

# 움직임 동사와 선-영역 위상간 관련성에 관한 연구

조미영\*, 송단\*, 최준호\*, 김원필\*, 김관구\*\*

\*조선대학교 전자계산학과

\*\*조선대학교 컴퓨터공학과

e-mail:irune80@mina.chosun.ac.kr

## A Study on Correlation between Line-Region Topology and Motion Verbs

Mi-Young Cho\*, Dan Song\*, Jun-Ho Choi\*, Won-Pil Kim\*

Pan-Koo Kim\*\*

\*Dept of Computer Science, Chosun University

\*\*Dept of Computer Engineering, Chosun University

### 요 약

비디오 데이터베이스에서 움직임 정보를 가지고 있는 이동객체에 대한 모델링은 크게 두 가지 측면 즉, 공간적 혹은 시간적 관계성에 의해 다루어진다. 공간적 관계에서 위상 관계는 근접 그래프에 의한 모델링이 대부분이며, 이를 이용한 내용 기반 비디오 검색에서 자연어 형태의 질의어는 정형화된 위상 관계 표현으로 변환하는 과정을 거친다. 그러나 이 과정에서 위상 관계 표현이 인간이 사용하는 언어의 의미를 정확히 반영하는지는 알 수 없다. 이에 본 논문에서는 위상 관계 표현과 인간이 사용하는 움직임 동사간 의미의 차이를 줄이기 위해 위상 관계 표현과 실제 움직임 동사간의 매칭에 대해 연구했다.

### 1. 서론

비디오 검색은 최근 많이 연구되고 있는 분야로 이 분야의 최종목표는 비디오 데이터로부터 의미적 특징을 자동으로 추출한 후 이를 이용한 내용 기반 검색이 가능하도록 하는 것이다. 비디오 데이터에서 의미적 특징을 추출할 수 있는 특징은 객체에 대한 움직임 정보로 이는 비디오 데이터에 대한 색인과 내용 기반 검색을 수행하는데 중용한 역할을 한다. 움직임 정보에 대한 특징 추출에는 객체 인식, 시공간적 관계 등이 있으나 본 논문에서는 공간적 관계에서 특히 객체간의 위상 관계에 대해서만 논하도록 하겠다.

내용 기반 비디오 검색 등에서 자연어 형태의 질의어는 정형화된 위상 관계 표현으로 변환하는 과정을 거친다. 그러나 이 과정에서 위상 관계 표현이 인간이 사용하는 언어의 의미를 정확히 반영하는지는 알 수 없다. 이에 본 논문에서는 위상 관계 표현과 인간이 사용하는 움직임 동사간 의미의 차이를

줄이기 위해 위상 관계 표현과 실제 움직임 동사간의 매칭에 대해 연구했다.

기존의 비디오 객체간 위상 관계 표현은 영역과 영역간의 관계만을 다루고 있다. 이에 본 논문에서는 동적인 움직임 객체를 점으로 정적인 객체를 영역으로 선과 영역간의 위상 관계에 대해 연구해 보았으며, 기존의 다른 위상 관계 표현과 비교해 보았다. 이는 움직임에 대한 정확한 위상 관계의 표현으로 의미 및 내용 기반 비디오 검색에 활용될 수 있을 것이다.

### 2. 관련연구

#### 2.1 선-영역 위상 관계

위상 관계 표현에 대한 기존의 많은 연구 중 대표적인 것은, Egenhofer[5]가 제시한 모델로 움직임 객체의 위상적 변화에 대한 특성을 조사하여 표현하였다. 특히, 위상 관계를 행렬 형태로 표현하였는데 2x2 교집합과 3x3 교집합 모델을 제시하였으며, 두

영역 공간 객체들의 교집합의 존재 유무로 이를 표현하고 있다.

본 논문에서는 3×3 교집합 모델을 이용하여 비디오 내 움직임 객체의 위상 관계를 표현하였다. 3×3 교집합의 행렬 형태는 아래와 같으며 이는 점, 선, 영역 객체 모두에 적용될 수 있는 위상 관계 모델이다.

$$M(A, B) = \begin{pmatrix} A^o \cap B^o & A^o \cap \partial B & A^o \cap B^- \\ \partial A \cap B^o & \partial A \cap \partial B & \partial A \cap B^- \\ A^- \cap B^o & A^- \cap \partial B & A^- \cap B^- \end{pmatrix}$$

이 정의에서 A와 B는 각각 비디오 내에서 점, 선 혹은 영역으로 표현되는 객체를 의미한다. 만약 객체를 A라고 정의하면  $A^o$ 는 객체 A의 내부를 의미하며,  $\partial A$ 는 A의 경계를,  $A^-$ 는 A의 외부에 의미한다. 정의된 행렬 각 요소들은 정의에 따라 교집합의 존재 유무를 0 혹은 1로 표현한다.

