

2차원 공간에서 공간 정보 유지 및 응용에 관한 연구

이 말 레[†] · 황 수 철^{††}

요 약

일반적으로 2차원 공간에서 물체간의 공간정보를 표현하기 위해 정량 지식이나 정성 지식이 사용된다 본 연구는 기존의 정량 지식과 정성 지식의 각 단점을 보완하기 위해 두 지식의 결합된 사용을 고려한다. 그리고, 2차원 공간에서 한 이동물체가 n-개의 고정물체 사이를 이동하거나 방향 전환을 할때 이동물체와 고정물체들간의 위치 관계를 계속 유지하는 방법론을 제시한다. 또한 고정물체간의 공간정보를 나타내는 네트워크에 새로운 위치 관계가 추가될 경우 그 관계를 계속 수정해 주는 알고리즘을 제시하고, 본 연구의 응용 차원에서 도로에서 건물들과 이동하는 자동차간의 위치 관계를 알려주는 위치 관계 안내시스템을 구성하였다.

Maintaining Spatial Informations and Structuring Application System in 2-Dimensional Space

Mal Rye Lee[†] · Su Cheol Hwang^{††}

ABSTRACT

Generally the quantitative and qualitative knowledges are used to describe the spatial information between objects in 2-dimensional space. In this study, we consider the combin of two knowledges for complementing each disadvantages and suggest a method of maintaining a locational relation when a moving object is rotated or moved to another place between n static-objects. Also, we suggest a algorithm of modifying the relations when new locational relation is inserted into the network that represent the spatial knowledges of the static objects. Then in order to apply our result, we have constructed a system which provide the locational informations between buildings and a moving car

1. 서 론

일반적으로 2차원 공간에서 물체간의 관계를 표현하기 위해 정량 지식이나 정성 지식이 사용된다[1][2][3]. 그런데, 이를 구분하여 사용할 경우, 가령 정량 지식만을 사용하면 추상적인 위치 표현이 힘들고, 정성 지식만을 사용하면 정확한 위치 개념을 표현할 수가

없는 문제점이 있다. 예를 들어, “경찰서가 50m 거리에 있다” 하는 정량지식만을 사용하면 정확한 거리는 알지만 정성지식인 방향에 대한 지식이 없게 되고, “경찰서가 오른쪽에 있다” 하는 정성지식만을 사용하면 방향은 알지만 정량지식인 경찰서까지의 정확한 거리를 알 수가 없게 된다. 보다 정확한 공간 위치 정보를 나타내기 위해서는 “경찰서는 오른쪽으로 50m 거리에 있다”와 같이 두 지식의 혼합된 표현이 요구된다. 이러한 공간 정보(spatial information)는 우리의 일상생활에서 임의의 장소를 가르키거나 찾고자 할

† 준 회 원: 중앙대학교 대학원 컴퓨터공학과
†† 정 회 원:인하공업전문대학 전자계산학과
논문접수:1997년 3월 12일, 심사완료:1997년 7월 14일

때 일반적으로 많이 사용되므로, 본 연구에서는 이들 두 지식의 혼합 사용을 연구하고자 한다.

이를 위해, 본 연구는 2차원 공간에서 한 이동물체가 n-개의 고정물체 사이를 이동하거나 방향 전환을 할때 이동물체와 고정물체들간의 위치 관계를 계속 유지하는 방법론을 제시한다. 또한 고정물체간의 공간정보를 나타내는 네트워크에 새로운 위치 관계가 추가될 경우 그 관계를 계속 수정해 주는 알고리즘을 제시하고, 본 연구의 응용 차원에서 도로에서 건물들과 이동하는 자동차간의 위치 관계만을 알려주는 위치 관계 안내시스템을 구성하였다.

그 동안 정성공간 지식의 처리에 대한 많은 연구가 진행되어 왔는데[2][3][4][5][6][7], 그중에서 본 연구와 밀접하게 관련된 연구는 다음과 같다. Allen[8]은 시간에 대한 지식을 인터벌(interval)로 표현하여 인터벌-기반의 임시논리(temporal logic)를 소개했다. 주로 1차원적 개념에서 시간에 대한 선행(before, after), 중첩(overlap) 관계등 13가지 가능한 관계를 기술하였다. Hernandez[2]는 Allen의 시간 정보에 대한 임시논리를 2차원 공간정보로 확장하여, 공간정보에 대한 네트워크가 구성되었을때 만족스럽지 못한 제약(constraints)들을 해결하기 위한 알고리즘을 제시하였다. 한편, Freksa[3]도 방향 정보를 기반으로 하는 정성 공간 논증에 대한 연구를 하였는데, 주요 작업은 두 지점ab의 수직, 수평 벡터 방향에 대한 정보(왼쪽, 앞등)를 기반으로하여, 한 지점 a에 대한 15개의 가능한 위치관계와 방향을 구분하고 이를 근거로 정성공간논증 방법론을 제시하였다. 본 연구는 2차원 공간에서 위치와 방향 즉 정성 공간 지식을 언급하다는 면에서 이들 연구와 비슷하지만, 지식표현 방법이 상이하며 주체자의 방향관점과 정량지식 개념을 고려한다는 점이 다르다고 할 수 있다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 물체간 위치 관계에 대한 정성 지식 표현 방법을 제시하고 필요한 정량 지식을 언급하였고, 3장에서 if-then 규칙과 전이 지식 표현을 이용하여 두 물체간 위치 지식 관계 유지 방법을 제안하였다. 그리고, 4장에서는 본 연구를 활용하기 위한 응용 분야에 대해 언급하고 마지막으로 결론을 보였다.

