

# 비디오의 움직임 객체를 위한 새로운 시공간 표현 기법의 설계

심춘보<sup>0</sup>                      김남기                      장재우  
전북대학교 컴퓨터공학과  
(cbsim, ngkim, jwchang}@dblab.chonbuk.ac.kr

## Design of New Spatio-temporal Representation Scheme for Moving Objects in Video

Choon-Bo Shim<sup>0</sup>      Nam-Gi Kim                      Jae-Woo Chang

Dept. of Computer Engomeering, Chonbuk National University

### 요 약

이미지와는 달리, 비디오 데이터는 객체에 대한 움직임 정보(motion trajectory)를 가지고 있으며, 이러한 움직임 정보는 비디오 데이터만이 가지는 매우 중요한 특징으로 비디오 데이터에 대한 색인과 내용 기반 검색을 수행하는 데 있어 중요한 역할을 한다. 따라서, 본 논문에서는 비디오 데이터베이스에서 효율적인 내용기반 검색을 위해 하나의 객체에 대한 움직임 정보를 나타내는 single motion trajectory와 두 객체에 대한 움직임 정보를 나타내는 multiple motion trajectory를 위한 새로운 시공간 표현 기법을 제안한다. 아울러, 움직임 정보에 대한 사용자 질의에 대해 유사성을 측정하여 순위 부여와 Time Interval을 지원하는 새로운 유사성 측정 알고리즘인 SIST와 SIMT를 제안한다.

### 1. 서론

이미지 데이터와는 달리 비디오 데이터가 가지는 중요한 특징은 객체에 대한 움직임 정보이다. 이러한 움직임 정보는 객체의 공간적인 속성과 시간적인 속성이 결합된 시공간 관계성을 통해 표현되며, 비디오 데이터에 대한 사용자의 내용 기반 검색을 수행하는 데 있어 매우 중요한 역할을 한다. 시공간 관계성에 기반한 사용자의 질의는 다음과 같다: "사용자 질의의 창을 통해 스케치된 움직임과 유사한 움직임을 가진 모든 객체들을 찾아라." 또는 "멀리 떨어져 있던 두 대의 차가 다가오면서 부딪치는 장면을 포함하고 있는 비디오 샷(shot)을 찾아라." 위와 같은 형태의 질의를 처리하기 위해 비디오 데이터의 특성상 공간 관계 뿐 아니라, 시간 관계에 대한 정보가 함께 고려되어야 한다. 그러나, 지금까지의 연구들은 대부분이 공간 관계와 시간 관계를 따로 연구하고 있다. 그 중에서 시간 관계에 대한 연구들은 대부분 Allen[1]의 13가지 시간 관계 모델에 기반하고 있으며, 공간 관계에 대한 연구[2]는 공간 좌표를 이용하여 위치 정보와 방향 정보를 구한다.

본 논문에서는 비디오 데이터베이스에서 효율적인 내용기반 검색을 위해, 하나의 객체에 대한 움직임 정보를 나타내는 single motion trajectory와 두 객체에 대한 움직임 정보를 나타내는 multiple motion trajectory를 위한 새로운 시공간 표현 기법을 제안한다. 아울러, 제안된 시공간 표현 기법을 이용해 움직임 정보에 대한 사용자 질의에 대해서 유사성을 측정하여 검색 결과에 대해 유사성이 높은 순으로 브라우징할 수 있으며 또한, Time Interval을 지원하는 새로운 유사성 측정 알고리즘인 SIST와 SIMT를 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 시공간 관계성을 이용한 내용-기반 비디오 검색에 대한 관련 연구를 살펴보고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 움직임 정보를 위한 시공간 표현 기법을 설명한다. 4장에서는 제안하는 시공간 표현 기법을 통해 사용자의 질의에 대한 유사성을 측정하는 유사성 측정 알고리즘에 대해서 기술한다. 마지막으로, 5장에서 결론 및 향후 연구 방향에 대해서 설명한다.

