

공동주의의 개념화 - 목표물, 단서 그리고 주의반응간의 삼자관계

이강우[○], 신명희^{*}

[○]성균관대학교 정보통신공학부

^{*}동의과학대학교

e-mail: {kangwool}@skku.edu[○], mhshin@dit.ac.kr^{*}

Conceptualization of Joint Attention - Triadic relationship between Target, Cue and Attentive Response

KangWoo Lee[○], Myoung-Hee Shin^{*}

[○]School. of Information and Communication, Sungkyungkwan University

^{*}Dept. of Herb Science, Dong-Eui Institute of Technology

● 요약 ●

공동주의는 사회적 개체간의 시각적 경험을 공유하는 상호작용과정으로, 최근 인간-로봇 상호작용연구와 관련해서 로봇 공학자의 관심이 커지고 있다. 발달심리학에 기초한 기존의 developmental robotics의 접근과는 달리, 본 연구에서는 사전단서 패러다임을 이용해서 목표물, 단서, 주의반응 간의 삼자관계를 수학적으로 개념화하였다. 간단한 목표물 탐사과제를 통해서 계산모형의 수행을 검증하였다. 연구결과에서는 컴퓨터 시스템의 시각적 주의 모형이 사용자가 지시하는 단서(손가락 지시)의해 목표물(이온음료)을 주의를 할당하는 것을 보였다. 본 연구는 심리학에서 연구된 사전단서 패러다임을 인간-로봇 상호작용에 적용될 수 있음을 보여준다.

키워드: 공동주의(joint attention), 단서(cueing), 시각적 토대(perceptual ground)

I. 서론

“修多羅教(수다라교) 如標月指(여표월지) 若復見月(약부견월) 了知所標(료지소표) 畢竟非月(필경비월) 경의 가르침에 달을 가리키는 손가락과 같다고 가르치니, 만약 다시 달을 보면 가리키는 손가락이 필경 달이 아님을 알 것이다”. 원각경(圓覺經)의 한 구절에서는 의도한 가르침과 전달하는 매체간의 괴리, 즉, 불립문자(不立文字)라는 범리에 대한 선불교의 관점을 담고 있다. 이 표월지(標月指)의 비유에서 공동주의(joint attention)라는 두 개체간의 시각적 상호작용이 어떻게 이루어지는지에 대한 중요한 실마리를 제공하고 있다.

공동주의(joint attention)는 사회적 개체간의 시각적 경험을 공유하는 상호작용 과정으로, 언어획득, 의도 파악, 자폐증과 관련 있다. 전통적으로 공동주의는 발달심리학에서 중요한 연구주제이지만, 최근 인간-로봇 상호작용과 관련해서 로봇공학자들의 관심이 커져가고 있다. 인간과 로봇의 지각, 정서, 추론, 지식표상 능력에서 질적 혹은 양적 차이가 존재한다. 이런 차이를 극복하고 효과적인 상호작용을 위해서는 인간과 로봇간의 공통적 토대 (common ground)를 형성하는 것이 중요하다. 공동주의는 인간과 로봇간의 시각적 토대 (perceptual ground)를 형성시켜, 효과적인 상호작용을 가능하게 해준다.

본 연구에서는, 인간과 인공시스템 간의 공동주의 과정에 대해서 심리학적 연구를 소개하고, 이를 기반으로 수학적 개념화를 시도하고자 한다. 수학적 개념화는 단서(손가락), 목표물(달), 주의반응(달을 보는 행위) 간의 삼자적(triadic) 관계로서 표현한다.

II. 관련 연구

1. 발달심리학적 연구

공동주의에 대한 발달 심리학적 연구는 개체의 발달과정과 인지적/의사소통 능력간의 관련성에 집중되어 있다[1]. 공동주의는 약 생후 6개월 이후부터 단계적으로 나타나기 시작한다. 흥미로운 대상에 대해 주의를 할당하거나, 시선(gaze)의 방향을 따라가거나, 상대방의 시선 방향에 맞추어 주의를 할당하는 능력은 생후 18개월까지 점차적으로 발생한다. 이러한 능력의 결핍은 심각한 의사소통의 장애를 초래하는데, 자폐증이 대표적 경우이다.