2. 정성·정량 공간 위치 지식

2.1 정성 공간 위치 지식

(1) 위치 관련 전치사

공간 관계를 언급할때 종종 앞에, 오른쪽에와 같은 공간 전치사를 많이 사용한다. 이러 전치사의 다양한 고찰이 [9]에 기술되어져 있다. 다른 물체와 연관된 하나의 물체 위치를 기술하는데 사용하는 공간 전치사를 관계 전치사라 한다. 이런 관계 전치사는 다시 크게 위상 관계만을 언급하는 전치사(예 :in, at, near 등)와 한 물체가 다른 물체에 대해 위치하고 있는 방향 관계에 대한 정보를 취급하는 전치사(예 :in front of, left of, right of)로 구분될 수 있다.

본 논문에서는 투영 전치사(projective preposition) 또는 방향 전치사(directional preposition)로 불리는 이들 전치사중 앞에(in front of), 뒤에(at the back of), 왼쪽에(to the left of), 오른쪽에(to the right of)와 같은 전치사를 주로 사용한다. 투영 전치사는 방향 관점에서 서로 다른 방법으로 사용될 수 있다. 예를 들어, “경찰서가 자동차의 오른쪽에 있다(The police office bank is to the right of the car)”라는 문구가 있을 때, 이는 세가지로 분석될 수 있다. 첫째, 화자 관점으로 부터 이야기 된 것일 수 있다. 두번째로는 자동차의 본래 방향에서 이야기 된 것으로 분석될 수 있다. 마지막으로 자동차가 실제 움직이는 방향에서 대해서 이야기 된 것으로 분석될 수도 있다. 첫번째 경우를 지시적 사용(deictic use)이라 하고 두번째 경우를 본질적 사용(intrinsic use) 그리고 마지막 경우를 비본질적 사용(extrinsic use)이라 한다. 본 연구에서는 자기위치를 이동물체안에 둔 상태에서 두번째 언급한 본질적인 경우를 적용하여 이동물체에 주체자가 있고 항상 본질적 앞이 서로 일치한다는 가정하에 물체간의 위치관계를 구해낸다. 예를 들어, 앞의 예문에서 이동 가능한 자동차 안에 주체자인 내가 존재한 상태에서 자동차의 본질적인 앞 방향과 나에 대한 본질적 앞이 항상 일치한다고 가정하여, 경찰서가 나의 오른쪽에 있음을 의미하도록 하였다. 이때 경찰서의 본질적 방향은 주체자가 있는 곳이 아니므로 고려하지 않는다.

(2) 정성 공간 위치 지식 표현

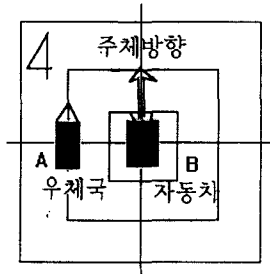
앞서 언급한 물체간 위치 관계 전치사인 to the left of, to the right of, in front of, at the back of를 기반으

로한 물체간의 위치 관계에 대한 지식 표현은 <표 1>과 같다.

<표 1> 두 물체간 위치 관계 지식 표현

<Table 1> Knowledge Representation of Locational Relation Between Two Objects

의미	기호	역기호	지식 표현
A is to the left of B'.	(l)	(l ⁻¹)	right-of A(r)B'
A is to the right of B'.	(r)	(r ⁻¹)	right-of A(r)B'
A is in front of B'.	(f)	(f ⁻¹)	front-of A(f)B'
A is at the back of B'.	(b)	(b ⁻¹)	back-of A(b)B'



(그림 1) 두 물체간 위치 상황도
(Fig. 1) A Position Situation

<표 1>을 이용하여 (그림 1)의 상황을 표현할 수 있다. 여기서 A와 B는 건물이나 자동차 같은 물체(objects)를 의미하며, '를 사용하여 표현한 B'는 주체자가 B안에 함께 있는 경우를 의미한다. <표 1>에서 첫번째는 "A가 B의 왼쪽에 있다"라는 문구로, 그 의미를 간략하게 "A left-of B"로 하였다. 그리고 기호 'l'을 이용하여 A (l) B'로 첫번째 문구에 대한 지식 표현을 하였다. 물론, B의 왼쪽 임의의 장소에 A가 위치할 수 있지만 동일한 위치에 있지 않는다고 가정한다. 또한, A와 B'가 동일 수직, 수평선상에 있다고 가정한다. 그러므로써, 오른쪽은 (r), 앞에는 (f), 뒤에는 (b) 기호를 사용할 수 있고, 오른쪽은 수평선상의 오른쪽에, 앞과 뒤에는 수직선 상의 앞과뒤에 있는 것으로 한다. (그림 1)에서 A는 경찰서이며, B'는 자동차로 주체(subject)역할을 한다. 본 연구에서는 자동차 안에 있는 주체자는 자동차와 함께 전방을 향하도록 하였다. 즉 이동물체와 주체자는 항상 본질적인

앞을 갖는다고 가정하였다.