$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$
$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$
$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$
$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$	

[표 1] 19가지 선-영역 위상 관계

## 2.2 선-영역 위상 관계간 근접 그래프

비디오내 공간적 위상 관계를 가질 수 있는 객체로는 점, 선, 그리고 영역이 있으며, 이중 기본 단위가 되는 것은 점으로 점집합을 이용하여 이들 개체를 정의하면 다음과 같다.

### 선의 정의

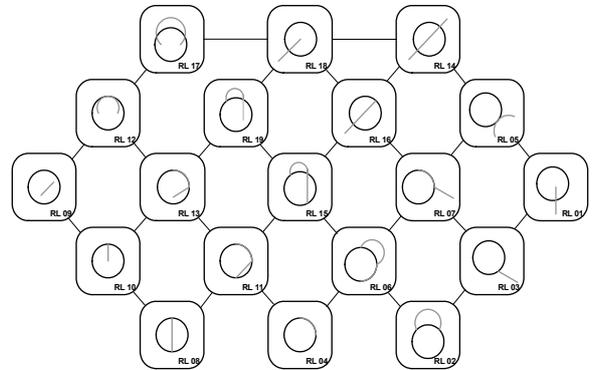
- 1) 점들의 집합이다.
- 2) 자기 자신과 교집합을 가지지 아니하며 시작과 끝점이 다르다.
- 3) 선의 경계는 선의 양 끝점이다.
- 4) 선의 내부는 선과 선의 경계의 차 집합이다.

### 영역의 정의

- 1) 위상공간 X의 공집합이 아닌 부분 집합이다.
- 2) 영역의 내부는 연결되어 있다.
- 3) 영역은 영역의 closure와 동일하다.

본 논문에서는 기존의 영역과 영역간의 위상 관계가 아닌 선과 영역간의 위상으로 동적인 움직임 객체를 점으로 정적인 객체를 영역으로 다루며 영역 객체는 점 객체에 비하여 시간에 따라 변화하는 정도가 약하다고 가정한다. 하나의 점으로 표현되는 움직임 객체가 시간에 따라 변화할 때, 이들의 궤적은 선으로 표현이 될 것이다. Egenhofer에 의해 정의된 위상 관계를 이용하여 2차원 공간상에서 선과 영역간의 가능한 위상 관계는 총 19가지로 [표 1]과 같다.

[표 1]에서 정의한 선-영역간 위상 관계들간의 선의 경계와 내부를 push하고 pull하는 과정을 통해 행렬 각각의 값의 차이를 비교하여 위상 근접 그래프로 나타내면 [그림 1]과 같다.



[그림 1] 위상 근접 그래프

움직임 객체의 위상 관계는 정적인 위상 관계가 아니라 시간에 따라 변하는 위상 관계로 [그림 1]은 움직임객체가 움직이면서 다른 움직임 객체와 위상 관계가 변할 때, 변할 수 있는 경로를 나타내고 있다. 즉, 이 그래프는 하나의 위상상태에서 다른 위상상태로의 가능한 전이를 표현하고 있다.

## 3. 움직임 동사에 대한 위상 관계 표현

움직임 동사의 의미 및 개념과 움직임 객체간 위상 관계 표현의 매치를 위해 인지적인 측면이 필요

했으며, 이를 위해 설문조사를 실시하였다. 이를 위해 Levin[1]의 분류에서 51번 클래스의 하위 클래스인 verbs of Inherently directed motion와 leave 클래스내 움직임 동사를 기반으로 위상적 관계에 의해 표현될 수 있는 총 52개의 움직임 동사 및 전치사를 포함한 동사구로 설문 조사를 하였다. 총 35명의 영문과 학생을 대상으로 각 움직임 동사별로 동사 표현을 위해 가장 알맞은 Egenhofer의 위상 관계를 선택하도록 하였다.

