

ECoMOT : 비디오 데이터내의 이동체의 궤적을 이용한 효율적인 내용 기반 멀티미디어 정보검색 시스템

심 춘 보[†] · 장 재 우^{**} · 신 용 원^{***} · 박 병 래^{****}

요 약

이동체는 시간의 흐름에 따라 공간적인 위치, 모양, 크기등과 같은 다양한 속성들이 변화하며, 이러한 이동체는 시간과 공간적인 특성을 모두 가지고 있는 비디오 데이터의 중요한 특징정보에 해당한다. 본 논문에서는 멀티미디어 데이터 중에서도 특히 비디오 데이터내의 이동체의 궤적 정보를 이용하여 보다 효율적인 비디오 데이터 자체의 내용을 기반으로 하는 멀티미디어 정보검색 시스템인 ECoMOT(Efficient Content-based Multimedia Information Retrieval System using Moving Objects' Trajectories)을 제안한다. ECoMOT 시스템은 비디오 데이터내의 이동체의 궤적을 토대로 내용 기반 검색을 지원하기 위해 다음과 같은 기법을 포함한다. : (1) 다수의 이동체들의 궤적 정보를 모델링하기 위한 다중 궤적(multiple trajectory) 모델링 기법; (2) 다수의 이동체들로 구성된 주어진 두 궤적들 간의 유사도를 측정하여 유사성이 높은 순으로 검색할 수 있는 다중 궤적 기반 유사 궤적 검색 기법; (3) 대용량 궤적 데이터에서 원하는 궤적을 빠르게 검색할 수 있는 중첩 시그니처-기반 궤적 색인 기법(superimposed signature-based trajectory indexing technique); (4) 그래픽 인터페이스를 이용한 편리한 이동체의 궤적 추출과 질의 생성 및 검색 인터페이스.

ECoMOT : An Efficient Content-based Multimedia Information Retrieval System Using Moving Objects' Trajectories in Video Data

Choon-Bo Shim[†] · Jae-Woo Chang^{**} · Yong-Won Shin^{***} · Byung-Rae Park^{****}

ABSTRACT

A moving object has a various features that its spatial location, shape, and size are changed as time goes. In addition, the moving object has both temporal feature and spatial feature. It is one of the highly interested feature information in video data. In this paper, we propose an efficient content-based multimedia information retrieval system, so called ECoMOT which enables user to retrieve video data by using a trajectory information of moving objects in video data. The ECoMOT includes several novel techniques to achieve content-based retrieval using moving objects' trajectories : (1) Multiple trajectory modeling technique to model the multiple trajectories composed of several moving objects; (2) Multiple similar trajectory retrieval technique to retrieve more similar trajectories by measuring similarity between a given two trajectories composed of several moving objects; (3) Superimposed signature-based trajectory indexing technique to effectively search corresponding trajectories from a large trajectory databases; (4) convenient trajectory extraction, query generation, and retrieval interface based on graphic user interface

키워드 : 내용 기반 멀티미디어 정보검색(Content-based Multimedia Information Retrieval), 다중궤적 모델링(Multiple Trajectories Modeling), 다중 궤적 기반 유사 부분 궤적 검색(Multiple Similar Sub-Trajectory Retrieval), 중첩 시그니처-기반 궤적 색인 기법(Superimposed Signature-based Trajectory Indexing Technique)

1. 서 론

컴퓨터 기술의 발달, 유무선 네트워크 발전, 그리고 인터넷의 급속한 확산으로 일반 사용자들조차 이미지, 오디오,

비디오 등과 같은 멀티미디어 데이터에 대한 활용이 증가하고 있다. 또한 과거에는 수행 시간과 저장 공간의 제약으로 인해 제한적으로 이용되었던 응용 분야가 최근에 들어 원격 진료 및 교육, 디지털 도서관, 분산 CAD/CAM, 지리정보시스템(GIS) 등과 같은 다양한 분야[1, 2]에 걸쳐 광범위하게 적용되고 있다. 특히 멀티미디어 데이터 중에서도 비디오 데이터는 다른 미디어에 비해 많은 관심을 보이고 있어 활발한 연구가 진행 중이다.

[†] 정 회 원 : 순천대학교 정보통신공학부 교수
^{**} 종신회원 : 전북대학교 전자정보공학부 교수
^{***} 정 회 원 : 부산가톨릭대학교 병원경영학과 교수
^{****} 정 회 원 : 부산가톨릭대학교 방사선학과 교수
 논문접수 : 2004년 5월 17일, 심사완료 : 2005년 2월 3일

시간에 따른 이동체의 변화는 움직인 정보를 가지게 되며 이러한 이동체의 연속적인 움직임들의 집합을 궤적(trajjectory)이라 한다. 이동체의 궤적은 이동 데이터베이스 및 시공간 데이터베이스나 비디오 데이터베이스에서 사용자의 주된 관심의 대상이며, 특히 비디오 데이터베이스에서 내용 기반 검색을 수행하는 데 있어 매우 중요한 역할을 한다. 아울러, 주어진 사용자 질의 궤적과 유사한 패턴을 포함하는 이동체의 궤적을 찾는 것을 유사 부분궤적 검색(similar sub-trajectory retrieval)[3]이라 한다. 효율적인 유사 부분 궤적 검색을 위해서는 사용자 질의 궤적에 대해 주어진 임계값 범위 내에서 유사한 데이터 궤적을 검색할 수 있는 근사 매칭(approximate matching)이 지원되어야 한다. 아울러 시스템을 통해 검색된 많은 후보 결과 집합에 대해서 효율적인 유사성 알고리즘을 이용하여 유사성을 측정하고 그 결과 검색 결과의 질을 향상시킬 수 있는 연구가 요구된다.

본 논문에서는 비디오 데이터내의 이동체의 궤적 정보를 추출하여 이를 효율적으로 모델링하고 주어진 두 궤적간의 유사성을 측정하여 이를 기반으로 검색 결과를 유사성에 준하여 사용자에게 브라우징 할 수 있는 멀티미디어 정보검색 시스템인 ECoMOT 시스템을 제안한다. 본 시스템은 비디오 데이터내의 이동체의 궤적을 기반으로 내용 기반 검색을 지원하기 위해 다음과 같은 기법들을 포함한다.

- 첫째, 비디오 데이터로부터 추출한 다수의 궤적 정보들을 효과적으로 모델링 할 수 있는 다중 궤적 모델링 기법을 소개한다.
- 둘째, 다수의 이동체들로 구성된 주어진 두 궤적들 간의 유사성을 측정하여 궤적 검색을 수행하는 다중 궤적 기반 유사 궤적 검색 기법을 제안한다.
- 셋째, 대용량 궤적 데이터들로부터 원하는 궤적을 빠르게 검색할 수 있는 중첩 시그니처-기반 궤적 색인 기법을 설명하고, 마지막으로 사용자의 편의를 도모하기 위한 그래픽 인터페이스에 기반을 둔 궤적 추출 과정의 생성 및 검색 인터페이스를 소개한다. 제안하는 시스템은 Visual C++, DirectX와 JAVA를 이용하여 구현되었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 내용 기반 비디오 데이터 검색과 이동체의 궤적을 이용한 검색에 관한 기존 연구를 살펴본다. 3장에서는 제안하는 비디오 데이터내의 이동체의 궤적을 이용한 내용 기반 멀티미디어 정보검색 시스템인 ECoMOT 시스템과 각 세부 기법들에 대해서 기술한다. 4장에서는 구현된 ECoMOT 시스템의 궤적 추출과 질의 생성 및 검색 인터페이스에 대해서 소개한다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구를 제시한다.