본 연구에서 위치 지식간의 관계를 네트워크로 구성하기 위해 아래와 같은 표현을 사용한다. 괄호안의 b f는 b 또는 f를 의미한다.

$$A \text{ left-of } B' \implies A \text{--}(l)\text{--} B'$$

$$A \text{ back-of or front-of } B' \implies A \text{--}(b \text{ f})\text{--} B'$$

한편, 주체자의 방향이 객체에 전파(propagate)되면, "A가 B'의 왼쪽에 있다"는 사실은 "B'가 A의 오른쪽에 있다"로 표현될 수 있다. 이에 대한 관계를 나열하면 다음과 같은 동치 규칙이 생성된다.

$$A (l) B' \equiv B' (r) A \equiv B' (l^{-1}) A$$

$$A (r) B' \equiv B' (l) A \equiv B' (r^{-1}) A$$

$$A (f) B' \equiv B' (b) A \equiv B' (f^{-1}) A$$

$$A (b) B' \equiv B' (f) A \equiv B' (b^{-1}) A$$

(3) 전이 지식

주체자의 관점에서 보는 각 고정물체의 위치 관계는 앞서처럼 네트워크로 표현될 수 있는데, 이런 표현을 이용하면 전체적인 고정물체간의 배치 상황을 나타낼 수 있다. 여기에 새로운 관계가 삽입된다면 네트워크상의 모든 노드간 관계는 새로이 계산되어야 한다. 예를 들어, "A is to the left of B"에 "B is to the left of C"라는 새로운 사실이 있다면, "A is to the left of C"라는 새로운 위치 지식이 유도될 수 있다. 본 연구에서는 이렇게 유도된 지식을 전이 지식(transitivity knowledge)이라 하고, 논리 'and'의 의미를 갖는 ^ 기호를 이용하여 전이 지식을 만들어 내는 전이 규칙을 다음과 같이 기술하였다.

$$[A (l) B] \wedge [B (l) C] \equiv A (l) C$$

$$[A (r) B] \wedge [B (r) C] \equiv A (r) C$$

$$[A (f) B] \wedge [B (f) C] \equiv A (f) C$$

$$[A (b) B] \wedge [B (b) C] \equiv A (b) C$$

이러한 전이 규칙을 적용하고 Allen[8]의 Transitivity 테이블 형식을 인용하면, <표 2>와 같은 위치 전이 테이블을 생성할 수 있다. <표 2>에서 r1, r2는 8가지 관계중 하나 값을 갖는다. If는 "왼쪽 앞"을 의미하고,

수직으로 나열된 f b 등은 “앞에 또는 뒤에”를 의미한다.

2.2 정량공간위치지식

2차원 공간에서 두 물체간 위치 관계를 제시해 주는 대표적인 정량지식으로는 두 물체간의 거리, 각도라 할 수 있다. 본 논문은 두 물체간 정량공간지식에 거리와 각도에 대한 정보를 추가하여 물체간의 위치 관계를 보다 완벽하게 구하고자 하였는데, 이에 대한 정의를 다음장에서 기술하였다.

〈표 2〉 확장된 8가지 위치관계에 대한 전이 테이블
 (Table 2) A Transitivity Table of Extended 8-type Position Relations

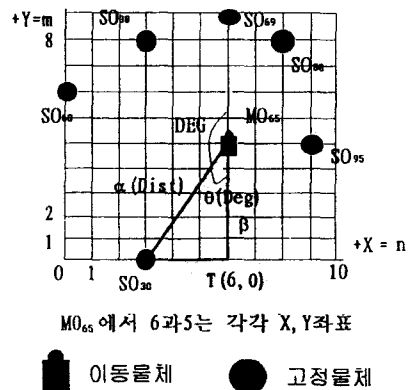
A r l B	B r l C	l	r	f	b	lf	lb	rf	rb
l	l	l	r	lf	lb	lf	lb	f	b
r	l	r	r	rf	rb	f	b	rf	rb
f	rb	lb	f	f	b	lf	lb	rf	rb
b	rf	lf	f	b	lb	lf	lb	r	rb
lf	lf	rf	lf	lf	lb	lf	lf	f	rb
lb	lb	lb	lf	lb	lf	lf	lb	b	rb
rf	f	rf	rf	r	f	rf	lf	lb	rf
rb	b	rb	r	rb	lf	b	r	rf	rb

3. 위치 지식 관계 유지

3.1 정성, 정량 지식을 이용한 위치 지식 유지

본 절에서는 (그림 2)처럼 크기가 $m \times n$ 인 2차원

공간에 초기의 좌표값과 이동방향이 알려진 자동차와 같은 하나의 이동물체와 좌표값이 주어진 은행, 우체국 건물 같은 N 개의 고정 물체가 있다고 할때 이동물체와 고정물체간의 위치 지식을 유지하는 방에 대하여 용어정의와 인공지능의 지식표현 방법중 하나인 if-then 규칙을 이용하여 기술하였다. 여기서 제시되는 각종 규칙에는 앞서 언급한 위치 지식 표현이 사용된다.



