특징 정보 $T(O_m)$ 의 루트를 가리키는 포인터 O_m 의 포함 반경 O_m 의 부모로부터 O_m 의 거리
단말 노드 객체	O_i $oid(O_i)$ $d(O_i, P(O_i))$	주제 선율의 특징 값 객체 식별자 O_i 의 부모로부터 O_i 까지의 거리

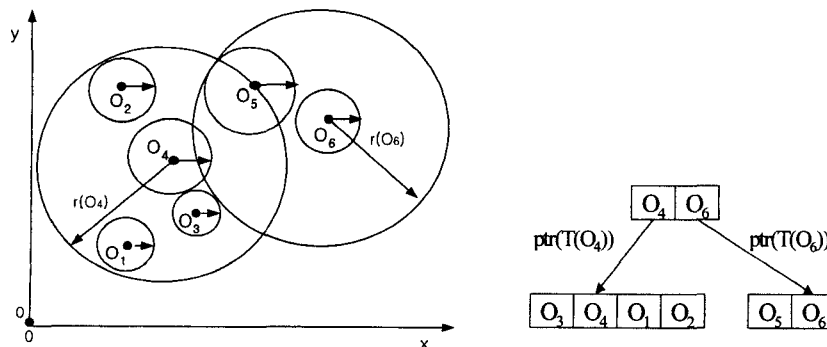
그림 5 라우팅 노드 객체와 단말 노드 객체 구성

M-tree에 새로운 음악 데이터의 주제 선율 객체 O_n 이 삽입되는 경우, M-tree로 구성된 색인의 삽입 알고리즘은 새로운 객체 O_n 을 적당한 단말 노드에 위치시키고 만일 해당 단말 노드의 객체 수가 최대 허용개수 M을 초과하게 되면 분할을 실시한다. M-tree의 객체 삽입 알고리즘에서 “가장 적당한” 단말 노드 결정은 포함 반경을 확대할 필요 없이 부트리 $T(O_i)$ 를 따라 내려오면서 트리의 각 레벨에서 반경을 감소시킴으로써 얻어진다. 이때, $d(O_i, O_n) > r(O_i)$ 인 라우팅 객체가 존재하지 않으면, $d(O_m, O_n) - r(O_m)$ 로 포함반경의 확대를 최소화하는 노드 O_m 을 선택한다.

그림 6은 M-tree에 새로운 객체가 삽입되는 과정을 예시한다. 그림 6(a), (b)에서 오른쪽 그림은 M-tree의 메트릭 공간내의 객체 위치를 표현하고 있으며 왼쪽 그



(a) 객체 O5까지 삽입된 경우의 M-tree 구성



(b) 객체 O6의 삽입으로 인한 노드 분할의 결과

그림 6 M-tree의 객체 삽입에 의한 분할 예(M=5인 경우)

림은 M-tree의 노드구성을 나타내고 있다. 본 예에서 한 노드에 저장할 수 있는 객체의 최대 수 M은 5라고 가정한다. 그림 6(a)는 현재 객체 O_3, O_4, O_1, O_2, O_5 가 삽입된 순서로 단말 노드이자 루트 라우팅 노드인 한 노드에 저장된 상태를 표현하고 있다. 그림 6(a)의 오른쪽 메트릭 공간 그림에서 파선으로 표시한 원은 객체 O_5 가 삽입되기 전의 모든 객체를 포함하기 위한 반경 크기를 표시한 것이고 실선으로 표시한 원은 객체 O_5 가 삽입됨으로써 확대된 포함 반경을 표시한 것이다. 그림 6(b)는 새로운 객체 O_6 가 삽입됨으로 인하여 단말 노드에 오버플로우가 발생하고 이를 해결하기 위해 노드 분할이 발생한 상황을 표현한 것이다. 오버플로우 해결은 모든 객체의 최소의 공간 점침으로 분할할 수 있도록 하고, 모든 객체를 가까운 라우팅 객체와 함께 저장하도록 노드 분할해야 한다. 분할시 각각의 노드에 저장될 객체의 수는 분할 정책에 따라 달라진다. 따라서 라우팅 객체 O_4 와 O_6 이 라우팅 객체로 선택하여 부모 노드로 프로모션 시키고 결과적으로 트리의 높이가 1 증가하는 경우를 예시하였다.

M-tree에서의 객체 검색은 질의 객체와 데이터 객체 사이의 거리를 기준으로 검색하며 이는 질의 객체와 근접한 k개의 객체를 검색하는 k-근접 질의(k-nearest neighbor query)와 질의 객체로부터 일정한 거리 내에 존재하는 모든 데이터 객체를 검색하는 범위 질의(range query)로 구분할 수 있다[12-14]. M-tree에서의 k-근접 질의를 처리하기 위한 탐색 알고리즘은 R-tree[15-17]에서 제안된 방법인 k-근접 질의 처리(branch-and-bound) 알고리즘을 사용한다. 즉, 검색을 위해 질의 객체 Q와 현 시점에서 k번째 가장 가까운 데이터 객체와의 검색 거리를 이용하여 다른 노드의 접근 여부를 판단하게 된다. 또한, 범위 질의(range

query)는 루트 라우팅 노드로부터 시작해 질의 객체와 라우팅 객체간의 거리가 주어진 질의 반경 $r(Q)$ 보다 작은 모든 라우팅 노드에 대해 재귀적으로 순회하여 데이터 객체들을 검색한다. 즉, 주어진 질의 객체 $Q \in D$, 최대 검색 거리 $r(Q)$ 에 대해 범위 질의 $range(Q, r(Q))$ 는 $d(O_i, Q) \leq r(Q)$ 를 만족하는 모든 색인된 데이터 객체 O_i 를 선택한다.