2. 관련 연구

본 논문의 관련 연구로는 크게 비디오 데이터내의 이동체

의 궤적을 모델링하고 궤적들 간의 유사성을 측정할 수 있는 유사성 측정 기법을 제안했던 기존의 연구들과 유사 부분 궤적 검색과 매우 흡사한 유사 서브시퀀스 검색에 관한 연구를 소개한다.

먼저, 비디오 데이터내의 이동체의 궤적과 관련된 기존의 연구를 살펴보면 다음과 같다.

- 첫째, 콜롬비아 대학의 VideoQ[4]는 비디오 데이터에서 색상, 질감, 모양과 같은 비주얼 특징과 더불어 이동체의 움직임 정보를 추출하여 그들간의 공간 관계를 계산하여 비디오 내의 이동체들을 그룹화 시켜 비디오 객체를 추출할 수 있는 기법을 제안하였다. 이 시스템은 예제를 통한 질의(query by example)와 비주얼 스케치(visual sketch)를 통해 움직이는 하나의 이동체가 시간의 흐름에 따라 공간 내에서 어떻게 이동하는가에 관한 관계성을 나타내는 질의를 지원한다.
- 둘째, 대만의 Shan의 연구[5]는 내용 기반 비디오 검색을 위해 이동체의 궤적을 이루는 각각의 움직임들을 단일 속성인 실제 각도(0~360)로 표현하고, 사용자 질의 궤적과 유사한 부분궤적을 포함하는 데이터 궤적간의 유사성을 측정하기 위해 OCM과 OCMR의 두가지 유사성 측정 알고리즘을 제안하였다. OCM 알고리즘은 정확 매칭 알고리즘으로 질의 궤적과 데이터 궤적사이의 각각의 움직임들 간에 일대일 매핑으로 두 궤적간의 유사성을 계산한다. 그에 반해 OCMR 알고리즘은 근사 매칭 알고리즘으로 사용자로부터 주어진 질의 궤적을 이루는 각각의 움직임들과 데이터 궤적을 이루는 각각의 움직임들 사이에 유사성을 계산하는데 있어, 질의 움직임들 중에서 자기 자신을 반복시킨 것(replicate)과 그렇지 않은 것(map)을 비교해서 더 작은 것을 선택함으로써 정확 매칭 알고리즘인 OCM 알고리즘보다 동등한 검색 정확율을 유지하면서도 더 나은 검색 재현율을 보인다.
- 셋째, 알버트(Albert) 대학의 Li의 연구[6]는 이동체의 궤적을 모델링하기 위해 방향 정보를 45도 각도로 나누어 8가지 방향성 코드를 사용하여 표현하고 있으며, 두 궤적 사이의 유사성을 측정하기 위해 방향 정보와 다수의 궤적들 사이의 공간 관계성 정보를 통해 유사도를 측정할 수 있는 알고리즘을 제안하였다.
- 넷째, Nabil의 연구[7]는 기존의 이미지 데이터베이스에서 이미지 내의 객체들 간의 공간 관계성을 이용해 이미지 검색 기법에 사용했던 방법인 2D PIR 표현 기법을 확장하여 비디오 데이터내의 이동체의 궤적을 위해 시간 관계성과 공간 관계성을 모두 고려한 ST-PIR 기법을 제안하였다. 마지막으로 Dagtas의 연구[8]는 비디오 데이터 내의 이동체 궤적을 이용하여 비디오 데이터를 검색 및 색인할 수 있는 PICTURESQUE라는 시스템을 제안하였다.

다음은 주어진 질의 궤적과 데이터 궤적간의 유사성을 측정하여 질의 궤적을 포함하는 유사한 부분 데이터 궤적을 검색하는 유사 부분 궤적 검색 기법과 매우 유사한 유사 서브시퀀스 검색 기법에 대한 연구를 소개한다. 유사 서브시퀀스(similar subsequence) 검색[9, 10]은 주어진 질의 시퀀스를 포함하는 유사한 데이터 시퀀스를 검색하는 것으로 추가 데이터, 상품 판매량, 날씨 데이터, 의료 데이터와 같은 응용 분야에서 많은 연구가 이루어졌다. 우선 시퀀스 데이터베이스는 다양한 길이의 시퀀스들로 구성되며, 시퀀스 $S = \langle s[1], s[2], \dots, s[|S|] \rangle$ 는 일정한 시간 주기마다 얻어진 연속된 실수 값들로 구성된 일차원적인 값들로 이루어진다. 여기서 $|S|$ 는 시퀀스의 길이이다. $s[i]$ 는 S 의 i 번째 요소를 나타내며, $s[i : j]$ 는 i 번째 위치에서 j 번째 위치를 포함하는 서브시퀀스를 의미한다. $s[i : -]$ 는 i 번째 위치에서 시작해서 시퀀스 S 의 마지막 요소까지를 나타낸다. $()$ 는 요소가 없는 널 시퀀스(null sequence)를 의미한다. 주어진 질의 시퀀스와 데이터 시퀀스를 구성하는 각 요소들간의 유사성을 측정하기 위해서 다음과 같은 거리 함수를 사용한다.

$$L_p(S, Q) = \left(\sum_{i=1}^n |s[i] - q[i]|^p \right)^{\frac{1}{p}}, 1 \leq p \leq \infty \quad (1)$$

효율적인 유사 서브시퀀스 검색을 위해 정규화(normalization), 이동 평균(moving average), 타워 워핑(time warping) 등의 다양한 알고리즘들이 제안되었다. 그 중에서도 특히 타임 워핑 기법은 시퀀스내의 각 요소 값을 임의의 수만큼 반복시키는 것을 허용하는 알고리즘이다. 이를 통해 사용자의 부정확한 대략적인 질의에 대해서 어느 정도의 허용치 범위내에서 사용자의 질의를 변형함으로써 사용자가 원하는 검색 결과를 보장하는 근사 매칭을 지원한다.

3. ECoMOT 멀티미디어 정보검색 시스템

3.1 전체 시스템 개요

제안하는 ECoMOT 멀티미디어 정보검색 시스템의 전체 구성도는 (그림 1)과 같다. ECoMOT 시스템은 (1) 레퍼지터리 관리자(repository manager), (2) 전처리 관리자(preprocessing manager), (3) 시공간 표현 관리자(궤적 데이터 모델러, spatio-temporal representation manager), (4) 시그니처 색인 관리자(signature indexing manager), (5) 질의 분석 관리자(query analysis manager), (6) 검색 관리자(retrieval manager), (7) 의미 궤적 변환 관리자(semantic-to-trajectory transformation manager)의 7개의 주요 요소로 이루어져 있다. 각각의 관리기에 대한 기능은 다음과 같다.

3.1.1 레퍼지터리 관리자

대용량의 비디오 스트림으로부터 추출된 비디오 샷 스트림, 전체 비디오 스트림 및 해당 샷이나 비디오 스트림에 대한 메타 데이터 정보 즉, 속성 정보나 텍스트 설명 정보들을 샷/비디오 데이터베이스에 저장하는 기능을 담당한다.

3.1.2 전처리 관리자

주어진 비디오 샷 스트림으로부터 이동체의 궤적 정보를 추출한다. 즉, ECoMOT 시스템의 SVI(Soccer Video Indexing)라는 궤적 추출 GUI 인터페이스를 이용하여 이동체의 궤적 정보를 반 자동(semi-automatic) 방식으로 추출하는 기능을 담당한다.