(그림 2) 위치지식유지를 위한 예제 그림
 (Fig. 2) An Example for Maintaining of Position Knowledge

우선 (그림 2)에 대해서 MO, SO, 좌표 그리고 정성 방향에 대한 정의를 내리면 다음과 같다.

정의1: 이동물체 MO(Moving Object)는 2차원 좌표 공간에서 4-방향으로 움직이는 물체이다. 여기서, MO는 본질적인 앞을 갖고 앞으로만 이동하거나, 90°의 배수 단위로 회전한다.

(그림 2)에서 사각형의 등근 부분은 이동물체의 본질적인 앞과 이동 방향을 나타낸다.

정의2: 고정물체 SO(Standing Object)는 2차원 좌표 공간에서 움직이지 않는 물체이다.

정의3: MO(x, y) 또는 SO(x, y)는 이동물체나 고정물체가 2차원 공간의 좌표 (x, y)에 놓여 있음을 의미한다.

정의4: 정성방향(Qualitative Orientation) QualO는 두 물체간의 위치 관계를 나타내는 왼쪽, 뒤, 오른쪽뒤와 같은 수치로 계산할 수 없는 위치 정보이다.

(그림 2)의 경우 MO가 현재 +Y축을 향해 이동하므로 MO₅₆와 SO₃₀간의 정성방향은 (그림 3)에 제시한 정성방향 생성규칙을 통해 X좌표값과 Y좌표값을 비교하여 구할 수 있다. 규칙에서 MX와 X(MO)는 MO의 X 좌표를 MY와 Y(MO)는 MO의 Y 좌표를 의미한다.

```
// X좌표 비교 //
RULE1:IF X(MO) > X(SO) THEN SX (l) MX
RULE2:IF X(MO) = X(SO) THEN SX (v) MX
RULE3:IF X(MO) < X(SO) THEN SX (r) MX
// Y좌표비교 //
RULE4:IF Y(MO) > Y(SO) THEN SY (b) MY
RULE5:IF Y(MO) = Y(SO) THEN SY (h) MY
RULE6:IF Y(MO) < Y(SO) THEN SY (f) MY
// X,Y좌표 비교 결과 조합 //
RULE7:IF SX (l) MX & SY (l) MY THEN SO (l) MO
RULE8:IF SX (r) MX & SY (r) MY THEN SO (r) MO
:
RULE11:IF SX (l) MX & SY (f) MY THEN SO (lf) MO
RULE12:IF SX (l) MX & SY (b) MY THEN SO (lb) MO
:
RULE13:IF SX (b) MX & SY (v) MY THEN SO (b) MO
```

(그림 3) 정성방향 생성규칙
(Fig. 3) Production Rule of Qualitative Orientation

X좌표 비교 결과 RULE1이 FIRE되어 SX (l) MX가 생성되고, Y좌표 비교결과 RULE4가 FIRE되어 SY (b) MY가 생성된다. 생성된 두 사실로부터 RULE12가 FIRE되어 SO (lb) MO로 “SO가 MO의 왼쪽뒤”에 있음을 대략 알 수 있다.

한편, SO와 MO간의 보다 정확한 방향을 알기 위해서 정량 지식인 거리와 각도가 필요하다.

정의5: 거리(Distance) Dist는 두 물체간의 직선 거리로 표현된 위치 정보이다. 이는 두 물체의 좌표간 거리를 구하는 계산식을 이용하여 구할 수 있다.

정의6: 각도(degree) Deg는 한 물체가 본질적인 앞을 가지고 진행하는 선상을 기준으로 하여, 이 선에서 다른 물체가 있는 곳까지의 회전각도이다.

예를 들어, SO₃₀와 MO₆₅ 두 물체간 거리 Dist는 $Dist = \sqrt{(|x1-x2|)^2 + (|y1-y2|)^2}$ 식을 이용하여 구할 수 있다. 또한, 각도는 SO₃₀와 MO₆₅를 밑변으로 하

는 직삼각형을 만들어 새로이 생긴 꼭지점 T를 가지고 MO₆₅와 T와의 거리 β를 구한후, $\cos(\theta) = \beta/\alpha$ 에서 임시 각도 $\theta = \cos^{-1}(\beta/\alpha)$ 로 구할 수 있다.

정의7: 정량방향(Quantitative Orientation) QuanO는 각도이다. 두 물체간 방향 관계를 수치 즉 각도로 나타내는 위치 정보이다.

SO₃₀와 MO₆₅의 정량방향인 각도를 구하기 위한 생성 규칙은 (그림 4)와 같다.

```
// 수직,수평선 일치 경우//
RULE1:IF X(MO) = X(SO) & Y(MO) < Y(SO) THEN DEG = 0
RULE2:IF X(MO) = X(SO) & Y(MO) > Y(SO) THEN DEG = 180 OR THE = -180
RULE3:IF X(MO) > X(SO) & Y(MO) = Y(SO) THEN DEG = -90
RULE4:IF X(MO) < X(SO) & Y(MO) = Y(SO) THEN THE = 90
// 수직,수평 불일치 경우//
RULE5:IF X(MO) NOT= X(SO) & Y(MO) NOT= Y(SO) THEN T(X(MO),Y(SO))
// 각도계산 //
RULE6:IF T(X(MO),Y(SO)) = EXIST THEN FN THE
RULE7:IF SO (lb) MO & THE = EXIST THEN DEG = THE - 180
:
RULE13:IF SO (rf) MO & THE = EXIST THEN DEG = THE
```