3. 주제 선율의 변화 패턴을 이용한 주제 선율 색인 구성

본 장에서는 먼저 주제 선율 색인을 이용하는 내용 기반 음악 정보 검색 시스템의 전체구조에 대해 설명하고 주제 선율 색인 구성방안에 대해 소개한다.

3.1 주제 선율 색인을 이용한 내용 기반 음악 정보 검색 시스템

주제 선율 색인을 이용하는 내용 기반 음악 정보 검색 시스템의 전체구조를 표시하면 그림 7과 같다.

사용자는 새로운 음악 정보를 데이터베이스에 등록하기 위해 인터넷을 통해 음악 미디어 화일을 업로드 한다. 검색 시스템 서버는 업로드된 음악 미디어 화일을 대상으로 그림 2의 절차에 따라 유사도 기반의 클러스터링을 실시한다. 각 클러스터로부터 중심점에 가까운 동기선율을 주제 선율로 선정하고 선정된 주제 선율을 M-tree의 메트릭 공간에 표현하기 위해 주제 선율의 변화 패턴 정보를 구성한다. 주제 선율을 M-tree의 메트릭 공간에 표현하여 주제 선율 색인을 구성하는 절차는 3.2절에서 자세하게 논의한다.

사용자는 원하는 음악을 검색하기 위해서 검색 인터페이스를 통해 질의 선율을 작성하여 서버로 제기한다. 서버에서는 등록절차에서 사용했던 같은 방법으로 질의 선율의 변화 패턴정보를 구성하고 이를 기준으로 M-

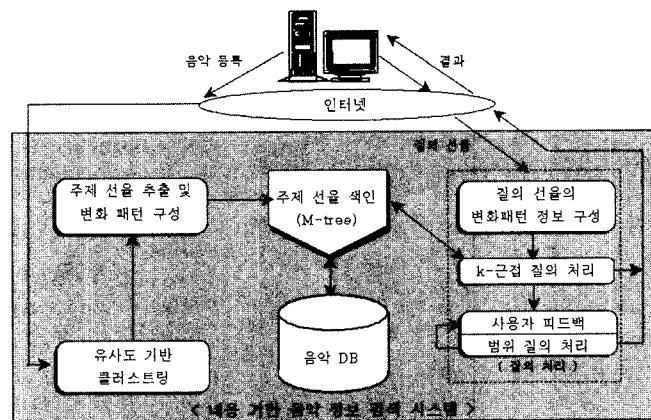


그림 7 내용 기반 음악 정보 검색 시스템의 구조

tree의 k-근접 질의 검색 알고리즘으로 k개의 유사한 주제 선율을 주제 선율 색인으로부터 검색한다. 검색 결과에 대해 사용자의 관련성 평가를 기준으로 검색 범위를 조절하여 M-tree의 범위 질의 검색 알고리즘으로 검색 결과를 확대한다. 이러한 사용자 관련성 피드백 과정은 사용자가 원하는 음악 정보를 얻을 때까지 반복적으로 수행된다. 주제 선율 색인을 이용한 음악 정보의 내용 기반 검색과정에 대해서는 4장에서 논의한다.

3.2 주제 선율의 변화 패턴 구성

주제 선율 색인을 위한 M-tree의 메트릭 공간은 음악의 대표적인 특성인 음의 길이와 높이를 각각 x축과 y축으로 이용하는 2차원 공간으로 구성된다. 따라서, 하나의 주제 선율은 주제 선율 색인의 2차원 메트릭 공간 내의 한 중심점 (x, y)와 주제 선율 객체의 크기를 표현하는 반경 r로 표현된다. 주제 선율을 위한 중심점의 x 값과 y 값은 각각 주제 선율의 평균 길이 변화량(l)과 평균 높이 변화량(p)으로 구성하고 반경 r은 주제 선율을 포함하는 클러스터 내에서 선정된 주제 선율과 다른 동기선율들과의 거리 값들 중에서 최대 값으로 구성한다. 즉, 동기선율 v(l_v, p_v), u(l_u, p_u) 사이의 거리는 식 (3)으로 계산되어지며 a(l_a, p_a), b(l_b, p_b), c(l_c, p_c), ..., t(l_t, p_t)를 포함하고 클러스터에서 주제 선율로 t(l_t, p_t)가 선정되었다고 가정하면 주제 선율의 반경 r_t는 식 (4)에 의해 주제선율 t와 다른 선율들 간의 거리 중에서 최대 값인 r_{max}로 정의된다.

$$d(v, u) = \sqrt{|l_v - l_u|^2 + |p_v - p_u|^2} \quad (3)$$

$$r_{max} = \text{Max}(d(t, a), d(t, b), d(t, c), \dots) \quad (4)$$

주제 선율의 평균 높이 변화량과 평균 길이 변화량을 구성하기 위해 각 음표의 높이 값은 미디 파일내의 음표 높이 값을 이용하며 음표의 길이 값은 표 1과 같이 정의된 길이 값을 이용한다. 표 1의 길이 값은 음음표에 대한 상대적인 길이 값의 역수로 정의하였다. 예를 들면, 음음표와 비교하여 상대적으로 1/4의 길이를 갖는 4분음표의 길이 값은 1/(1/4) = 4로 표현된다.