3.1.2 전처리 관리자

3.1.3 시공간 표현 관리자(궤적 데이터 모델러)

전처리 관리자에서 추출한 이동체의 궤적 정보와 이전에 데이터베이스에 저장된 비디오 샷 스트림을 위한 객체 식별자(ID)를 이용하여 이동체의 궤적 데이터를 모델링하는 기능을 담당한다. 자세한 내용은 다중 궤적 모델링 기법에서 설명한다.

3.1.3 시공간 표현 관리자(궤적 데이터 모델러)

3.1.4 시그니처 색인 관리자

대용량 이동체로부터 추출된 궤적 데이터에 대해서 사용자의 다양한 질의를 처리하고 검색 성능을 보장할 수 있기 위해 주어진 이동체의 궤적 정보에 대한 요약 정보로서 시그니처를 생성하고 생성된 시그니처와 궤적 정보를 궤적 데이터 데이터베이스에 저장하는 기능을 담당하며, 아울러, 궤적 정보나 행위자 혹은 의미 정보에 대한 사용자 질의를 처리하는 기능을 담당한다. 자세한 내용은 중첩 시그니처-기반 궤적 색인 기법에서 설명한다.

3.1.4 시그니처 색인 관리자

3.1.5 질의 분석 관리자

사용자로 하여금 이동체의 궤적 정보를 이용하여 원하는 다양한 질의를 보다 쉽고 편리하게 생성하기 위해 만든 SVR(Soccer Video Retrieval)이라는 질의 생성 GUI 인터페이스를 통해 만들어진 사용자 질의를 분석하는 기능을 담당한다. 여기서는 궤적 기반 질의, 의미 기반 질의, 행위자 기반 질의와 이들의 조합으로 다양한 질의를 생성할 수 있으며 질의 분석 관리기는 이러한 질의들을 분석하여 원하는 결과를 브라우징하는 기능을 담당한다.

3.1.5 질의 분석 관리자

3.1.6 검색 관리자

질의 분석 관리기로부터 분석된 사용자 질의를 처리하기 위한 해당 관리기를 호출하고 또한 사용자 질의에 만족하는 검색 결과들을 취합하고 유사성 측정 알고리즘을 이용하여 이들에 대한 유사도를 측정하여 순위를 정하고 이들을 최종적으로 질의 분석 관리기에 전달하는 기능을 담당한다. 자세한 내용은 다중 궤적 기반 유사 궤적 검색 기법에서 설명한다.

3.1.6 검색 관리자

3.1.7 의미 궤적 변환 관리자

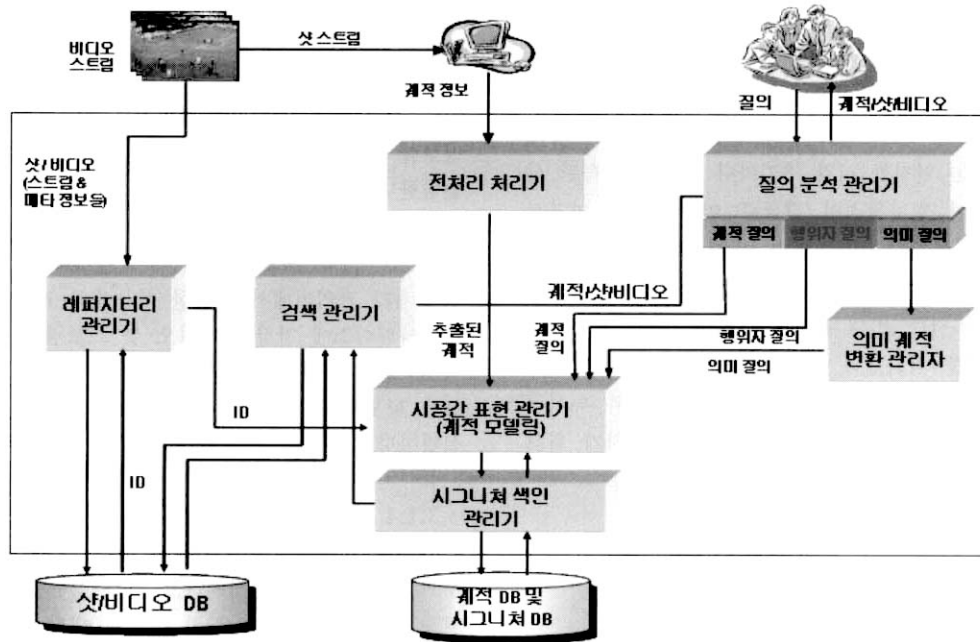
질의 분석 관리기에서 생성된 의미(semantic) 질의를 궤

3.1.7 의미 궤적 변환 관리자

질의 분석 관리기에서 생성된 의미(semantic) 질의를 궤

적 정보 형태로 변환하는 기능을 담당한다. 예를 들면, 축구 비디오 데이터의 경우 축구공이 주요 관심 이동체로 간주되며 '페널티 킥(penalty kick)', '프리 킥(free kick)', '코너 킥(corner kick)', '골 인(goal in)', '골 아웃(goal out)' 등과 같

은 주요 의미 정보들은 축구공의 궤적과 매우 밀접한 관계를 가지고 있다. 따라서 이러한 의미 정보들을 이동체의 궤적 정보로 변환해서 의미 질의를 효과적으로 처리할 수 있다.



(그림 1) 멀티미디어 정보검색 시스템 ECoMOT의 전체 구조

3.2 다중 궤적 모델링 기법

이동체의 궤적 정보를 효율적으로 모델링하고 궤적 검색을 효율적으로 지원하기 위해 다중 궤적 모델링 기법을 제안한다. 제안하는 기법은 둘 이상의 다수개의 이동체로 이루어진 다중 궤적(Multiple Trajectories : MT)을 위한 시공간 표현 기법이다. 한편, 둘 이상의 이동체로 이루어진 다중 궤적은 실제로 두 객체(객체 A, 객체 B)로만 이루어진 궤적의 조합으로 표현이 가능하다. 따라서 본 논문에서는 둘 이상의 객체들로 이루어진 다중 궤적을 모델링하기 위해 단지 두 객체로만 이루어진 관계 궤적(Relationship Trajectories : RT)을 먼저 정의한다.

[정의 1] 이동체 A와 이동체 B 중에서 적어도 하나는 이동체라 간주하고, 주어진 시간 간격 리스트 $\{I_0, I_1, \dots, I_{n-1}\}$ 에 대해서, 이동체 A와 B를 위한 관계 궤적, $RT(A, B)$ 는 다음과 같다.

$$RT(A, B) = MPM(A, B) + SPM(A, B) \quad (2)$$

여기서

첫째, $MPM(A, B)$ 는 이동체 A와 B가 관계성을 지니면서 이동하는 움직임 속성을 위한 요소로서 $MPM(A, B) =$

$\{M_i(A, B) \mid i=0, \dots, n-1\}$ 으로 나타내며, 임의의 시간 간격 I_i 동안 이동한 움직임 속성, $M_i(A, B)$ 는 $M_i(A, B) = (D_i(A, B), I_i(A, B))$ 으로 표현한다. 먼저, $D_i(A, B)$ 는 시간 간격($I_i(A, B)$) 동안 객체 A에 대한 객체 B의 상대적인 이동 거리(relative moving distance)로 0에서 100사이의 정규화된 값으로 나타낸다. 즉, 객체 A의 이동 거리와 객체 B의 이동 거리가 같을 때 $D_i(A, B)$ 를 50으로 정하고, 이를 기준으로 객체 A의 이동 거리가 객체 B의 이동 거리보다 클 경우에는 51에서 100 사이의 값으로 표현하며, 그와 반대일 경우에는 1에서 49사이의 값으로 나타낸다. 그리고 $I_i(A, B)$ 는 움직임이 발생한 시간 간격을 나타낸다.