(그림 4) 각도 생성 규칙
(Fig. 4) Production Rule of Degree

(그림 2)에서 MO₆₅, SO₃₀의 각도는 각도생성규칙의 규칙5가 FIRE되어 T(X(MO), Y(SO)) 즉 T(5, 0)이 생성되면, 정의 5와 정의 6을 적용하는 RULE6-RULE13에 의해 계산해 낼 수 있는데, 각 칸의 길이를 1로 보면 임시 각도인 $THE = \cos^{-1}(0.858) = 40^\circ$ 를 구할 수 있다. 그리고 각도 생성 규칙의 RULE7이 만족되어 “SO₃₀는 MO₆₅의 -140°방향에 있음”을 알 수 있다.

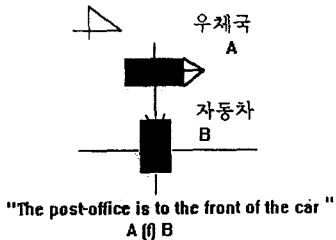
정의8: 방향(Orientation) Orien은 두 가지 요소로 구성된 $Orien = \{QualO, QuanO\}$ 이다. 여기서, QualO는 정성 방향, QuanO는 정량 방향이다.

(그림 2)에서 MO₆₅와 SO₃₀의 방향은 $Orien = \{SO_{30} (lb) MO_{65}, -140^\circ\}$ 이다. 마지막으로 두 물체간 위치 관계지식을 정의하면 다음과 같다.

정의9: 위치관계지식(Knowledge of Position Relation) KPosiR는 두 가지로 구성된 $KPosiR = \{Orien, Dist\}$ 이다. 여기서, Orien은 방향, Dist는 두 물체간 거리이다.

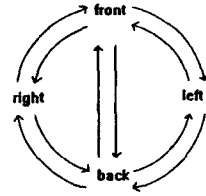
MO₆₅와 SO₃₀의 경우 Dist는 각도 생성규칙인 RUEL6에서 함수 THE에 의해 거리를 계산하는 함수를 다시 호출하므로써 거리는 $Dist = 5.38$ 로 구해진다. 그러므로 초기상태에서 이동물체 MO₆₅와 고정물체 SO₃₀간의 위치관계지식은 $PosiR = \{\{SO_{30} (lb) MO_{65}, -140^\circ\}, 5.83\}$ 이다. 즉, "SO₃₀는 MO₆₅의 왼쪽뒤 140°방향으로 직선거리 5.38에 있음"을 알 수 있다. 만약, 이동물체 MO와 N개의 고정물체들간에 위치관계를 동시에 계산하면 1:N의 위치관계지식을 소유할 수 있다.

초기상태에 대한 위치지식을 구한 후, 정의1에서 이동물체는 본질적인 앞을 갖고 앞으로 이동하면서 방향을 전환하면 1:N간의 방향 정보가 변하게 된다.



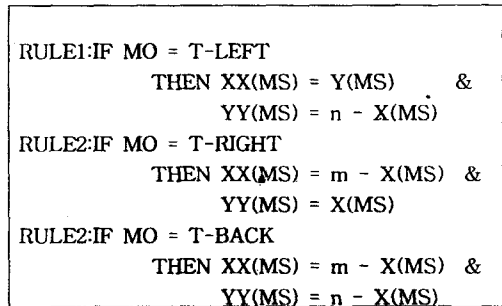
(그림 5) 자기 중심 지도 (Fig. 5) Self-Oriented Map

예들 들어, (그림 1)에서 자동차가 90°왼쪽으로 즉, 좌회전을 한다면, 경찰서와의 위치 관계는 "우체국 (l) 자동차"에서 (그림 5) 처럼 "우체국 (f) 자동차"로 바뀌게 된다. 이러한 4방향에 대한 방향 전환은 (그림 6)과 같은 규칙을 따른다. 주제 B가 어느 방향으로 전환하느냐에 따라 그 위치 관계가 (그림 6)의 원리에 따라 "오른쪽" 또는 "앞"에 새로이 결정될 수 있다. 이렇듯 이러한 원리를 적용하면 주체의 방향 전환시 물체간의 상대 위치를 계속 유지할 수 있다.



외부 곡선 화살표: 오른쪽으로 90° 회전
내부 곡선 화살표: 왼쪽으로 90° 회전
수직 화살표: 180° 회전

(그림 6) 새로운 방향 생성 (Fig. 6) Deriving of New Direction



(그림 7) 좌표회전변화 생성규칙 (Fig. 7) Production Rule of Converting Coordination Orientation

초기 상태에서 이동물체가 이동하면 거리를 구하는 식에 의해 새로운 직선거리와 정성방향 생성규칙에 의해 새로운 방향을 구할 수 있다. 그리고 이동물체가 방향 전환을 하면 (그림 6)의 방향 전환 원리와 (그림 7)의 좌표회전 변환규칙을 적용한 후, 정성방향 생성규칙을 사용하여 고정물체들과의 새로운 방향을 구해 낼 수 있다. 좌표변환규칙에서 MS는 이동물체이거나 고정물체임을 의미하고, XX/YY는 변환된 좌표값이다.