2. 발달로봇공학(Dvelopmental robotics) 연구

발달로봇공학은 인간아동이 학습, 지식의 축적을 통해서 단순한 과제에서 복잡한 과제를 수행하듯, 지식과 경험의 축적을 통해서

로봇의 기술/기능을 생성시키는 기제를 연구하는 분야이다. 현재 개발된 공동주의 계산모형은 발달과정에 기초한 학습을 통해서 로봇의 카메라의 방향을 제어한다[2,3]. 즉, 인간파트너의 시선방향에 대한 반복적 대응 혹은 모방을 통해서, 인간파트너가 보는 사물에 로봇의 주의를 할당할 수 있다.

3. 단서패러다임(Cueing paradigm)-대안적 접근

단서 패러다임은 공간적 주의 (spatial attention)을 연구하는 정신물리학(psychophysics)의 중요한 방법론이다[4]. 전형적 사전단서 주의실험에서 관찰자는 목표자극의 위치를 미리 알려주는 사전단서에 기초하여, 목표자극이 나타났을 때, 가능한 빨리 반응단추를 눌러야 한다. 이때, 사전단서와 목표자극의 위치는 일치 혹은 불일치할 수 있다. 실험결과는 간명하다. 사전단서와 목표자극이 일치하는 경우, 반응이 빠르고 정확한 반면, 불일치한 경우, 반응이 느리고 부정확하다.

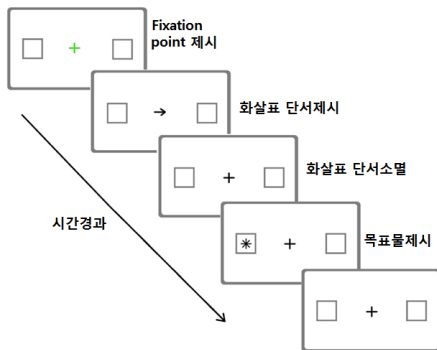


그림 1. 사전단서 실험절차
Fig. 1. System Architecture

III. 본 론

1. 단서패러다임을 이용한 공동주의에 대한 수학적 형식화

사전단서(C)와 목표자극(T)이 주어졌을 때, 주의반응(R)을 조건부 확률로 표현해 보면 아래와 같다.

$$P(R = S|x^T, x^C) \quad \text{식 (1)}$$

식 (1)을 일반화된 선형모형으로 표현하면,

$$P(R = S|x^T, x^C) = f(x^T W_1 + x^C W_2 + x^T x^C W_3 + \psi) \quad \text{식 (2)}$$

여기서 $f(x)=1/(1+\exp(-x))$ 이고, W 는 가중치 파라미터, ψ 는 bias 항이다. 사전단서 실험에서 관찰자의 반응은 단서가 아니라, 목표물에 기초하여 판단하여야 한다. 즉, 단서만 주어지는 경우, 반응을 하지 않아야 하므로, 두 번째 항(xW_2)을 무시할 수 있다. 또한, 관찰자의 반응이 편향되지 않는다고 가정하면, bias항 ψ 를 무시할

수 있다. 즉, 사전단서 실험에서 관찰자의 반응은 아래와 같이 목표 자극, 그리고 목표자극과 단서자극간의 상호작용으로 결정된다.

$$P(R = S|x^T, x^C) = f(x^T W_1 + x^T x^C W_3) \quad \text{식(3)}$$

앞서 언급하였듯이, 사전단서와 목표자극이 일치하는 경우, 반응이 정확하고 빠른 반면, 불일치한 경우 반응이 부정확하고 느리다. 이러한 상호작용 특성을 가지도록 식 (3)을 아래와 같이 바꿀 수 있다.

$$P(R = S|x^T, x^C) = f(x^T W_1 + x^T \exp(x^T x^C W_3)) \quad \text{식(4)}$$

식(4)는 사전단서와 목표자극이 같은 양 혹은 음의 부호이면, 반응이 정적 혹은 부적으로 증가하는 반면, 다른 부호를 가지는 경우, 반응이 감소하는 특징을 가진다.