주제 선율의 평균 길이 변화량 l을 구성하기 위해서는

식 (5)가 이용된다. 주제 선율의 평균 길이 변화량은 기본적으로 주제 선율에 포함된 음표의 길이 변화량의 합을 구하고 음표의 개수로 나누어 구한 평균값이다. 각 음표에 대한 길이 변화는 주제 선율을 포함한 음악의 박자에 따라 길이의 의미가 달라지며 연속적인 음표의 길이 변화 패턴이 음악 청취자에게 음악의 특색으로 인식될 수 있기 때문에 식 (5)에서는 주제 선율의 평균 길이 변화량을 구하기 위해 박자(n/m)의 분모 값 m과 음표들의 길이 값 (l_i)의 차 |m - l_i|의 평균값과 연속적인 음표에 대한 길이의 차 |l_{i+1} - l_i|의 평균값을 더하여 산술평균을 구한다.

$$l = ((\sum_{i=1}^k |m - l_i|) / k + (\sum_{i=1}^{k-1} |l_{i+1} - l_i|) / (k-1)) / 2 \quad (5)$$















주제 선율의 평균 높이 변화량 p를 구성하기 위해서는 식 (6)이 이용되며 이는 주제 선율의 평균 길이 변화량을 구하는 과정과 유사하다. 다만, 주제 선율의 평균 높이 변화량을 계산하기 위해서는 박자정보 대신에 선율의 첫 음표를 기준으로 사용하였으며 이는 첫 음을 기준으로 이후의 음들이 어느 정도의 높이로 변화했는가를 표시하기 위함이다.

$$p = (\sum_{i=1}^{k-1} (|p_1 - p_{i+1}| + |p_{i+1} - p_i|) / 2) / (k-1) \quad (6)$$

주제 선율 색인을 구성하기 위해 평균 길이 변화량과 평균 높이 변화량을 이용하여 M-tree의 메트릭 공간에 표시하면 서로 다른 주제 선율 패턴임에도 불구하고 같은 평균 길이 변화량과 평균 높이 변화량을 갖게 되어 검색결과에 포함될 수도 있다. 따라서 검색의 정확도를 증진하기 위해 주제 선율 색인의 단말 노드에 저장되는 각 주제 선율마다 부가적으로 음 길이의 변화 패턴을 요약한 길이 시그니처와 음 높이의 변화 패턴을 요약한 높이 시그니처를 함께 저장하고 검색 단계에서 이를 이용하여 질의 선율의 시그니처들과 다른 값을 가지는 주제 선율에 대해서는 낮은 순위가 부여되도록 한다.

그럼 8은 주제 선율의 길이 시그니처와 높이 시그니

표 1 음표와 쉼표의 길이 값

Index	0	1	2	3	4	5	6
Note							
Rest							
Value (2 ^{Index})	1	2	4	8	16	32	64

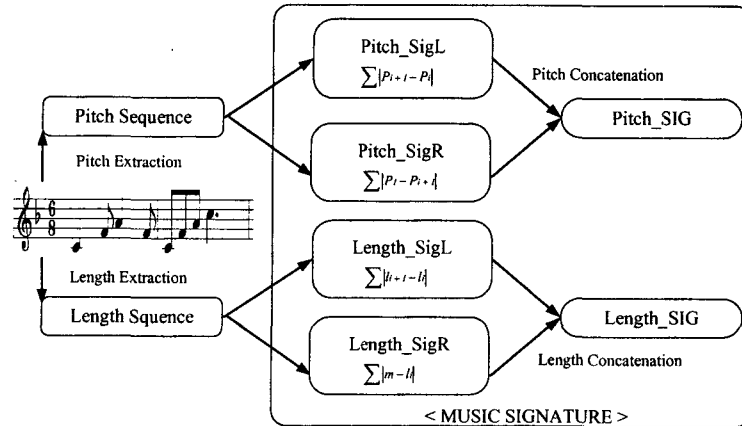


그림 8 주제 선율 시그니처의 구성



그림 9 동요 “나비 나비 흰나비”의 악보

치를 구성하는 과정을 설명하고 있다. 그림 8에 따르면 주제 선율의 길이 시그니처와 높이 시그니처는 각각 평균 길이 변화량과 평균 높이 변화량을 구하는 과정에서 구성될 수 있음을 알 수 있다.

3.3 주제 선율 색인 구성의 예

주제 선율 색인의 구성 예를 설명하기 위해 그림 9와 같이 8개의 동기로 구분되는 동요 “나비 나비 흰나비”를 이용한다.

동요 “나비 나비 흰나비”는 [9]의 유사도에 근거한 클러스터링 알고리즘에 따라 2개의 동기선율 그룹 (1,3,7)과 (2,4,8)로 클러스터링된다. 각 클러스터에 포함된 동기선율에 대해 길이 시그니처와 높이 시그니처를 구성하고 이를 이용하여 평균 길이 변화량과 평균 높이 변화량을 구하면 표 2와 같다.

각 클러스터에서 중심에 위치한 동기선율을 택하면 (1,3,7) 그룹에서는 모두 같은 값을 가지므로 동기선율의

표 2 동요 “나비 나비 흰나비”의 주제 선율 색인 구성

Index Motif	Pitch_SigL $\sum P_{i+1} - P_i $	Pitch_SigR $\sum P_i - P_{i+1} $	Length_SigL $\sum l_{i+1} - l_i $	Length_SigR $\sum m - l_i $	Average Pitch Variation	Average length Variation	Number of note
1동기	30	45	17	13	5.357	4.054	8
3동기	30	45	17	13	5.357	4.054	8
7동기	30	45	17	13	5.357	4.054	8
8동기	23	56	17	13	5.643	4.054	8
4동기	23	56	17	13	5.643	4.054	8
2동기	25	53	17	13	5.571	4.054	8

위치를 고려하여 첫 번째 동기가 선택되고(2,4,8) 그룹에서는 중심에 위치한 8번 동기가 주제 선율로 선택된다. 각 그룹에서 주제 선율로부터 나머지 동기선율로의 거리를 식 (3)에 의해 계산하고 식 (4)에 의해 주제 선율 객체의 반경을 계산하면, 첫 번째 주제 선율의 반경 r_1 은 0이 되고 여덟 번째 주제 선율의 반경 r_8 은 0.072가 된다.