움직임 동사	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	합계
advance	3													1		11				15
arrive			10				1			1						3			20	35
ascend						1	10		2	2		1								16
climb				2		2	5			3		1								13
climb down				1		1	4									2				8
climb out of			4		2	1												4		11
come			12			2										3			18	35
come again			5		1										3		19		3	31
come along	14		2		7	2												2		27
come at				3			2									1			28	34
come away	2		7			1													23	33
come back		3				1								1			25		4	34
come down				1		1	8			2										12
come in				1							4								30	35
come into											3					1			28	32
come near	2		13			8	2													25
come from				1						1									30	32
come out				1			2						3			1			27	34
come over	4			14			3													21
come past								11			3					13		4		28
come up									7	2					2			1		12
come through										1				30				1		31
come by							10							16	1	2				29
cross								11		3				20						34
depart				8			3												17	28
descend								8			3		3							14
enter				3						6				2					24	35
escape					2					3			12						18	35
exit	2		2							1				1	1				27	34
fall		1						5				2		4			1			13
fall down							5	2						4					3	14
fall in								1	2	2						3			15	23
fall within										33	1									34
flee				3		5	3									2				13
go	2		14																16	32
go around					17		2	2												21
go away				15			3									1			15	34
go back														12				17		29
go by	32				1														1	34
go down								7							3				2	12
go in				3															29	32
go into										7			3						25	35
go on				4										1		12		8		25
go out							2		3				4		2			23		34
go over							7			1				23		3				34
go through								3		2				28						33
go up								5						2	7					14
leave				1						5				2			1		25	34
plunge								2					3			8		12		25
recede				5		3	3												1	12
return				5										7	1		15		3	31
rise								6						3		1				10

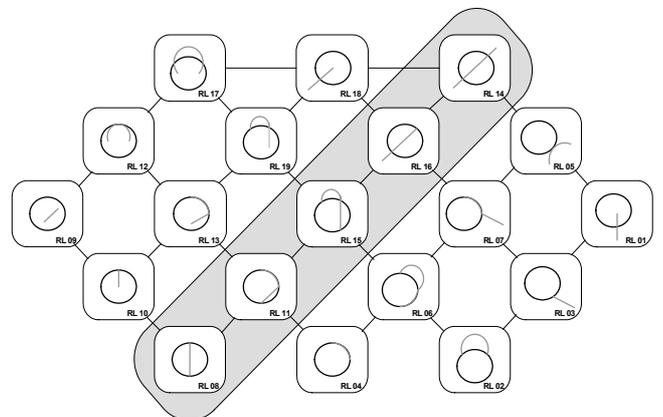
[표 3] 움직임 동사별 위상 관계

climb, fall 등과 같은 동사들은 방향을 가진 동사들로 위상 관계만으로는 방향을 표현할 수 없으므로 대부분 설문자들이 적절한 위상 관계 찾기를 어려워했다. 이는 같은 위상 관계를 가지더라도 움직임 개체의 특성 및 카메라의 위치에 따라 의미하는 바가 다르기 때문이다. 본 논문에서는 어느 특정 분야가 아닌 대표적인 움직임 동사의 의미 표현으로 이러한 특정한 상황의 동사는 제외하기로 한다.

[표 2]에서 보다시피 움직임 동사들은 크게 두 가지로 분류된다. 그 첫 번째는 특정한 위상 관계 하나에 의해 표현되어지는 움직임 동사들이다. 이들 동사들은 주요한 하나의 위상 관계로 응집하려는 경향이 있다. 예를 들어, fall within 동사의 경우에 다른 위상 관계를 제외한 오직 LR9의 위상 관계에 의해 표현된다.

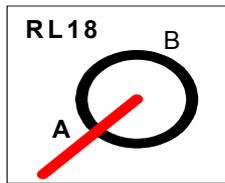
두 번째는 불특정한 위상 관계로 표현되어지는 움직임 동사들이다. 즉, 이들 동사들은 하나의 특정한 위상 관계에 의하여 표현되기 어렵다. 따라서 다른 위상 관계들간에 퍼지려는 경향이 있다. 위상 관계 하나는 특정한 동사를 설명하기 위한 기본형으로 사용될 수 없다는 뜻이다. 예를 들어, cross라는 동사의 경우 공간적 관계 LR14, LR16과 LR8 세 가지 위상 관계에 의해 표현한다. 이렇듯 대부분의 동사들은 둘 혹은 셋 이상의 위상 관계에 의하여 표현된다.