### 2. 관련 연구

비디오 데이터를 기반으로 움직임 객체의 시공간 관계성을 이용한 내용 기반 비디오 검색에 관한 연구들 가운데 여기서는 본 논문과 밀접한 관련이 있는 2 가지 연구에 대해서 기술한다.

첫째, John[3]은 어떤 일정시간 동안 객체의 위치가 변하는 객체를 이동 객체(moving object)로 간주하고 이에 대해서 8개의 방향(NT, ET, ST, WT, NE, SE, SW, NW)을 고려하여 객체의 trajectory를 표현하고 있다. 임의의 시간 간격  $I_i$  동안 객체 A의 움직임(motion)은  $(S_i, d_i, I_i)$ 로 표현하며, 여기서,  $S_i$ 는 객체 A의 변위(displacement)이고  $d_i$ 는 객체 A의 움직임 방향(direction)을 의미한다. 따라서, 어떤 일련의 주어진 시간 간격  $\langle I_1, I_2, \dots, I_n \rangle$ 에 대해서 객체 A의 trajectory는 일련의 motion들 즉,  $\langle (S_1, d_1, I_1), (S_2, d_2, I_2), \dots, (S_n, d_n, I_n) \rangle$ 로 표현한다. 시간 간격  $I_k$  동안 이동 객체 A와 B사이의 시공간 관계성은  $A(\alpha, \beta, I_k)B$ 로 표현하며, 여기서,  $\alpha$ 는 객체 A와 B사이의 위상 관계(topological relation) 즉, DJ, TC, EQ, IN, CB, CT, CV, OL 중의 하나를 의미하고,  $\beta$ 는 객체 A와 B의 방향 관계(directional relation)를 나타낸다. 따라서, 객체 A와 B사이의 시공간 관계성은 일련의 motion들 즉,  $\langle (\alpha_1, \beta_1, I_1), (\alpha_2, \beta_2, I_2), \dots, (\alpha_n, \beta_n, I_n) \rangle$ 로 표현한다. John은 위상 관계에 대한 거리와 방향 관계에 대한 거리를 이용하여 이동 객체 A의 trajectory와 객체 A와 객체 B사이의 시공간 관계성에 대한 유사도를 계산한다. 객체 A의 trajectory와 객체 B의 trajectory 사이의 유사도 함수  $TrajSim(A, B)$ 는 다음과 같다.

$$\min Diff(A, B) = \min_{\sum_{i=1}^m} distance(M_i, N_{i+j}), \quad (\forall 0 \leq j \leq n-m)$$

$$TrjaSim(A, B) = \frac{\max Diff(A, B) - \min Diff(A, B)}{\max Diff(A, B)}$$

둘째, Shan[4]은 내용 기반 비디오 검색을 위해 single motion

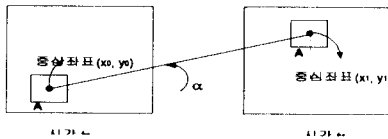
trajectory와 multiple motion trajectory를 이용한 유사 검색(similarity retrieval) 알고리즘을 소개하였다. 먼저, single motion trajectory를 이용한 검색을 위해, 객체의 motion trajectory는 일련의 세그먼트(segment)의 집합으로 나타내고 각각의 세그먼트는  $0^\circ \sim 360^\circ$  까지의 각도로 표현한다. 사용자 질의 motion trajectory와 데이터베이스의 trajectory 사이의 유사성 계산하기 위해 OCM(Optimal Consecutive Mapping)과 OCMR(Optimal Consecutive Mapping with Replication)이라는 두 가지의 유사성 측정 알고리즘을 제안했으며, 이 알고리즘은 모두 single motion trajectory의 방향 정보만을 이용하여 유사성을 계산한다. 그리고, multiple motion trajectory를 이용한 검색을 위해서는 단순히 기존의 2D 이미지 내의 객체 간의 공간 관계성을 위해 Chang[12]에 의해서 제안된 2D 스트링 방법을 이용하였다. 따라서, multiple motion trajectory는 일련의 심볼(symbol) 객체로 나타내며 각각의 심볼 객체는 2D 스트링으로 표현한다.