따라서 동요 "나비 나비 흰나비"를 음악 데이터베이스에 등록하면 주제 선율 색인에 첫 번째 동기와 여덟 번째 동기가 주제 선율로 추출되고 주제 선율 색인의 2차원 매트릭 공간에 그림 10과 같이 표현된다.

음악 종류에 다양한 300곡을 대상으로 주제 선율 색인을 구성하여 2차원 매트릭 공간에서 점으로 표시하면 전체 동기의 개수는 1987개이고, 추출된 주제 선율의 개수는 682개이다. 따라서 전체 동기선율로 색인을 구성하는 경우보다 67% 적은 양으로 음악 데이터베이스를 위한 주제 선율 색인을 구성할 수 있음을 알 수 있다. 실제로 M-tree의 한 노드의 크기를 1024바이트라고 가정하였을 때 한 노드에 최대 저장되는 주제 선율 객체의 최대 수(M)는 19가 되었고, 682개의 주제 선율로 주제 선율 색인을 구성하면 1개의 루트 라우팅 노드와 44개의 단말 노드로 구성된 M-tree가 생성되었다. 같은 환경에서 300곡의 전체 동기선율 1987개를 대상으로

M-tree를 구성하면 루트 라우팅 노드 1개, 깊이 1의 라우팅 노드 71개, 그리고 단말 노드 198개로 구성되었다. 그림 11에서와 같이 전체 색인을 구성할 때 보다 주제 선율 색인을 구성할 때의 디스크 읽기 비용은 2.96배를 절약하는 장점을 가지며 검색 시 수행하는 거리 연산 비용도 2.29배를 줄일 수 있다. 따라서 주제 선율 색인을 구성하여 내용 기반 음악 정보 검색을 실시하는 경우가 전체 동기 선율을 색인으로 구성하는 경우보다 적은 디스크 액세스 횟수를 필요로 하고 연산 속도 또한 증진시켜 효율적인 검색을 지원한다.

본 연구에서는 인위적으로 '나비 나비 흰나비'의 곡을 전체적으로 음높이를 변형 유사한 곡을 다수 만들어 음악 데이터베이스에 등록시키고 질의를 수행하여 주어진 질의와 유사한 곡들이 검색되는가를 알아보기 위한 실험을 실행하여 검색 기법의 재현율과 정확율을 조사하였다. 주제 선율을 이용하는 검색 기법의 재현율과 정확율을 조사하기 위해 동요 '나비 나비 흰나비'의 각 동기를 질의 선율로 하여 총 8번의 실험 결과의 평균값으로 재현율과 정확율을 구하였다. 실험을 통해 구한 재현율과 정확율 그래프는 그림 12와 같다. 또한 실험을 통해 주제 선율을 이용한 질의 검색 결과에서는 높은 정확율을 갖는 반면에 비주제선율을 이용한 질의 검색에서는 상대적으로 낮은 정확율을 보임을 알 수 있었다.

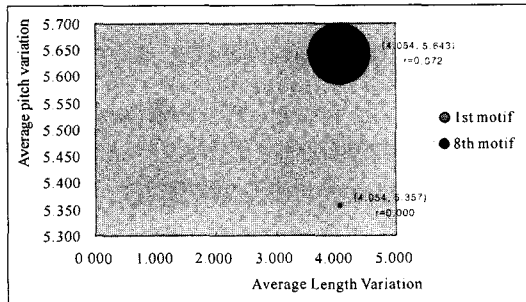


그림 10 "나비 나비 흰나비"의 주제 선율 색인

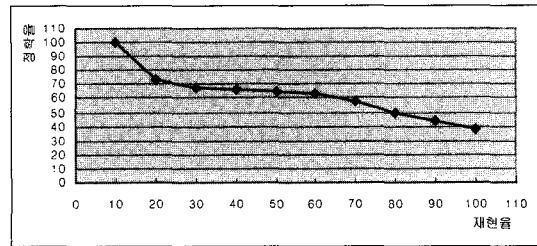


그림 12 주제 선율 기반 음악 검색 시스템의 재현율과 정확율

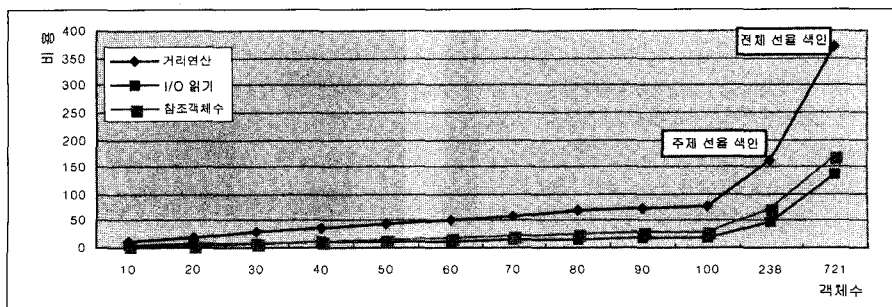


그림 11 M-tree의 선율 객체 증가에 의한 색인 비용

4. 주제 선을 색인을 이용한 내용 기반 음악 정보 검색

본 장에서는 주제 선을 색인을 이용한 내용 기반 음악 정보 검색 시스템에서의 사용자 질의 처리 과정에 대해서 논의한다.