둘째, $SPM(A, B)$ 는 궤적을 구성하는 전체 시점들 즉, t_0 에서 t_n 까지의 궤적을 이루는 각 시점에서의 이동체 A와 B의 정지 속성 정보로 $SPM(A, B) = (S_i(A, B) \mid i=0, \dots, n)$ 으로 나타내며, 임의의 시점 t_i 에서의 정지 속성, $S_i(A, B)$ 는 $S_i(A, B) = ([L_i(A)], [O_i(A)], [L_i(B)], [O_i(B)], T_i(A, B), R_i(A, B))$ 으로 표현한다. 먼저, $L_i(A)$ 와 $L_i(B)$ 는 각각 이동체 A와 B의 위치 정보(location)를 의미하며, $O_i(A)$ 와 $O_i(B)$ 는 해당 위치에서 이동체 A와 B와 가장 밀접하게 관련이 있는 객체 정보를 나타낸다. $T_i(A, B)$ 은 이동체 A와 B 사이의 위상 관계성(topological relations) 즉,

FA(FarAway), DJ(DisJoint), MT(MeeT), OL(Over Lap), CL(Is in CLuded by), IN(INclude), SA(SAme) 가운데 하나의 값으로 표현한다. 마지막으로, $R_i(A, B)$ 는 이동 객체 A(기준 객체)에 대한 객체 B(대상 객체)의 방향 관계성을 나타내며, 정확성을 고려해서 $0^\circ \sim 360^\circ$ 사이의 실제 각도로서 표현한다. []은 옵션을 의미한다.

따라서 단지 두 개의 이동체로만 이루어진 관계 궤적을 위한 정의 1을 기반으로 둘 이상의 다수개의 이동체의 궤적으로 이루어진 다중 궤적, $MT(A_1, A_2, \dots, A_n)$ 는 다음과 같이 정의한다.

[정의 2] 객체 A_1 , 객체 A_2, \dots , 객체 A_n 로 이루어진 n 개의 객체들 가운데 i 개는 이동체, j 개는 정지 객체라고 할 때($n=i+j$), 객체 A_1, A_2, \dots, A_n 으로 이루어진 다중 궤적, $MT(A_1, A_2, \dots, A_n)$ 는 다음과 같이 정의한다.

$$MT(A_1, A_2, \dots, A_n) = ST(A_p) | p = 1, \dots, i + RT(A_q, A_{q+1}) | q = 1, \dots, k \quad k = n - C_2 - j \quad (3)$$

여기서, $ST(A_1), ST(A_2), \dots, ST(A_i)$ 는 단일 이동체 각각의 단일 궤적을 나타내며, $RT(A_1, A_2), RT(A_1, A_3), \dots, RT(A_k, A_{k+1}) (1 \leq k \leq n-1)$ 는 각각 이동체와 이동체 혹은 이동체와 정지 객체들 간의 관계 궤적을 나타낸다. k 는 j 개의 이동체와 j 개의 정지 객체로 이루어진 n 개의 객체들을 통해 관계 궤적을 구성할 수 있는 전체의 수에서 정지 객체와 정지 객체로만 구성할 수 있는 관계 궤적의 수를 뺀 것을 의미한다.

3.3 다중 궤적 기반 유사 궤적 검색 기법

본 논문에서는 기존의 시퀀스 데이터베이스(sequence database)에서 유사 서브시퀀스(similar subsequence) 검색을 위해 제안되었던 타임 워핑(time warping) 알고리즘을 비디오 데이터내의 이동체의 궤적의 특성에 맞게 변형한 새로운 k -워핑 알고리즘[3]을 기반으로 유사성을 계산한다. 유사성 측정을 위해 제안하는 k -워핑 거리(k -warping distance : D_{kw}) 함수는 다음과 같다.

[정의 3] 두 궤적 S 와 Q 사이의 k -워핑 거리, $D_{kw}(S, Q)$ 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} D_{kw}(0, 0) &= 0 \\ D_{kw}(S, 0) &= D_{kw}(0, Q) = \infty \\ D_{kw}(S, Q) &= D_{base}(S[1], Q[1]) + \min\{(D_{kw}(S[2+i:-1], Q), 0 \leq i < k), D_{kw}(S[2:-1], Q[2:-1])\} \\ D_{base}(a, b) &= d_M(a, b) \end{aligned} \quad (4)$$

두 객체 중에 적어도 하나는 이동체로 이루어진 관계 궤

적을 위해, 본 논문에서는 3가지의 속성을 가진 움직임들의 집합으로 표현하며, 다음 [정의 4]와 같다.

[정의 4] 관계 궤적 $S(= \langle s[1], s[2], \dots, s[|S|] \rangle)$ 는 일련의 연속된 움직임 요소들의 집합으로 표현하며, 임의의 움직임 요소들은 각각 3차원 속성 즉, 방향(A_i), 거리(D_i), 그리고 위상 관계(T_i)로 표현한다. 따라서 이동체의 궤적을 구성하는 움직임 요소 $s[i]$ 는 다음과 같다.

$$s[i] = (A_i, D_i, T_i) \quad (5)$$

주어진 질의 관계 궤적을 구성하는 임의의 움직임 요소와 데이터 관계 궤적을 구성하는 임의의 움직임 요소 사이의 유사성을 측정하기 위해, 다음과 같은 거리 함수(distance function, d_{df})를 정의한다.

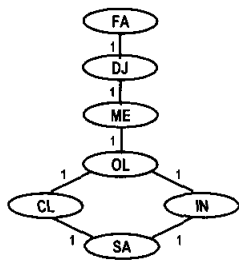
[정의 5] 데이터 관계 궤적 S 를 구성하는 임의의 움직임 요소 $s[i]$ 와 질의 관계 궤적 Q 를 구성하는 임의의 움직임 요소 $q[j]$ 사이의 거리 함수, $d_{df}(s[i], q[j])$ 는 다음과 같이 정의하며, 항상 0과 1사이의 정규화된 값을 가진다. 여기서 d_{ang} 는 움직임 요소의 방향간의 거리 함수를 나타내고, d_{dis} 는 움직임 요소의 거리간의 거리 함수를 나타내며, d_{top} 는 움직임 요소의 위상 관계간의 거리 함수를 의미한다. $s[i, 1], s[i, 2]$, 그리고 $s[i, 3]$ 는 각각 관계 궤적 S 의 i 번째 움직임 요소를 구성하는 방향, 거리, 그리고 위상 관계를 나타낸다. α 와 β 그리고 γ 는 각각 방향, 거리, 그리고 위상 관계를 위한 가중치이다($\alpha + \beta + \gamma = 1.0$).

$$\begin{aligned} d_{top}(q[i,3], s[j,3]) &= (\text{top_dist}(q[i,3], s[j,3]))^2 \\ d_{dis}(q[i,2], s[j,2]) &= |q[i,2] - s[j,2]| \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \text{if } |q[i,1] - s[j,1]| > 180 \text{ Then} \\ d_{ang}(q[i,1], s[j,1]) &= 360 - (|q[i,1] - s[j,1]|) \\ \text{else} \\ d_{ang}(q[i,1], s[j,1]) &= |q[i,1] - s[j,1]| \end{aligned}$$

$$d_{df}(q[i], s[j]) = ((d_{ang}/180)*\alpha) + ((d_{dis}/100)*\beta) + ((d_{top}/25)*\gamma)$$