### 3. 움직임을 위한 새로운 시공간 표현 기법

비디오 데이터는 이미지와 달리 공간 정보와 시간 정보를 모두 포함하고 있는 특징을 가지고 있기 때문에, 움직임 객체에 대해 보다 효율적인 표현을 위해서는 움직임 객체에 대한 공간 관계성(spatial relationship)과 시간 관계성(temporal relationship)을 모두 고려해야 한다. 그러나, 기존의 John 방법이나 Shan 방법은 주로 방향 관계성과 위치 관계성의 공간 정보만을 고려해서 움직임 객체의 유사성 검색을 지원하고 있을 뿐, 움직임 객체에 대한 시간 정보는 지원하지 못하고 있다. 따라서, 본 논문에서는 하나의 객체에 대해 움직임 정보를 나타내는 single motion trajectory와 다수의 객체에 대한 움직임 정보를 나타내는 multiple motion trajectory를 위한 새로운 시공간 표현 기법을 제안한다. 아울러, 공간 정보 뿐만 아니라, 움직임 객체만이 가지는 Time Interval를 지원함으로써 사용자 질의를 보다 정확하게 처리할 수 있는 장점을 지닌다.

#### 3.1 Single Motion Trajectory

먼저, 본 논문에서는 객체를 인식하기 위한 방법으로 그림 1과 같은 최소 경계 사각형(MBR : Minimum Bounding Rectangle)을 이용한다. 움직임 객체(moving object)는 일정 시간 동안(time interval) 객체의 위치가 변하는 객체를 의미하며 이러한 움직임 객체 A에 대한 trajectory는 시간  $t_0, t_1, t_2, \dots, t_n$  시점에서 객체 A의 중심 좌표를 나타내는 일련의  $\{(x_0, y_0, t_0), (x_1, y_1, t_1), \dots, (x_n, y_n, t_n)\}$ 로 표현된다.



<그림 1> MBR로 표현한 움직임 객체

이를 기반으로 본 논문에서는 single motion trajectory를 정의 1과 같이 정의한다.

**[정의 1]** 객체 A를 움직임 객체라 하자. 그리고 시간 간격  $I_i$  동안의 객체 A에 대한 motion( $M_i$ )은  $(a_i, D_i, I_i)$ 로 표현한다. 여기서,  $a_i$ 는 시간 간격  $I_i$  동안 움직인 방향으로서  $0^\circ \sim 360^\circ$  까지의 실제 각도로 나타내며,  $D_i$ 는 시간 간격  $I_i$  동안

움직인 변위를 의미한다. 따라서, 주어진 순서화된 시간 간격 리스트  $\langle I_1, I_2, \dots, I_n \rangle$ 에 대해서, 움직임 객체 A의 single motion trajectory는 다음과 같이 motion의 리스트  $\langle M_1, M_2, \dots, M_n \rangle$ 로 표현된다.

$$\langle (a_1, D_1, I_1), (a_2, D_2, I_2), (a_3, D_3, I_3), \dots, (a_n, D_n, I_n) \rangle$$

### 3.2 Multiple Motion Trajectory

여기서는 둘 이상의 객체로 이루어진 multiple motion trajectory를 모델링하기 위해 두 객체 사이의 공간 관계성과 시간 관계성을 모두 적용한다. 공간 관계성을 위해서는 두 객체 사이의 공간 관계를 표현하기 위해 FA(FarAway), DJ(DisJoint), ME(MEet), OL(OverLap), CL(Is inCLuded by), IN(INclude), SA(Same)의 7개의 위치 연산자를 정의하며, 이러한 위치 연산자들은 기존의 이미지 내의 두 객체간의 공간 관계를 표현하기 위해 Chang에 의해 제안된 SMR 방법[13]으로부터 생성된다.