결국, 지금까지 언급한 KPosiR 값을 구하고 방향 전환에 따른 변화를 반복 처리하므로써 이동물체와 관련된 고정물체들과의 위치관계지식을 계속 유지할 수 있다.

3.2 전이 테이블을 이용한 위치 지식 유지

본 절에서는 2장의 전이 지식 표현을 이용하여 위

치 관계를 표현한 네트워크에 새로운 사실이 추가 될 경우, 이에 대한 위치 지식 관계를 유지시키기 위한 알고리즘을 함수를 위주로 기술한다. Allen[8]이 제시한 알고리즘과 구조가 유사하지만 입력되는 내용이 사건과 관련된 인터벌(interval)이 아니라 위치관계라는 점과 정성 공간 지식[10]을 다룬다는 점이 다르다.

(1) 네트워크 파급 효과 계산

앞서 제시한 위치 관계 전이 테이블을 이용한 함수 constraints()은 (그림 8)과 같다. constraint(R1, R2)는 임의의 두 위치 관계로부터 새로운 관계 즉, 전이 관계를 찾아내는 기능을 갖는다.

```
constraints(R1,R2)
/* R1,R2 is sets of position relations */
{
  C <-- { };
  for each r1 in R1
    for each r2 in R2
      C <-- C U transitivity(r1,r2);
  return C;
}
```

(그림 8) 함수 constraints ()
(Fig. 8) Fuction constraints ()

여기서 r1과 r2는 임의의 위치 관계를 나타낸다. 이는 표 2를 실질적으로 사용하는 전이 함수 transitivity()의 입력이 된다. R1과 R2는 위치 관계값을 갖는 집합이며, 집합 연산자 \cap (교집합), \cup (합집합), \subset (부분 집합) 그리고 공집합 { }등이 사용된다.

임의의 위치 관계를 갖고 있는 네트워크에 새로운 사실이 추가되면 이것이 네트워크 전체에 미치는 효과를 계산해야 한다. 그러므로써 전체 위치 관계에 대한 지식을 유지할 수 있다. 이러한 기능을 수행하는 함수 add_effect()는 (그림 9)와 같다.

두 물체 <i, j>를 입력으로 받아 agenda라는 큐에 넣고서 이것이 네트워크 전체에 미치는 효과를 함수

```
add_effect(i,j)
/* i,j is objects */
{
  /* agenda is a queue */
  add <i,j> to agenda;
  while agenda  $\neq$  empty
  {
    get next <i,j> from agenda;
    propagate(i,j);
  }
```

(그림 9) 함수 add_effect ()
(Fig. 9) Function add_effect ()

propagate()를 이용해 구해낸다. 큐에 <i, j>가 있다는 것은 두 물체간 관계로 인해 네트워크에 파급 효과가 있는지를 알아보기 위해 계속 조사되어질 필요가 있음을 의미한다.

```
propagate(i,j)
{
  for each node k such that comparable(i,k)
  {
    R(i,k) <-- N(i,k)  $\cap$ 
      constraints(R(i,j),N(j,k));

    if R(i,k)  $\subset$  N(i,k)
      add <i,k> to agenda;
  }

  for each node k such that comparable(k,j)
  {
    R(k,j) <-- N(k,j)  $\cap$ 
      constraints(N(k,i),R(i,j));
    if R(k,j)  $\subset$  N(k,j)
      add <k,j> to agenda;
  }
}
```

(그림 10) 함수 propagate ()
(Fig. 10) Function propagate ()

(그림 10)의 함수 propagate()는 두 물체 (i, j)의 관계가 네트워크 전체에 대해 미치는 효과를 실질적으로 구해낸다. 여기서 함수 comparable()이 사용되는데, i나 j와 연관된 노드가 있는지를 확인하고 true 또는 false값을 리턴하는 함수로, 연관된 노드가 있다면 true를 리턴한다. N(i, j)는 네트워크의 아크(arc) 이름이며, R(i, j)는 새로이 추가되는 위치 관계를 의미한다.

위치 관계 i (r1) j에 새로운 관계 i (r2) j가 들어오면, propagate()가 실행된다. 즉, 먼저 i와 연관된 노드들인 k를 찾아 낸다. 그 다음 새로이 추가되는 위치 관계 R(i, j)와 기존의 j, k간 위치관계인 N(j, k)간에 전이 관계를 구해 낸 후, 그 결과와 i, k간의 기존 위치 관계인 N(i, k)간에 공통 위치 관계를 찾아내 새로운 위치 관계를 의미하는 R(i, k)에 준다. 그리고 R(i, k)가 기존의 N(i, k)에 속해 있는지를 조사하여 부분 집합이면 파급 효과를 계속 조사하기 위해 agenda에 추가 시킨다. 만약, R(i, k)=N(i, k)라면 기존 관계와 동일하므로 더 이상 조사할 필요가 없으므로 agenda에 추가 시킬 필요가 없을 것이다. 이와 비슷하게 j와 연관된 k를 찾아 동일한 방법으로 새로운 관계를 찾아낸다. 그러므로써 위치관계를 나타내는 네트워크에 어떤 변화가 가해지면 변화된 네트워크를 유지할 수 있다.