또한 움직임 동사를 표현하기 위한 불특정한 위상 관계들은 대부분 움직임 동사에 대한 시간의 흐름에 따른 위상 관계의 변화를 나타낸다. [그림 2]는 cross동사를 표현하기 위한 위상 관계들을 근접 그래프에 표현한 것이다. LR8부터 LR 14까지의 대각선내의 위상 관계에 의해 표현되었다. 이는 시간의 흐름에 따른 위상관계의 변화로 볼 수 있다.



[그림 2] Cross를 표현하기 위한 위상 관계들

불특정한 위상관계로 표현되어지는 동사 중 enter와 leave는 거의 유사한 위상 관계를 가지며 특히 LR18 위상 관계에 의해 표현된다.



[그림 3] LR18

[그림 3]에서 A를 선형의 궤적을 가진 객체라 하고, B는 영역 객체라 하면 객체 A가 영역 B로 진입한다는 의미일 수도 있고 객체 A가 영역 B로부터 나간다는 의미 두 가지 경우 모두에 해당된다. 즉, 위상 관계만으로는 움직임 객체의 의미를 충분히 표현할 수 없다.

기존 움직임 객체의 시공간적 관계 표현법에서 위상 관계 표현만을 비교하면 다음과 같다.

	Li	Shim	제안한 방법
객체 특성	동적인 두 객체	동적인 두 객체	정적인 객체와 동적인 객체
대상 객체	영역-영역	영역-영역	선-영역
위상 관계 수	8	7	19

[표 3] 위상 관계 표현간 비교

Li는 동적인 두 객체간의 총 8가지 영역-영역간 위상 관계를 이용하여 움직임의 의미를 표현했으며, Shim 또한 동적인 두 객체간의 7가지 영역-영역간 위상 관계를 이용하여 표현하고 있다. 제안한 방법에서는 정적인 객체는 영역으로 동적인 객체의 궤적을 선으로 총 19가지의 위상 관계로 움직임의 의미를 표현해 보았다. 제안한 방법에 의하면 표현할 수 있는 위상 관계가 19가지로 좀 더 풍부하게 움직임의 의미를 표현할 수 있다.

#### 4. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 Egenhofer의 19가지 선-영역 위상 관계를 이용한 움직임 동사 표현에 대해 연구했다. 움직임 동사 표현 설문조사 결과 움직임 동사들은 특정 위상 관계로 표현되는 동사군과 불특정 위상 관계로 표현되는 동사군으로 나눌 수 있었으며, 불특정 위상 관계들간의 관계는 시간의 흐름에 따른

위상 관계의 변화라는 것을 알 수 있었다.

향후 연구로는 불특정 위상 관계들간의 그룹성에 대해 연구해 보고, 그룹성을 이용한 유사성 측정법을 제안해 보고자 한다. 또한 이러한 유사성 측정법을 실제 비디오 검색에 활용해 보고자 한다.

#### 참고문헌

- [1] Beth Levin, "English Verb Classes and Alternations", 1993
- [2] John Z. Li, M. Tamer Ozsu, Duane Szafron, "Modeling of Moving Objects in a Video Database", In Proceedings of the International Conference on Multimedia Computing and Systems, pp. 336-343, 1997.
- [3] 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.
- [4] Choon-Bo Shim and Jae-Woo Chang, "비디오 데이터에서 움직임 객체의 모델링을 위한 시공간 표현 기법", 정보과학회논문지:데이터베이스 제 27권 제 4호, 2000.
- [5] A. R. shariff, M. J. Egenhofer and D. Mark "Natural-Language Spatial Relations Between Linear and Areal Objects: The Topology and Metric of English Language Terms", International Journal of Geographical Informaion Science, 12(3): 215-246, 1998.
- [6] A. Rashid B. M. shariff, Max. J. Egenhofer "Metric Details for Natural-Language Spatial Relatoins", ACM Transactions on Information Systems, Volume 16, Issue 4 : 295 - 321 1998.
- [7] Ki-Joune Li, and Kyoung-Sook Kim, "이동객체의 움직임에 대한 시간적 명세", 한국정보과학회 데이터베이스 연구회지, Vol. 16, No. 1, pp. 27-39, August, 2000
- [8] Tae-Wan Kim, and Ki-Joune Li, "시 구간에서 이동 객체들 사이의 위상관계를 위한 모델", 한국정보과학회 학술대회지, Vol.24 No.1, pp.121-124, April 1997