4.1 질의 선율에 대한 주제 선을 색인검색 및 순위 부여

사용자는 원하는 음악 정보를 검색하기 위해 질의 인터페이스를 이용하여 질의 선율을 작성한다. 궁극적으로는 사용자가 흥얼거리는 입력으로부터 질의 선율을 구성해야 하지만 이를 위해서는 음성 처리 및 인식 기술이 필요하기 때문에 본 논문에서는 그림 13과 같은 질의 인터페이스에서 질의 선율을 악보로 구성하도록 하였다. 사용자가 작성한 질의 선율에는 질의 선율의 박자, 장조, 그리고 길이와 높이를 갖는 음표들의 시퀀스로 구성되며 사용자가 구하고자 하는 음악 정보의 예상 개수 k를 포함하도록 하였다. 그림 13은 주제 선을 색인에 포함된 동요 "나비 나비 흰나비"의 첫 번째 동기를 질의 선율로 작성하고 예상 결과 수 k를 3으로 선택한 경우이다.

질의 선율의 변화 패턴 정보를 구성하기 위해 제공된 질의 선율로부터 그림 14와 같이 박자, 음표의 개수 및 각 음표의 높이 값 및 길이 값을 추출하고 그림 8에서 설명한 절차에 따라 질의 선율의 길이 시그니처의 각각 왼쪽과 오른쪽을 의미하는 LSL과 LSR, 높이 시그니처의 각각 왼쪽과 오른쪽을 의미하는 PSL과 PSR, 그리고 평균 길이 변화량과 평균 높이 변화량을 구성한다. 질의 선율의 평균 길이 변화량과 평균 높이 변화량은 주제 선을 색인으로부터 유사한 변화 패턴을 갖는 주제 선을 찾기 위해서 사용되며, 길이 시그니처와 높이 시그니처 그리고 박자 정보는 검색의 정확성을 증진하기 위한 용도로 이용된다.

주제 선을 색인으로부터 사용자가 작성한 주제 선율의 변화 패턴 정보를 이용하여 유사한 주제 선을 정보를 검색하기 위해 사용자의 결과 예상 개수(k)에 대한 M-tree의 k-근접 질의 검색을 수행한다. 근접 질의 ([16,17])란, 사용자가 질의로 제기된 질의 선율에 가장 가까운 k 개의 유사한 주제 선율을 주제 선을 색인으로부터 검색하는 것을 의미한다. 따라서 주제 선을 색인으로부터 평균 길이 변화량과 평균 높이 변화량을 기준으로 유사성을 갖는 주제 선을 k개를 1차 검색 결과로 받게 된다. 검색된 1차 결과에는 질의 선율과 평균 길이 변화량과 평균 높이 변화량이 유사한 주제 선율이 포함되기 때문에 이들 중에는 평균변화량은 유사하지만 실제로 선율의 패턴이 질의 선율과 확연하게 다른 주제 선율들도 포함되어질 수 있다. 이러한 결과에 대해서는

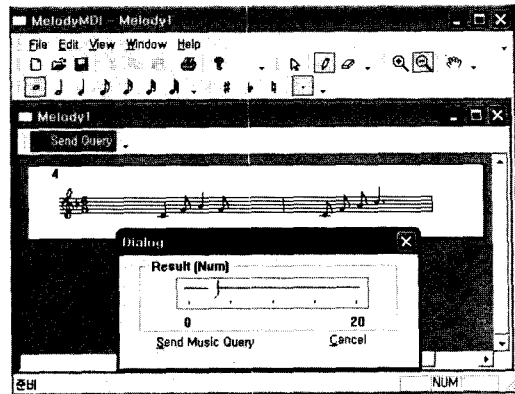


그림 13 사용자 질의 인터페이스

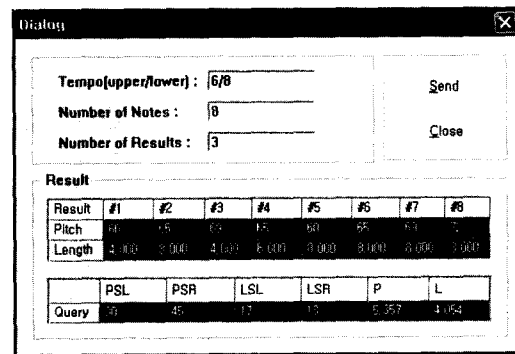


그림 14 질의 선율의 변화 패턴 정보 구성

낮은 순위를 부여하기 위해 선율의 변화 패턴을 요약한 길이 시그니처와 높이 시그니처, 그리고 박자 정보를 이용하여 순위 부여를 한다. 순위 부여의 기본 알고리즘은 질의 선율의 시그니처와 검색된 주제 선율의 시그니처의 차이의 합을 이용하고 같은 차이 합인 경우에는 같은 박자를 갖는 주제 선율에게는 높은 우선 순위를 부여한다.

그림 15는 그림 13과 같이 사용자가 동요 '나비 나비 흰나비'의 첫 번째 동기로 질의 선율을 작성하고 예상 결과의 수 k를 3으로 설정한 경우에 대해 1차 검색된 결과이다. 1차 검색의 결과에는 주제 선율의 2차원 매트릭 공간 내에서 유클리드 거리 함수를 이용하여 판단하였을 때 질의 선율의 좌표(4.054, 5.357)과 근거리에 위치한 k개의 주제 선율이 질의와의 거리를 기준으로 정렬되어 포함된다. 그림 15의 1차 검색 결과에는 질의 선율과 거리가 0인 동요 '나비 나비 흰나비'의 첫 번째 동기 주제 선율, '리듬악기 노래'의 첫 번째 동기 주제 선율(질의 선율과의 거리 0.156), '나비 나비 흰나비'의 여덟 번째 동기 주제 선율(질의 선율과의 거리 0.286)이