(2) 실행예

본 절에서는 앞서 제시한 함수에 대한 실행예를 보이고자 한다. 먼저 다음과 같은 두 위치 관계 지식이 있다고 하자.

“The bank is front of the post office.”
 “The post office is at the back of me.”

위 문구에 대해 ‘bank’를 A, ‘post office’를B, ‘me’를 C라고 했을때, 위치 관계 표현과 네트워크 표현은 아래와 같다.

A (f) B
 B (b) C
 A--(f-->) B --(b-->) C

여기에 constraints()와 transitivity()를 적용하면

그 결과 A (f b) C가 도출된다. 즉, A 는 C의 ‘앞이나 뒤에’ 있는 것으로 된다.

transitivity(f, b) = (f b)

이에 대한 네트워크는 아래와 같다.

A--(f-->) B--(b-->) C
 └──────────(f b)──────────┘

나중에 “A is at the back of C.”가 알려지면, 우선 기존의 관계인 (f b)와 새로운 관계인 (b)와 교집합을 구하여 불가능한 관계를 먼저 제거한 후, 그 결과인 A (b) B가 네트워크에 파급시키는 효과를 계산한다.

```

add_effect()
{
    추가되는 새로운 관계: A (b) C
    /* propagate() 호출 */
    네트워크에 전파 경로 선정:
        B --( b )--> C <--( b )-- A
    /* constraints() 호출 */
    /* transitivity() 호출 */
    전이테이블 활용:
        transitivity(b,f) = ( f b )
    구해진 A,B 관계:
        A --( f b ) --> B
    기존의 관계인 (f)와 교집합 구함:
        A --( f )--> B
    결과가 N(A,B)의 부분집합인지 조사:
        ...
        ...
    /* 조사 대상 노드가 없을때 까지 수행 */
}
    
```

(그림 11) add_effect() 수행 과정
 (Fig. 11) Process to Run a add_effect()

(그림 11)과 같은 과정을 거쳐 결과적으로 다음과 같은 네트워크가 생성된다. 즉 “A (b) C”인 결과를 얻는다.

A--(f-->) B--(b-->) C
 └──────────(b)──────────┘

4. 응용 분야 연구

본 연구의 결과를 적용시킬 수 있는 대표적인 응용 분야로 자동차 항법 시스템(Car Navigation System: CNS)을 들 수 있다. GPS 송수신기와 자이로스코프, 자동차 항법용 수치지도를 기본적으로 사용하는 CNS는 일본, 유럽, 미국등지에서는 이미 여러 기능을 갖추어 상용화되었으며[11], 국내는 최근에야 연구 개발에 들어가 간단한 시제품에 나올 정도로 그 연구 역사가 짧다고 하겠다[12].

본 연구에서는 간단한 수치지도를 만들어 보고 3장에서 제시한 각종 규칙들을 이용하여 지도 화면을 90도 단위로 회전시켜 display한 후 이동물체의 진행 중심 방향을 기반으로 고정물체간의 위치 관계를 제시해 주는 기능만을 프로토타입 응용시스템으로 구현하였다. 시스템의 구성 요소별 기능은 다음과 같다.

(1) 입력 모듈

입력 모듈은 자동차의 초기 위치 즉 좌표값과 이동 시 변하는 자동차의 좌표 및 방향값을 제공한다.

(2) 공간정보 데이터베이스, 위치 지식베이스

도로에 관한 정보가 저장되는 도로정보 DB와 건물에 관한 정보가 저장되는 건물정보 DB로 구성된다. 그리고, 위치 지식베이스는 정성방향 생성규칙과 각도 생성규칙, 좌표회전 변환규칙등으로 구성되며, 임시 지식베이스는 위치관계 계산 도중에 도출되는 임시 관계값이 저장된다.

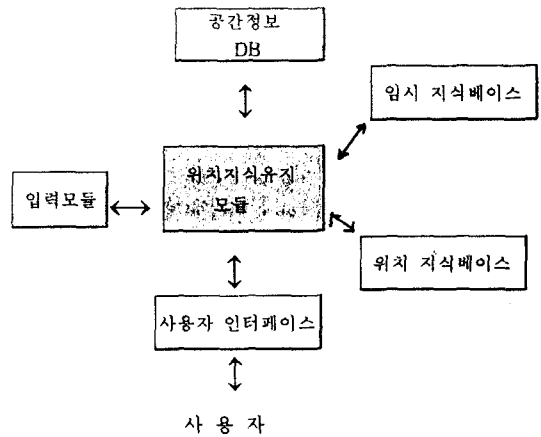
(3) 위치지식유지 모듈

시스템 구조의 중심부에 있는 이 모듈은 입력모듈로 부터 초기값을 입력 받는데, 그 이후 방향,거리가 변화하더라도 위치지식베이스, 공간DB등을 이용하여 건물들간의 위치지식을 계속 유지하는 기능을 담당한다.

(4) 사용자 인터페이스

방위중심지도 화면, 자기중심지도 화면, 방위(자기)중심지도 화면, 자기(방위)중심지도 화면의 4가지 모드로 구성되며, 각 모드에는 위치관계 절의시 위치관계지식을 제공하는 안내문이 포함된다. 지도화면은 4방향으로만 회전가능하다.