$\text{top_dist}(a, b)$ 는 a 와 b 사이의 위상 관계를 위한 유사성 거리를 의미하며, a 와 b 는 각각 두 객체 사이의 위상 관계를 위해 사용하는 7개의 위상 관계 연산자 중에 하나를 나타낸다. (그림 2)는 두 객체간의 위상 관계를 위해서 사용하는 7개의 위상 관계 연산자간의 유사성을 그래프(graph)로 나타낸 것이며, 그래프의 각 노드와 인접한 노드 간의 거리는 1로 간주한다. 아울러 그래프를 기반으로 노드와 노드 사이의 최단 거리(shortest distance)를 구한 것이며, 이를 통해 위상 관계를 위한 유사성 거리 $\text{top_dist}(a, b)$ 를 구한다.

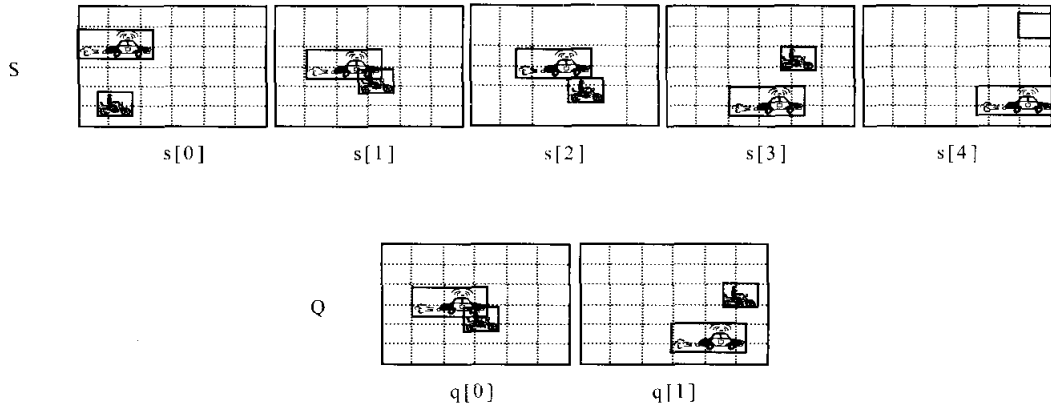


top, dist (a,b)	FA	DJ	ME	OL	CL	IN	SA
FA	0	1	2	3	4	4	5
DJ	1	0	1	2	3	3	4
ME	2	1	0	1	2	2	3
OL	3	2	1	0	1	1	2
CL	4	3	2	1	0	2	1
DJ	4	3	2	1	2	0	1
SA	5	4	3	2	1	1	0

(그림 2) 위상 관계 연산자를 위한 유사성 그래프와 유사성 거리

(그림 3)에서와 같이 주어진 관계 궤적 S와 Q 사이의 유사도 측정은 근사 배치를 위해 제안한 정의 3의 k-위핑 알고리즘을 이용하여 측정한다.

예를 들면, (그림 3)과 같이 데이터 관계 궤적 $S = \{(270,FA), (315,OL), (325,ME), (60,DJ), (90,FA)\}$, $(40, 45, 45, 50)$ 와 질의 관계 궤적 $Q = \{(315, OL), (60, FA)\}$, (45) 사이의 유사도를 k-위핑 알고리즘을 이용해서 측정하면 다음과 같다. 먼저, 정의 5에서와 같이 관계 궤적을 구성하는 움직임 요소간의 각도와 거리, 그리고 위상 관계를 고려하여 정의한 거리 함수 $d_{\theta}(q[i], s[j])$ 를 이용하여 주어진 관계 궤적 S와 Q 사이의 모든 움직임 요소들간의 유사도를 계산한다. (그림 4)는 관계 궤적 S와 Q 사이의 모든 움직임 요소들간의 유사도를 구한 것이다. 그런 다음, 정의 3에서의 k-위핑 알고리즘(k=1)을 이용하여 데이터 관계 궤적 S에서 질의 관계 궤적 Q를 포함하는 가장 유사한 궤적을 계산하면 (그림 5)와 같으며 최종값은 0.65(1-0.35)이다.



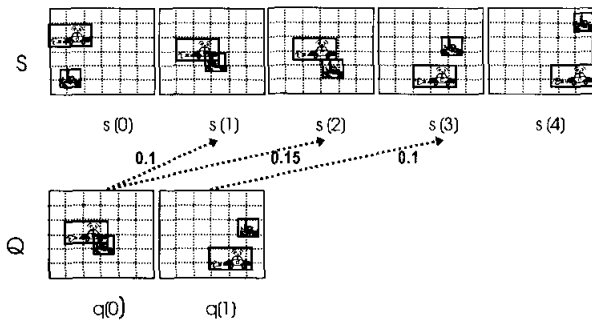
(그림 3) 관계 궤적 S와 Q 사이의 유사성 측정을 위한 예

	s[0]	s[1]	s[2]	s[3]	s[4]
q[0]	0.3	0.1	0.15	0.6	0.7
q[1]	0.7	0.5	0.4	0.1	0.2

(그림 4) 관계 궤적 S와 Q 사이의 움직임 요소들 간의 계산된 유사도

[정의 6]과 같다.

[정의 6] 객체 A_1 , 객체 A_2 , ..., 객체 A_n 가운데 i 개는 이동체, j 개는 정지 객체라고 할 때($n=i+j$), 객체 A_1, A_2, \dots, A_n 으로 이루어진 다중 궤적, $MT(A_1, A_2, \dots, A_n)$ 에 대한 유사도, $MT_{sim}(A_1, A_2, \dots, A_n)$ 은 다음과 같이 계산된다.



(그림 5) k-위핑 알고리즘을 이용한 관계 궤적 검색

$$MT_{sim}(A_1, A_2, \dots, A_n) = \frac{\sum_{p=1}^i ST_{sim}(A_p) + \sum_{q=1}^j RT_{sim}(A_q, A_{q+1})}{i+k} \quad (7)$$

$$k = {}_n C_2 - {}_j C_2$$

둘 이상의 다수개의 객체들 중에서 적어도 하나는 이동체로 이루어진 다중 궤적 기반 유사 궤적 검색 방법은 k-위핑 알고리즘을 이용한 단일 궤적 기반 유사 궤적 검색 방법과 관계 궤적 기반 유사 궤적 검색 방법을 결합한 방법으로

여기서, $ST_{sim}(A_1), ST_{sim}(A_2), \dots, ST_{sim}(A_i)$ 는 i 개 각각의 이동체의 단일 궤적(single trajectory)을 위한 유사도(similarity)를 나타낸다($0 \leq ST_{sim}(A_i) \leq 1$). 그리고 $RT_{sim}(A_1, A_2), RT_{sim}(A_1, A_3), \dots, RT_{sim}(A_k, A_{k+1})$ 는 각각 이동체와 이동체 혹은 이동체와 정지 객체들 간의 관계 궤적(RT)을 위한 유사도를 나타낸다($0 \leq RT_{sim}(A_k, A_{k+1}) \leq 1$) k 는 i 개의 이동체와 j 개의 정지 객체로 이루어진 $n(=i+j)$ 개의 객체로 관계 궤적을 구성할 수 있는 수($={}_n C_2$)에서 정지 객

체와 정지 객체간의 관계 궤적의 수($=C_2$)를 뺀 것을 의미한다.