Name	L-VALUE	P-VALUE	Pitch_SigL	Pitch_SigR	Length_SigL	Length_SigR	rMin	rMax	Max Dist	Node Type
1 나비나비흰나비8-6.1	4.054	5.357	36	45	17	13	0.000	0.000	1.129	Normal
2 리듬악기노래4-4.1	3.900	5.333	26	70	18	19	0.156	0.156	1.085	Normal
3 나비나비흰나비8-6.8	4.054	5.643	23	56	17	13	0.286	0.286	1.410	Normal

그림 15 k-근접 질의 검색의 결과

질의(Q)	거리	악보
나비나비흰나비8-6.1	0.000	[Musical Notation]
리듬악기노래4-4.1	0.156	[Musical Notation]
나비나비흰나비8-6.8	0.286	[Musical Notation]

그림 16 k-근접 질의 검색 결과의 악보

	거리	PSL	PSR	LSL	LSR	시그니처 차의 합	순위 부여
질의(Q)		30	45	17	13		
나비나비흰나비8-6.1	0.000	30	45	17	13	0	①
리듬악기노래4-4.1	0.156	26	70	18	19	36	③
나비나비흰나비8-6.8	0.286	23	56	17	13	18	②

그림 17 선율의 변화 패턴을 반영한 순위 부여 결과

포함된다.

1차 검색된 결과의 주제 선율들을 악보로 표시하면 그림 16과 같다. 그림 16에 의하면 동요 '리듬악기 노래'의 첫 번째 동기 주제 선율은 평균변화량을 기준으로 판단하면 주어진 질의 선율과 가까운 거리(0.156)에 위치하지만 악보 상으로는 질의 선율과 확연하게 다른 선율의 변화 패턴을 갖으며 박자도 다른 것을 알 수 있다. 따라서 1차 검색결과와 정확도를 높여 사용자의 만족도를 증진시키기 위해 선율의 변화 패턴과 박자를 기준으로 순위 부여를 새롭게 한다.

1차 검색 결과에 대한 순위 부여는 선율의 변화 패턴 정보를 요약한 길이 시그니처, 높이 시그니처, 그리고 박자 정보를 기준으로 한다. 먼저 질의 선율의 시그니처와 검색결과 선율의 시그니처와의 차의 합을 계산하여 합이 작은 주제 선율은 전체적으로 변화 패턴이 유사함을 의미하므로 순위를 높게 하며 합이 큰 선율은 다른 변화 패턴을 가짐을 의미하므로 낮은 순위를 부여한다. 만일, 검색 결과 내에 같은 차의 합을 가지는 선율이 2개 이상 존재하면 그들 사이의 순위는 음악의 박자 정보를 기준으로 결정한다. 즉, 동일한 박자를 가지는 검색 결과가 높은 순위를 가지며, 다른 박자를 갖는 경우에는 박자 변환의 정도에 따라 우선순위를 부여한다. 그림 17은 그림 15의 1차 검색 결과에 대해 시그니처의 차의 합에 따라 새롭게 순위 부여를 한 결과이다. 그림 16에 따르면 동요 '리듬악기 노래'는 질의 선율과 근거리에 위치하였지만(거리 = 0.156), 선율의 변화 패턴을 요약한 길이 시그니처 LSL과 LSR, 높이 시그니처 PSL

과 PSR을 이용하여 질의 선율의 LSL, LSR, PSL, PSR과의 차이를 각각 구하여 합을 구하면 다른 주제 선율에 비교하여 시그니처 차의 합이 제일 크므로 낮은 순위를 부여하였다. 반면에 동요 '나비 나비 흰나비'의 8 번째 동기 주제 선율은 거리는 상대적으로 '리듬악기 노래'의 첫 번째 동기 주제 선율보다 멀지만 시그니처 차의 합이 작으므로 그보다는 높은 순위를 부여했다. 이러한 순위 부여의 타당성은 그림 16의 악보로 판단할 수 있다.

순위 부여의 최종 결과에 따라 사용자에게 제공되는 결과는 그림 18과 같다. 그림 18에서는 질의 선율과의 거리에 의해 정렬되지 않고 시그니처 차의 합과 박자에 따라 새롭게 순위 부여한 순서로 정렬되어 사용자에게 결과가 제공된다. 제공된 결과에서 사용자가 원하는 정보를 선택하여 해당 주제 선율을 포함한 음악 정보의 전체 악보를 보거나 곡 듣기를 하여 사용자 질의에 대한 관련성 정도를 표시할 수 있다. 이러한 사용자 관련성 평가는 사용자 관련성 피드백 단계에서 질의의 정확성을 증진하기 위한 새로운 질의로 사용될 수 있다.

4.2 검색의 정확성 증진을 위한 사용자 관련성 피드백

내용 기반 음악 정보 검색 시스템에서 사용자의 질의는 사용자가 원하는 정보를 정확하게 표현하지 못할 수도 있다. 따라서 본 연구에서는 사용자 질의 선율로부터 k-근접 질의 검색을 실시한 결과에 대한 사용자의 관련성 평가를 받아 검색결과와 정확성 증진을 위한 사용자 만족도를 높이기 위해 사용자 관련성 피드백 과정을 실시한다. 사용자 관련성 피드백은 사용자가 검색 결과로