이를 기반으로 본 논문에서는 multiple motion trajectory를 정의 2와 같이 정의한다.

**[정의 2]** 객체 A와 객체 B를 움직임 객체라 하자. 그리고 시간 간격  $I_i$  동안의 객체 A와 객체 B사이의 시공간 관계(STR<sub>i</sub>)은  $(R_i, a_i, I_i)$ 로 표현한다. 여기서,  $R_i$ 는 시간 간격  $I_i$  동안의 객체 A와 객체 B사이의 위치 관계를 의미하며,  $a_i$ 는 시간 간격  $I_i$  동안 움직인 방향으로서  $0^\circ \sim 360^\circ$  까지의 실제 각도로 나타낸다. 따라서, 주어진 순서화된 시간 간격 리스트  $\langle I_1, I_2, \dots, I_n \rangle$ 에 대해서, 객체 A와 객체 B사이의 multiple motion trajectory는 다음과 같이 시공간 관계의 리스트  $\langle STR_1, STR_2, \dots, STR_n \rangle$ 로 표현된다.

$$\langle (R_1, a_1, I_1), (R_2, a_2, I_2), (R_3, a_3, I_3), \dots, (R_n, a_n, I_n) \rangle$$

### 4. 시공간 관계성을 위한 유사성 측정 알고리즘

본 논문에서 제안하는 single motion trajectory를 위한 유사성 측정 알고리즘 SIST(Similarity measure algorithm using time Interval for Single Trajectory)는 다음과 같은 단계로 정의된다.

**[정의 3]** 주어진 비디오 single trajectory  $V = \{V_1, V_2, \dots, V_M\}$ , 질의 trajectory  $Q = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_N\}$  ( $N \geq 1$ ),  $M \geq N$ 를 가정한다. 먼저,  $V_i$ 와  $Q_i$ 사이의 각도의 차  $D_{ang}(V_i, Q_i)$ 는 다음과 같이 정의한다.

$$\text{If } |V_i - Q_i| > 180^\circ \text{ then} \quad \dots (1)$$

$$D_{ang}(V_i, Q_i) = (360^\circ - |V_i - Q_i|)$$

Else

$$D_{ang}(V_i, Q_i) = |V_i - Q_i|$$

**[정의 4]** 주어진 비디오 single trajectory  $V = \{V_1, V_2, \dots, V_M\}$ , 질의 trajectory  $Q = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_N\}$  ( $N \geq 1$ )를 가정한다. 비디오 trajectory V와 질의 trajectory Q사이의 방향 관계에 대한 유사성  $SD_i(V_i, Q_i)$ 는 다음과 같다.

$$SD_i(V_i, Q_i) = \frac{\cos(D_{ang}(V_i, Q_i)) + 1}{2} \quad \dots (2)$$

**[정의 5]** 주어진 비디오 single trajectory  $V = \{V_1, V_2, \dots, V_M\}$ , 질의 trajectory  $Q = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_N\}$  ( $N \geq 1$ )를 가정한다. 비디오 trajectory V와 질의 trajectory Q사이의 시간 관계에 대한 유사성  $SI_i(V_i, Q_i)$ 는 다음과 같다. 여기서,

$V_R = \{I_{R1}^V, I_{R2}^V, \dots, I_{Rn}^V\}$ 과  $Q_R = \{I_{R1}^Q, I_{R2}^Q, \dots, I_{Rn}^Q\}$ 는 주어진 비디오 trajectory와 질의 trajectory를 전체 시간 간격 (Total Time Interval)로 정규화해서 구한 것이다.