3.4 중첩 시그니처-기반 궤적 색인 기법

본 논문에서는 이동체가 이루는 궤적에 대한 효율적인 유사 부분궤적 검색을 지원하며, 아울러 주어진 사용자 질의 궤적에 대해서 빠른 검색 성능을 제공해 줄 수 있는 중첩 시그니처-기반 색인 기법을 제안한다. 제안하는 중첩 시그니처-기반 색인 기법은 이동체의 궤적 데이터를 토대로 시그니처 파일 내의 궤적 시그니처 레코드가 고정길이 레코드로 구성되며, 궤적을 구성하는 첫 번째 움직임 요소에서부터 시작하여 마지막 움직임 요소까지 순회하면서 이웃한 움직임 요소들간의 각도를 이용하여 고정된 크기의 움직임 시그니처를 생성하고 이들을 모두 중첩시켜 궤적 시그니처를 구성하는 기법이다. 이 기법은 궤적 데이터가 저장되어 있는 궤적 데이터 파일을 탐색하기 전에, 궤적 데이터에 대한 비트맵 형식의 요약 정보인 시그니처를 먼저 탐색함으로써 불필요한 데이터를 거르는 필터링 과정을 수행한 후, 필터링을 통해 얻은 후보 시그니처(candidate signature)들에 해당하는 궤적 데이터만을 탐색하기 때문에 궤적 데이터 파일에 대한 디스크 접근 횟수를 현저히 줄여 검색 성능을 올릴 수 있다. 아울러 비트맵 정보로 이루어진 시그니처[12] 특성상 다른 색인 기법에 비해 매우 적은 부가 저장 공간을 요구한다.

중첩 시그니처를 생성하는 방법은 다음과 같다. 먼저, 주어진 이동체의 궤적 정보에서 방향 정보만을 추출하여 각도 정보로만 이루어진 방향 궤적 T_{ang} 을 구성한다.

$$T_{ang} = a_i | i=0, \dots, n-1, n = |T_{ang}| \quad (8)$$

여기서, a_i 는 방향 궤적 T_{ang} 의 i 번째 각도를 의미하며, $|T_{ang}|$ 는 궤적을 구성하는 움직임의 수를 나타낸다. 궤적을 구성하는 임의의 각도 a_i 에 대해서 식(9)를 이용하여 각도에 대한 방향 코드값(direction code : dc)을 구한다.

$$dc_i = AP(a_i) = (a_i / U_{ang}) + 1 \quad (9)$$

여기서, $AP(x)$ 는 x 에 대한 방향 코드값을 구하는 함수로 x 를 단위 각도(U_{ang})로 나눈 후에 1을 더해서 구한다. 위에서 구한 방향 코드값 dc 를 이용하여 방향 궤적 T_{ang} 의 첫 번째 움직임 요소부터 마지막 움직임 요소까지 순서대로 두 개의 움직임 요소들끼리 묶어 놓은 것을 pd_c (pair of dc)라고 하며, 이것을 기반으로 움직임 시그니처(motion signature : sm_sig)를 생성한다.

$$pd_c = (dc_i, dc_{i+1}), i=0, \dots, n-2 \quad (10)$$

여기서, dc_i 와 dc_{i+1} 는 각각 i 번째 움직임 시그니처(sm_sig_i)에서 '1'로 세팅시킬 비트의 위치를 결정하기 위한 인덱스

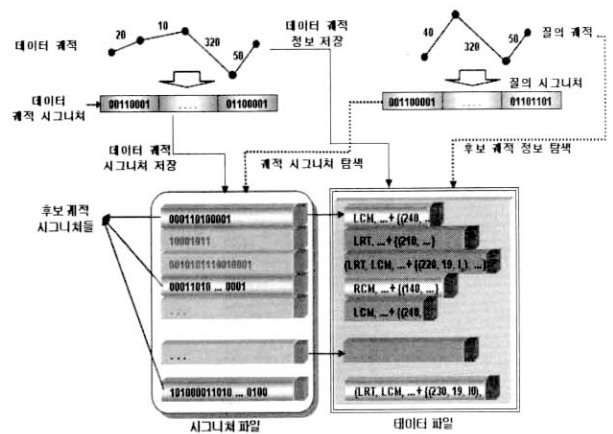
(index)와 오프셋(offset) 역할을 담당한다. 방향 궤적 T_{ang} 를 구성하는 움직임 요소들에 대해서 i 번째 움직임 시그니처, sm_sig_i 는 식(11)로부터 구한다. 움직임 시그니처의 전체 비트수 $b = (360/U_{ang})^2$ 이다.

$$sm_sig_i = S_Bin(dc_i, dc_{i+1}), i=0, \dots, n-2 \\ = 2^{k-1}, k = (dc_i - 1) * (360/U_{ang}) + dc_{i+1} \quad (11)$$

따라서 방향 궤적 T_{ang} 에 대한 궤적 시그니처 T_{sig} 는 식 (12)와 같이 구해진 움직임 시그니처들을 모두 중첩(superimpose)시켜 즉, bit-wise Oring 연산(\otimes)을 이용해 생성한다.

$$T_{sig} = \{smsg_0 \otimes smsg_1 \otimes \dots \otimes smsg_{n-2}\} \quad (12)$$

예를 들면, 각도 궤적 T_{ang} 가 (20°, 10°, 320°, 50°)일 때, 단위 각도(U_{ang})를 45°라고 할 때, 각각의 각도에 대한 방향 코드값 dc 는 식(9)에 의해 (1, 1, 8, 2)가 된다. 즉, 방향 코드값 dc 는 360°를 단위 각도 45°로 나누어 각각 방향 코드를 할당된 것으로, 단위 각도(U_{ang})는 응용 분야에 적합한 값으로 설정한다. 첫 번째 움직임 요소(a_0)에서부터 시작해서 마지막 움직임 요소(a_n)까지 순서대로 두 개의 움직임 요소들끼리 묶은 것을 pd_c , pd_c , pd_c 즉, (1, 1), (1, 8), (8, 2)을 이용하여 각각의 움직임 시그니처 $msig$ 를 생성한다. 각각의 움직임 시그니처 $msig$ 는 움직임 요소의 각도에 대한 방향 코드값(dc)이 1부터 8까지이므로 pd_c 는 실제로 (1, 1)부터 (8, 8)까지 총 64가지 중에 하나가 될 수 있다. 따라서, 움직임 시그니처는 64비트를 할당해서 그 중에 한 비트를 '1'로 세팅함으로써 생성하고 '1'로 세팅될 비트의 위치는 pd_c 의 첫 번째 요소와 두 번째 요소를 각각 인덱스(index)와 오프셋(offset)으로 결합하여 정한다.



(그림 6) 중첩 시그니처-기반 색인 기법의 전체 구조

마지막으로 궤적 시그니처 T_{sig} 는 구해 놓은 3개의 움직임 시그니처들을 중첩 코딩 방식(bit wise Oring)을 이

용하여 구한다. 중첩 시그니처-기반 색인 기법은 이동체로부터 추출된 이동체의 궤적 데이터들을 저장하고 있는 데이터 파일(*.trj)과 궤적 데이터에 대한 고정된 크기의 궤적 시그니처를 생성하여 저장하는 시그니처 파일(*.sig)의 두 파일로 구성된다. (그림 6)은 본 논문에서 제안하는 중첩 시그니처-기반 궤적 색인 기법의 전체적인 구조를 나타낸다.