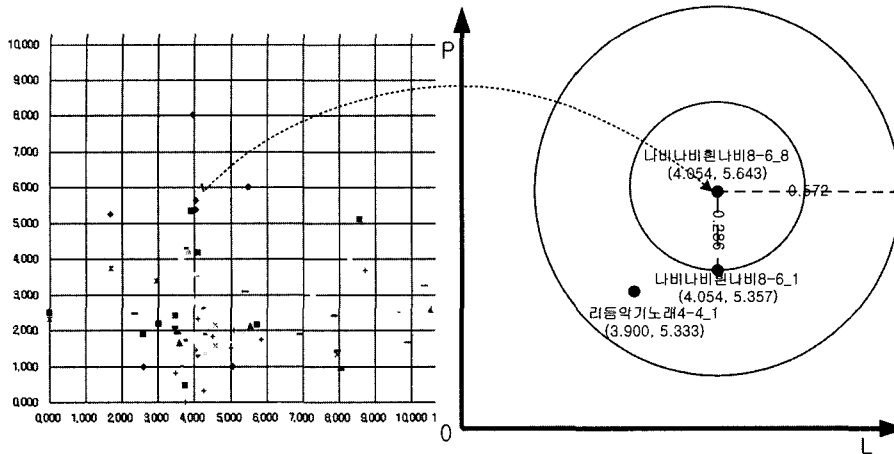


그림 19 사용자 만족도에 따른 범위 질의의 검색 반경 변화

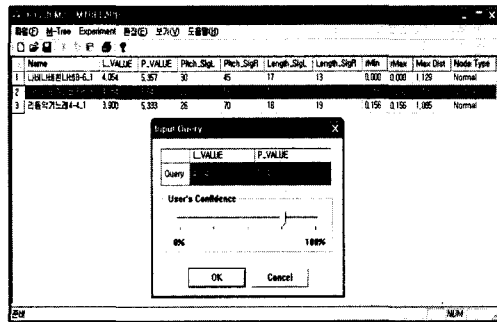


그림 18 순위 부여후의 최종 결과 및 사용자 관련성 선택 화면

부터 선택한 주제 선율을 새로운 질의 선율로 사용하고 그에 대한 확신도에 따라 검색 범위를 확대하거나 축소하며 M-tree에 대한 범위 질의를 반복적으로 실시하여 검색 결과에 대한 사용자의 만족도를 증진하기 위한 과정이다. 범위 질의는 주어진 새로운 질의를 표시하는 점 (l_q, p_q) 와 검색 범위를 표시한 반경 r_q 로 표현된다. 여기서 l_q 와 p_q 는 각각 사용자가 선택한 관련 주제 선율의 평균 길이 변화량과 평균 높이 변화량이 되며 반경 r_q 는 원래의 질의와 검색 주제 선율사이의 거리 r_s 를 식 (7)에 따라 사용자 확신도를 반영하여 확대 또는 축소된 새로운 반경이 된다. 식 (7)에 의하면 사용자 확신도가 100이면 검색 반경을 0으로 축소한 점 질의가 되며, 사용자 확신도를 50%라고 하면 원래의 반경 r_s 로 한 새로운 범위 질의, 사용자 확신도가 0이면 원래의 반경 r_s 를 2배로 확대한 새로운 반경을 갖는 범위 질의가 된다.

$$r_q = r_s \times (1 - \frac{c-50}{50}) \quad (7)$$

사용자 확신도에 따른 범위 질의의 포함 관계를 2차

원 그림으로 표현하면 그림 18과 같다. 만일 그림 18의 1차 검색 결과에서 사용자가 두 번째의 동요 '나비 나비 흰나비'의 8번째 동기 주제 선율을 가장 관련성이 높은 검색 결과라고 선택한다면 새로운 질의 선율의 평균 길이 변화량과 평균 높이 변화량은 각각 4.054와 5.643이 된다. 이때 사용자가 확신도를 0%라고 하면 새로운 반경은 식 (7)에 의해 기존의 거리 0.286의 2배 크기인 0.572가 되며 이는 중심점 (4.054, 5.643)과 반경 0.572를 갖는 새로운 범위 질의가 되어 그림 19에서 제일 외곽의 원내에 포함되는 모든 주제 선율이 검색된다. 만일, 사용자가 50%의 확신도로 재 검색을 실시하였다면 그림 19에서 보이는 바와 같이 중간 크기의 원안에 포함되는 동요 '나비 나비 흰나비'의 8번째 동기 주제 선율과 1번째의 동기 주제 선율만이 검색된다. 그러나 사용자가 확신도를 100%로 설정한다면 새로운 반경으로 0을 갖는 점 질의가 되고 실행결과로는 해당 주제 선율, 즉 동요 '나비 나비 흰나비'의 8번째 동기 주제 선율만이 재 검색된다. 이는 사용자가 100%의 확신도로 질의를 검색하였기 때문에 범위 질의의 반경이 0으로 감소된 결과이다. 이러한 과정의 사용자 관련성 피드백은 사용자가 원하는 곡을 정확하게 찾을 때까지 반복적으로 수행되어 검색 결과에 대한 사용자의 만족도를 증진하게 된다.

5. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서는 내용 기반 음악 정보 검색 시스템의 검색 속도를 증진하기 위해 음악을 대표할 수 있는 주제 선율을 자동으로 추출하여 주제 선율 색인을 구성하고, 사용자 질의 선율을 내용 기반 검색하기 위해 음악 데이터베이스내의 모든 곡의 전체선율에 대해 검색하는 대신에 주제 선율 색인으로부터 유사한 주제 선율을 검

색하도록 하는 주제 선율 색인 및 검색 기법을 제안하였다. 제안된 색인 기법에서는 주제 선율의 변화 패턴을 평균 길이 변화량과 평균 높이 변화량으로 표현하여 주제 선율 색인의 2차원 메트릭 공간 안의 한 점으로 표현하였으며 주제 선율을 포함하고 있는 클러스터의 크기로 주제 선율의 반경을 결정하였다. 또한, 서로 다른 패턴의 선율들이 같은 평균 변화량 값을 갖게 되어 검색 결과에 높은 순위로 포함되는 경우를 줄이기 위해 주제 선율의 변화 패턴을 요약한 길이 시그니처와 높이 시그니처를 함께 색인하여 검색단계에서 이를 이용한 순위 부여를 함으로써 검색의 정확도를 증진하도록 하였다. 또한, 검색의 정확도를 증진하기 위한 일환으로 검색결과에 대한 사용자의 관련성 판단 정보를 바탕으로 검색 범위를 확대 또는 축소하여 사용자가 원하는 정확한 음악 정보를 검색할 수 있도록 지원하는 사용자 관련성 피드백 과정을 포함하였다.