2. 공동주의 과제 및 모형

공동주의 계산모형의 수행을 테스트하기 위한 선택적 주의과제를 설계하였다. 공동주의 계산모형은 다양한 물체가 있는 환경에서 손가락으로 지시하는 대상에 대해 주의를 할당하는 과제이다.

공동주의 모형은 kinect sensor를 이용하여 구현되었다. 공동주의 모형을 구현하기 위해서, 기본적으로 2가지 모듈 - 물체인식모듈과 손(hand)영역 탐지모듈을 사용하였다. 물체는 시각시스템이 찾아야 하는 목표대상이고, 손은 그 대상을 가리키는 단서정보이다. 장면내의 물체영역을 탐지하고 물체를 인식하기 위해서 SIFT(Scale Invariant Feature Transform)를 사용하였다. SIFT알고리즘을 통해서 매칭 되는 특징점의 확률 값을 획득하고 이 값을 목표후보의 값 (x^T)으로 할당하였다. 단서정보의 값(x^C)은 손과 목표후보들 간의 상대적 거리를 측정하여 사용하였다. 그림 2는 제안된 공동주의 계산모형의 수행의 한 예를 보여준다.

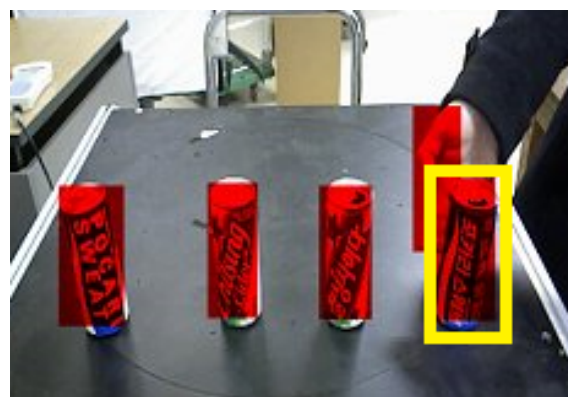


그림 2. 시뮬레이션

이 과제에서 두 종류의 음료수 (사이다와 이온음료)의 4개의 캔을 사용하였다. 단서 없이 이온음료만 찾는 과제에서는 두 이온음료에 대한 공동주의 출력값이 동일하게 나왔다 (0.83). 하지만, 단서(손)가 목표물과 같이 주어지는 경우, 왼쪽 이온음료의 출력값은 0.83, 오른쪽 이온음료의 출력값은 0.99가 나왔다.

IV. 결 론

본 연구에서 표월지의 예와 사전단서 패러다임으로부터 공동주의에 대한 수학적 개념화를 시도하였고, 간단한 simulation예를 제시하였다. 기존의 대부분의 주의계산모형에서는, 시각적 주의과정을 단일개체 혹은 시스템에서 발생하는 내적 처리과정으로 간주한다. 하지만, 본 연구에서는 시각적 주의를 개체들 간의 상호작용 과정으로 간주하였다. 이는 시각정보처리 시스템에게 사용자와 상호작용할 수 있는 더 많은 기회를 제공할 수 있고, 다양한 응용서비스를 개발할 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

- [1] M. Tomasello, M. Carpenter, J. Call, T. Behne T, Moll, "Understanding and sharing intentions: The origins of cultural cognition," Behavioral and Brain Sciences. Vol. 28, pp. 675-691, 2005.
- [2] M. Asada, K. Hosoda, Y. Kuniyoshi, H. Ishiguro, T. Inui, Y. Yoshikawa, M. Ogino, and C. Yoshida, "Cognitive developmental robotics: A survey," IEEE Trans. Auton. Mental Develop., vol. 1, no. 1, pp. 12-34, May 2009., Vol. 15, No. 1, pp. 1-10, Nov. 2010.
- [3] Y. Nagai, K. Hosoda, A. Morita, M. Asada "A constructive model for the development of joint attention," Connection Sci. Vol. 15 No. 4, pp. 211-229, 2003.
- [4] M. I. Posner."Orienting of attention," The Quarterly journal of experimental psychology, Vol. 32, No. 1, pp. 3-25, 1980.
- [5] D. G. Lowe. "Object recognition from local scale-invariant features". Proceedings of the International Conference on Computer Vision 2. pp. 1150-1157, 1999.