4. 사용자 인터페이스

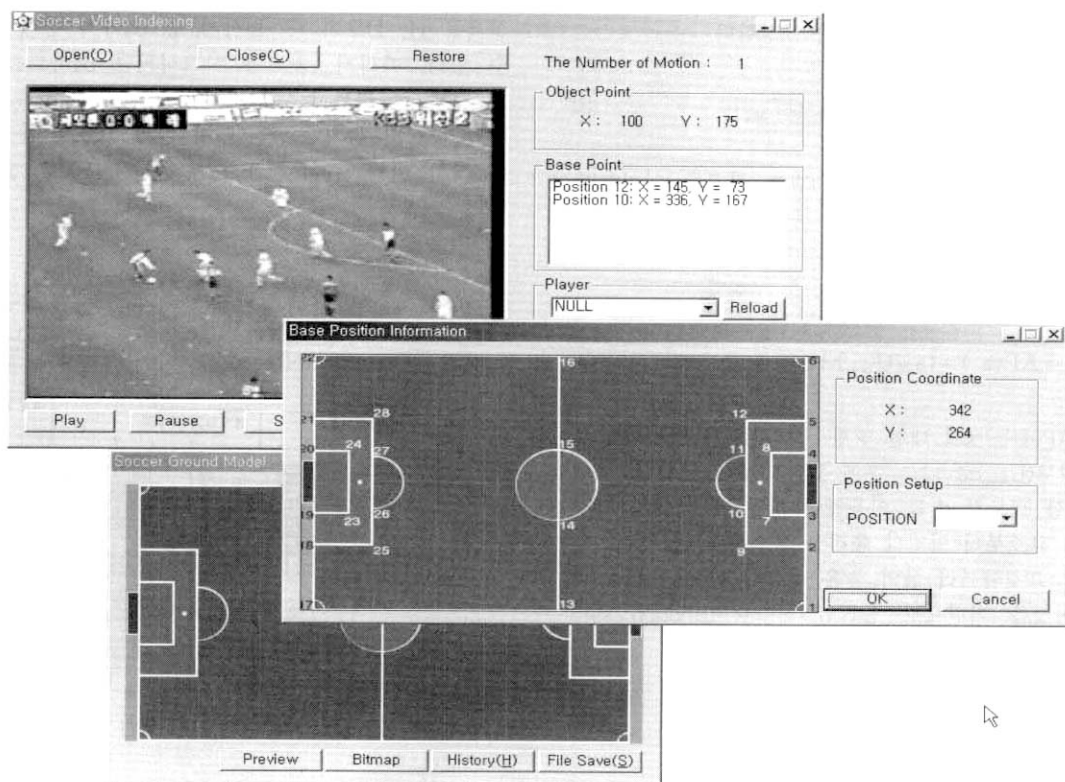
본 논문에서는 제안하는 ECoMOT 시스템의 응용을 위해 축구 비디오 데이터를 이용한다. 축구 비디오 데이터는 다른 응용의 데이터와는 달리 사용자들이 가장 관심을 가지는 축구공이나 축구 선수들과 같은 중요한 관심 객체들이 축구 경기장을 배경으로 많은 수의 궤적을 가지는 특징을 가지고 있다. 아울러 '페널티 킥(penalty kick)', '프리 킥(free kick)', '센터링(centering)', '코너 킥(corner kick)', '골 인(goal in)' 등과 같은 다양한 의미 정보들이 존재하며, 이러한 의미 정보들을 이용한 검색은 이동체의 궤적 정보와 더불어 축구 비디오 샷을 검색하는 사용자로 하여금 검색 질의 타입의 다양성을 제공한다.

사용자 인터페이스는 소스 비디오 샷 스트림으로부터 축구공과 같은 이동체의 궤적 정보를 반자동으로 추출할 수 있는 축구 비디오 색인(SVI) 인터페이스와 대용량 비

디오 데이터베이스로부터 사용자가 원하는 비디오 샷을 보다 편리하고 쉽게 검색할 수 있도록 사용자 질의를 생성 및 검색하는 축구 비디오 검색(SVR) 인터페이스로 구분된다.

4.1 SVI 인터페이스

SVI 인터페이스는 이동체(e.g. 축구공, 축구선수, 심판 등)의 궤적을 시공간 표현 기법으로 모델링하기 전에 축구 비디오 샷으로부터 이동체의 궤적 정보를 반자동으로 추출하는 전 처리 과정에 속하는 인터페이스로 Visual C++ 6.0을 이용하여 윈도우 환경 하에서 구동될 수 있도록 구현되었다. (그림 7)은 SVI 인터페이스로 축구 비디오 샷(*.mpeg) 동영상 파일을 실행시켜 축구공이나 축구 선수들과 같은 주요 이동체의 궤적을 추출할 수 있는 메인 윈도우와 축구 비디오 실행 화면에서 이동체의 위치를 축구 경기장에서의 절대 위치로 변환시키기 위한 축구 경기장 윈도우로 구성되어 있다. 축구공의 궤적을 얻기 위해서는 메인 윈도우의 축구 비디오 실행 화면에서 축구공의 위치 좌표를 축구 경기장 윈도우의 절대위치 좌표로 변환시켜야 한다. 이를 위해, 본 논문에서는 영상 처리나 컴퓨터 비전과 같은 분야에서 두 영상 좌표계간의 대응되는 좌표 점을 이용하여 영상을 기하학적으로 변형시키기 위해 사용하는 어파인 변환(affine transformation)[12] 알고리즘을 이용한다.

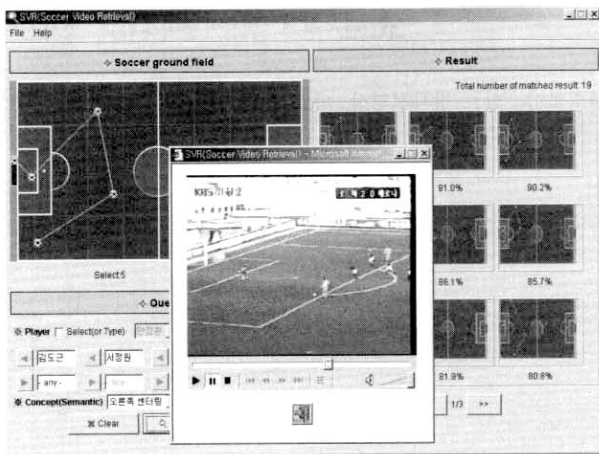


(그림 7) 궤적 정보 추출을 위한 SVI 인터페이스

4.2 SVR 인터페이스

SVR 인터페이스는 축구 비디오 데이터베이스를 기반으로 원하는 축구 비디오 샷을 검색하기 위한 사용자의 질의(query)를 보다 쉽고 편리하게 생성할 수 있는 사용자 인터페이스로 JAVA 언어를 이용하여 플랫폼에 독립적으로 구동될 수 있도록 구현하였다.