본 논문에서는 제안된 주제 선율 색인 및 검색 기법의 타당성을 입증하기 위해 300곡으로 실험하였다. 먼저, 색인의 크기를 비교하면 주제 선율 색인이 전체선율 색인보다 67% 감소된 색인 항목을 가지며 한 노드의 크기를 1K라고 가정하였을 때 구성된 M-tree의 높이 차이가 1이었다. 이러한 높이 차이는 더 많은 음악 정보를 음악데이터베이스에 포함시키면 그 차이는 더욱 커지게 되며 이에 따라 검색을 위한 사용자 응답 시간의 차이도 높아질 것이다. 또한, 검색 과정의 순위 부여 및 사용자 관련성 피드백 과정을 통하여 사용자 질의 선율에 대한 정확한 결과를 검색할 수 있음을 설명하였다. 그러나 본 시스템의 문제점으로는 주제 선율에 포함되지 않는 선율로 질의 선율을 작성한 경우에는 정확한 검색 결과를 얻기 위해서 여러 번의 사용자 관련성 피드백을 실시해야 하는 문제점을 갖고 있다. 따라서 향후 연구로는 주제 선율에 포함되지 않는 선율로 질의 검색을 하는 경우까지도 효율적으로 지원할 수 있는 주제 선율 색인 구성 및 검색 기법으로의 확장이 필요하다.

참 고 문 헌

[1] A. Ghias, J. Logan, D. Chamberlin, and B. C. Smith, "Query By Humming Musical Information Retrieval in an Audio Database," ACM Multimedia, 1995.
 [2] R. J. McNab, L. A. Smith, I. H. Witten, C. L. Henderson and, S. J. Cunningham, "Towards the Digital Music Library: Tune Retrieval from Acoustic Input," Digital Libraries, 1996.
 [3] K. Andreas, "Themefinder: A Web-based Melodic Search Tool," Melodic Similarity: Concepts, Procedures and Applications, Computing in Musicology, 1998.

[4] 이병욱, 백기풍, 3번만 읽으면 누구나 작곡할 수 있다, 도서출판 작은 우리, 1989.
 [5] Jeong-Gyu Jee, and Heysock Oh, "Design and Implementation of Music Information Retrieval System using Melodies," The Korea Information Processing Society, 1998.
 [6] S. Wu, and U. Manber, "Fast text searching allowing errors," Communications of the ACM , 1992.
 [7] E. W. Large and C. Palmer and J. B. Pollack, "Reduced Memory Representations for Music", Cognitive Science, 1995.
 [8] C. Liu, J. Hsu, and A. L. P. Chen, "Efficient Theme and Non-trivial Repeating Pattern Discovering in Music Databases," The Proceedings of the 15th International Conference on Data Engineering, 1999.
 [9] Yong-Kyoon Kang, Kyong-I Ku, and Yoo-Sung Kim, "Extracting Theme Melodies by Using a Graphical Clustering Algorithm for Content-based Music Information Retrieval," Lecture Notes in Computer Science, Springer-Verlag, 2001.
 [10] Jong-Sik Mo, Chang-Ho Han, and Yoo-Sung Kim, "A Similarity Computation Algorithm for MIDI Musical Information," IEEE Knowledge and Data Engineering Exchange Workshop, 1999.
 [11] S. B. Navathe and M. Ra, "Vertical Partitioning for Database Desing: A Graphical Algorithm," ACM SIGMOD, 1989.
 [12] P. Zezula, P. Ciaccia, and F. Rabitti., "M-tree: a dynamic index for smilarity queries n multimedia databases," Technical Report &, HERMES ESPRIT LTR Project, 1996.
 [13] P. Ciaccia, M. Patella, F. Rabitti., and P. Zezula, "Indexing metric Spaces with M-tree," ACM Transaction, 1999.
 [14] P. Ciaccia, M. Patella, and P. Zezula, "M-tree: An Efficient Access Method for Similarity Search in metric Spaces," VLDB, 1997.
 [15] A. Guttman., "R-trees: A dynamic index structure for spatial searching," ACM SIGMOD, 1984.
 [16] S. Berchtold, C. Bohm, D. A. Keim, and H. Kriegel, "A cost model for nearest neighbor search in high-dimensional data space," ACM SIGACT-SIGMOD-SIGART PODS, 1997.
 [17] N. Roussopoulos, S. Kelley, and F. Vincent. "Nearest neighbor queries," ACM SIGMOD, 1995.



구 경 이

1997년 인하대학교 전자계산공학과(공학사). 1999년 인하대학교 전자계산공학과 대학원(공학석사). 2000년~현재 인하대학교 전자계산공학과 박사과정. 관심분야는 이동 데이터베이스, 멀티미디어 정보 검색



신 창 환

2001년 목원대학교 전자계산공학과(공학사). 2003년 인하대학교 정보통신전문대학원(공학석사). 관심분야는 멀티미디어 데이터베이스, 멀티미디어 정보 검색



김 유 성

1986년 인하대학교 전자계산공학과(이학사). 1988년 한국과학기술원 전산학과(공학석사). 1992년 한국과학기술원 전산학과(공학박사). 1992년~현재 인하대학교 정보통신공학부 부교수. 관심분야는 멀티미디어 정보검색, 이동 데이터베이스, XML

스, XML