$$SI_i(V_i, Q_i) = 1 - \frac{|I_{R(i)}^V - I_{R(i)}^Q|}{\text{Max}(I_{R(i)}^V, I_{R(i)}^Q)} \quad \dots (3)$$

[정의 6] 주어진 비디오 single trajectory  $V = \{V_1, V_2, \dots, V_M\}$ , 질의 trajectory  $Q = \{Q_1, Q_2, \dots, Q_N\}$  ( $N \geq 1$ )를 가정한다. 따라서, 식(2)와 식(3)을 이용하여 비디오 trajectory V와 질의 trajectory Q사이의 최종적인 유사성 SIST(V, Q)는 다음과 같다. 여기서,  $\omega 1$ 과  $\omega 2$ 는 각각 방향 관계와 시간 관계에 대한 가중치 값을 의미한다.

$$SIST(V, Q) = \text{MAX} \sum_{j=1}^{N+1} \left( \frac{\sum_{i=1}^M SD_{i+j}^{(\omega 1, \omega 2)} + SI_{i+j}^{(\omega 1, \omega 2)}}{N} \right)$$

SIST 알고리즘은 다음과 같다.

**SIST(V, Q)**

```

입력 : V={V1, V2, ..., Vn}, Q={Q1, Q2, ..., Qn}
출력 : Similarity_Value
int Max = 0, Direction = 0, Interval = 0;
int Similarity_Value = -1;

if (N>M)
    Similarity_Value = 0;
for (j=0; j<M-N+1; j++)
    Max = 0;
    for (i=0; i<N; i++)
    {
        Direction =  $\frac{\cos(D_{ang}(V_{i+j}, Q_i)) + 1}{2}$ ;
        Interval =  $1 - \frac{|I_{R(i+j)}^V - I_{R(i)}^Q|}{\text{Max}(I_{R(i+j)}^V, I_{R(i)}^Q)}$ ;
        Max = Max + Direction(1- $\omega 1$ )*Interval(1- $\omega 2$ );
    }
    Max = Max / N;
    if (Max > Similarity_Value)
        Similarity_Value = Max;
}
return Similarity_Value
    
```

본 논문에서 제안하는 multiple motion trajectory를 위한 유사성 측정 알고리즘 SIMT(Similarity measure algorithms using time Interval for Multiple Trajectory)는 위치 관계, 방향 관계, 그리고 시간 관계를 모두 결합한 알고리즘으로 다음과 같은 단계로 정의된다.

[정의 7] 주어진 비디오 multiple trajectory  $P = \{P_1, P_2, \dots, P_M\}$ , 질의 trajectory  $W = \{W_1, W_2, \dots, W_N\}$  ( $N \geq 1$ ),  $M > N$ 를 가정한다. 먼저,  $V_i$ 와  $Q_i$ 사이의 위치 관계에 대한 유사성  $ST_i(P_i, W_i)$ 는 다음과 같이 정의한다. 여기서,  $\text{Sim\_Dist}(PR_i, WR_i)$ 는 표 1에서와 같이  $PR_i$ 과  $WR_i$ 사이의 유사성 거리를 의미한다.

$$ST_i(P_i, W_i) = \frac{10}{10 + \text{Sim\_Dist}(PR_i, WR_i)^2} \quad \dots (4)$$

[정의 8] 주어진 비디오 multiple trajectory  $P = \{P_1, P_2, \dots, P_M\}$ , 질의 trajectory  $W = \{W_1, W_2, \dots, W_N\}$  ( $N \geq 1$ )를 가정한다. 따라서, 식(2), 식(3), 그리고 식(4)를 이용하여 비디오 trajectory V와 질의 trajectory Q사이의 최종적인 유사성 SIMT(P, W)는 다음과 같다. 여기서,  $\omega 1$ ,  $\omega 2$ ,  $\omega 3$ 는 각각 위치 관계, 방향 관계 그리고 시간 관계에 대한 가중치 값을 의미한다.