(그림 8)은 SVR 인터페이스로 축구 비디오 샷을 검색할 수 있도록 질의를 생성하는 질의 생성 부분과 해당 질의에 만족하는 검색 결과를 브라우저 할 수 있는 검색 결과 브라우저 부분으로 구성되어 있다. 검색 결과 브라우저 부분은 검색 결과의 수와 질의에 만족하는 축구 비디오 샷의 축구공의 궤적을 비트맵 이미지(*.bmp)로 저장한 아이콘을 출력한다. 사용자 질의 중에 궤적 기반 질의는 사용자가 마우스 왼쪽 버튼을 클릭해서 축구공의 움직임 표시하고 마지막 움직임에서 더블클릭 함으로써 원하는 축구공의 궤적을 포함하고 있는 축구 비디오 샷을 검색하기 위한 사용자 질의 궤적을 생성할 수 있다. 행위자 기반 질의는 [player]의 'select' 체크 박스를 클릭해서 원하는 행위자(선수 이름)을 선택할 수도 있거나 혹은 직접 텍스트 박스에 입력할 수도 있다. 마지막으로, 의미 기반 질의는 콤보 박스에서 원하는 의미 정보 중에 하나를 선택하면 된다. 검색된 결과는 (그림 8)의 오른쪽 화면에서와 같이 계산된 유사도 값을 기반으로 높은 순으로 브라우저 할 수 있도록 구현되었다.



(그림 8) 질의 생성 및 검색을 위한 SVR 인터페이스

5. 결 론

본 논문에서는 비디오 데이터내의 이동체의 궤적 정보를 추출하여 이를 효율적으로 모델링하고 주어진 두 궤적 간의 유사성을 측정하여 이를 기반으로 보다 효과적인 검색 결과를 사용자에게 브라우저 할 수 있는 멀티미디어 정보검색 시스템인 ECoMOT 시스템을 제안하였다. 본 시스템은 비디오 데이터내의 이동체의 궤적을 기반으로 내용 기반 검색을 지원하기 위해서 비디오 데이터로부터 추

출한 다수 개의 궤적 정보들을 효과적으로 모델링 할 수 있는 다중 궤적 모델링 기법을 제안하였고, 다수개의 이동체들로 구성된 주어진 두 궤적들 간의 유사성을 측정하여 궤적 검색을 수행하는 다중 궤적 기반 유사 부분 궤적 검색 기법을 소개하였다. 그리고 대용량 궤적 데이터들로부터 원하는 궤적을 빠르게 검색할 수 있는 중첩 시그니처-기반 궤적 색인 기법을 제안하였으며, 마지막으로 사용자의 편의를 도모하기 위한 그래픽 인터페이스에 기반을 둔 궤적 정보 추출과 질의 생성 및 검색 인터페이스인 SVI와 SVR 인터페이스를 각각 Visual C++과 JAVA 언어를 이용하여 구현하였다.

앞으로의 향후 연구는 제안하는 ECoMOT 시스템을 통해 사용자 질의를 생성하는 경우에 사용자 인터페이스를 이용한 질의 생성뿐만 아니라 관계형 데이터베이스에서의 표준 질의 언어인 SQL과 같이 형식적인(formal) 질의를 생성할 수 있는 STQL(spatio-temporal query language)의 질의 언어 및 질의 처리기에 대한 연구를 수행하는 것이다.

참 고 문 헌

- [1] W. I. Grosky, R. Jain, and R. Mehrotra, "The Handbook of Multimedia Information Management," Prentice Hall PTR, 1997.
- [2] S. W. Smoliar and H. Zhang, "Content-Based Video Indexing and Retrieval," IEEE Multimedia, pp.66-72, 1994.
- [3] 심춘보, 장재우, "비디오 데이터베이스에서 이동 객체를 위한 k-워핑 알고리즘 기반 유사 부분궤적 검색," 한국정보과학회논문지, 제30권, 제1호, pp.14-26, 2003.
- [4] S. F. Chang, W. Chen, H. J. Meng, H. Sundaram, and D. Zhong, "VideoQ : An Automatic Content-Based Video Search System Using Visual Cues," ACM Multimedia Conference, 1997.
- [5] M. K. Shan and S. Y. Lee, "Content based Video Retrieval via Motion Trajectories," In Proc. International Conference on SPIE Electronic Imaging and Multimedia System II, pp.52-61, 1998.
- [6] J.Z. Li, M.T. Ozsu, and D. Szafron, "Modeling Video Temporal Relationships in an Object Database Management System," In Proc. of Multimedia Computing and Networking (MMCN97), pp.80-91, 1997.
- [7] M. Nabil, A. H. Ngu, and J. Shepherd, "Modeling Moving Objects in Multimedia Databases," In Proc. of 5th International Conference on Database Systems for Advanced Applications, pp.67-76, 1997.
- [8] S. Dagtas, A. Ghafoor, and R.L. Kashyap, "Motion-based Indexing and Retrieval of Video using Object Trajectories," In Proc. of 6th Workshop on Multimedia Information Systems, pp.33-41, 2000.

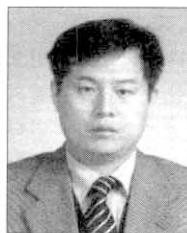
- [9] B. K. Yi, H. V. Jagadish, and C. Faloutsos, "Efficient Retrieval of Similar Time Sequences Under Time Warping," In Proc. International Conference on Data Engineering, pp.201-208, 1998.
- [10] S. H. Park et al., "Efficient Searches for Similar Subsequence of Difference Lengths in Sequence Databases," In Proc. International Conference on Data Engineering, pp.23-32, 2000.
- [11] C. Faloutsos and S. Christodoulakis, "Signature files : An access methods for documents and its analytical performance evaluation," ACM Transaction on Database Systems, Vol.2, No.4 pp.267-288, 1984.
- [12] H. S. Yoon, J. Soh, B. W. Min, and Y. K. Yang, "Soccer image sequences mosaicing using reverse affine transform," In Proc. of International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications, pp.877-880, 2000.



심 춘 보

e-mail : cbsim@sunchon.ac.kr
 1996년 전북대학교 컴퓨터공학과(공학사)
 1998년 전북대학교 컴퓨터공학과
 (공학석사)
 2003년 전북대학교 컴퓨터공학과
 (공학박사)

2004년~2005년 부산가톨릭대학교 컴퓨터정보공학부 교수
 2005년~현재 순천대학교 정보통신공학부 교수
 관심분야 : 멀티미디어 정보검색, 멀티미디어 데이터베이스 등



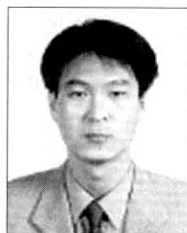
장 재 우

e-mail : jwchang@chonbuk.ac.kr
 1984년 서울대학교 전자계산기공학과
 (공학사)
 1986년 한국과학기술원 전산학과(공학석사)
 1991년 한국과학기술원 전산학과(공학박사)
 1991년~현재 전북대학교 컴퓨터공학과 교수
 관심분야 : 데이터베이스, 정보검색, 유비쿼터스 컴퓨팅 등



신 용 원

e-mail : kevin@cup.ac.kr
 1992년 인제대학교 의용공학과(공학사)
 1996년 인제대학교 의용공학과(공학석사)
 2000년 인제대학교 의용공학과(공학박사)
 2004년~현재 부산가톨릭대학교 병원경영
 학과 교수
 관심분야 : 의료 데이터베이스, 멀티미디어 DB 등



박 병 래

e-mail : bpark@cup.ac.kr
 1992년 인제대학교 의용공학과(공학사)
 1994년 동의대학교 전자공학과(공학석사)
 2002년 부산대학교 의과대학 의공학협동
 (공학박사)
 2003년~현재 부산가톨릭대학교 방사선학
 과 교수
 관심분야 : 의료 방사선영상, 의료 콘텐츠 등