본 시스템에 자동차의 현재 위치값과 방향값이 입력된다면 위치 지식모듈은 이를 근거로 3장에서 제시한 각종 규칙을 지니고 있는 지식베이스와 도로에 관



(그림 12) 위치 관계 안내 시스템 구성도
(Fig. 12) System structure diagram of guiding locational relations

한 정보가 있는 도로 정보 DB를 사용하여 자동차의 진행 방향을 중심으로 한 고정물체들 간의 거리 및 방향을 지속적으로 계산해 낸다. 이렇게 구해진 내용은 방위 중심 지도 및 진행방향중심인 자기중심지도와 함께 제시된다.

본 연구에서 구현한 지도화면 회전 기능은 국외의 경우 이미 개발되어 상용화된 상태이다. 그래서 제품에 따라서 2방향, 4방향 또는 모든 방향으로 지도화면이 회전 가능하지만 회전에 따른 자동차와 건물간의 방향을 완벽하게 제공하지는 못한다[11]. 본 연구는 비록 4-방향으로 지도화면을 제시하지만 회전에 따른 방향 관계를 완벽하게 제공한다. 국내의 경우, 기업체 연구소에서 이러한 기능의 자체 기술을 보유하기 위해 개발중에 있다.

5. 결 론

인공지능에서 정량 지식을 이용한 논증이 초기에 있어 왔으나 정성 지식의 응용분야가 보다 더 일반적이어서 현재는 정성 지식을 이용한 연구가 급격히 늘어난 상황이다. 하지만 두 지식간에는 추상성과 정확성이라는 특징으로 인해 응용 분야에 따라서는 장단점이 있다.

본 연구에서는 정성 지식이 갖는 추상성과 정량 지식이 갖는 정확성을 결합하여 2차원 공간에서 이동물

체와 고정물체간의 보다 완전한 위치관계를 구해내고 그 관계를 유지시키는 방법론을 제시하였다. 그 결과, 기존의 고정물체간의 위치지식관계에 변화가 생기면 그 지식의 수정이 가능하며, 이동물체와 고정물체간의 위치관계지식을 구해낼수 있었다. 한편, 본 연구의 활용차원에서 이동하는 물체와 건물들과의 위치 관계만을 제공해 주는 위치 관계 안내 시스템을 구성해 봄으로써 응용에 대한 기반을 마련할 수 있었다.

앞으로, 본 연구의 이론 전개에 대한 보다 정형화된 표현을 위해 위치 논리(locational logic)에 대한 연구와 더불어 CNS로의 완전한 적용을 위해 n-방향 기반에서의 위치지식유지에 대한 연구가 요구된다.

참 고 문 헌

[1] T.S. Levitt, D.T. Lawton, "Qualitative Navigation for Mobile Robots", Artificial Intelligence, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, pp. 305-360, 1990.

[2] D. Hernandez, "Maintaining Qualitative Spatial Knowledge", Lecture Notes in Computer Science, Vol(716), pp.36-53, Springer-Verlag, Berlin, 1993.

[3] C. Freksa, "Using Orientation Information for Qualitative Spatial Reasoning", Theories and Methods of Spatio-temporal Reasoning in Geographic Space, Springer-Verlag, New York, pp. 162-178, 1992.

[4] A. Mukerjee, G. Joe, "A qualitative model for space", In 8th AAAI, pp.721-727, 1990.

[5] D.S. Weld, J. deKleer, 'Readings in Qualitative Resoning about Physical Systems', Morgan Kaufmann, San Mateo, 1990.

[6] D. Bobrow, 'Qualitative Resoning about Physical System, Elsevier Sciecn Publishers, Amsterdam, 1984.

[7] R. Rohrig, "A Theory for Qualitative Spatial Reasoning Based on Order Relation", In Proceedings of AAAI-94, pp.1418-1423, 1994.

[8] J.F. Allen, "Maintaining Knowledge about temporal Intervals", CACM, Vol.26, No. 11, pp. 832-843, 1983.

[9] R.S. Gudela, "Various Views on Spatial Pre-

positions", AI Magazine, summer, pp.95-105, 1988.

[10] E. Lang, K.U. Carstensen, G. Simmons, "Modeling Spatial Knowledge on a Linguistic Basis", Lecture Note in ArtificialIntelligence, Springer-Verlag, 1991.

[11] M. Tanaka, "Car navigation systems aimed at solving traffic tangle", Nikei Electronics Asia, Mar, pp.42-47, 1995.

[12] 고병천, 김권희, 인정제, 김기훈, 김기엽, "자량 항법장치 기술과 도로망 수치지도 구축 방안에 관한 연구", 제2회 G7 차세대자동차기술 WO-RKSHOP, pp425-433.1994.



황 수 철

1986년 중앙대학교 전자계산학과 이학학사
 1988년 중앙대학교 대학원 전자계산학과 이학석사
 1993년 중앙대학교 대학원 전자계산학과 공학박사
 1991년~현재 인하공업전문대학 전자계산학과 조교수

관심분야:인공지능(공간논증, 자연어처리, 유전자알고리즘), 지능형에이전트



이 말 레

1991년 국립군산대학교 전자계산학과 졸업(학사)
 1993년 중앙대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학석사)
 1997년~현재 중앙대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사수료

관심분야:인공지능, 유전자 알고리즘, 퍼지 이론, 신경망, 인공생명