$$SIMT(P, W) = \text{MAX} \sum_{j=1}^{N+1} \left( \frac{\sum_{i=1}^M ST_{i+j}^{(\omega 1, \omega 2)} + SD_{i+j}^{(\omega 1, \omega 2)} + SI_{i+j}^{(\omega 1, \omega 2)}}{N} \right)$$

<표 1> 위치 연산자간의 유사성 거리(Sim\_Dist)

D	FA	DJ	ME	OL	CL	SA	IN
FA	0	1	2	3	4	5	6
DJ	1	0	1	2	3	4	3
ME	2	1	0	1	2	3	2
OL	3	2	1	0	1	2	1
CL	4	3	2	1	0	1	2
SA	5	4	3	2	1	0	1
IN	4	3	4	3	2	1	0

SIMT 알고리즘은 다음과 같다.

**SIMT(V, Q)**

```

입력 : P={P1, P2, ..., Pn}, W={W1, W2, ..., Wn}
출력 : Similarity_Value
int Max = 0, Position = 0, Direction = 0, Interval = 0;
int Similarity_Value = -1;

if (N>M)
    Similarity_Value = 0;
for (j=0; j<M-N+1; j++)
    Max = 0;
    for (i=0; i<N; i++)
    {
        Position =  $\frac{10}{10 + \text{Sim\_Dist}(PR_{i+j}, WR_i)^2}$ ;
        Direction =  $\frac{\cos(D_{ang}(P_{i+j}, W_i)) + 1}{2}$ ;
        Interval =  $1 - \frac{|I_{R(i+j)}^V - I_{R(i)}^Q|}{\text{Max}(I_{R(i+j)}^V, I_{R(i)}^Q)}$ ;
        Max = Max + Position(1- $\omega 1$ )*Direction(1- $\omega 2$ )*Interval(1- $\omega 3$ );
    }
    Max = Max / N;
    if (Max > Similarity_Value)
        Similarity_Value = Max;
}
return Similarity_Value
    
```

**6. 결론**

본 논문에서는 비디오 데이터베이스에서 효율적인 내용기반 검색을 위해, 하나의 객체에 대한 움직임 정보를 나타내는 single motion trajectory와 두 객체에 대한 움직임 정보를 나타내는 multiple motion trajectory를 위한 새로운 시공간 표현 기법을 제안하였다. 이 방법은 움직임 객체의 공간관계성 뿐만 아니라 시간 관계성을 고려하기 때문에 기존의 John 방법이나 Shan 방법보다 더욱 정확하게 시공간 관계성을 표현할 수 있다. 또한 제안한 시공간 표현 기법을 이용해 움직임 정보에 대한 사용자 질의에 대해서 유사성을 측정할 수 있는 새로운 유사성 측정 알고리즘인 SIST와 SIMT를 제안하였다. 본 논문의 향후 연구 방향으로는 본 논문에서 제안한 새로운 시공간 표현 기법의 우수성을 입증하기 위해 실제 비디오 데이터를 이용하여 기존의 타 연구들과 성능을 비교하는 것이다.

**7. 참고문헌**

[1] J. F. Allen, "Maintaining Knowledge about Temporal Intervals", Communication of the ACM, pp. 832-843, 1983.  
 [2] J. W. Chang, Y. J. Kim and K. J. Chang, "A Spatial Match Representation Scheme Indexing and Querying in Icnic Image Databases", ACM International Conference on Information and Knowledge Management, pp. 169-176, 1997  
 [3] John Z. Li, M. Tamer Ozsu, Duane Szafron, "Modeling Video Spatial Relationships in an Object Model", Technical Report TR 96-06, University of Alberta, 1996  
 [4] Man-Kwan Shan and Suh-Yin Lee, "Content-based Video Retrieval via Motion Trajectories", In Proceedings of the International Conference on SPIE, Vol. 3561, pp. 52-61, 1998